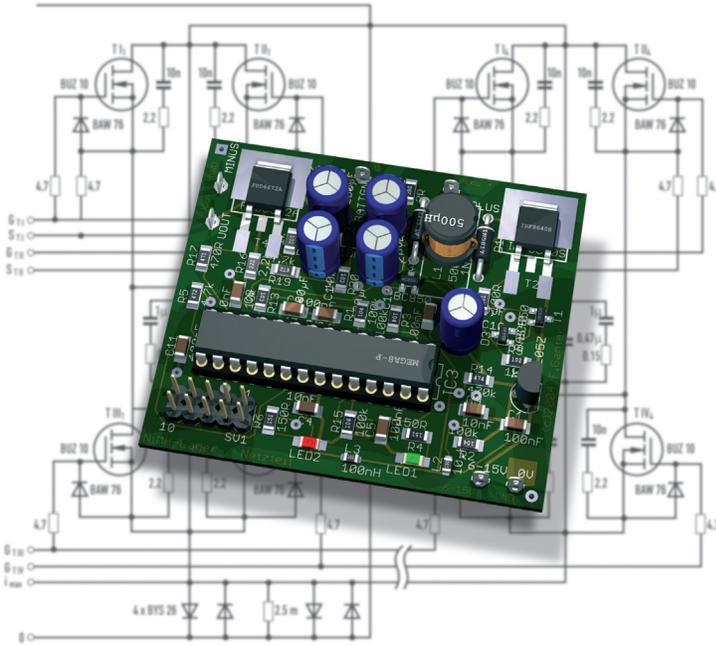


# Elektronik

Dietmar Benda



## Wie liest man eine Schaltung?

12. vollständig überarbeitete Auflage

FRANZIS

Dietmar Benda

# **Wie liest man eine Schaltung?**



**Elektronik**

**Dietmar Benda**

**Wie liest man eine  
Schaltung?**

**13. vollständig überarbeitete Auflage**

Mit 128 Abbildungen

**FRANZIS**

# Vorwort

Das Zeitalter der hochintegrierten Schaltungsfunktionen und das Zusammenfassen dieser Bausteine zu steckbaren und einfach lösbaren Baugruppen in Baugruppenträgern, erfordert vom anwendungsorientierten Elektroniker keine tiefgehenden Grundkenntnisse über die einzelnen Bauelemente und ihre Funktionen.

Die hierfür zur Verfügung stehenden Dokumentationsunterlagen sind Darstellungen (Hardware/Software) der Geräte- und Anlagenfunktionen, mit deren Hilfe der Elektroniker die Softwaresteuerung und die Funktionsabläufe der Schaltungstechnik erkennt und entsprechend auswerten kann.

Wie schnell ein Techniker die für ihn erforderlichen Informationen aus einer Gerätedokumentation auswerten und in entsprechende Maßnahmen seiner Prüf-, Wartungs- und Servicearbeit umsetzen kann, ist im entscheidenden Maße davon abhängig, mit welchem fachlichen und methodischen Rüstzeug er diese Aufgabe angeht.

Bedenkt man, dass das Lesen und Auswerten der Dokumentationsunterlagen einen hohen Prozentsatz an den auszuführenden Arbeiten ausmacht – je nach der Geräte- und Anlagenfunktionen 60 bis 80% –, ist es sinnvoll, auch bei diesem wesentlichen Tätigkeitsmerkmal nach methodisch effektiven Verfahrensweisen vorzugehen.

Daher will dieses Lehrbuch:

## **das Lesen von Schaltungen unter verschiedenen Funktionsbetrachtungen lehren und üben.**

Vor allem den Youngstern, sei es als Berufsanfänger oder Fachschulabgänger, sollen die Lücken geschlossen werden, die ihnen den Übergang von der einfachen Lehrbuchschaltung in die umfangreichen Industrieunterlagen und Dokumentationen erleichtert und die sonst damit verbundenen Anlaufprobleme und Verwirrungen vermeiden helfen.

## **die unterschiedlichsten Dokumentationsarten auf allen Anwendungsgebieten aufzeigen.**

Dies erleichtert nicht nur die Arbeit des Technikers, sondern kann auch denen nützlich sein, die eine Dokumentation erstellen müssen, manuell oder als CAD-Dokumentation.

## **ein umfangreiches Nachschlagewerk sein.**

Vielen Geräten liegen als Unterlagen nur noch Bedienungsanleitungen bei. Die Beigabe der Schaltungsunterlagen ist nicht mehr üblich. Mit Hilfe dieses Buches kann man

sich mit der Technik vertraut machen und die eine oder andere Schaltungsverbindung oder -funktion rekonstruieren.

**durch viele Übungs- und Vertiefungsaufgaben richtig fit machen.**

In jedem Hauptabschnitt werden Übungsaufgaben angeboten, die das Gelernte wiederholen und vertiefen helfen, mit einem Lösungsangebot im Anhang.

# Inhalt

<b>1</b>	<b>Strukturen, Funktionen, Definitionen und Signalformen</b> .....	11
1.1	Strukturen der Schaltungen und Wirkungen der zu verarbeitenden Signale ..	11
1.2	Bezug herstellen zwischen symbolischem Schaltbild und der Verdrahtungsanordnung .....	16
1.3	Polarität, Stromrichtung, Bezugspotenzial, Definitionen .....	17
1.4	Übungen zur Vertiefung .....	18
<b>2</b>	<b>Schaltungsanalyse ein Puzzlespiel?</b> .....	20
2.1	Funktionsbetrachtungen .....	20
2.2	Funktionen von Reihenschaltungen .....	25
2.3	Funktionen von Parallelschaltungen .....	28
2.4	Standardisierte Grundsaltungen .....	30
2.5	Übungen zur Vertiefung .....	33
<b>3</b>	<b>Das Wesentliche vom Unwesentlichen unterscheiden</b> .....	34
3.1	Beispiel einer Generatorschaltung .....	34
3.2	Beispiel einer Impulsformerschaltung .....	36
3.3	Übungen zur Vertiefung .....	38
<b>4</b>	<b>Hauptfunktionen aus Neben- oder Hilfsfunktionen erkennen</b> .....	39
4.1	Beispiele anhand von Verstärkern aus der Praxis .....	41
4.2	Beispiel anhand einer Impulsschaltung .....	44
4.3	Beispiel einer Zählkettenschaltung .....	45
4.4	Beispiel einer Regelschaltung .....	47
4.5	Übungen zur Vertiefung .....	49
<b>5</b>	<b>Schaltungsmaßnahmen zur Erzeugung und Stabilisierung von Arbeitspunkten</b> .....	50
5.1	Gebäuchliche Schaltungen zur Arbeitspunkterzeugung .....	50
5.2	Schaltungen zur Arbeitspunktstabilisierung .....	51
5.3	Schutz- und Begrenzerschaltungen in diskreten und integrierten Schaltungen .....	53
5.4	Beispiele aus der Praxis .....	55
5.5	Übungen zur Vertiefung .....	58

<b>6</b>	<b>Kopplungsarten in ihrer Funktion erkennen</b> .....	59
6.1	Verbindungskopplungen .....	60
6.2	Gegenkopplungen .....	62
6.3	Mitkopplungen .....	66
6.4	Übungen zur Vertiefung .....	69
<b>7</b>	<b>Signalwege und Funktionsabläufe festlegen</b> .....	70
7.1	Kennzeichnung der Signalwege in analogen Schaltungen .....	70
7.2	Kennzeichnung des Funktionsablaufs bei digitalen Schaltungen .....	72
7.3	Übungen zur Vertiefung .....	76
<b>8</b>	<b>Schaltungen in Übersichtsplänen dargestellt</b> .....	77
8.1	Schaltungsbeispiele .....	77
8.2	Übungen zur Vertiefung .....	85
<b>9</b>	<b>Schaltungsunterlagen in der Praxis anwenden</b> .....	86
9.1	Gerätedokumentationen .....	86
9.2	Beispiel aus der Praxis .....	87
9.3	Übungen zur Vertiefung .....	94
<b>10</b>	<b>Computertechnik: Hardware, Software</b> .....	95
10.1	Tri-state-Ausgänge oder Bus-Funktionen .....	95
10.2	Mikrocomputer-Schaltung .....	101
10.3	Software/Hardware-Schnittstellenbausteine .....	106
10.4	Pegel- und Leistungsanpasserschaltungen am Mikrocomputer .....	109
10.5	Flussdiagramme, Befehlslisten .....	115
10.6	DA- und AD-Wandler .....	119
10.7	Übungen zur Vertiefung .....	125
<b>11</b>	<b>Bezeichnungs- und Orientierungssysteme gebräuchlicher Industrieunterlagen</b> .....	127
11.1	Referenzbezeichnungen .....	127
11.2	Werksnormen für Stromlaufpläne und Funktionsabläufe .....	128
11.3	Kennwert- und Datenblätter .....	133
11.4	Serviceunterlagen .....	135
11.5	Übungen zur Vertiefung .....	144
<b>12</b>	<b>Darstellungshilfen für speicherprogrammierbare Steuerungen</b> .....	145
12.1	Betriebsmittel- und Zuordnungsliste .....	146
12.2	Kontaktplan (KOP) .....	146
12.3	Logikplan (LOP) .....	147
12.4	Anweisungsliste (AWL) .....	147
12.5	Übungen zur Vertiefung .....	150

<b>13</b>	<b>CAD-Dokumentation</b> .....	151
13.1	Installations- und Aufbaupläne .....	151
13.2	Bezeichnungssysteme für Klemmen, Steckverbinder und Kabel.....	158
13.3	Stromlaufpläne .....	162
13.4	Bauteil- und Gerätelisten.....	171
13.5	Klemmen- und Steckverbinderlisten .....	172
13.6	Verdrahtungspläne .....	173
13.7	Übungen zur Vertiefung .....	175
<b>14</b>	<b>Anhang</b> .....	176
14.1	Genormte und international angewendete Schaltzeichen .....	177
14.1.1	Stromquellen .....	177
14.1.2	Sicherungen, Bezugspotenziale .....	177
14.1.3	Leitungen und Steckverbindungen .....	178
14.1.4	Einstellung und Veränderung .....	178
14.1.5	Widerstände .....	179
14.1.6	Spulen .....	179
14.1.7	Kondensatoren .....	180
14.1.8	Halbleiter .....	180
14.1.9	Halbleiterdioden und Vierschichtelemente .....	180
14.1.10	Bipolare Transistoren .....	182
14.1.11	Unipolare Transistoren .....	183
14.1.12	Grundform digitaler Verknüpfungsglieder .....	183
14.1.13	Negation .....	183
14.1.16	Kippglieder, Register und Speicher .....	185
14.2	International gebräuchliche Abkürzungen in englischer Sprache .....	187
14.2.1	Referenzkennzeichnungen – Reference Designators .....	187
14.2.2	Weitere Abkürzungen – Abbreviations .....	187
14.3	Teilverhältnisse von Spannungsteilern .....	189
14.4	Parallelschaltung von Widerständen, Serienschaltung von Kondensatoren .....	191
14.5	Widerstand, Spannung, Strom, Leistung .....	192
14.6	Kennzeichnung von Widerständen und IEC-Reihen .....	193
14.7	Kennzeichnung von Kondensatoren .....	196
14.8	Transistoranschlüsse .....	200
14.9	Symbole für Flussdiagramme nach DIN 66001 .....	201
14.10	Erläuterungen der Anschlussbezeichnungen an ICs .....	202
14.11	ASCII-Zeichen-Zuordnungstabelle .....	206
14.11	ASCII-Zeichen-Zuordnungstabelle (Fortsetzung) .....	207
14.12	Griechisches Alphabet für Größen und Maßeinheiten .....	208
14.13	Dezibel-Tabelle .....	209
14.14	Stecker und Buchsen für die HiFi- und Videotechnik .....	211
14.15	Stecker und Buchsen für die Datenübertragung .....	216

14.15.1	Busbelegung .....	216
14.15.2	Serielle TTY/V24-Schnittstelle .....	217
14.15.3	BAS-Monitorschnittstelle .....	219
14.15.4	IEC-Schnittstelle .....	220
14.16	Telekommunikations-Anschlusseinheiten .....	220
14.16.1	Der analoge Netzanschluss .....	221
14.16.2	Die analoge Telekommunikations-Anschlusseinheit .....	222
14.16.3	Die Gleichstrombedingungen im analogen Netz .....	227
14.17	PC- und Notebook- Anschlussfunktionen .....	228
14.18	Sensoren .....	234
<b>Lösung zu den Übungen .....</b>		<b>237</b>
<b>Sachverzeichnis .....</b>		<b>241</b>

# 1 Strukturen, Funktionen, Definitionen und Signalformen

Neben der Methodik sind beim Analysieren und Bewerten einer Schaltung bestimmte Grundkenntnisse der Schaltungstechnik Grundvoraussetzung für den Erfolg. Daher wird in den ersten beiden Hauptabschnitten eingehend und ausführlich auf das Verhalten von Bauelementen, Grundschaltungen und Signalformen eingegangen.

## 1.1 Strukturen der Schaltungen und Wirkungen der zu verarbeitenden Signale

Schaltungen sind wie Schrifttexte strukturiert und können daher ähnlich wie Texte gelesen werden.

Genauso wie bei der Schrift, bei der man die Buchstaben über die einzelnen Wörter zu Sätzen und Texten verbinden kann,

**O,R,T,W → WORT → Sätze, Texte,**

werden bei elektronischen Schaltungen die Einzelfunktionen der Bauelemente zu Grund- und Einzelschaltungen und diese weiter zu Funktionseinheiten verbunden.

Sinngemäß können die **Bauelemente** oder **Komponenten** (vgl. Abb. 1.1) mit ihren Kurzbezeichnungen:

- C für Kondensator (Kapazität),
- D für Diode,
- L für Spule (Induktivität),
- R für Widerstand,
- T für Transistor,

als Buchstabe betrachtet und entsprechend der Wortbildung zu **Grund-** oder **Einzelschaltungen** zusammenschaltet werden. Dem Zusammensetzen der Wörter würde dann das Verbinden mehrerer **Grund-** oder **Einzelfunktionen** zu mehrstufigen Funktionseinheiten bedeuten. In Abb. 1.1 sind diese **Funktions-** oder **Schaltungseinheiten** zur besseren Übersicht nicht mehr als Einzelfunktionen, sondern vereinfacht mit einem Symbol dargestellt.

## Bauelemente, Komponenten



Transistor

T



Widerstand

R



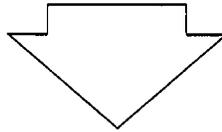
Kondensator

C

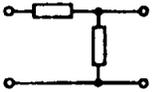


Diode

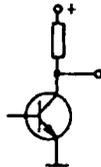
D



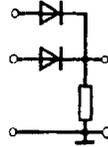
## Grund- oder Einzelschaltung



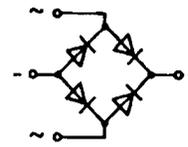
Spannungsteiler



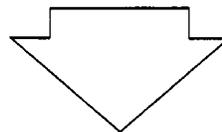
Verstärkerstufe



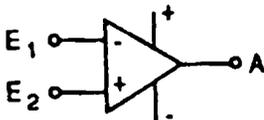
ODER-Logik



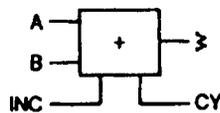
Gleichrichter



## Funktionseinheiten



Mehrstufiger Verstärker



Addierwerk

Abb. 1.1: Aufbau von Schaltungen

Neben der Zusammensetzung der Komponenten und Einzelfunktionen zu mehrstufigen Schaltungen müssen die zu verarbeitenden Signalspannungen mit ihren unterschiedlichen Signalformen berücksichtigt werden. Im Wesentlichen werden drei grundsätzlich unterschiedliche Spannungsformen (Abb. 1.2) unterschieden, auf die einzelne Bauelemente mit unterschiedlichen Widerstandsverhalten reagieren.

Spannungsformen werden nach ihrem Zeitverhalten definiert.

Die Gleichspannung (Abb. 1.2a) hat zu jeder Zeit einen gleich hohen Spannungspegel mit gleicher Polarität. z. B. hat die Autobatterie immer eine Spannung von 12 Volt. Der Minuspol der Spannung ist hierbei mit dem Blechchassis des Autos als gemeinsames Bezugspotenzial für alle Verbraucher im Auto (Lampen, Anlasser, Elektronik, Elektromotoren, Radio u.a.) verbunden.

Die sinusförmige Wechselspannung (Abb. 1.2b) ändert ihren festen Amplitudenwert in bestimmten Zeitabständen von Pluswerten nach Minuswerten. Bezogen auf ein Bezugspotenzial der Schaltung, wechselt diese Spannung ständig die Polarität. Die Netzspannung hat z. B. eine gleichbleibende Spannungsamplitude von 230 Volt. Ihr periodisches Wechseln der Polarität innerhalb einer Sekunde wird mit der Frequenz  $f$  angegeben, z. B.  $f = 50$  Hz bedeuten 50 Polaritätswechsel pro Sekunde.

Die Impulsspannungen (Abb. 1.2c) sind schnell geschaltete Gleichspannungen von einem bestimmten Gleichspannungspegel gegen ein Bezugspotenzial. In der Digitaltechnik, bzw. Computertechnik erfolgt das schnelle Ein- und Ausschalten durch einen Impulsgenerator, der z. B. bei einem PC-Computer die Impulsfolge mit einer Geschwindigkeit von mehreren 100 MHz (100 MHz sind hundert Millionen Schwingungen pro Sekunde) schaltet.

Wechselspannungen und Impulsspannungen können jeweils zusammen mit der Gleichspannung als Mischspannung (Abb. 1.2d) auftreten. In diesem Fall ist die Wechsel- oder Impulsspannung einer Gleichspannung mit unterschiedlicher Polarität überlagert. z. B. sind bei allen elektronischen Schaltungen (Verstärkerstufen), die Wechsel- oder Impulssignale der für diese Schaltungen erforderlichen Betriebsgleichspannung überlagert.

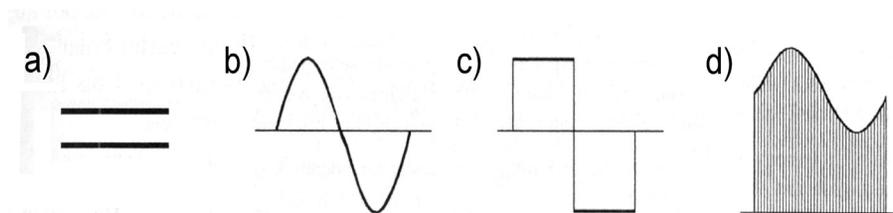


Abb. 1.2: Spannungsformen, a) Gleichspannung, b) Sinusspannung, c) Rechteckspannung, d) Mischspannung

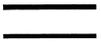
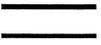
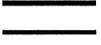
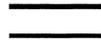
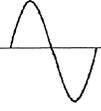
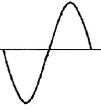
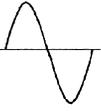
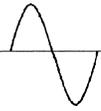
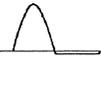
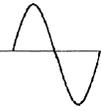
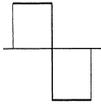
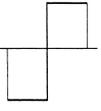
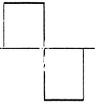
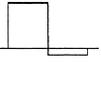
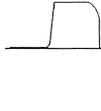
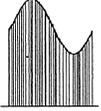
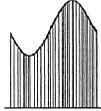
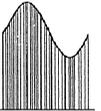
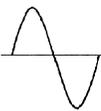
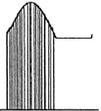
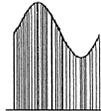
Spannungsformen					
			wird gesperrt		
					
					
					

Abb. 1.3: Übertragungsverhalten der unterschiedlichen Bauelemente

Die verschiedenen Bauelemente reagieren unterschiedlich auf die einzelnen Spannungsformen.

Der ohmsche Widerstand in der Übersicht in Abb. 1.3 setzt allen Spannungsformen den gleichen Widerstandswert entgegen, unabhängig von der Polarität und der Wechsel­frequenz.

Von der Polarität abhängig ist der Widerstand der Halbleiterdiode. Die Darstellung der Diode an Gleich- und Wechselspannung zeigt, dass der Widerstand beim Pluspol an der Kathode sehr hoch ist, in der Größenordnung Mega-Ohm. Bei umgekehrter Polarität, Minuspol an der Kathode, Pluspol an der Anode, sehr niedrig, im Bereich 1 bis 10 Ohm. Dieses Verhalten wird z. B. zum Gleichrichten von Wechselspannungen ausgenutzt. Diese Dioden bezeichnet man daher auch als Gleichrichter­dioden.

Beim Transistor wird der Kollektor-Emitter-Widerstand durch Änderung der Basisspannung gesteuert. Höhere Basisspannung verringert den Kollektor-Emitter-Widerstand und umgekehrt. Eine Spannungsänderung an der Basis (E) bewirkt eine umgekehrte Spannungsänderung am Kollektor (A), wenn im Kollektor ein Arbeitswiderstand liegt.

Das Widerstandsverhalten des Kondensators und der Spule ist nur von der Wechsel­frequenz  $f$  der anliegenden Spannung abhängig. Der frequenzabhängige Widerstand  $X$  des

Kondensators wird mit zunehmender Frequenz der Wechselspannung kleiner und umgekehrt. Gleichspannung sperrt der Kondensator (Abb. 1.3). Impulsspannungen mit steilen Schaltflanken verändern den Widerstand  $X$  des Kondensators auf sehr niedrige Werte im Ohm-Bereich, sodass die Schaltflanken des Impulses unverändert übertragen werden.

Genau umgekehrt verhält sich die Spule an Wechselspannung. Der Widerstand  $X$  wird mit zunehmender Frequenz der Wechselspannung größer und umgekehrt. Da eine Spule eine durchgehende Leitung darstellt, werden Gleichspannungen übertragen.

Wie wir in den folgenden Abschnitten ersehen, wirken die einzelnen Zusammenschaltungen von Bauelementen daher unterschiedlich auf die einzelnen Spannungsformen.

Der vorgenommene Vergleich der Elektronikfunktionen und ihrer Symbole mit unserem Sprachaufbau ist ein anschauliches Beispiel, Strukturmerkmale in den Zusammenhängen der Schaltelemente, Funktionen und Schaltungen aufzuzeigen.

Die Anwendungselektronik deckt mit wenigen Komponenten (Bauelementen) und Grundfunktionen das gesamte Anwendungsspektrum der Elektronik ab.

Die gebräuchlichsten Komponenten der Elektronik sind die Bauelemente:

- Diode (vgl. Anhang 14.1.9)
- Kondensator (vgl. Anhang 14.1.7)
- Transistor (vgl. Anhang 14.1.10)
- Spule (vgl. Anhang 14.1.6)
- Widerstand (vgl. Anhang 14.1.5)

Diese elementaren Komponenten gibt es in den unterschiedlichsten Funktionsvarianten wie die folgenden Beispiele zeigen:

**Diode:** Z-Diode für Begrenzer- und Stabilisierungsschaltungen,  
Leistungsdioden für Gleichrichterschaltungen,  
Dioden für Klammer- und Begrenzerschaltungen,  
Vierschichtdioden (Diac, Triac, Thyristor für Schaltfunktionen),  
Tunneldioden für Schaltfunktionen.

**Kondensator:** Fest-, Dreh-, Trimm-, Elektrolytkondensator für Resonanz- und Abstimmkreise, Block- und Siebkondensator, Koppelkondensator.

**Spule:** Filter-, Drossel-, Resonanzspulen.

**Transistor:** In der Anwendung unterscheidet man die beiden Transistorarten bipolar- und unipolar.  
Bei den bipolaren Transistoren gibt es die NPN- und PNP-Typen und den Fototransistor.  
Die unipolaren Feldeffekttransistoren (FET) unterscheidet man nach N- und P-Typen in Sperrschicht- und Anreicherungsfunktion.

**Widerstand:** Ohmsche Widerstände, temperaturabhängige Widerstände (PTC und NTC), spannungsabhängige Widerstände (VDR).

Diese Komponenten können nun wiederum in den verschiedensten Grundschaltungen zur Anwendung kommen, sowohl in der diskreten Schaltungstechnik (Zusammenschaltung von Bauelementen auf Lötleisten oder Leiterplatten) oder in integrierten Schaltungen (IC-Technik) der Linear-, Digital- oder Computertechnik.

## 1.2 Bezug herstellen zwischen symbolischem Schaltbild und der Verdrahtungsanordnung

Das Erkennen einer Schaltungsfunktion aus einem Schaltbild, in dem die Komponenten funktionsgerecht angeordnet sind, und das Aufsuchen der Funktionsverbindungen sowie die Zuordnung der symbolischen Komponenten zu den realen Bauelementen in dem dazugehörigen Elektronikgerät sind für die Funktionsprüfung und das Messen der Signale und Potenziale unerlässlich.

In einem elektronischen Gerät oder einer Anlage sind die Komponenten entsprechend ihrer Aufgabe, Form oder Größe in einem Gerät untergebracht. Bedien- oder Abgleichkomponenten müssen von außen zugänglich an den Frontseiten der Geräte angebracht sein. Komponenten mit hoher Verlustleistung können außerdem auf Kühlkörpern befestigt sein. Große Bauelemente, z.B. Elektrolytkondensatoren mit großer Kapazität, Transformatoren, sind häufig außerhalb der Leiterplatten an dem Gehäusesechassis befestigt.

Aus der **Abb. 1.4** ist die mögliche Verdrahtungsanordnung eines Spannungsteilers ersichtlich. Abb. 1.4a zeigt die funktionsgerechte symbolische Darstellung, Abb. 1.4b

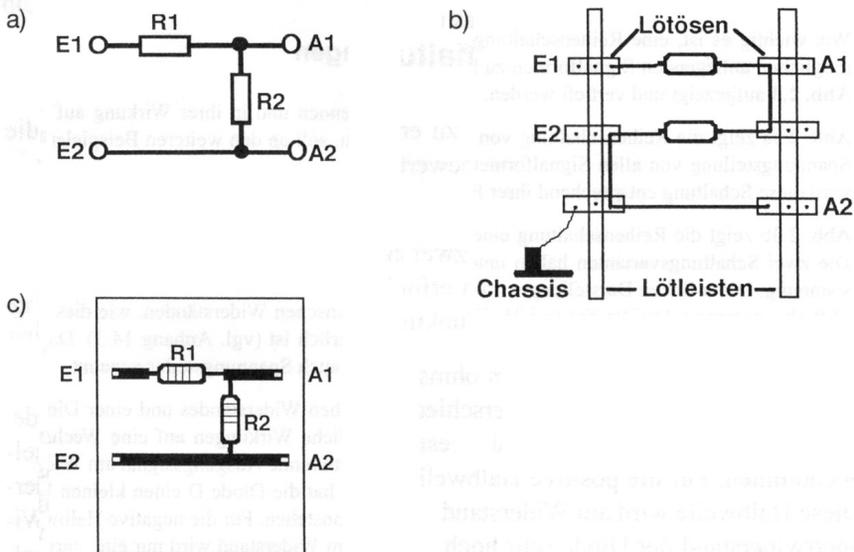


Abb. 1.4: a) Spannungsteiler, b) Anordnung auf Lötleisten, c) Anordnung auf Leiterplatte

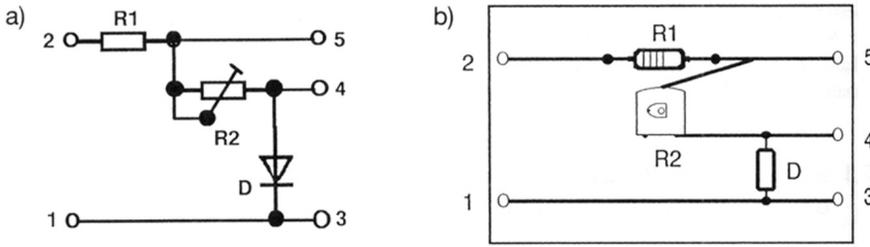


Abb. 1.5: a) Spannungsteiler mit Begrenzerdiode, b) Anordnung auf Leiterplatte

zeigt die mögliche Anordnung der Komponenten auf zwei Lötleisten. Die Abb. 1.4c zeigt die Anordnung der Komponenten auf einer Leiterplatte.

Ein weiteres Beispiel in **Abb. 1.5** zeigt einen einstellbaren Spannungsteiler mit Begrenzerfunktion durch die in Durchlassrichtung geschaltete Diode. Durch die Bauform des Trimmwiderstandes ist eine andere Anordnung der Komponenten und Leiterbahnführung erforderlich.

Diese zwei Beispiele zeigen, dass bei der zeichnerischen Darstellung eine Systematik in der funktionsgerechten Anordnung der Komponenten eingehalten wird.

Dagegen ist dies bei der mechanischen Anordnung der Komponenten aus vielerlei gestalterischen Gründen und Einschränkungen nicht möglich.

### 1.3 Polarität, Stromrichtung, Bezugspotenzial, Definitionen

Zur Verständigung über Funktionsabläufe und Erklärungen wird vorab auf einige Definitionen der in diesem Buch verwendeten Begriffe hingewiesen.

**Polaritätsangabe:** Der Spannungspfeil  $U$  zeigt vom Pluspol zum Minuspol (Abb. 1.6a).

**Stromrichtung:** Die in den Abbildungen verwendeten Strompfeile  $I$  zeigen die technische Stromrichtung vom Pluspol zum Minuspol an (Abb. 1.6a)

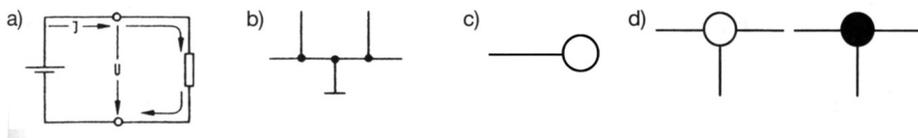


Abb. 1.6: a) Polaritäts- und Stromrichtungsangabe, b) Bezugspotenzial, c) Klemme oder Pol, d) Knoten

Bezugspotenzial: Sämtliche in den Schaltfunktionen angegebenen Spannungswerte beziehen sich, wenn nicht besonders gekennzeichnet, auf das in Abb. 1.6b dargestellte Symbol für das Bezugspotenzial.

**Klemme** oder **Pol** ist ein Anschlusspunkt in einer Schaltung. Die Kennzeichnung in Schaltplänen erfolgt durch einen kleinen Kreis (Abb. 1.6c).

Als **Knoten** bezeichnet man eine Klemme und jede elektrisch leitende Verbindung zwischen mehreren Klemmen. Kennzeichnungen (Abb. 1.6d):

Unter **Bauelement** oder **Schaltelement** versteht man den Baustein eines Geräts oder einer Schaltung mit bestimmten, durch seine Aufgaben festgelegten Eigenschaften.

**Netzwerk**, **Schaltung** oder **Stromkreis** ist die Zusammenschaltung mehrerer Bauelemente, sodass Ströme fließen können.

Die Definitionen **gesperrt** oder **nichtleitend** wird für Halbleiterbauelemente angewendet, die keinen Strom führen; die Definition **leitend** für Halbleiterbauelemente, die Strom führen.

Rückkopplungen werden nach **Mitkopplungen** und **Gegenkopplungen** unterschieden. Bei **Mitkopplungen** werden Spannungen mit gleicher Polarität und Phase vom Ausgang an den Eingang einer Verstärkerschaltung zurückgeführt. Die Rückführung mit gegensinniger Polarität und Phase definiert die **Gegenkopplung**.

Die Definition **Stufe** (z.B. Verstärker- oder Schaltstufe) bezieht sich immer auf den Transistor und die dazu erforderlichen Funktionselemente, z.B. Kollektor- und Emitterwiderstand sowie Basisspannungsteiler oder Vorwiderstand.

## 1.4 Übungen zur Vertiefung

**Die Übungen am Ende jeden Hauptabschnittes sollen dazu beitragen, das Gelernte zu wiederholen und die dazu angebotenen zahlreichen Hilfsmittel im Anhang 14 anzuwenden.**

1. Durch welche elektrischen Eigenschaften unterscheidet sich der Kondensator vom ohmschen Widerstand?
  - A Der Kondensatorwiderstand ist spannungsabhängig,
  - B der Kondensatorwiderstand ist stromabhängig,
  - C der Kondensatorwiderstand ist frequenzabhängig,
  - D der Kondensatorwiderstand ist neutral.
2. Der Widerstand der Diode ist:
  - A Von der Polarität der anliegenden Spannung abhängig,
  - B von der Signalform der anliegenden Spannung abhängig,
  - C bei hohen Spannungen von der Polarität abhängig,
  - D nur bei bestimmten Frequenzen bemerkbar.

3. Welches Bauelement hat 2 Stromkreise?
  - A Der Widerstand,
  - B die Diode,
  - C der Kondensator,
  - D der Transistor.
4. Welches Bauelement kann Rechteckimpulse verformen?
  - A Der Kondensator,
  - B der Widerstand,
  - C die Induktionsspule,
  - D die Diode.
5. Welches Schaltungssymbol ist der Z-Diode zugeordnet (siehe Anhang)?
6. Welches Schaltungssymbol ist den temperaturabhängigen Widerstand (PTC) zugeordnet (siehe Anhang)?
7. Welches Schaltungssymbol ist den Thyristor zugeordnet (siehe Anhang)?
8. Welche Darstellung zeigt die Lage des Bauelementes auf einem Baugruppenträger (z.B. Leiterplatte, Lötleisten)?
  - A Schaltbild,
  - B symbolisches Schaltbild,
  - C Verdrahtungsplan,
  - D elektrisches Schaltbild.
9. Die symbolische Darstellung eines Bauelementes in einem elektrischen Stromlaufplan (Schaltbild) gibt Auskunft über:
  - A Die Größe des Bauelementes,
  - B die Funktion des Bauelementes,
  - C die Anordnung des Bauelementes,
  - D die elektrischen Eigenschaften des Bauelementes.

Lösungen im Anhang

## 2 Schaltungsanalyse ein Puzzlespiel?

Ganz gleich ob kleine oder große Schaltbilder gelesen werden müssen. Im Detail handelt es sich immer um Reihen- oder Parallelschaltungen von unterschiedlichen Bauelementen, die Spannungswerte und Signalformen beeinflussen.

Beim Lesen von Schaltungen gibt es drei wesentliche Funktionsmerkmale zu prüfen und zu beachten:

1. Wo teilt sich eine Spannung auf?

**In der Reihenschaltung von Bauelementen**

2. Wo verzweigen sich Ströme?

**In der Parallelschaltung von Bauelementen**

3. Wo verändern sich Strom- und Spannungsformen?

**Durch Zusammenschaltung von Bauelementen unterschiedlicher Funktionen**

### 2.1 Funktionsbetrachtungen

Betrachten wir diese wesentlichen Funktionsmerkmale von elektronischen Schaltungen an den folgenden Beispielen:

An der Reihenschaltung von ohmschen Widerständen verteilt sich die anliegende Spannung proportional zu den Widerständen.

Je größer das Widerstandsverhältnis um so größer das Spannungsverhältnis (Spannungsteilerprinzip).

In der Abb. 2.1a sind die Widerstände gleich groß, entsprechend verhalten sich die Spannungen an den Widerständen. Sie teilen sich in drei gleich große Spannungen auf.

Diese Aufteilung der Spannung ist bei ohmschen Widerständen unabhängig von den Signalformen (Gleich- oder Wechselspannung) und deren Frequenz (niedrige, hohe oder wechselnde Frequenzen), vgl. hierzu die Erläuterungen der Tabelle in Abb. 1.3.

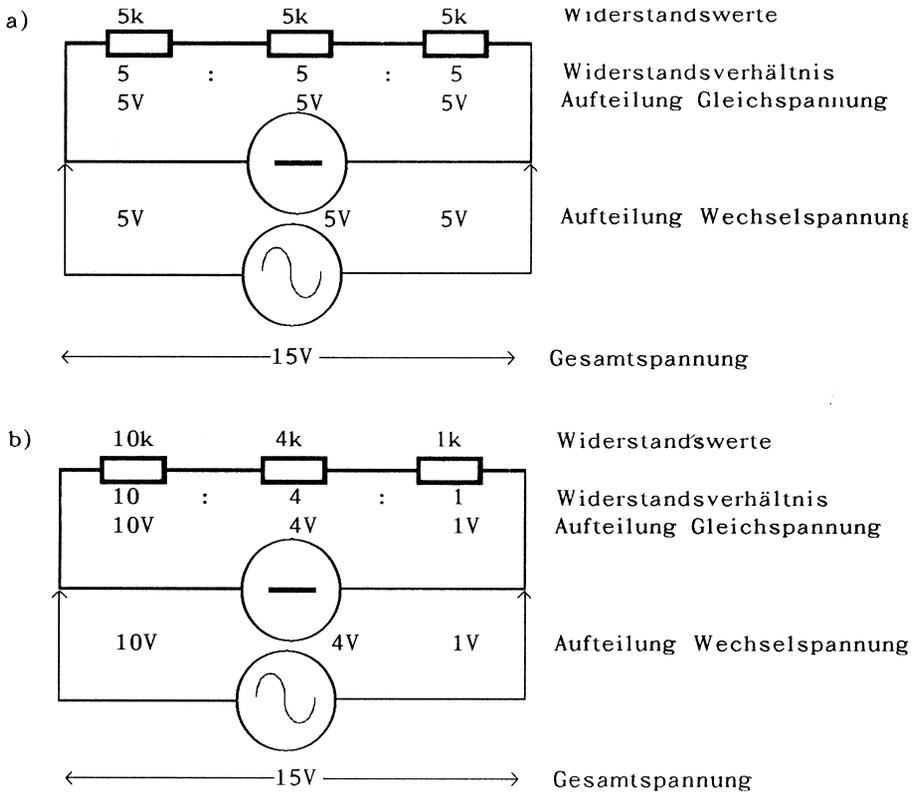


Abb. 2.1: Spannungsaufteilung an Reihenschaltungen von Widerständen

- a) mit gleich großen Widerstandswerten
- b) mit unterschiedlich großen Widerstandswerten

In der Abb. 2.1b sind drei unterschiedliche Widerstandswerte dargestellt. Entsprechend den Widerstandsverhältnis 10:4:1 teilt sich auch die anliegende Spannung im Verhältnis 10:4:1 auf.

In einer Reihenschaltung fließt nur ein Strom, der sich aus der anliegenden Spannung und den Gesamtwiderstand ergibt.

Bei dem zweiten Funktionsmerkmal der Parallelschaltung von Bauelementen verzweigen sich die Ströme entsprechend der Anzahl von Strompfaden. In der Abb. 2.2a sind die drei gleich großen Widerstandswerte von  $R = 5\text{ k}$  parallel geschaltet. Daraus ergeben sich drei Strompfade mit gleich großen Strömen von  $I = 3\text{ mA}$ . Die Summe der parallel fließenden Ströme ergibt den Gesamtstrom von  $9\text{ mA}$ .

In der Abb. 2.2b sind die drei Widerstandswerte aus Abb. 2.1b parallel geschaltet. Entsprechend teilen sich die Ströme im Verhältnis 10:4:1 auf.

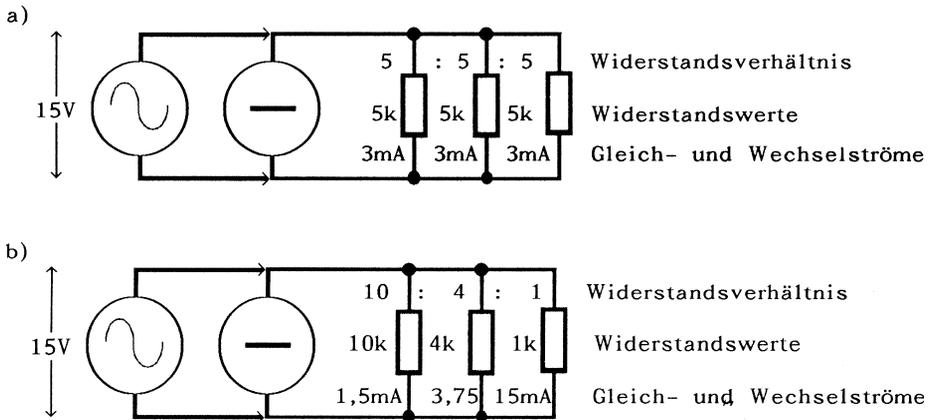


Abb. 2.2: Stromaufteilung an Parallelschaltung von Widerständen

a) mit gleich großen Widerstandswerten

b) mit unterschiedlichen Widerstandswerten

Der Vergleich der beiden Schaltungen zeigt uns:

Der kleinste Widerstand erzeugt in der Reihenschaltung den kleinsten Spannungsabfall, aber in der Parallelschaltung den größten Strom.

Der Gesamtwiderstandswert ergibt sich bei der Reihenschaltung aus der Summe der Einzelwiderstandswerte, bei der Parallelschaltung bestimmt der kleinste Widerstandswert den Gesamtwiderstand.

Das Widerstands- bzw. das Teilverhältnis bei der Reihenschaltung von zwei Widerständen kann mit Hilfe der Tabelle 14.3 im Anhang bestimmt werden.

Der Gesamtwiderstand bei der Parallelschaltung von Widerständen kann mit Hilfe der Tabelle 14.4 im Anhang bestimmt werden.

In der Abb. 2.3 ist die Reihenschaltung einer Diode mit einem Widerstand dargestellt. Die Abb. 2.3a zeigt die Spannungsaufteilung bei einer in Durchlassrichtung geschalteten Diode (Widerstand der Diode mit 10 Ohm sehr klein). Im Gegensatz dazu kehrt sich das Widerstandsverhältnis bei Umkehrung der Polung (Abb. 2.3b), der die Diode in Sperrbereich schaltet (Widerstand der Diode mit 1 Megaohm sehr groß). Siehe hierzu auch die Erläuterungen der Abb. 1.3.

Die Abb. 2.4 zeigt die Spannungsaufteilung bei einer Reihenschaltung von Kondensator und Widerstand. Aus der Abb. 2.4a ist ersichtlich, dass der Kondensator der Gleichspannung einen nahezu unendlichen Widerstand entgegengesetzt und daher für die Gleichspannung sozusagen eine Unterbrechung darstellt. Daraus resultiert die Gesamtspannung am Kondensator und keine Spannung am Widerstand.

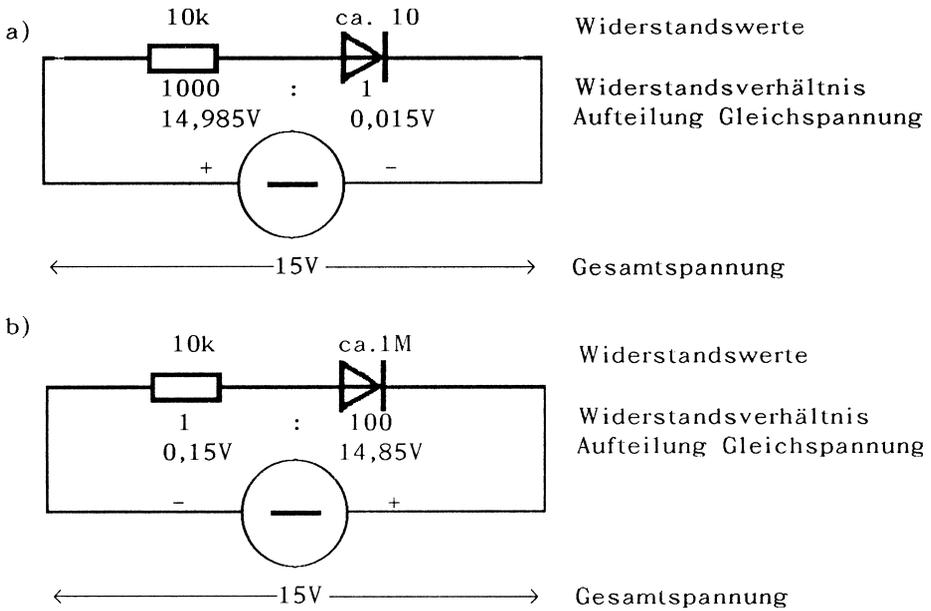


Abb. 2.3: Spannungsaufteilung an Reihenschaltung von Diode und Widerstand

- a) Diode mit leitender Polarität
- b) Diode mit nichtleitender (gesperrter) Polarität

Anders sieht die Spannungsaufteilung bei Wechselspannung aus (Abb. 2.4b.) Hier hat der frequenzabhängige Widerstand X des Kondensators die gleiche Wirkung für die Wechselspannung wie der ohmsche Widerstand.

Die Kombination von Reihen- und Parallelfunktionen finden wir nicht nur durch das Zusammenschalten von Bauelementen in Schaltungen sondern auch bei bestimmten Bauelementen, wie z.B. Transistoren und Thyristoren. Diese Bauelemente haben daher nicht nur zwei Anschlüsse, sondern deren drei.

Abb. 2.5a zeigt jeweils zwei in Reihe geschaltete Widerstände in Parallelschaltung und die entsprechenden Spannungsaufteilungen. Die gleiche Schaltung ergibt sich bei der Schaltungsanordnung mit einem Transistor in Abb. 2.5b. Wir sehen aus der Schaltungsanordnung, das der Übergangswiderstand zwischen C und E (Kollektor-Emitter des Transistors) in seiner Wirkung ebenfalls einen Widerstand darstellt. Gesteuert wird dieser C-E-Widerstandswert durch den B-E-Stromkreis (Basis-Emitter-Stromkreis), der den Diodenstromkreis in Abb. 2.3a entspricht. Die Summe der beiden Ströme fließt über den Emitteranschluss E des Transistors.

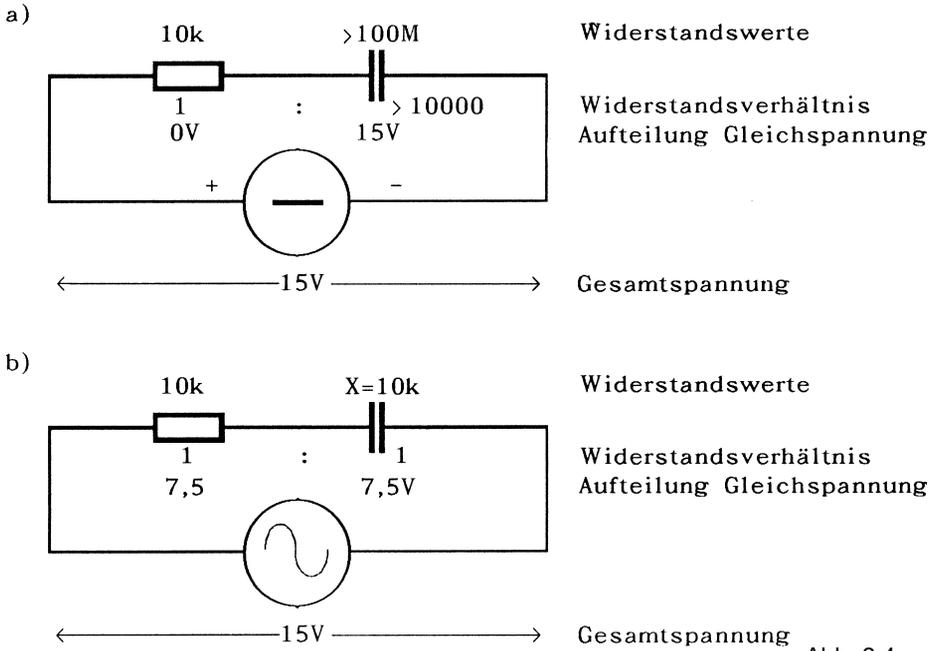
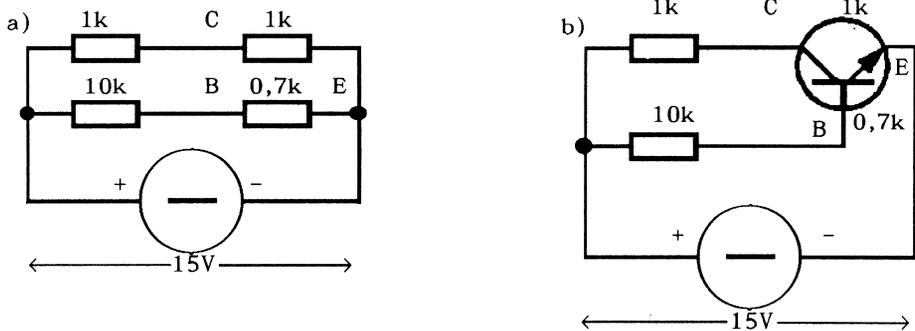


Abb. 2.4:

Spannungsaufteilung an Reihenschaltung von Kondensator und Widerstand  
a) Kondensator im Gleichstromkreis



Spannungsaufteilung: 7,5V:7,5V  
Strom C: 7,5mA  
Spannungsaufteilung: 14V:1V  
Strom B: 1,4mA  
Gesamtstrom E: C+B = 7,5mA+1,4mA=8,9mA

Abb. 2.5: Reihen- und Parallelschaltung von Widerständen und Transistor

a) Widerstandsersatzschaltung der Transistorschaltung  
b) Transistorschaltung

## 2.2 Funktionen von Reihenschaltungen

Wie wichtig es ist, eine Reihenschaltung zu erkennen und in ihrer Wirkung auf die möglichen anliegenden Signalformen zu bewerten, soll an den weiteren Beispielen in **Abb. 2.6** aufgezeigt und vertieft werden.

Abb. 2.6a zeigt die Reihenschaltung von zwei ohmschen Widerständen, wie dies zur Spannungsteilung von allen Signalformen erforderlich ist (vgl. Anhang 14.3). Daher wird diese Schaltung entsprechend ihrer Funktion auch Spannungsteiler genannt.

Abb. 2.6b zeigt die Reihenschaltung eines ohmschen Widerstandes und einer Diode. Die zwei Schaltungsvarianten haben unterschiedliche Wirkungen auf eine Wechselspannung. In der linken Darstellung wird das resultierende Ausgangssignal am Widerstand  $R$  abgenommen. Für die positive Halbwelle hat die Diode  $D$  einen kleinen Widerstand. Diese Halbwelle wird am Widerstand  $R$  anstehen. Für die negative Halbwelle ist der Sperrwiderstand der Diode sehr hoch. Am Widerstand wird nur eine geringfügige Spannung abgenommen. Diese Schaltung dient zur Gleichrichtung von Wechselspannungen und wird dann als Einweg-Gleichrichterschaltung bezeichnet, wobei der Widerstand  $R$  den Verbrauchswiderstand darstellt.

An der rechten Schaltung wird die Wechselspannung an der Diode abgenommen. Daher wird als Ausgangsspannung die negative Halbwelle gemessen und die positive Halbwelle nur als geringfügige Schwellenspannung der Diode gemessen. Diese Schaltung entspricht ebenfalls der Wirkung einer Gleichrichterfunktion.

Die Reihenschaltung eines Widerstandes mit einer Z-Diode zeigt Abb. 2.6c. Da die Z-Diode Gleichspannungsänderungen einen nahezu konstanten Widerstand entgegensetzt, wirkt diese Schaltung als Begrenzer- und Stabilisierungsschaltung für Gleichspannungen.

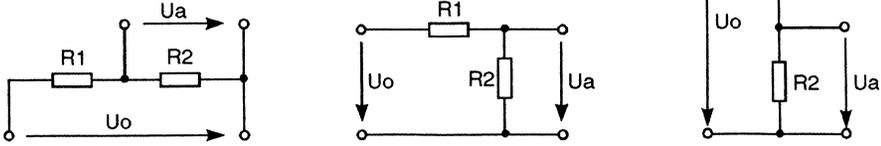
Die linke Darstellung in Abb. 2.6d zeigt die Reihenschaltung eines NPN-Transistors mit einem ohmschen Widerstand als Arbeitswiderstand  $R_C$  im Kollektor des Transistors (vgl. Emitter-Schaltung in Tabelle 2.1). Eine Eingangsspannung wird dadurch in der Polarität am Ausgang umgekehrt. Dieser Arbeitswiderstand kann auch im Emitter des Transistors liegen ( $R_E$  in rechter Darstellung). Die Eingangsspannung wird dadurch am Ausgang nicht umgekehrt.

Die Reihenschaltung von Transistoren (Abb. 2.6e) finden wir bei Ausgangsschaltungen von Nf-Verstärkern oder linearen und digitalen IC's.

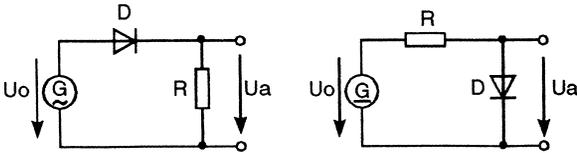
Die Aussteuerung der Transistoren erfolgt gegensinnig. Wenn  $T_1$  hochohmig gesteuert wird, dann wird  $T_2$  niederohmig und umgekehrt. Dadurch erhöht sich die dynamische Spannungsteilerwirkung der Schaltungsanordnung.

Die Reihenschaltung eines ohmschen Widerstandes mit einem frequenzabhängigen Widerstand zeigt die Abb. 2.6f. Damit wird am Ausgang der Schaltungen die Teilerwirkung für die Eingangswchselspannung abhängig von der Frequenz.

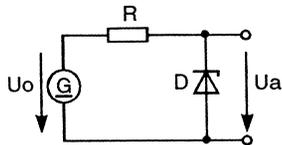
a) Unterschiedliche Darstellung des Spannungsleiters



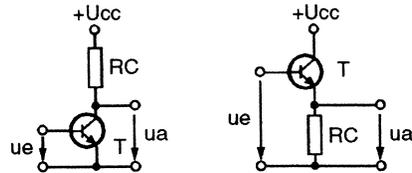
b) Gleichrichter- und Begrenzerschaltung



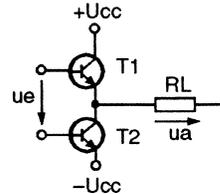
c) Stabilisierungsschaltung



d) Arbeitswiderstand am Transistor



e) Transistor in Reihenschaltung



f) Reihenschaltung aus ohmschen- und frequenzabhängigen Widerständen

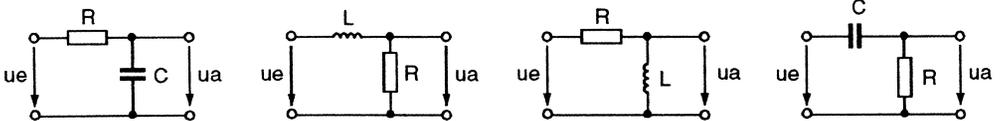


Abb. 2.6: Reihenschaltung von Komponenten

In den beiden linken Abbildungen liegt die Ausgangsspannung einmal am Kondensator und einmal am ohmschen Widerstand. Dadurch ergeben sich für beide Schaltungsvarianten das gleiche Frequenzverhalten für die Ausgangsspannung.

Der Kondensator in der ersten Abbildung verringert seinen frequenzabhängigen Widerstand mit zunehmender Frequenz. Das Widerstandsverhältnis wird dadurch größer, die Ausgangsspannung am Kondensator kleiner. In der zweiten Abbildung erhöht sich der frequenzabhängige Widerstand der Spule mit zunehmender Frequenz. Das Widerstandsverhältnis wird dadurch auch größer und die Ausgangsspannung am ohmschen Widerstand wird dadurch auch kleiner (Funktion eines Tiefpasses).

Überträgt man dieses Funktionsverhalten auf die beiden rechten Bilder, dann wird es verständlich, dass bei diesen Schaltungsanordnungen die frequenzabhängige Ausgangsspannung mit zunehmender Frequenz ansteigt (Funktion eines Hochpasses).

**Abb. 2.7** zeigt die Schaltung eines einstufigen Transistor-Spannungsverstärkers. Dieser Verstärker wird auch in seiner Standard-Grundschialtung als Emitterschaltung bezeichnet. Kennzeichnend für die Grundschialtungen sind die Zuordnungen des Ein- und Ausgangs zu den Elektrodenanschlüssen des Transistors. Bei der Emitterschaltung ist der Eingang dem Basisanschluss zugeordnet, der Ausgang dem Kollektoranschluss, das gemeinsame Bezugspotenzial dem Emitteranschluss.

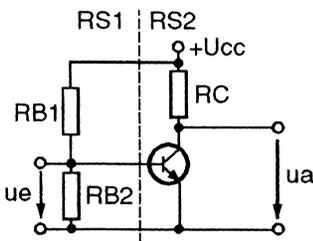


Abb. 2.7: Kombination von Reihenschaltungen am Beispiel einer Verstärkerstufe

Aus der Abbildung sehen wir, dass die Verstärkerstufe aus zwei Reihenschaltkreisen besteht, dem Basisspannungsteiler zur Erzeugung des Arbeitspunktes AP, bestehend aus den ohmschen Widerständen RB1 und RB2 (Reihenschaltung RS1) und der Reihenschaltung RS2 des Arbeitswiderstandes RC mit dem Transistor.

Abschließend zu den Betrachtungen von Reihenschaltungen schauen wir uns etwas eingehender das Schaltungsbeispiel eines Rechteckgenerators in **Abb. 2.8** an.

In einem Gesamtschaltbild sind Einzelfunktionen immer etwas schwerer zu erkennen, deshalb sind in Abb. 2.8 die einzelnen Reihenschaltungen mit Linien abgegrenzt und mit Kleinbuchstaben wie folgt gekennzeichnet:

- Reihenschaltung der Widerstände R23 und R24 (Spannungsteiler zur Erzeugung des Arbeitspunktes für die Basis des Transistors T8);
- Reihenschaltung des Kondensators C12 und der Spule L1/1-2 (Serienresonanzkreis);
- Reihenschaltung der Spule L1/3-4, Transistor T8 (Kollektor-Emitter) und Emitterwiderstand R25;

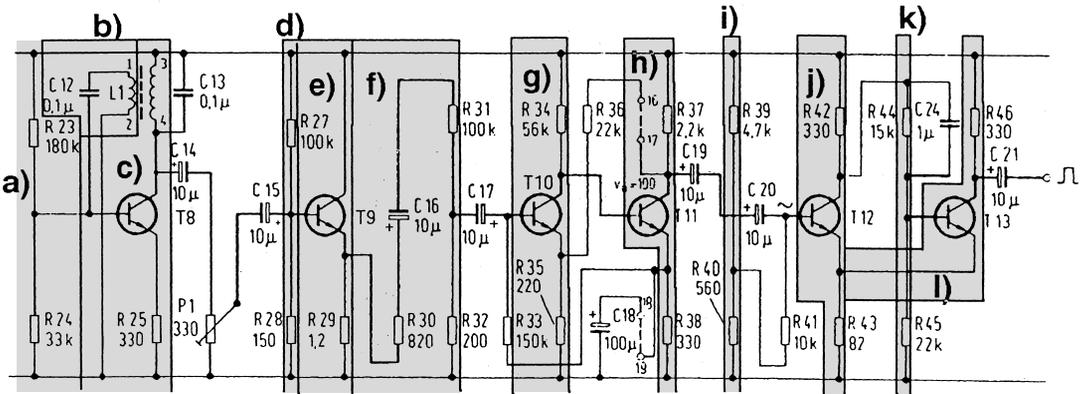


Abb. 2.8: Schaltungsbeispiel für Reihenschaltungen

- d) Reihenschaltung der Widerstände R27 und R28 (Spannungsteiler für Basis T9);
- e) Reihenschaltung des Transistors T9 (Kollektor-Emitter) und des Emittterwiderstandes R29;
- f) Reihenschaltung des Widerstandes R30, Kondensator C16 und die Widerstände R31 und R32;
- g) Reihenschaltung des Kollektorwiderstandes R34, Transistor T10 (Kollektor-Emitter) und des Emittterwiderstandes R35;
- h) Reihenschaltung des Kollektorwiderstandes R37, des Transistors T11 (Kollektor-Emitter) und des Emittterwiderstandes R38;
- i) Reihenschaltung des Spannungsteilers R39 und R40;
- j) Reihenschaltung Kollektorwiderstand R42, Transistor T12 (Kollektor-Emitter) und der mit T13 gemeinsame Emittterwiderstand R43;
- k) Reihenschaltung des Spannungsteilers R44 und R45;
- l) Reihenschaltung des Kollektorwiderstandes R46, Transistor T13 (Kollektor-Emitter) und des mit T12 gemeinsamen Emittterwiderstandes R43.

## 2.3 Funktionen von Parallelschaltungen

Eine weitere wichtige Funktion hat die Parallelschaltung von Komponenten in elektronischen Schaltungen. Eine Parallelschaltung ist vor allem dann gegeben, wenn am Ausgang einer Elektronikschaltung die nächstfolgende Schaltungsfunktion oder ein Verbraucher angeschlossen ist. Hierzu die folgenden Beispiele der **Abb. 2.9**:

In Abb. 2.9a ist am Ausgang des Spannungsteilers ein Lastwiderstand angeschlossen. Dieser Lastwiderstand  $R_L$  bildet mit dem Widerstand  $R_2$  einen Parallelwiderstand  $R_P$  mit einem daraus resultierenden neuen Widerstandswert, der das Widerstandsverhältnis zusammen mit  $R_1$  bestimmt.

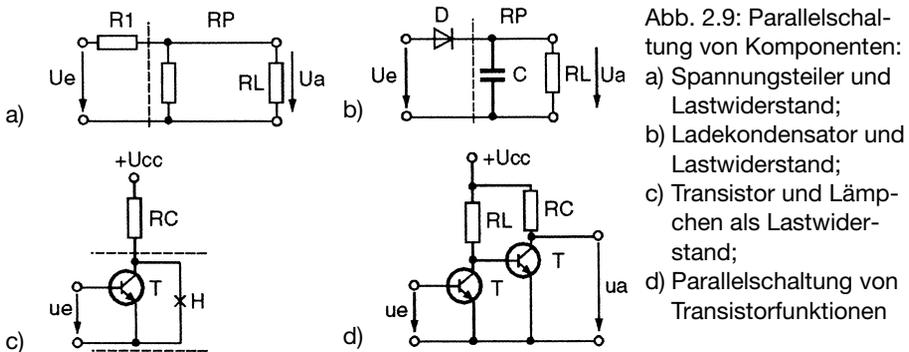


Abb. 2.9: Parallelschaltung von Komponenten:  
 a) Spannungsteiler und Lastwiderstand;  
 b) Ladekondensator und Lastwiderstand;  
 c) Transistor und Lämpchen als Lastwiderstand;  
 d) Parallelschaltung von Transistorfunktionen

In Abb. 2.9b ist an den Ausgang der Gleichrichterdiode D ein Ladekondensator C und ein Lastwiderstand RL angeschlossen. C und RL sind parallel geschaltet und liegen als resultierender frequenzabhängiger Gesamtwiderstand in Reihenschaltung zu der Diode D.

Abb. 2.9c zeigt ein am Ausgang des Transistorverstärkers angeschlossenenes Lämpchen H an. Dieses Lämpchen liegt als Lastwiderstand parallel zu dem Transistor T. Der resultierende Gesamtwiderstand aus T und H liegt in Reihe zu dem Widerstand RC.

Abb. 2.9d zeigt zwei Transistorverstärkerstufen T, die hintereinander geschaltet sind. Hierbei liegt der Basis-Emitterwiderstand des zweiten Transistors parallel zum Ausgang (Kollektor-Emitter-Widerstand) des ersten Transistors.

Die Parallelschaltung der beiden Verstärkerstromkreise über die Widerstände RL und RC an der Versorgungsspannung Ucc hat auf die Funktionsbetrachtung der Verstärkerstufen keinen Einfluss.

Abschließend zu den grundsätzlichen funktionalen Betrachtungen über Parallelschaltungen werden wieder in der Schaltungsvorlage des Rechteckgenerators von Abb. 2.8 einige Parallelschaltungen definiert. Hierzu sind wiederum in der **Abb. 2.10** die Parallelschaltungen durch Eingrenzungslinien gekennzeichnet und mit fortlaufenden Kleinbuchstaben versehen:

- a) Im Basis-Emitter-Stromkreis liegen Widerstand R24, parallel dazu die Reihenschaltung C12 und L1/1-2 und parallel dazu die Reihenschaltung von Basis-Emitter-Widerstand T8 und Emitterwiderstand R25.
- b) Die Spule L1/3-4 und der Kondensator C13 bilden einen Parallelschwingkreis
- c) Der Widerstand R28 liegt parallel zur Reihenschaltung des Basis-Emitter-Widerstands T9 und dem Emitterwiderstand R29.
- d) Dem Widerstand R40 liegen parallel die in Reihe geschalteten Widerstände R41, Basis-Emitter-Widerstand T12 und der Emitterwiderstand R43.
- e) R44 und C24 bilden eine Parallelschaltung als Koppelement zwischen Transistor T12 und Transistor T13.

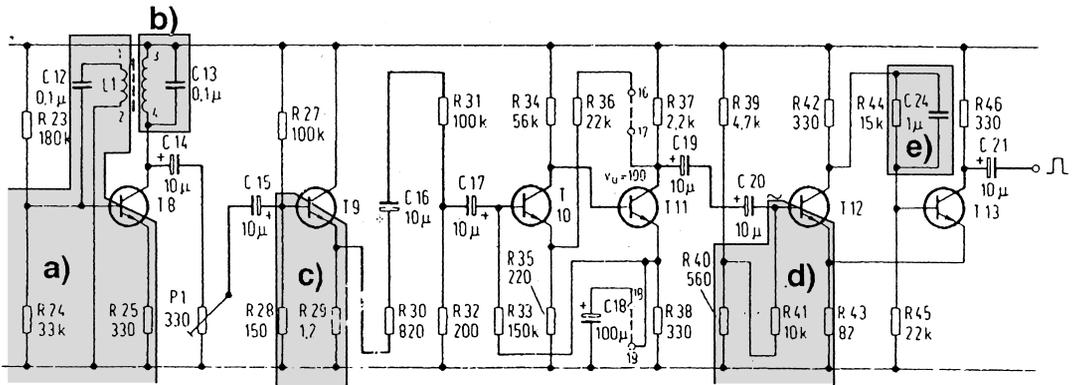


Abb. 2.10: Schaltungsbeispiel für Parallelschaltungen

Die hier als Beispiel für Reihen- und Parallelschaltungen eingesetzte Schaltung wird in Hauptabschnitt 7 nochmals näher in ihrer Funktion (Abb. 7.3) beschrieben.

## 2.4 Standardisierte Grundsaltungen

Die Kombination von Reihen- und Parallelschaltungen der Komponenten ergeben dann die ganze Vielfalt der zur Anwendung kommenden Schaltungsvarianten. Daraus haben sich einige Standard-Grundsaltungen entwickelt, wie sie in der folgenden **Übersichtstabelle 2.1** beispielhaft dargestellt sind:

Die Verstärker-Grundsaltungen haben unterschiedliche Leistungskennwerte:

Die **Emitter**-Schaltung ist eine Spannungs- und Stromverstärkerstufe. Der gebräuchlichste Einsatz ist der als Spannungsverstärkerstufe.

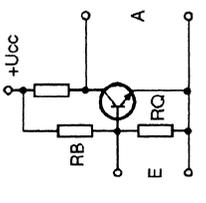
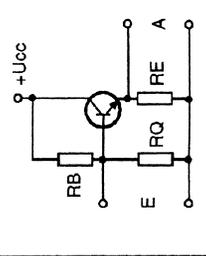
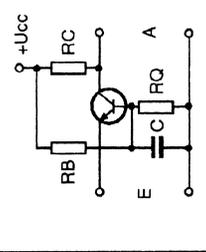
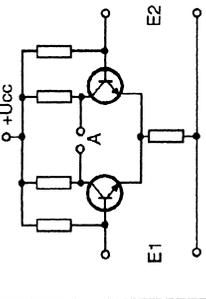
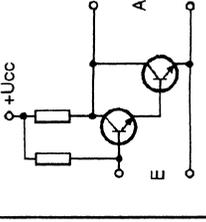
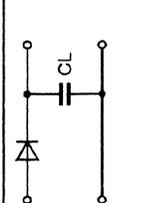
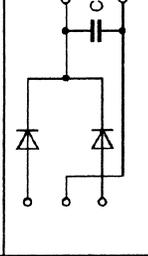
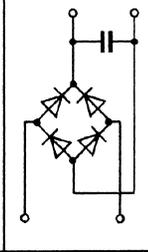
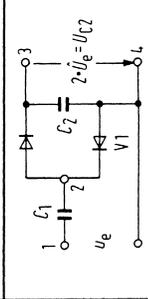
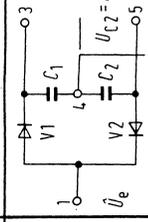
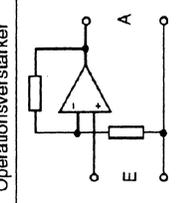
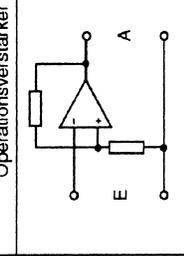
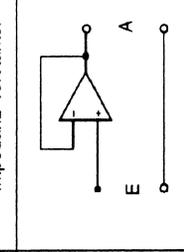
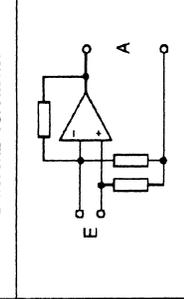
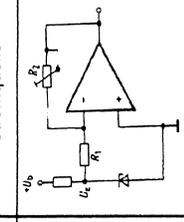
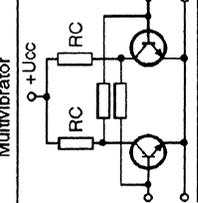
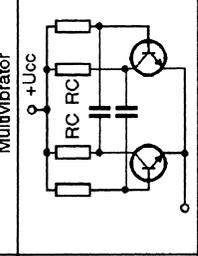
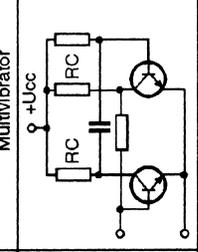
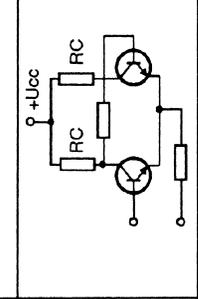
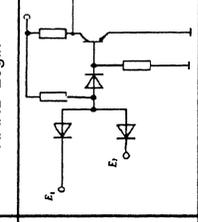
Die **Kollektor**-Schaltung hat die größte Stromverstärkung, aber die Spannungsverstärkung ist  $<1$ . Aufgrund des großen Eingangs-, Ausgangs-Widerstandsverhältnisses wird sie als Impedanzwandler eingesetzt.

Die **Basis**-Schaltung hat die größte Spannungsverstärkung, aber eine Stromverstärkung  $<1$ . Ihr Einsatz erfolgt bevorzugt für kleine Spannungen (Antennenverstärker).

Die **Differenz**-Verstärkerstufe ist ein Brückenverstärker, der nur die Differenzspannung zwischen den Eingängen verstärkt am Ausgang wiedergibt. Spannungen mit gleicher Polarität und Amplitude werden nicht verstärkt. Aufgrund der daraus resultierenden Gleichtaktunterdrückung, die Störspannungen unterdrückt, wird dieser Verstärkertyp als Eingangsstufe für Operationsverstärker eingesetzt.

Der **Darlington**-Verstärker hat ausgesprochene Stromverstärkerfunktion und wird entsprechend zur Steuerstromanpassung eingesetzt.

Tabelle 2.1 Grundschaltungen

<p>Ermittler- Schaltung</p> 	<p>Kollektor- Schaltung</p> 	<p>Basis- Schaltung</p> 	<p>Differenz-Verstärker</p> 	<p>Darlington-Verstärker</p> 
<p>Einweg-Gleichrichter</p> 	<p>Zweiweg-Gleichrichter</p> 	<p>Brücken-Gleichrichter</p> 	<p>Einweg-Verdoppler</p> 	<p>Zweiweg-Verdoppler</p> 
<p>Nichtinvertierender Operationsverstärker</p> 	<p>Invertierender Operationsverstärker</p> 	<p>Impedanz-Verstärker</p> 	<p>Differenz-Verstärker</p> 	<p>Stromquelle</p> 
<p>Bistabiler Multivibrator</p> 	<p>Astabiler Multivibrator</p> 	<p>Monostabiler Multivibrator</p> 	<p>Schmitt-Trigger</p> 	<p>NAND-Logik</p> 

Die Gleichrichter-Grundsaltungen haben zur Aufgabe, Wechselspannungen zu Gleichspannungen umzuformen.

Der **Einweg**-Gleichrichter verwertet nur eine Halbwelle zur Gleichspannungsgewinnung. Daher wird diese Gleichrichtung nur für geringe Leistungsanforderungen eingesetzt.

Der **Zweiweg**-Gleichrichter verwertet beide Halbwellen zur Gleichspannungsgewinnung. Außerdem werden die Sekundärwicklungen des Transformators nicht durch den Laststrom vormagnetisiert.

Der **Brücken**-Gleichrichter nutzt ebenfalls beide Halbwellen zur Gleichspannungsgewinnung.

Die **Einweg-Spannungsverdoppler**-Schaltung lädt den Kondensator C2 auf den doppelten Wert der Eingangsspitzenspannung.

Die **Zweiweg-Spannungsverdoppler**-Schaltung lädt beide Kondensatoren auf den doppelten Wert der Eingangsspitzenspannung.

Der Operationsverstärker ist der universellste Verstärkertyp. Als IC's werden diese Verstärker mit den unterschiedlichsten Leistungsmerkmalen angeboten.

Beim **nichtinvertierenden** Verstärker wird das Eingangssignal an den +-Eingang gelegt.

Beim **invertierenden** Verstärker erfolgt die Ansteuerung über den -Eingang. Die Spannungsverstärkung wird über den Teilungsfaktor der ohmschen Widerstände bestimmt.

Beim **Impedanz**-Verstärker wird der invertierende Eingang mit dem Ausgang kurzgeschlossen. Die Stromverstärkung ist hoch. Es erfolgt keine Spannungsverstärkung.

Die Eigenschaften des **Differenz**-Verstärkers entsprechen der Differenzstufe.

Die **Stromquelle** hält die mit dem Widerstand R2 eingestellte Spannung konstant. Die Referenzspannung wird durch die Z-Diode erzeugt.

Bei den Impulserzeugerschaltungen (Multivibratoren) unterscheidet man die folgenden Standardfunktionen:

Die rechteckförmige Umschaltung der **bistabilen** Kippstufe erfolgt über Eingangsimpulse an den beiden Eingängen. Die Impulszeiten werden durch die zeitliche Folge der Eingangsimpulse bestimmt.

Die **astabile** Kippstufe ist ein freischwingender Rechteckgenerator. Die Impulszeiten werden durch die zwei RC-Glieder bestimmt, die gegenseitig Eingang und Ausgang miteinander verkoppeln

Die **monostabile** Kippstufe benötigt am Eingang einen Startimpuls, damit ein einmaliger Rechteckimpuls am Ausgang abgegeben wird. Der zeitliche Ablauf des Impulses

wird dann durch das RC-Koppelglied zwischen Kollektor der ersten Stufe und Basis der zweiten Stufe bestimmt.

Der **Schmitt-Trigger** benötigt zur Erzeugung eines Rechteckimpulses am Ausgang zwei unterschiedliche Spannungspegel beliebiger Signalform am Eingang.

Die **NAND-Logik** besteht aus dem UND-Diodengatter und der nachfolgenden Emitterschaltung (Umkehrfunktion).

## 2.5 Übungen zur Vertiefung

In den folgenden Übungsbeispielen wollen wir das bisher Gelernte weiter vertiefen und anwenden.

1. Welche Funktion haben die Widerstände RB und RQ in der Emitter-Schaltung der Tabelle 2.1?
2. Welche Aufgabe hat der Kondensator C in der Basis-Schaltung der Tabelle 2.1?
3. Wie viele Strompfade hat der Darlington-Verstärker in Tabelle 2.1?
4. Welche Aufgabe hat der Kondensator CL in den Gleichrichterschaltungen der Tabelle 2.1?
5. An den Eingängen der Gleichrichterschaltungen in Tabelle 2.1 liegt eine sinusförmige Wechselspannung an. Welche Ausgangsspannungen sind die Folge, wenn sich an den Ausgängen keine Ladekondensatoren befinden?
6. An beide Eingänge des Operationsverstärkers in Tabelle 2.1 wird eine Wechselspannung angelegt. Welche Spannung erhält man am Ausgang?
7. Welcher Unterschied in der Ausgangsfunktion besteht zwischen dem bistabilen und dem monostabilen Multivibrator?
8. Bezüglich der Ausgangsfunktion sind die Emitter- und die Kollektorschaltung jeweils identisch mit den invertierenden-, bzw. den nichtinvertierenden Operationsverstärker. Für welche Stufen trifft dies zu?
9. Wann leuchtet das Lämpchen in der Schaltung Abb. 2.9c? Bei einem Eingangssignal oder ohne Eingangssignal am Transistor?
10. In der Schaltung Abb. 2.9d ist am Eingang eine positive Halbwelle wirksam. Welche Polarität hat die Halbwelle am Ausgang?
11. In der Schaltung Abb. 2.5b bestimmt die Basisspannung den Übergangswiderstand R zwischen Kollektor (C) und Emitter (E).  
Wenn die Basisspannung  $U_B = 0V$  beträgt, in welcher Größenordnung befindet sich der Übergangswiderstand Kollektor-Emitter?  
R = \_\_\_\_\_  
Wie groß wird die Spannung an dem Widerstand  $R = 1\text{ k}\Omega$ ?  
U = \_\_\_\_\_
12. Der Gesamtwiderstand in der Abb. 2.2a ist überschlägig zu bestimmen:  
R = \_\_\_\_\_
13. Der Gesamtwiderstand in der Abb. 2.2b ist überschlägig zu bestimmen:  
R = \_\_\_\_\_

Lösungen im Anhang

## 3 Das Wesentliche vom Unwesentlichen unterscheiden

Nachdem wir in den ersten Abschnitten die unterschiedlichsten Darstellungen von Einzelfunktionen und Grundsaltungen in den verschiedensten Darstellungsformen kennen gelernt haben, wollen wir in diesen Abschnitt zwei umfangreichere Schaltungen auf ihre Funktionen hin überprüfen, denn beim Lesen von Schaltungen kommt es darauf an, möglichst schnell und umfassend die Schaltungsunterlagen auf ihren Funktions- und Signalablauf hin auszuwerten.

### **Wie geht man dabei am besten vor? – Besonders dann, wenn es keine Schaltungsbeschreibung gibt!**

Beim ersten Betrachten der Schaltungsunterlagen von größeren Funktionseinheiten sollte man zuallererst versuchen, alle an der Gesamtfunktion beteiligten Grundsaltungen zu erkennen (z.B. Verstärkerstufen, Impedanzwandler, Trennstufen, Kippstufen usw.). Die Schaltung wird sozusagen mit dem Auge in ihre Grundbestandteile zerlegt, wobei man einzelne Netzwerke und Bauelemente vorerst vollkommen außer Betracht lassen kann. Erst danach versucht man die um eine definierte Funktionsstufe angeordneten Bauelemente auf ihren Funktionseinfluss auf diese Stufe zu definieren und zuzuordnen. Dabei können als Bedienelemente gekennzeichnete Bauelemente – wie z.B. Eingangs- und Ausgangsbuchsen, Steller für Amplitudenänderungen, Stufen- und Bereichsschalter – den Eindruck von der Gesamtfunktion, sozusagen als Indizienkette, verdichten helfen.

### **3.1 Beispiel einer Generatorschaltung**

Die Abb. 3.1 zeigt die Schaltung eines Rechteck-Sinusgenerators.

Der Generator hat folgende gekennzeichnete Bedienelemente:

- Potentiometer (Steller) R9a, R9b zur Frequenzeinstellung
- Potentiometer (Steller) R19 zur Amplitudeneinstellung
- Schalter S1a, S1b zur dekadischen Frequenzeinstellung
- Schalter S3a, S3b zur dekadischen Amplitudeneinstellung
- Umschalter S2 für die Rechteck-/Sinusfunktion

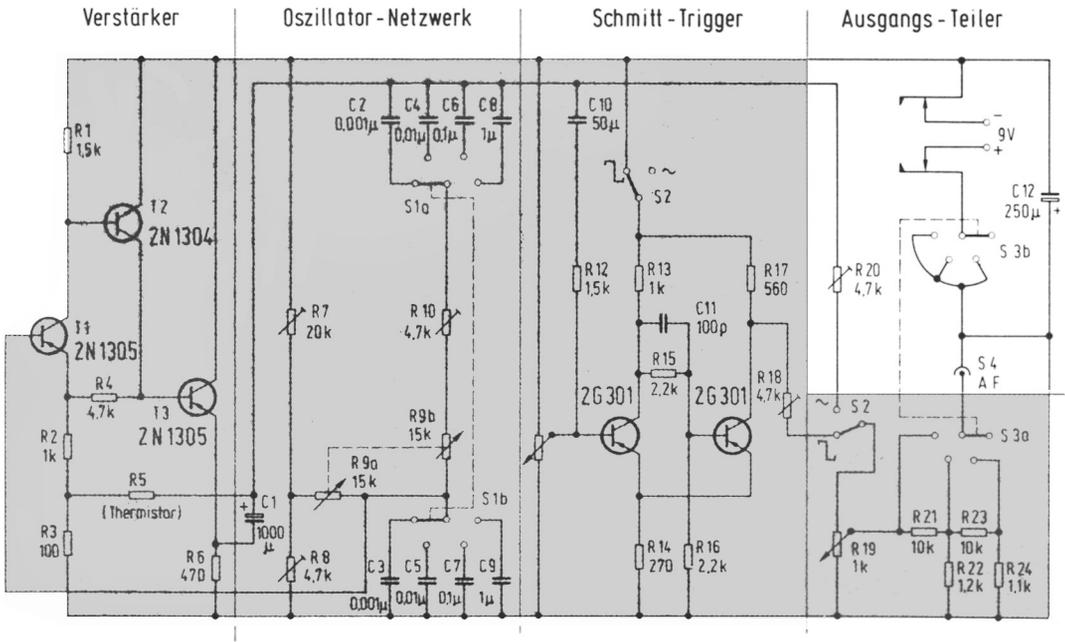


Abb. 3.1: Funktionsgruppen eines RC-Generators

Die insgesamt fünf PNP-Transistorstufen (Minuspole der Versorgungsspannung an den Kollektoren) des Schaltbildes lassen sich schon durch die optische Aufteilung auf zwei verschiedene Funktionsgruppen schließen.

Die Transistorstufen T1 und T2 sind als Spannungsverstärkerstufen (Emitter-Schaltung, vgl. Tab. 2.1) zu erkennen, die Transistorstufe T3 als Impedanzwandler, bzw. als Emitterfolger (Kollektor-Schaltung, vgl. Tab. 2.1). Der Ausgang dieser Verstärkergruppe liegt am Emitter von T3.

Die Darstellung der PNP-Stufen T1 und T2 lässt zwar nicht auf Anhieb zwei Verstärkerstufen erkennen. Man sieht aber auch, dass es sich hier nicht um eine Kippstufe (vgl. Tab. 2.1) handelt. Dies ist an der Art der Kopplung Kollektor-Basis erkennbar. Die Anordnung des Emitterfolgers ist eindeutig.

Im Gegensatz dazu lassen die beiden Transistorstufen 2G301 durch die Kopplungsanordnung die Kippstufe in Form des Schmitt-Triggers erkennen (vgl. Tab. 2.1).

Anhand der bekannten Funktionsaufgaben des Generators ist es jetzt nicht mehr schwer, die Aufgaben der einzelnen Schaltungseinheiten zu erkennen. Die Verstärkergruppe ist Bestandteil des Sinusgenerators, der Schmitt-Trigger dient zur Umwandlung der Sinusschwingungen in Rechteckschwingungen.

Diese Funktionen werden durch die Anordnung der Schaltkontakte des Umschalters S2 bestätigt. Über die Schaltebene des Schalters S2 zwischen der Betriebsspannung und den Kollektorwiderstand R13 wird diese wahlweise dem Schmitt-Trigger zu- oder abgeschaltet. Die zweite Schaltebene des Schalters S2 schaltet wahlweise vom Ausgang des Schmitt-Triggers auf den Ausgang des Verstärkers (Verbindung über den Einstellwiderstand R20, den Koppelkondensator C1 zum Emitter des Transistors T3).

Anhand der Anordnung der umschaltbaren Kondensatoren C2 bis C10 über S1a und S1b und der Widerstandspotentiometer R9a und R9b lässt sich unschwer die frequenzbestimmende Wien-Robinson-Brücke erkennen. Sie liegt mit den parallelgeschalteten Kondensatoren C2, C4, C6 und C8 zwischen dem Ausgang der Transistorstufe von T3 und mit einer direkten Verbindung (zwischen R9a und R9b) zur Basis von T1, womit gleichzeitig der Eingang des Verstärkers fixiert ist. Die Erzeugung der Sinusfunktion erfolgt somit über einen Wien-Brücken-Generatorschaltung (Oszillator-Netzwerk in Verbindung mit den dreistufigen Verstärker).

Zur vollständigen Absicherung des Gesamteindrucks der Schaltungsfunktion ist es zweckmäßig, sich die Funktionseingriffe der restlichen Bedienelemente zu vergegenwärtigen. Der Feinabschwächer R19 als Spannungsteiler liegt wahlweise im Ausgang der Funktionseinheiten als Abschlusswiderstand. Der Schalter S3 hat zwei Segmente. Mit einem Schaltersegment S3b wird die Betriebsspannung ein- und ausgeschaltet. Das zweite Schaltersegment S3a schaltet die Bereiche des Spannungsteilers R21 bis R24.

Abschließend sollte man auch noch die Einstell- bzw. Abgleichmöglichkeiten der Trimpotiometer festhalten.

Damit wurde im Wesentlichen die Schaltung des Funktionsgenerators analysiert. Weitere Details werden in den abschließenden Übungen dieses Abschnittes erarbeitet.

Fassen wir die wesentlichen Erkenntnisse aus diesem Beispiel zusammen:

- Gesamtschaltbild auf Funktionsgruppen prüfen und herausfinden.
- Funktionsgruppen definieren.
- Zusammenwirken der Funktionsgruppen unter Einbeziehung der Bedienelemente feststellen.
- Den Funktionsgruppen zugeordnete Bauelemente und Netzwerke auf Funktionseinflüsse (Rückkopplungen, Arbeitspunktstabilisierung) prüfen.

## 3.2 Beispiel einer Impulsformerschaltung

Die Betrachtung eines weiteren Beispiels unter Berücksichtigung der bisherigen Analysierungsregeln soll anhand der Schaltung Abb. 3.2 erfolgen.

Von der Funktion der Schaltung ist bekannt, dass sie aufgrund eines Signals beliebiger Form am Eingang die Lampe im Emitter der letzten Transistorstufe T42 einschaltet

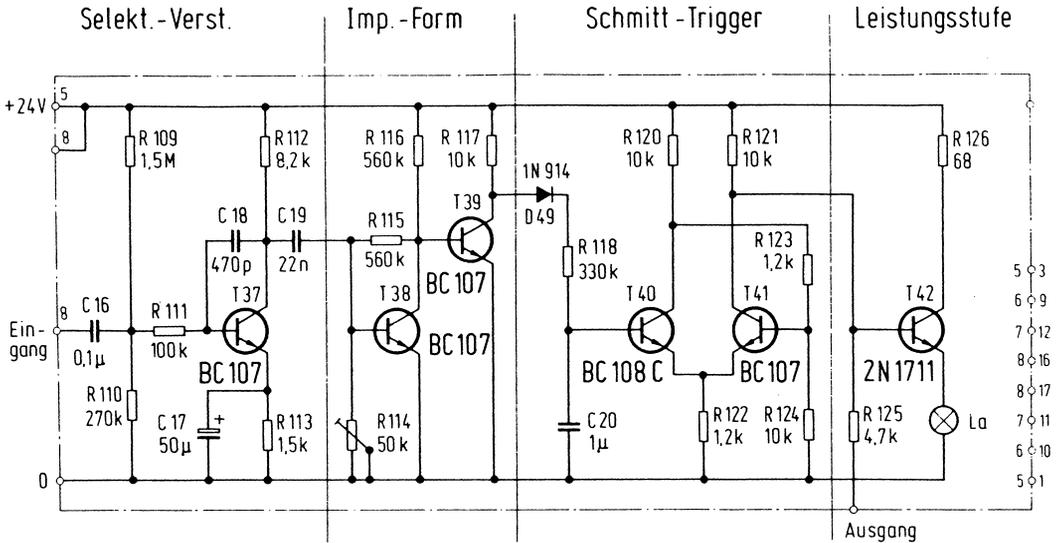


Abb. 3.2: Funktionsgruppen einer Indikatorschaltung

und über den Ausgang gleichzeitig einen Schaltimpuls abgibt. Betrachtet man das Schaltbild genauer, dann lassen sich die Transistorstufen auf den ersten Blick in die vier dargestellten Funktionsgruppen aufliedern.

Die Verstärkerstufe T37 entspricht der Grundsaltung in Tab. 2.1 (Eingang Basis, Ausgang Kollektor). Zusammen mit der Beschaltung der Kondensatoren C17, C18 und den Widerständen R110 bis R113 bildet diese Stufe einen aktiven Bandpassverstärker.

Die darauf folgende kapazitiv gekoppelte Impulsformerschaltung T38 und T39 ist in ihrer Ruhelage (ohne Eingangssignal) durch das Potentiometer R114 auf einen Wert eingestellt, der T38 nichtleitend und den direkt gekoppelten Transistor T39 dadurch leitend hält. Durch die Spitzen der verstärkten Eingangsspannung wird bei Überschreiten der eingestellten Schwellenspannung die Impulsformerschaltung in die andere Lage umgeschaltet (T38 leitend, T39 nichtleitend). Mit der dadurch am Kollektor des Transistors T39 anstehenden Spannung wird über die Entkopplungsdiode D49 der Kondensator aufgeladen. Die Diode D49 verhindert, dass sich der Kondensator C20 während der Impulspausen über den leitenden Transistor T39 entladen kann.

Der Schmitt-Trigger, bestehend aus den Transistorstufen T40 und T41, wird nach Erreichen eines bestimmten Spannungswertes am Kondensator C20 umgeschaltet. Durch den Umschaltvorgang wird der Transistor T41 nichtleitend, am Kollektor stellt sich eine hohe Spannung ein, durch die der Emitterfolger T42 (Kollektorschaltung, vgl. Tab. 2.1) leitend geschaltet wird, die Lampe leuchtet. Am Ausgang entsteht hierbei ein Spannungssprung von ca. +1,5 V nach +21 bis +24 V.

### 3.3 Übungen zur Vertiefung

Machen Sie es sich zur Gewohnheit, in allen Schaltungsunterlagen die einzelnen Funktionseinheiten zu definieren und ihre Aufgabe in der Gesamtfunktion zu erkennen.

In den folgenden Aufgaben werden anhand der Abbildungen 3.1 und 3.2 weitere Bauelemente auf ihre Funktionsaufgabe abgefragt:

1. Welche Funktion hat der Thermistor R5 in Abb. 3.1?
2. Welche Funktionen werden mit den Trimmwiderständen R7 und R8 in Abb. 3.1 eingestellt, bzw. beeinflusst?
3. Welche Funktionen werden mit dem Potentiometer an der Basis von Transistor 2G301 in Abb. 3.1 eingestellt?
4. Welche Funktion hat der Kondensator C10 in Abb. 3.1?
5. Welchen Einfluss hat der Kondensator C11 in Abb. 3.1 auf das Ausgangssignal des Schmitt-Triggers?
6. Welche Funktion hat der Widerstand R126 in Abb. 3.2?
7. Die Verstärkerstufe T37 in Abb. 3.2 wurde als Bandpassverstärker definiert. Welche Kondensatoren übernehmen hier die Funktion des Hoch- bzw. des Tiefpasses?
8. Welche Funktion hat der Widerstand R115 in Abb. 3.2?
9. Welche Wirkung hat der Widerstand R118 in Abb. 3.2 auf den Ladevorgang des Kondensators C20?
10. Welche Aufgabe hat der Widerstand R125 in Abb. 3.2?

Lösungen im Anhang

Haben Sie die Ausführungen in den ersten drei Hauptabschnitten gut verstanden und den überwiegenden Teil der Übungsaufgaben richtig gelöst, dann brauchen Sie die nächsten Hauptabschnitte nicht zu lesen bzw. zu bearbeiten. Im anderen Fall ist es empfehlenswert, vor allem die Hauptabschnitte 5 und 6 aufmerksam zu studieren.

## 4 Hauptfunktionen aus Neben- oder Hilfsfunktionen erkennen

Die Schaltungsfunktionen der Industrieschaltungen setzen sich überwiegend aus Grundschaltungen zusammen. Leider nicht in ihren Grundformen, sondern versteckt in den mannigfaltigsten Netzwerken und Nebenfunktionen. Wodurch sich nicht nur die meisten Berufsanfänger, sondern auch viele Routiniers entmutigen lassen und deshalb den Funktionsablauf oder Signalweg mehr erraten als folgerichtig festlegen.

In den meisten Fällen handelt es sich bei den sogenannten Nebenfunktionen um wesentliche immer wiederkehrende Hilfsfunktionen. Dies können z.B. sein: Schaltungen zur Erzeugung von Arbeitspunkten, Stabilisierungsschaltungen, Siebschaltungen, Filterschaltungen, Schaltungen zur Erzeugung von Hilfsspannungen, Gegenkopplungen und Entkopplungsschaltungen. Hierzu ein einfaches Beispiel:

Die Abb. 4.1 zeigt eine komplette Verstärkerstufe. Die eigentliche Verstärkerfunktion wird durch den Transistor und den Arbeitswiderstand im Kollektor ausgeübt. Dazu gehört die Anordnung des Einganges an der Basis und des Ausganges am Kollektor.

Alle anderen Hilfs- oder Nebenfunktionen sind nicht spezifisch für die Funktion, sie könnten daher entfallen oder in einer anderen Schaltungsvariante dargestellt sein. Zum Beispiel könnte der Spannungsteiler zur Erzeugung des Arbeitspunktes in abgewandelter Form nur aus dem oberen Widerstand bestehen.

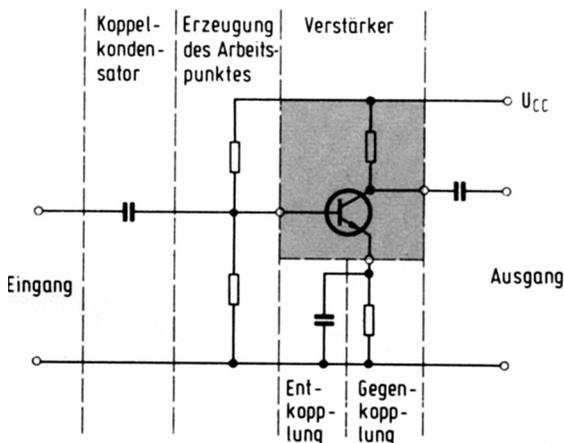


Abb. 4.1: Verstärkerstufe

Anstelle der kapazitiven Kopplung könnte eine direkte Kopplung oder eine Widerstandskopplung vorhanden sein. Auch der Emitterwiderstand als Stromgegenkopplung ist für die Grundfunktion nicht erforderlich. Eine ähnliche Wirkung könnte eine Schaltungsanordnung an anderer Stelle erzielen. Entsprechende Veränderungen können auch an der Wirkung des Entkopplungskondensators vorgenommen werden.

Dieses Beispiel hat gezeigt, dass eine Grundfunktion unter den unterschiedlichsten Schaltungsvarianten auftreten kann. Es hat daher keinen Zweck, sich nur eine oder mehrere Schaltungsvarianten einzuprägen und mit diesen Vorbildern sozusagen im Soll-Ist-Vergleich die Schaltungen abzuprüfen. Viel leichter tut man sich, wenn man nach den Grundfunktionen sucht und die daran angeordneten Bauelemente und Netzwerke auf ihre Funktionsaufgaben überprüft.

Man würde bei einer Verstärkerschaltung entsprechend Abb. 4.1 wie folgt vorgehen:

- Grundschialtung aufgrund der Anordnung von Ein- und Ausgang definieren;
- Bauelemente zur Erzeugung des Arbeitspunktes bestimmen;
- weitere Bauelemente auf ihre Funktionen als Gegenkopplung (Arbeitspunktstabilisierung), Kopplungselemente oder frequenzabhängige Netzwerke überprüfen.

Diese Überlegungen können bei Impuls- oder Digitalschaltungen ebenfalls angewendet werden. In Abb. 4.2 ist ein Flipflop dargestellt. Bekanntlich liegt allen Flipflops als Zähl- oder Speicherfunktion die bistabile Kippstufe als Schaltung zugrunde.

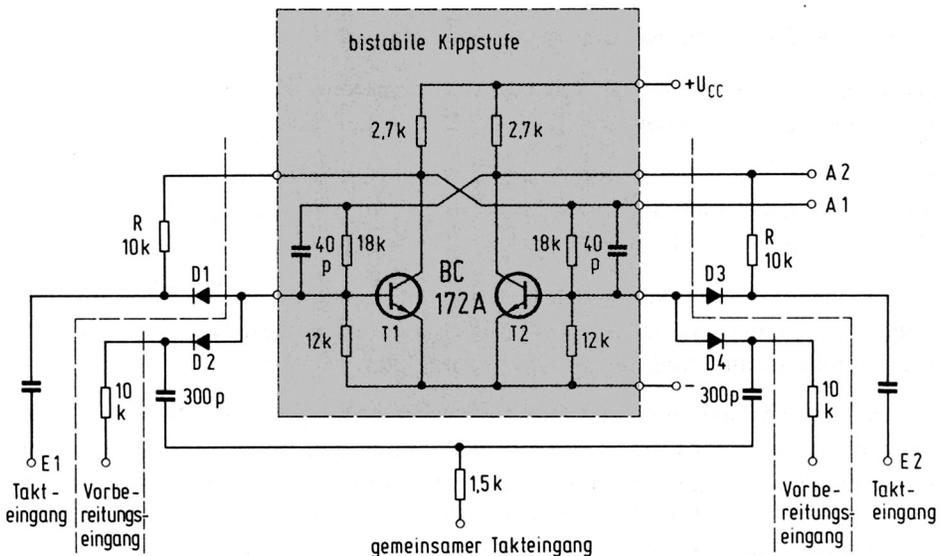


Abb. 4.2: Flipflopschaltung

Auch hier gilt es, zuerst die Grundfunktion anhand der dazu erforderlichen Bauelemente zu erkennen und dann die Nebenfunktionen zu definieren.

Die bistabile Kippstufe in ihrer Grundfunktion wird durch die Transistoren, die Kollektorwiderstände  $R = 2,7 \text{ k}$  und die Koppelnetze  $R = 18 \text{ k}$  und  $R = 12 \text{ k}$  sowie  $C = 40 \text{ p}$  dargestellt.

Entsprechend der Funktion befinden sich die Eingänge an der Basis und die Ausgänge A1 und A2 an den Kollektoren. Die Eingangsnetzwerke erweitern die bistabile Grundschaltung zu einem getakteten Flipflop.

Die getrennten Takteingänge E1 und E2 wirken über C und die Dioden D1 und D3 auf die Eingänge der bistabilen Kippstufe. Durch den Widerstand  $R = 10 \text{ k}$  wird der Takteingang immer gesperrt, der an den nichtleitenden Transistor angeschlossen ist, da die Diode D1 bzw. D3 durch die hohe positive Spannung gesperrt ist. Der gemeinsame Takteingang wirkt über die Kondensatoren  $C = 300 \text{ p}$  und die Dioden D2 und D4 auf die Eingänge der Kippstufe. Die negative Polarität des differenzierten Rechteckimpulses wird jeweils am leitenden Transistor wirksam, dieser Transistor wird nichtleitend und löst den Kippvorgang aus. Der gemeinsame Takteingang kann über die Vorbereitungseingänge jeweils blockiert bzw. freigegeben werden.

Zur Blockierung des Takteinganges ist eine positive Gleichspannung in Höhe von  $U_{CC}$ , erforderlich, damit die Dioden D2 und D4 gesperrt werden. Freigegeben wird der Takteingang durch Nullpotenzial am Vorbereitungseingang.

## 4.1 Beispiele anhand von Verstärkern aus der Praxis

Nachdem anhand von zwei grundlegenden Beispielen der Sinn dieser Betrachtungsweise dargestellt wurde, werden nun einige Schaltungsbeispiele aus der Industriepaxis nach dieser Methode analysiert. In Abb. 4.3 ist ein dreistufiger Spannungsverstärker als Bestandteil einer größeren Funktionseinheit (TF-Verstärker) dargestellt.

Aus der Anordnung der Ein- und Ausgänge ist ersichtlich, dass die Stufen T22 und T23 als Spannungsverstärker (Emittergrundsaltung) wirksam sind. Transistor T24 arbeitet als Emitterfolger (Kollektorgrundsaltung), diese Funktion kann man an der Anordnung des Ausgangs am Emitter erkennen. Die Arbeitswiderstände für die Stufen T22 und T23 sind die Widerstände R116 und R117, für die Stufe T24 der Emitterwiderstand R120.

Die Erzeugung der Spannung für den Arbeitspunkt erfolgt an der Stufe T22 durch den Vorwiderstand R113, der an  $0 \text{ V}$  angeschlossen ist, wodurch die Basis des pnp-Transistors negative Spannung zu dem an  $+24 \text{ V}$  angeschlossenem Emitter anliegen hat. Für die Stufen T23 und T24 wird aufgrund der direkten Kopplung kein Vorwiderstand bzw. Basisspannungsteiler benötigt.

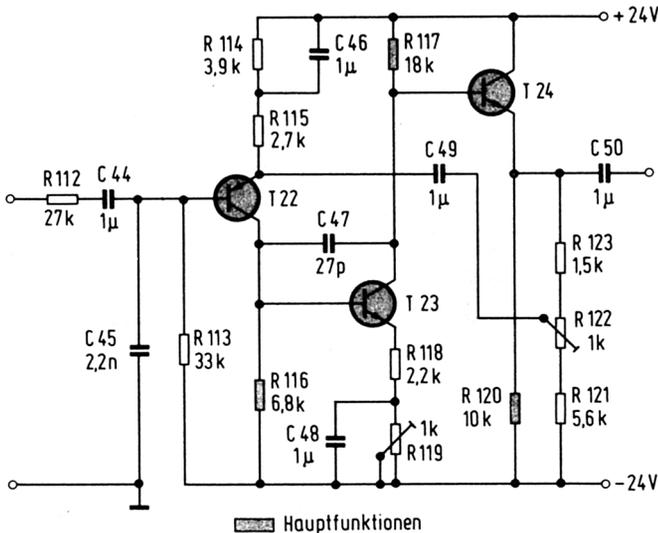


Abb. 4.3: Dreistufiger Verstärker

Als Gegenkopplungsmaßnahme sind in der Stufe T22 im Emitter die Widerstände R114 und R115 wirksam. Die Gegenkopplungswirkung des Widerstandes R114 für Wechselspannungen ist durch den Kondensator C46 unwirksam gemacht. In der Stufe T23 befindet sich die gleiche Schaltungsanordnung. Lediglich der Gegenkopplungswiderstand R119 ist in dieser Stufe einstellbar, wodurch der Verstärkungsgrad in kleinen Grenzen verändert werden kann (Erhöhung oder Verminderung der Gegenkopplungswirkung).

Als weitere Gegenkopplungsmaßnahme wirkt der Kondensator C47, der allerdings durch seine geringe Kapazität von  $C = 27 \text{ pF}$  lediglich als Phasenkompensation für hohe Frequenzen wirksam wird, wodurch die Selbsterregung der Stufen vermieden werden soll.

Eine weitere, nicht sofort in ihrer Funktion durchschaubare, einstellbare Rückkopplung für Wechselspannung bildet der Kondensator C49 zusammen mit den Widerständen R122, R123 und dem Widerstand R121. Durch diese Schaltungsfunktion wird die Gegenkopplungswirkung des Widerstandes R115 in der Stufe T22 verstärkt oder abgeschwächt.

Diese Wirkung wird durch folgende Überlegung deutlich: Das Eingangssignal gelangt mit gleicher Polarität an den Ausgang, das zurückgekoppelte Signal ist daher auch polaritätsgleich mit der Wechselspannung am Emitter von T22. Je nach Stellung des Potentiometers wird dadurch die Emitterwechselspannung in ihrer Gegenkopplungswirkung mehr oder weniger erhöht oder vermindert.

Ein weiteres Schaltungsbeispiel aus einem TF-Messverstärker zeigt die Abb. 4.4.

An dem Eingang des Übertragers liegt im Betriebsfall eine NF-modulierte HF-Trägerfrequenz an. Da hier die Basisanschlüsse der Transistoren T2 und T3 gesteuert werden

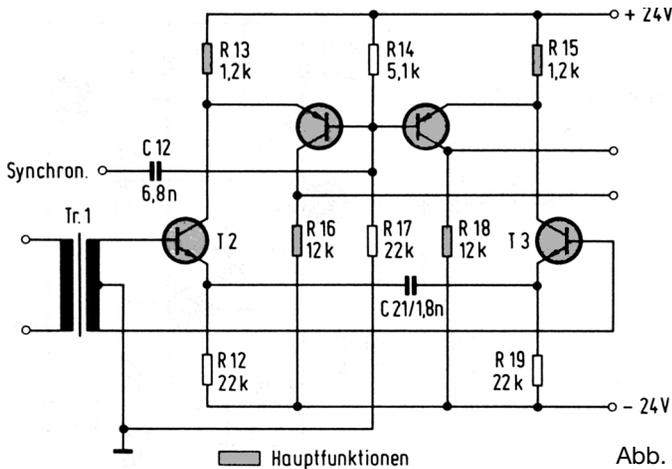


Abb. 4.4: TF-Messverstärker

und an den Kollektorausgängen die nächstfolgenden Stufen T4 und T5 angeschlossen sind, kann es sich nur um Verstärkerstufen (Emittergrundsaltungen) handeln.

Ein Merkmal für die Definition von Eingang und Ausgang einer Schaltung sind immer die Elektrodenbelegungen der Transistorgrundsaltungen. An einem Transistor kann immer nur Basis oder Emitter als Eingang benutzt werden (vgl. Tab. 4.1). Als Ausgänge kommen nur Emitter und Kollektor in Frage.

Tabelle 4.1

Signale an	Eingang	Ausgang
Basis-Kollektor	Basis	Kollektor
Emitter-Basis	Basis	Emitter
Kollektor-Emitter	Emitter	Kollektor

Bei Beachtung dieser Definition lässt sich die Verstärkerrichtung sehr schnell feststellen. Für das Beispiel in Abb. 4.4 sind die Signalanschlüsse die Basen der Transistoren T2 und T3 und die Kollektoren der Transistoren T4 und T5. Somit steht, entsprechend der Definition in Zeile 1 der Tabelle 4.1, die Verstärkerrichtung fest. Eingang an T2 und T3; Ausgang an T4 und T5.

Nachdem bereits zuvor die Stufen T2 und T3 in ihren Funktionen definiert waren, verbleiben noch die Stufen T4 und T5. Aus der Schaltung ist ersichtlich, dass die Emitteranschlüsse dieser Stufen an den Kollektoren der Stufen T2 und T3 direkt angeschlossen sind. Die Ausgänge befinden sich, entsprechend der Definition in Tabelle 4.1, Zeile 3, an den Kollektoren. Dies entspricht der Funktion einer Basisgrundsaltung (vgl. Tab. 2.1).

Die Arbeitswiderstände liegen jeweils in den Elektrodenzuleitungen, die auch den Anschlusspunkt für den Ausgang bilden.

Für dieses Schaltungsbeispiel sind dies daher die Widerstände R13 und R15 für die Stufen T2 und T3, für die Stufen T4 und T5 die Widerstände R16 und R18.

Nebenfunktionen haben folgende Bauelemente: Die Widerstände R14 und R17 wirken als gemeinsamer Spannungsteiler zur Arbeitspunkterzeugung der Stufen T4 und T5. Die Emitter-Widerstände R12 und R19 wirken als Stromgegenkopplung für die Stufen T2 und T3. Die gleiche Aufgabe haben die Widerstände R13 und R15 für die Stufen T4 und T5. Diese Widerstände üben damit eine Doppelfunktion aus. Der Kondensator C21 zwischen den Emitteranschlüssen der Stufen T2 und T3 dient zur Phasenkompensation.

Zur Synchronisation des Trägerfrequenzverstärkers wird über den Kondensator C12 ein Teil des Trägerfrequenzsignals eingespeist.

## 4.2 Beispiel anhand einer Impulsschaltung

In Abb. 4.5 ist der Schaltungsausschnitt eines Signalgenerators dargestellt.

Die Art der Darstellung ist sehr verwirrend und lässt nur schwer die Grundfunktionen erkennen.

Da es sich hier mit Sicherheit um eine selbsterregte Schaltung handelt, muss als erstes nach der Anzahl und der Art der Rückkopplungen gesucht werden. Von allen Rückkopplungen bei selbsterregten Generatoren ist bekannt, dass sie als Mitkopplungen wirken.

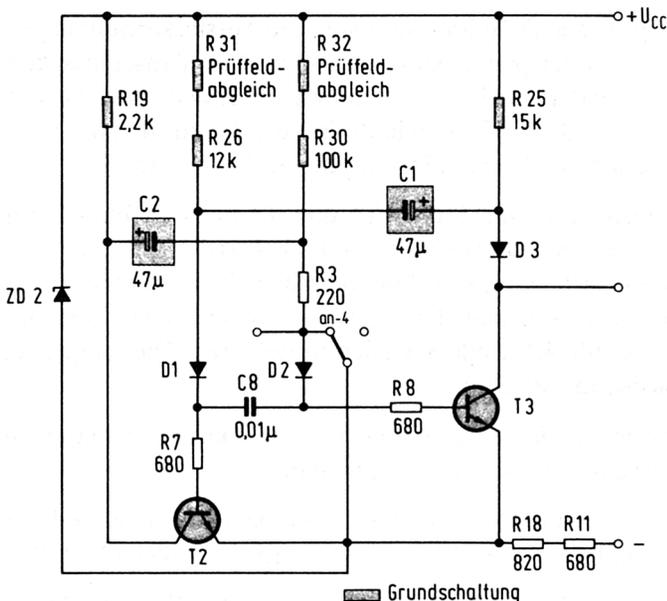


Abb. 4.5: Signal-generator

In der Regel führen die Mitkopplungen vom Kollektor zur Basis. Eine weitere Möglichkeit besteht in der Kopplung zwischen den Emittern.

Entsprechend diesen Überlegungen beginnt man, eine Kopplung am Kollektor von T2 nach der Basis von T3 zu suchen. Man findet auch eine kapazitive Kopplung C2, die über R3, D2 und R8 an die Basis von T3 führt. Umgekehrt führt ebenfalls eine kapazitive Kopplung vom Kollektor T3 über D3, C1, D1 und R7 an die Basis von T2.

Diese beiden Kopplungsarten lassen die Vermutung zu, dass es sich hier um eine astabile Kippschaltung, also um einen Rechteckgenerator handelt.

Ausgehend von diesem Schaltungsprinzip, werden jetzt noch die dazu fehlenden Bauelemente gesucht.

Die Basiswiderstände erkennt man an den aufgeteilten Widerständen R26 und R31 bzw. R30 und R32. Die Widerstände R19 und R25 sind die Kollektorwiderstände. Damit ist die Prinzipschaltung des astabilen Multivibrators fixiert. Alle anderen Bauteile haben Nebenfunktionen, die auf das Funktionsprinzip keinen Einfluss haben.

Die Diode D3 verhindert, dass Entladeströme des Kondensators C1, die infolge der Spannungsschwankungen von  $U_{cc}$  auftreten können, den Transistor T2 sperren.

Die Dioden D1 und D2 schützen die Transistoren T2 und T3 vor zu hohen Spannungen.

Die Widerstände R7 und R8 haben ebenfalls eine Schutzfunktion gegenüber zu hoher Basisströme.

Aufgrund der Darstellungsform ist sehr schwer zu erkennen, welche Funktion die Z-Diode ZD2 und die Widerstände R18 und R11 haben.

Da die Z-Diode zwischen  $+U_{cc}$  und den Emitteranschlüssen der Transistoren liegt, zur Schaltung also parallel liegt, ist ersichtlich, dass diese Diode die eigentliche Versorgungsspannung für die Schaltung erzeugt, die über die Vorwiderstände R11 und R18 aus der Betriebsspannung  $+U_{cc}$  gewonnen wird.

### 4.3 Beispiel einer Zählkettenschaltung

In Abb. 4.6 ist die Schaltung einer dreigliedrigen Zählkette dargestellt. Bevor die Schaltfunktion im einzelnen besprochen wird, soll auch diese Industrieschaltung – die ebenfalls nach räumlichen und nicht nach funktionalen Gesichtspunkten dargestellt ist – nach ihren Hauptfunktionen und der dazugehörigen Bauelemente geordnet werden.

Entsprechend der Funktionsbezeichnung muss es sich um Schaltstufen handeln, die miteinander nach einem bestimmten Funktionsprinzip gekoppelt sind.

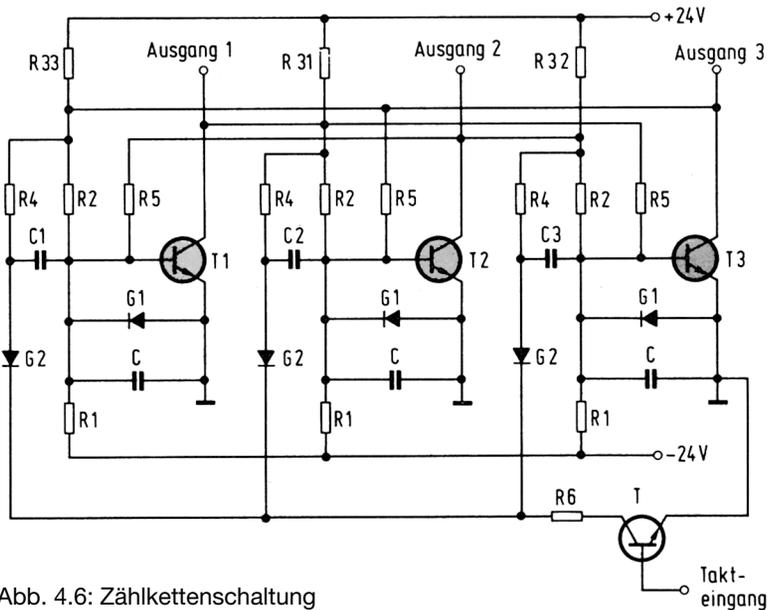


Abb. 4.6: Zählkettenschaltung

Aus der Bezeichnung der Kollektorwiderstände R31 bis R33 ist die Zuordnung zu den einzelnen Kollektoranschlüssen ersichtlich.

Der Widerstand R33 ist der Kollektorwiderstand von Transistor T3, entsprechend R32 von T2 und R31 von T1.

Aus der Schaltungsanordnung sind außerdem die Kopplungen der einzelnen Schaltstufen ersichtlich.

Die Stufe T3 koppelt vom Kollektor (Anschluss R33) über den Widerstand R2 an die Basis der Stufe T1 und über den Widerstand R5 an die Basis von T2. Die Stufe T2 (Anschluss R32) koppelt vom Kollektor über den Widerstand R2 an die Basis der Stufe T3 und über R5 an die Basis von T1.

Die Stufe T1 (Anschluss R31) koppelt vom Kollektor T1 über den Widerstand R2 auf die Stufe T2 und über den Widerstand R5 auf die Stufe T3.

Somit ergibt sich für die Funktionserklärung ein wichtiger Tatbestand. Dadurch, dass immer zwei Stufen an eine Stufe gekoppelt sind, ist der Schaltzustand zweier Stufen immer vom Schaltzustand einer Stufe abhängig, d.h., ein Transistor ist gesperrt, die anderen zwei leiten.

Nachdem die Anordnung der Stufen und die Kopplungen der Stufen untereinander definiert sind, kann die Eingangsschaltung geklärt werden.

Die Eingangsschaltung besteht bei jeder Stufe aus der Diode G2, dem Widerstand R4 und dem Kondensator C1, bzw. C2 und C3.

Diese Schaltungsanordnung ist mit dem dynamischen Takteingang eines Flipflops vergleichbar.

Die Widerstände R4 dienen zur Vorbereitung der Eingänge. Aus der Schaltung ist ersichtlich, dass nur der Widerstand R4 Plusspannung an den Koppelkondensator legt, der am Kollektor des gesperrten Transistors liegt. In diesem Beispiel ist dies der Widerstand der zweiten Stufe, der am Kollektor des gesperrten Transistors T1 angeschlossen ist.

Im Ruhezustand ist der Transistor T1 nichtleitend, die parallelgeschalteten Dioden G2 sind daher gesperrt. Dadurch ist es möglich, dass sich der Kondensator C2 auf die über R4 angebotene Plusspannung aufladen kann.

Beim nächsten Taktimpuls wird der Transistor T leitend, wodurch sich der Kondensator C2 über die jetzt leitende Diode G2 entladen kann. Dieser Entladestrom durch den Widerstand R2 zieht das Pluspotenzial von der Basis von T2 weg, wodurch dieser gesperrt wird. Der Transistor T1 wird dadurch leitend. Transistor T3 bleibt leitend.

Somit sind die an der Funktion direkt beteiligten Bauelemente und zugleich der Funktionsablauf definiert.

Die Widerstände R1, die Kondensatoren C und die Dioden G1 haben eine Nebenfunktion und sind daher für den Funktionsablauf ohne Bedeutung, d.h., auch wenn man diese Bauelemente entfernt, ändert sich nichts an der Schaltungsfunktion.

Die  $-24\text{ V}$  erzeugen über die Vorwiderstände R1 an den leitenden Dioden G1 eine Basisvorspannung von ca.  $-0,8\text{ V}$ . Diese Vorspannung dient zur Sperrung von Störspannungen. Die Kondensatoren C blocken zusätzlich hochfrequente Störspannungen gegen das Bezugspotenzial ab.

## 4.4 Beispiel einer Regelschaltung

Der Regelverstärker in Abb. 4.7, Bestandteil eines industriell gefertigten Druckvorverstärkers, steuert zwei Motoren, die den kapazitiven und ohmschen Anteil einer Druckmessbrücke abgleichen.

Wenn man das Schaltbild etwas genauer betrachtet, sieht man die Funktion schon nahezu aus der sinngemäßen Anordnung der Bauelemente. Dieser Eindruck entsteht durch zwei wesentliche Merkmale:

Zum einen ist die Schaltung nahezu funktionsgerecht dargestellt. An der übersichtlichen und logischen Anordnung der Bauelemente ist die Funktion gut ersichtlich. Die

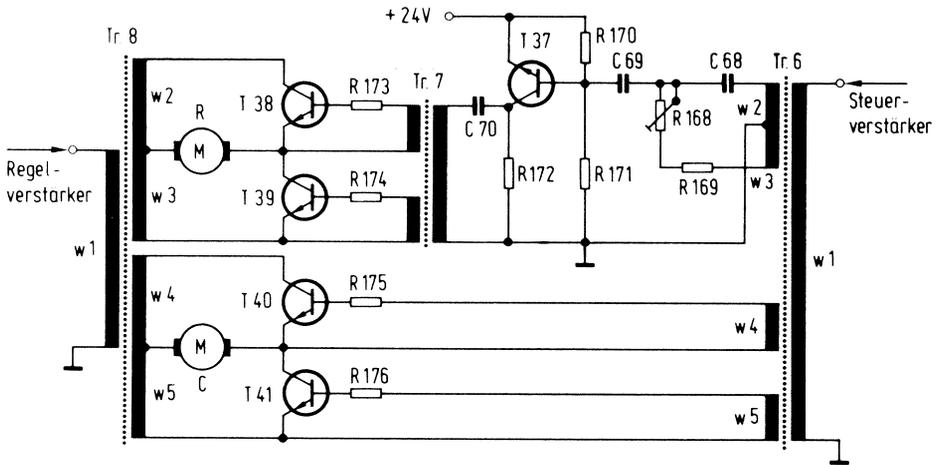


Abb. 4.7: Regelverstärker

zu einer Funktion gehörenden Bauelemente brauchen sozusagen nicht erst zusammengesucht werden.

Zum anderen gibt es nahezu keine Bauelemente, die eine Nebenfunktion erfüllen, wodurch der verwirrende Eindruck, der durch viele in einer Schaltung angeordnete Bauelemente entsteht, entfällt. Nebenfunktionen haben in dieser Regelschaltung nur die als Spannungsteiler eingesetzten Widerstände R170 und R171 sowie die Basisvorwiderstände R173 bis R176. Die kapazitiven Koppellemente C69 und C70 gehören ebenfalls dazu.

Die Schaltung besteht aus zwei aktiven Brücken, in deren Brückenweig die Motoren liegen.

Der Übertrager Tr6 verteilt die Steuerspannung an die Transistoren T40 und T41 direkt. Für die Transistoren T38 bis T39, zur Steuerung des Motors für den ohmschen Abgleich, muss das Steuersignal um  $90^\circ$  phasenverschoben werden. Dies erfolgt über das Phasenverschiebungsglied C68, R168 und R169.

Über den Impedanzwandler T37 wird dieses Signal an den Übertrager Tr7 übertragen.

Versuchen wir abschließend, aus diesen Beispielen die wichtigsten Merkmale festzuhalten:

- Grundfunktionen von Schaltungseinheiten und Baugruppen herausfinden;
- wesentliche Funktionselemente von Bauelementen mit Nebenfunktionen unterscheiden;
- Wirkung der Nebenfunktionen der Hauptfunktion richtig zuordnen.

## 4.5 Übungen zur Vertiefung

Versuchen Sie grundsätzlich bei allen Schaltungen die Grundfunktionen und die Nebenfunktionen zu definieren sowie ihre Wirkungen richtig einzuordnen:

1. Ordnen Sie die Verstärkerstufe in Abb. 4.1 der entsprechenden Grundschaltung in Tabelle 2.1 zu.
2. Welcher Grundschaltung in Tab. 2.1 entspricht die Schaltung in Abb. 4.2?
3. Welcher Grundschaltung in Tab. 2.1 entspricht die Transistorstufe T24 in Abb. 4.3?
4. Die in Tab. 4.1 aufgeführten Schaltungsvarianten entsprechen welchen Grundschaltungen in Tab. 2.1?
5. Welche Funktion hat der Schaltkontakt an-4 in Abb. 4.5?

Lösungen im Anhang

Sollten Sie auch bei diesen Übungen keine Schwierigkeiten haben, können Sie den nächsten Hauptabschnitt übergehen. Im anderen Fall ist das Studium des folgenden Abschnitts sehr zu empfehlen.

## 5 Schaltungsmaßnahmen zur Erzeugung und Stabilisierung von Arbeitspunkten

Es gibt viele Maßnahmen, um bei den unterschiedlichsten Bauelementen, die zur Anwendung kommen, Arbeitspunkte festzulegen. Auch muss unterschieden werden zwischen Stabilisierungs- und Begrenzungsmaßnahmen sowie zwischen Strom- und Spannungsstabilisierung und Arbeitspunktfestlegung. Wesentlichstes Merkmal dieser Schaltungsmaßnahmen ist die direkte bzw. die Gleichspannungskopplung (vgl. Abb. 5.1). Das heißt die Kopplung dieser Bauelemente an einer Transistor- oder Verstärkerstufe muss direkt erfolgen (5.1.a). Dies ist auch bei einer Induktivität der Fall (5.1.b).

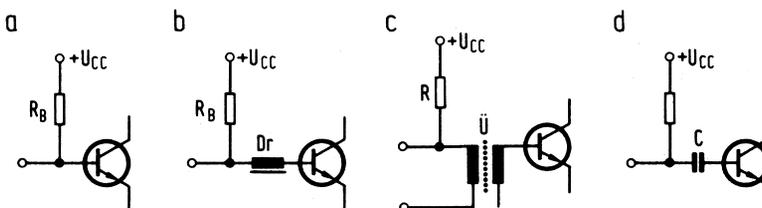


Abb. 5.1: Kopplungsarten: a) direkte Kopplung; b) direkte Kopplung über induktiven Blindwiderstand; c) Übertragerkopplung; d) kapazitive Kopplung

Eine Kopplung über einen Übertrager (5.1.c) oder einen Kondensator (5.1.d) kann keine Maßnahme zur Arbeitspunkterzeugung oder -stabilisierung sein, da hier eine Gleichspannungstrennung erfolgt.

### 5.1 Gebräuchliche Schaltungen zur Arbeitspunkterzeugung

Vor allem bei Linearverstärker, z.B. NF- und ZF-Verstärkerstufen, ist ein Arbeitspunkt zur Aussteuerung erforderlich. Im einfachsten Fall erfolgt die Erzeugung durch einen Vorwiderstand in der Basis (Abb. 5.2a).

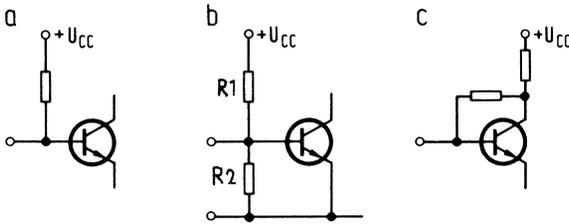


Abb. 5.2: Arbeitspunkterzeugung: a) über Vorwiderstand; b) über Spannungsteiler; c) Arbeitspunkterzeugung mit Gegenkopplungswirkung

Bei dieser Form der Arbeitspunkterzeugung ist es von der Größe des Widerstandes abhängig, ob diese Schaltung zusätzlich noch stabilisierende Wirkung hat oder nicht.

Ist der Widerstand sehr hoch im Verhältnis zum Basisbahnwiderstand, z.B. bei Vorverstärkern und Eingangsstufen mit sehr geringem Basisstrom, wirkt er als Konstantstromquelle und hält dadurch den Basisstrom im Arbeitspunkt in gewissen Grenzen konstant.

Eine wesentlich bessere Wirkung im Hinblick auf die stabilisierende Wirkung des erzeugten Arbeitspunktes hat der Spannungsteiler in Abb. 5.2b.

Der Widerstand  $R_2$  wird so dimensioniert, dass der Strom durch diesen Widerstand wesentlich höher ist als der Ruhestrom im Arbeitspunkt durch die Basis. Thermisch verursachte Stromänderungen in der Basis werden dadurch nur im Verhältnis  $R_2/R_{BE}$  wirksam.

Eine weitere Maßnahme mit stabilisierender Wirkung auf den Arbeitspunkt zeigt Abb. 5.2c. In diesem Beispiel wird die Basisvorspannung über den Basisvorwiderstand am Kollektor abgenommen. Dies entspricht einer direkten Gegenkopplung und bewirkt dadurch auch eine sehr hohe Arbeitspunktstabilisierung.

## 5.2 Schaltungen zur Arbeitspunktstabilisierung

Zusätzlich zu den stabilisierenden Wirkungen der Schaltungen werden häufig noch flankierende Maßnahmen in Verstärker eingebaut.

Die gebräuchlichste Schaltung ist dafür der Emitterwiderstand in Abb. 5.3a. Dieser Widerstand hat neben der thermischen Arbeitspunktstabilisierung noch die Wirkung einer Gegenkopplung für das Eingangssignal. Daher wird diese Wirkung vielfach durch einen parallelgeschalteten Kondensator unwirksam gemacht.

In Abb. 5.3b ist die Stabilisierung des Arbeitspunktes durch eine Diode dargestellt, die den gleichen TK-Wert wie die Basis-Emitter-Diode aufweist. Dadurch passt sich das

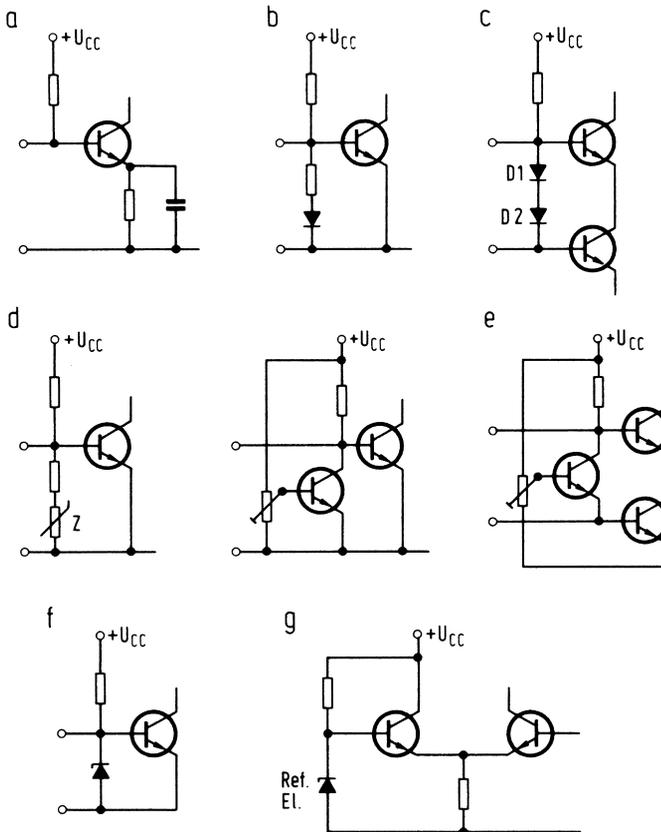


Abb. 5.3: Stabilisierungsmaßnahmen: a) Emittorwiderstand; b) Diode im Spannungsteiler; c) potenzialdifferenz durch Dioden; d) temperaturabhängiger Widerstand; e) Transistor im Spannungsteiler, auch zur Potenzialverschiebung; f) Z-Diode im Spannungsteiler; g) emittorgekoppelter Referenzverstärker

Teilverhältnis des Basis-Spannungsteilers an die jeweiligen temperaturbedingten Änderungen des Arbeitspunktes entsprechend an, d.h., er gleicht diese aus.

Die gleiche Wirkung wird mit den Dioden D1 und D2 bei Schaltungen entsprechend Abb. 5.3c erreicht. Für jeden Transistor wird durch jeweils eine Diode der Arbeitspunkt eingestellt ( $U_F = U_{BE}$ ). In den Dioden wird ein im Verhältnis zu den Basisströmen wesentlich größerer Querstrom erzeugt, wodurch die Schleusenspannung von temperaturbedingten Spannungsschwankungen an der Basis unabhängig bleibt und somit das Basispotenzial bestimmt.

Ähnliche Wirkung hat ein NTC Widerstand als Bestandteil eines Basisspannungsteilers (Abb. 5.3d). Bei steigender Temperatur und damit steigendem Basisstrom wird

der NTC-Widerstand im Wert kleiner, sodass dadurch das Teilverhältnis des Basisspannungsteilers größer wird und  $U_{BE}$  begrenzt.

Anstelle von Dioden und NTC Widerständen wird vielfach auch ein Transistor eingesetzt (Abb. 5.3e). Schaltungen, die nicht zur Verstärkung und Übertragung von frequenten Spannungen eingesetzt werden, z.B. Regelschaltungen, können auch direkt mit Z-Dioden oder Referenzelementen (Abb. 5.3f) in den Arbeitspunkten stabilisiert werden, da hier der geringe differentielle Widerstand dieser Bauelemente keinen Einfluss auf langsame Regelvorgänge hat. Wo dies nicht der Fall ist, wird mit Entkopplungsstufen, z.B. Differenzverstärker (Abb. 5.3g), gearbeitet.

### 5.3 Schutz- und Begrenzerschaltungen in diskreten und integrierten Schaltungen

Die Aufgabe dieser Schaltungsmaßnahmen in Verstärker und Digitalisierungen besteht im Wesentlichen darin, Halbleiterbauelemente vor Überlastungen zu schützen, d.h. darauf einwirkende Signale und Pegel in ihrer Amplitude zu begrenzen. Man unterscheidet auch hier zwischen Maßnahmen, die nur für Wechselspannungen wirksam sind (induktive und kapazitive Schaltungen), oder Schaltungen mit direkter Kopplung (Widerstände, Dioden), die für Gleich- und Wechselstromsignale gleiche Wirkung haben. Die am weit verbreitetste Maßnahme ist der Vorwiderstand in der Basiszuleitung, der sowohl in Analogschaltungen als auch in Digitalisierungen Anwendung findet (Abb. 5.4a und 5.4b). Der Vorwiderstand ist in Schaltungen daran zu erkennen, dass er direkt im Steuerstromkreis liegt. In den meisten Fällen übernimmt er damit gleichzeitig die Funktion der Entkopplung zwischen Steuerquelle und darauffolgendem Verstärker.

Abb. 5.4a zeigt die typische Anordnung eines Begrenzungswiderstandes für einen Linearverstärker. In Abb. 5.4b ist die Anordnung für eine Schaltstufe dargestellt. Es ist ersichtlich, dass hier der Spannungsteiler zur Festlegung des Arbeitspunktes fehlt. Im Schalterbetrieb ist die Festlegung eines Arbeitspunktes nicht erforderlich, die Schaltstufe soll lediglich aus- und eingeschaltet werden.

Abb. 5.4c zeigt eine Begrenzerschaltung, die über einen Vorwiderstand und zwei antiparallelschaltete Dioden die Eingangsspannungen begrenzt.

Abb. 5.4d zeigt dieselbe Schaltung in einem Differenzverstärkereingang.

In Abb. 5.4e ist ein Differenzeingang gegen überhöhte Differenzsignale durch die komplementären Transistoren T1 und T2 geschützt.

Zu große Gleichtaktsignale in einem Differenzverstärkereingang werden in der Praxis durch gegeneinandergeschaltete Z-Dioden begrenzt (Abb. 5.4f). Verstärkereingänge, die gegen Hochspannungsimpulse mit steilen Flanken und hochfrequente Hochspan-

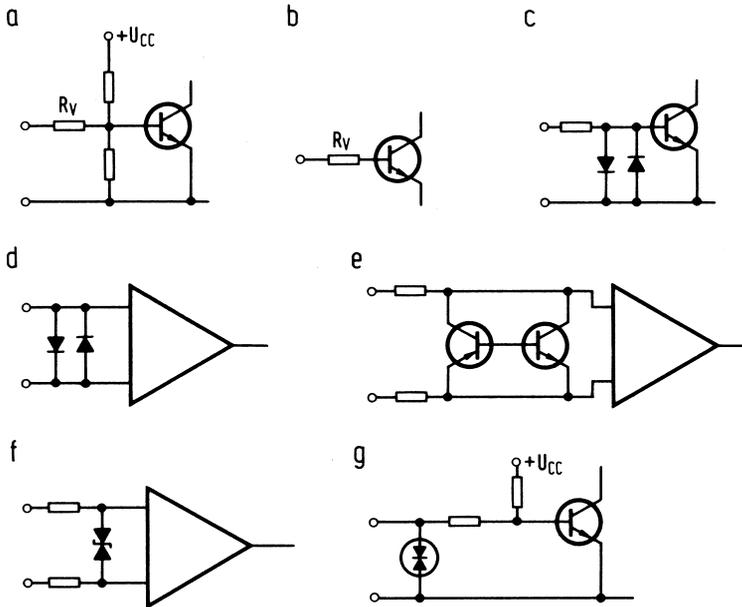


Abb. 5.4: Schutz- und Begrenzerschaltungen: a) Entkopplungswiderstand im Verstärkereingang; b) Begrenzerwiderstand einer Schaltstufe; c) Begrenzung durch antiparallel geschaltete Dioden; d) Begrenzerschaltung im OPV; e) Begrenzung von Differenzsignalen; f) Begrenzung von Gleichtaktsignalen durch Z-Dioden; g) Überlastschutz durch Überspannungsableiter

nungen bis mehrere kV geschützt werden müssen, werden durch gasgefüllte Überspannungsableiter (Abb. 5.4g) abgesichert.

TTL-Schaltungen besitzen keine internen Begrenzungsmaßnahmen, außer der in Sperrichtung geschalteten „Clamping“-Diode, zur Dämpfung von Überschwingen bei langen Leitungsverbindungen.

Dies ist auch nicht erforderlich, da für diese Schaltungen die Betriebsspannungen, mit denen auch die Eingänge belastet werden dürfen, mit maximaler Plustoleranz von 10 % eingehalten werden müssen.

Müssen höhere Pegelwerte als 5,5 V in TTL-Schaltungen verarbeitet werden, dann sind so genannte „Interface“-Schaltungen erforderlich.

In der Industrieelektronik kommen die in Abb. 5.5 dargestellten Schaltungen vorwiegend zur Anwendung.

Die gebräuchlichste und einfachste Schaltung ist die in Abb. 5.5a dargestellte Begrenzerschaltung, die aus einem Vorwiderstand und einer Diode besteht, die durch ihre Anschaltung an das Pluspotenzial alle Pegelwerte, die höher als +4,3 V sind, begrenzt.

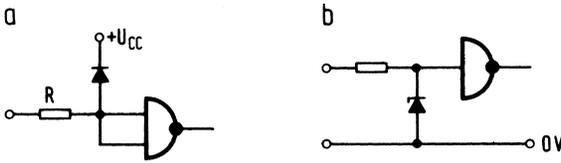


Abb. 5.5: Interface-Schaltungen: a) Anpassung durch eine Clamping-Diode; b) Anpassung durch eine Z-Diode

Die Begrenzung gegen Minuspotenzial wird durch die in den Eingängen befindliche Clamping-Diode übernommen. Die gleiche Wirkung wird durch einen Vorwiderstand um eine Z-Diode,  $U_Z = 4,7 \text{ V}$ , entsprechend der Schaltungsanordnung in Abb. 5.5b erzielt.

## 5.4 Beispiele aus der Praxis

Die Kenntnis über die verschiedenen Möglichkeiten der Arbeitspunkterzeugung, Begrenzung und Stabilisierung, ermöglicht auch die Erkennung und richtige Deutung dieser Schaltungsmaßnahmen. Die in Abb. 5.6 dargestellte Schaltung zeigt einen Rechteckgenerator aus einer Industrieschaltung. Auch bei dieser Schaltung ist auf den ersten Blick diese Funktion nicht erkennbar.

In der Schaltung sind die Widerstände R241, R239 und R240 als Begrenzerwiderstände in den Basiszuleitungen erkennbar. Die Widerstände R233 und R238 sind als Spannungsteiler zur Arbeitspunkterzeugung und -stabilisierung für den Transistor T96 zu erkennen. Die gleiche Funktion hat der Widerstand R235 zusammen mit dem Widerstand R241. Dieser Widerstand hat somit eine Doppelfunktion.

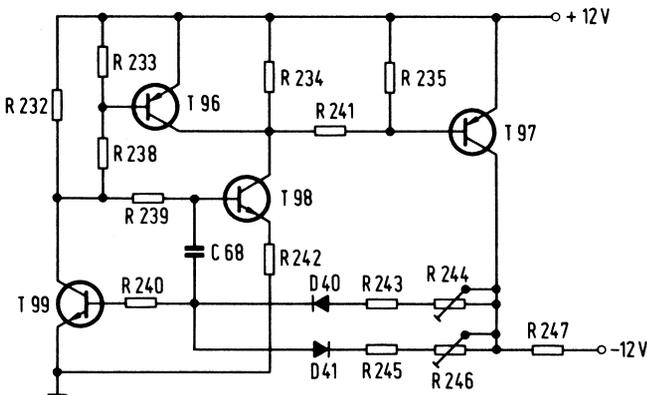


Abb. 5.6: Rechteckgenerator

Die Widerstände R243 und R244 bzw. R245 und R246 sind gewissermaßen wechselseitig die Basisvorwiderstände für den Transistor T99 und damit die Entlade- bzw. Aufladewiderstände für den Kondensator C68.

Die Dioden D40 und D41 bestimmen die Einsatzfunktion dieser Widerstände für den Lade- bzw. Entladevorgang des Kondensators. Während der Impulsdauer  $t_i$  sind die Transistoren T98 und T97 leitend. In dieser Zeit ist die Diode D40 ebenfalls leitend, sodass sich der Kondensator über die Widerstände R243 und R244 aufladen kann.

Ein weiteres Beispiel in Abb. 5.7 zeigt einen Gleichspannungsverstärker.

Aus der Zeichnungsanordnung sind die Funktionen der einzelnen Bauelemente ebenfalls nur schwer zu erkennen. Auffallend sind die drei Blockkondensatoren C24, C25 und C27, die nicht zu übersehen sind.

Beginnend bei der ersten Stufe T8, sind in den Eingängen die Ableitwiderstände R40 und R41 ersichtlich.

An den Widerständen R36 und R38 sind die Source-Anschlüsse von T8 und die Emittoren von T10 und T11 angeschlossen. Diese Transistoren wirken als Differenzverstärker

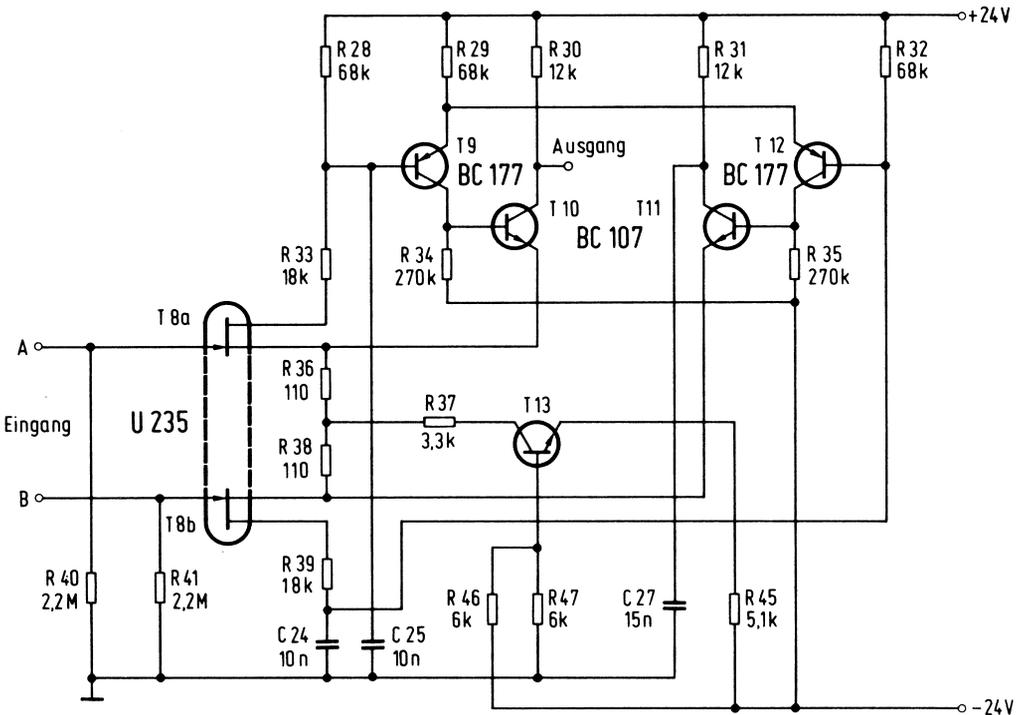


Abb. 5.7: Gleichspannungsverstärker

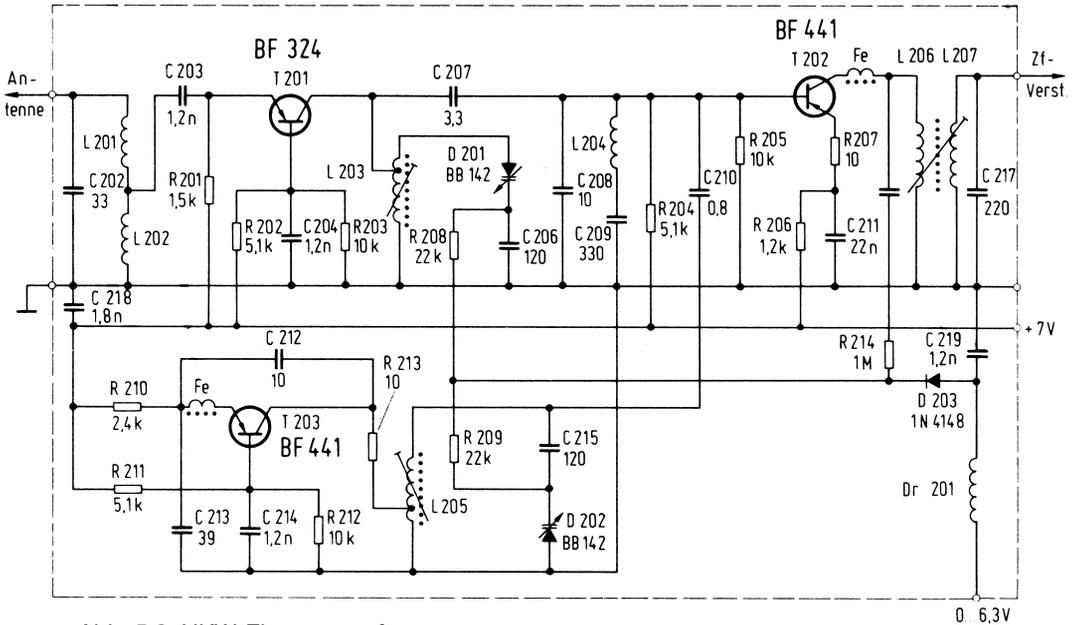


Abb. 5.8: UKW-Eingangsstufe

und haben einen gemeinsamen Emittterwiderstand zur Arbeitspunktstabilisierung. Der Emittterwiderstand setzt sich zusammen aus R37 und der Transistorstufe T13.

Der Arbeitspunkt für die Stufe T13 wird durch den Spannungsteiler R46, R47 festgelegt. Der hohe Wert des Emittterwiderstandes R45 (5,1 k) sagt aus, dass diese Stufe für die Differenzverstärkerstufen T8 und T10, T11 als Konstantstromquelle wirkt.

Für die Stufen T9 und T12, die ebenfalls als Differenzverstärker wirken, ist der Widerstand R29 der gemeinsame Emittterwiderstand. Der Arbeitspunkt für diese Stufen wird durch die Widerstände R28, R33 bzw. R32, R39 festgelegt. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Widerstände R28 und R32 gleichzeitig die Funktion der Arbeitswiderstände für die Stufen T8 übernehmen.

Die Abb. 5.8 zeigt die UKW-Eingangsstufe eines Reisesupers. Die Bestimmung von Bauelementen zur Festlegung und Stabilisierung von Arbeitspunkten ist hier wesentlich einfacher, weil dies in Hf-Schaltungen meistens die einzigen Widerstände sind, die vorkommen. Koppellelemente und Arbeitswiderstände bestehen in der Regel aus Kapazitäten und Schwingkreisen.

Die Transistorstufe T201, als Eingangsstufe in Basisschaltung, wird im Arbeitspunkt durch die Widerstände R202 gegen +7 V und R203 gegen Bezugspotenzial festgehalten. Über den Emittterwiderstand R201 liegt diese pnp-Stufe folgerichtig gegen +7 V. Der Kollektor über L203 gegen Bezugspotenzial. Der Mischoszillator, bestehend aus T203, ist ebenfalls in Basisschaltung aufgebaut. Der Emittterwiderstand R210 und der

Basiswiderstand R211 sind gegen +7 V geschaltet, der zweite Basiswiderstand R212 gegen Bezugspotenzial. Die Mischstufe, Transistor T202 in Emitterschaltung, wird in ihrem Arbeitspunkt durch die Basiswiderstände R204 gegen +7 V und R205 gegen Bezugspotenzial festgehalten. Der Emitter liegt über R206 und R207 auf +7 V, der Kollektor über die Drossel Fe und die Bandfilterspule L206 gegen Bezugspotenzial. Die Frequenzabstimmung im Eingangskreis und am Mischoszillator erfolgt durch die Kapazitätsdioden D201 und D202, die zusammen mit den Spulen L203 und L205 einen Schwingkreis bilden. Abgestimmt werden diese Kapazitätsdioden über ein Potentiometer, an dem die Spannung zwischen 0 und 6,3 V eingestellt werden kann. Diese Gleichspannung wird über die Entkopplungsdiode D203 und die Widerstände R208 und R209 zur Kapazitätsabstimmung an den Kathoden der Kapazitätsdioden wirksam.

Auch dieses Beispiel hat gezeigt, dass man durch die Bestimmung der Bauelemente zur Arbeitspunkterzeugung die Schaltung in ihrem Aufbau und ihrer Funktion auswerten kann.

## 5.5 Übungen zur Vertiefung

Machen Sie es sich in nächster Zeit zur Gewohnheit, an allen Schaltungen, die sie in die Hand bekommen, die Bauelemente und Schaltungsmaßnahmen, die zur Festlegung von Arbeitspunkten und deren Stabilisierung dienen, herauszufinden.

1. Welche Bauelemente bestimmen die Arbeitspunkte an der Basis von T1, T2 und T3 in der Schaltung Abb. 3.1?
2. Welche Widerstände bestimmen den Arbeitspunkt an der Basis der Transistorstufe T37 in Abb. 3.2?
3. Welche Bauelemente bestimmen die Arbeitspunkte der Verstärkerstufen T22, T23 und T24 in Abb. 4.3?
4. Welche Widerstände bestimmen den Arbeitspunkt an der Basis der Transistorstufen T4 und T5 in Abb. 4.4?
5. Welche stabilisierenden Maßnahmen für die Arbeitspunkte sind bei den Transistorstufen T1, T2 und T3 in Abb. 3.1 vorgesehen?
6. Welcher Widerstand bewirkt eine Reduzierung der thermischen Rückkopplung bei dem Schmitt-Trigger in der Abb. 3.1?
7. Welche Stabilisierungswirkung hat der Widerstand R115 auf die Transistorstufe T38 in Abb. 3.2?
8. Welche Schutzaufgabe hat der Widerstand R111 in Abb. 3.2?
9. Haben die Dioden D1 bis D3 in Abb. 4.5. Schutzfunktionen?
10. Welche Schutzfunktionen haben die Dioden G1 in Abb. 4.6?
11. Bestimmen Sie die Funktionen der einzelnen Transistorschaltungen in den Abb. 5.7 und Abb. 5.8 mit Hilfe der Grundsaltungen in Tab. 2.1!

Lösungen im Anhang

## 6 Kopplungsarten in ihrer Funktion erkennen

Das Erkennen und richtige Bewerten von Kopplungsarten bereitet dem Fachmann erfahrungsgemäß die größten Schwierigkeiten, obwohl auch hier mit wenigen Regeln und Merkmalen ein beachtlicher Auswertungsgrad erreicht werden kann.

Grundsätzlich sind alle Verbindungen von Stufen und Netzwerken Kopplungen. Wie und mit welchen Bauelementen diese Kopplungen ausgeführt werden, entscheidet über ihre Funktion und Wirkung.

Kopplungen können grundsätzlich mit allen Bauelementen durchgeführt werden, z.B. Kondensatoren, Spulen, Übertrager, Widerstände, Dioden und Transistoren. Auch die direkte Verbindung zweier Stufen ist eine Kopplung, die als „direkte Kopplung“ bezeichnet wird.

Die Kopplung übernimmt jeweils die Wirkung, die dem als Koppellement verwendeten Bauelement zu eigen ist. Ist der Widerstand des Bauelementes frequenzabhängig, so ist auch die Kopplung frequenzabhängig.

Der Widerstandswert des Bauelementes ist für die Wirkung der Kopplung ebenfalls von Bedeutung. Bei kleinen Widerstandswerten der Koppellemente spricht man von einer „festen Kopplung“, bei großen Werten von einer „losen Kopplung“. Kopplungen, die gleichzeitig eine „Entkopplung“ zweier Stufen bewirken sollen, haben noch höhere Widerstandswerte oder sogar eine Emitterschaltung als Trennstufe. Nach der Aufgabe oder Funktion der Kopplung unterscheidet man drei Kopplungsarten (vgl. Abb. 6.1).

Die *Verbindungskopplung* dient zur elektronischen Verbindung zweier Stufen oder Netzwerke zum Zwecke der Signalweiterführung (Abb. 6.1a).

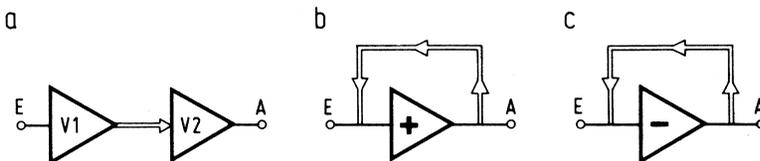


Abb. 6.1: Kopplungsarten: a) Verbindungskopplung; b) Mitkopplung; c) Gegenkopplung

Die *Mitkopplung* dient zur Rückführung von Ausgangssignalen an den Eingang von ein- oder mehrstufigen Verstärkern zum Zwecke der Verstärkung, d.h., die Ausgangsspannung muss mit gleicher Polarität an den Eingang zurückgeführt werden (Abb. 6.1b).

Die *Gegenkopplung* dient ebenfalls zur Rückführung von Ausgangssignalen an den Eingang von ein- oder mehrstufigen Verstärkern zum Zwecke der Stabilisierung und Linearisierung der Verstärkereigenschaften, d.h., die Ausgangsspannung muss mit Gegenpolarität an den Eingang zurückgeführt werden (Abb. 6.1c). Die Kopplungen und ihre in der Schaltungspraxis üblichen Realisierungen sind in der Tabelle 6.1 noch mal zusammengefasst dargestellt.

Tabelle 6.1

Mögliche Ausführung	Verbindungskopplung	Rückkopplungen	
		Mitkopplung	Gegenkopplung
Direkte Kopplung	X		
Widerstand	X	X	X
Diode	X		X
Z-Diode	X		
Transistor	X	X	
Kondensator	X	X	X
Spule	X		
Übertrager	X	X	X
Bandpass	X	X	X

## 6.1 Verbindungskopplungen

Kopplungen als Verbindungskopplungen in Schaltungsunterlagen zu definieren, ist nicht schwierig und durch Übung leicht zu erlernen.

In den bisher beschriebenen Abbildungen der Hauptabschnitte 3 bis 5 ergeben sich hier die besten Übungsmöglichkeiten. Beginnen wir die Übung mit Abb. 3.1, die eine Anzahl interessanter Verbindungskopplungen enthält (Tabelle 6.2):

Tabelle 6.2

Ausgang	Eingang	Kopplungsart
Kollektor T1	Basis T2	direkt
Kollektor T2	Basis T3	direkt
Emitter T3	Ausgang R20	kapazitiv, C1
Emitter T3	Basis T4	kapazitiv, C1, C10, R12
Kollektor T4	Basis T5	Widerstand R15, C11
Kollektor T5	Ausgang	Widerstand R18

Es wird aufgefallen sein, dass in die Tabelle zur Abb. 3.1 neben der Bauelementart der Verbindungskopplung noch andere Bauelemente aufgeführt sind. Diese Bauelemente liegen zwar in der Verbindungskopplung mit drin, bestimmen aber nicht die Kopplungsfunktion.

Liegt z.B. bei einer kapazitiven Kopplung noch ein Widerstand in Reihe, so ist diese Verbindungskopplung in ihrer Wirkung kapazitiv, d.h., sie ist frequenzabhängig und trennt Gleichspannungspotenziale.

Gerade umgekehrt ist die Funktionsauswirkung bei parallelgeschalteten Verbindungskopplungen von Widerstand und Kondensator. In diesem Fall gehen die elektrischen Eigenschaften von der Wirkung des Widerstandes aus, der Kondensator wirkt hier nur bei Wechselfspannungen mit Frequenzen, bei denen der Blindwiderstand des Kondensators in die Größenordnung des ohmschen Widerstandes gerät.

In Abb. 3.2 sind folgende Verbindungskopplungen enthalten (Tabelle 6.3):

*Tabelle 6.3*

<b>Ausgang</b>	<b>Eingang</b>	<b>Kopplungsart</b>
Kollektor T37	Basis T38	kapazitiv, C19
Kollektor T38	Basis T39	direkt
Kollektor T39	Basis T40	Diode D49, Widerstand R118
Kollektor T40	Basis T41	Widerstand R123
Kollektor T41	Basis T42	direkt

Die Abb. 4.6 hat aufgrund ihrer Funktion als Kettenschaltung Verbindungskopplungen, die nicht ohne Übung sofort erkennbar sind. Die Schaltung hat folgende Verbindungskopplungen (Tabelle 6.4):

*Tabelle 6.4*

<b>Ausgang</b>	<b>Eingang</b>	<b>Kopplungsart</b>
Kollektor TA	Basis T1	kapazitiv, C1
Basis T2	kapazitiv, C2	
Basis T3	kapazitiv, C3	
Kollektor T1	Basis T2	Widerstand R2
Basis T3	Widerstand R5	
Kollektor T2	Basis T1	Widerstand R5
Basis T3	Widerstand R2	
Kollektor T3	Basis T1	Widerstand R2
Basis T2		Widerstand R5

Interessant sind auch die Verbindungskopplungen in der Differenzverstärkerschaltung in Abb. 5.7 (Tabelle 6.5).

Tabelle 6.5

Ausgang	Eingang	Kopplungsart
Drain 8a	Basis T9	Widerstand R33
Drain 8b	Basis T12	Widerstand R39
Kollektor T9	Basis T10	direkt
Kollektor T12	Basis T11	direkt

Die HF-Schaltung in Abb. 5.8 hat folgende Verbindungskopplungen (Tabelle 6.6):

Tabelle 6.6

Ausgang	Eingang	Kopplungsart
Kollektor T201	Basis T202	kapazitiv, C207
Kollektor T203	Basis T202	(R213) kapazitiv, C210
Kollektor T202	Basis, Zf-Verstärker	Bandfilter L206, L207

## 6.2 Gegenkopplungen

Auch für die Definition der Gegenkopplungen sind die in den vorhergehenden Abschnitten dargestellten Schaltungsabbildungen für den Anfang die beste Übung:

Erinnert sei nochmals daran, dass die Gegenkopplung vom Ausgang einer Stufe zum Eingang einer Stufe mit entgegengesetzter Polarität zurückgeführt wird.

In Abb. 3.1 sind dies der Widerstand R4 vom Emitter des Transistors T1 zum Kollektor des Transistors T2. Außerdem wirkt der Thermistorwiderstand R5 vom Ausgang C1 zurück zum Emitter von T1.

In Abb. 3.2 wirkt der Emitterwiderstand R113 als stromgesteuerte Spannungsgegenkopplung (aber nur für Gleichströme); außerdem der Kondensator C18 vom Kollektor T37 zurück zur Basis desselben Transistors als Wechsellspannungsgegenkopplung. Hinzu kommt die Gegenkopplung vom Kollektor T38 zur Basis des Transistors über R115.

Spannungsgesteuerte Stromgegenkopplungen weisen in Abb. 4.3 alle Stufen auf. Die Widerstände R115, R118 und R120 als Gleich- und Wechselstromgegenkopplung. Die Widerstände R114 und R119 nur als Gleichstromgegenkopplung. Durch die Kondensatoren C46 und C48 sind sie für Wechselströme abgeblockt.

Als reine Wechselstromgegenkopplung wirkt die kapazitive Rückführung vom einstellbaren Widerstandsabgriff R122 im Emitter 724 über C49 zum Emitter T22. Man beachte hierbei die Polaritätsveränderungen an den einzelnen Stufen. Das Eingangssignal wird am Kollektor der Stufe T22 umgepolt. Am Kollektor T23 ist es wieder polaritätsgleich und somit auch am Emitter von Transistor T24. Somit besteht bei dieser Gegenkopplung eine gegenseitige Beeinflussung mit gegensinniger Wirkung.

Eine Wechselstromgegenkopplung mit wechselseitiger Beeinflussung für hohe Frequenzen bewirkt der Kondensator C47 vom Kollektor der Stufe T22 zum Kollektor der Stufe T23.

Die Arbeitspunkt- und Verstärkungsstabilisierung für den dreistufigen Differenzverstärker in Abb. 5.7 wird im Wesentlichen durch die Stufe T13 übernommen. Diese Stufe hat die Funktion einer Konstantstromquelle für die Stufen T8 und T10 bzw. T11. Eine weitere spannungsgesteuerte Stromgegenkopplung bewirkt der gemeinsame Emittierwiderstand R29 für die Stufen T9 und T12.

In der HF-Schaltung nach Abb. 5.8 befindet sich in der Stufe T203 eine Wechselspannungsgegenkopplung vom Kollektor zum Emittier über C212. Eine Stromgegenkopplung in der Stufe T202 wird durch den Widerstand R207 erzeugt.

Gegenkopplungen sind auch in NF-Verstärkern und Regelschaltungen (z.B. elektronisch stab. Netzgeräte) von Bedeutung.

Einen NF-Verstärker mit zwei Gegenkopplungen zeigt Abb. 6.2.

Die erste Gleichspannungsgegenkopplung führt vom Kollektor der zweiten Stufe zum Emittier der ersten Stufe. Das Teilverhältnis der Widerstände R1 und R2 bestimmt die Spannungsverstärkung. Bei den angegebenen Widerstandswerten stellt sich eine 50fache Verstärkung ein.

Die zweite Gegenkopplung führt vom Emittier der zweiten Stufe zur Basis der ersten Stufe über die Widerstände R3, R4. Diese Gegenkopplung liefert gleichzeitig den Basisstrom für die erste Stufe und steuert somit den Arbeitspunkt. Steigt zum Beispiel aus Temperaturgründen der Emittierstrom in der Stufe T2, dann wird die Spannung an den Emittierwiderständen R5, R6 größer. Diese erhöhte Spannung bewirkt einen größeren Basisstrom in der Stufe T1. Daraus resultiert ein größerer Kollektorstrom und somit eine kleinere Kollektorspannung, die an der direkt gekoppelten Stufe T2 die Ba-

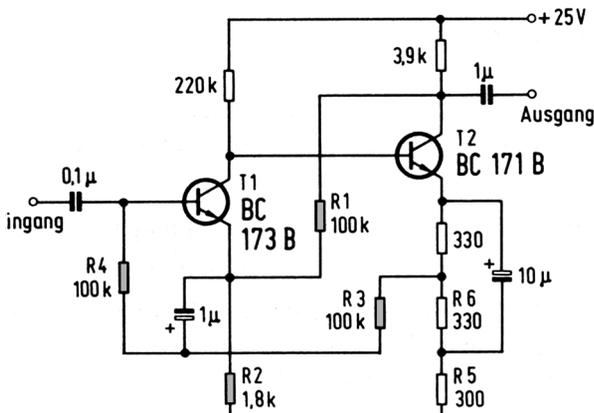


Abb. 6.2: NF-Verstärker mit Gegenkopplungen

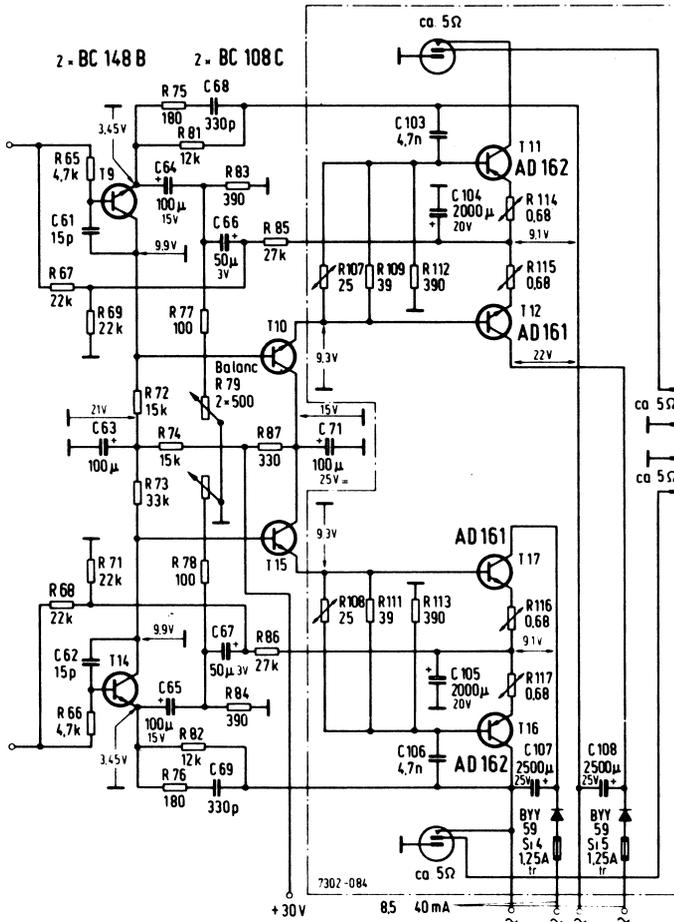


Abb. 6.3: Stereo-Endstufe

spannung verringert. Der Emitterstrom wird dadurch wieder geringer. Der gleiche Regelmechanismus setzt ein, wenn die Ursache der Arbeitspunktveränderung in der ersten Stufe liegt.

Bei der Stereoendstufe (15 W pro Kanal) in Abb. 6.3 sind auch Gegenkopplungsmaßnahmen ersichtlich, die zur Arbeitspunkt- bzw. Amplitudenstabilisierung dienen.

Vom gemeinsamen Emitterbezugspunkt der Endstufen T11, T12 bzw. T16, T17 führen die Kopplungen über R85 bzw. R86 und R67 (R68) an die Basisanschlüsse der Transistoren 19 im oberen Kanal und T14 im unteren Kanal.

Beide Gegenkopplungen sind für Wechselspannungen unwirksam. Dies wird durch die Blockkondensatoren C104 und C66 bzw. C105 und C67 erreicht.

Durch diese Gegenkopplung werden die Arbeitspunkte für die Stufen T9 und T14 festgelegt. Sie sind, wie in Abb. 6.2 erklärt, von den Emitterspannungen der Endstufen abhängig.

Die Kondensatoren C61, C62, C103 und C106, die jeweils zwischen Kollektor und Basis der Stufen T9, T14, T11 und T16 liegen, sind zur Wechselspannungsgegenkopplung vorgesehen und halten somit die Wechselspannungsverstärkung konstant, bzw. verhindern damit eine Selbsterregung der Verstärkerstufen. Die Widerstände und Kondensatoren in den Emittierzuleitungen der Stufen T9 und T14 sind ebenfalls zur Arbeitspunkt- und Wechselspannungsstabilisierung vorgesehen.

Abschließend zu dem Thema Gegenkopplungen wird anhand von Abb. 6.4 die Anwendung von Gegenkopplungsmaßnahmen in einer Regelschaltung zur Spannungsstabilisierung erklärt.

Das Prinzip jeder elektronischen Regelschaltung besteht darin, einer Abweichung einer vorgegebenen Spannung entgegenzuwirken und somit wieder auszugleichen.

In der Schaltung nach Abb. 6.4 soll die Versorgungsspannung +45 V, unabhängig von Last- und Eingangsspannungsänderungen, stabil gehalten werden. Dies erfolgt durch die Gegenkopplung vom Ausgang des Transistors 2N 5293 zurück auf die Basis über die Regelschaltung der Transistoren BC107B. Dazu wird mit einem Teil der Ausgangsspannung von +45 V die Basis des unteren Transistors BC107B gesteuert. Der Emitter dieses Transistors wird durch die Z-Diode konstant gehalten. Die Spannungsänderung am Kollektor steuert den nachfolgenden Emitterfolger BC107B und dieser wiederum den Leistungstransistor 2N 5293. Damit diese Regelspannung der sich ändernden Ausgangsspannung entgegenwirkt, muss sie im Verlauf der Regelschaltung in der Polarität umgekehrt werden.

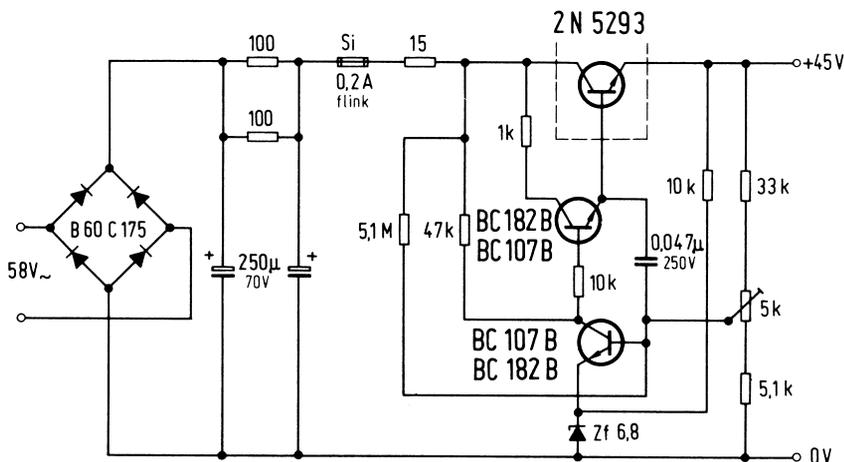


Abb. 6.4: Stabilisierungsschaltung

Die Polaritätsumkehr erfolgt in der unteren Regelstufe. Gesteuert wird diese Stufe in der Basis, abgenommen wird das Signal am Kollektor. In den nachfolgenden Stufen erfolgt keine Umkehr der Spannung, da beide Stufen an der Basis gesteuert werden und am Emitter die Abnahme der Regelspannung bzw. der Versorgungsspannung erfolgt.

### 6.3 Mitkopplungen

Bereits zu Anfang des Abschnitts 6 wurde definiert, dass das Merkmal der Mitkopplung das Ausgangssignal eines ein- oder mehrstufigen Verstärkers an den Eingang, mit gleicher Polarität wie das Eingangssignal, zurückgeführt wird. Eine Mitkopplung wird immer dann eingesetzt, wenn ein Verstärker sich selbst steuern soll, d.h. wenn er die Funktion eines Generators oder Oszillators übernimmt.

Die in Abb. 3.1 dargestellte Oszillatorschaltung ist dafür ein typisches Beispiel. Zum Zwecke der Selbststeuerung wird vom Ausgang des Verstärkers am Emitter T3 über den Koppelkondensator C1 und die umschaltbare RC-Kombination C2, R9, R10 das Signal an die Basis von T1 zurückgeführt. Koppelnetzwerke können als Mitkopplungen zwei Funktionen haben. Entweder müssen sie die zur Verstärkung gelangende Frequenz mit gleicher oder umgekehrter Polarität vom Ausgang an den Eingang zurückführen.

Dies kann man entweder an der Schaltungsform des Koppelnetzwerkes erkennen oder durch Überprüfung der Polarität von Eingang und Ausgang. In der nach Abb. 3.1 dargestellten Mitkopplung ergibt eine Überprüfung der Polaritäten folgendes Funktionsverhalten:

Die erste Stufe kehrt das Signal in seiner Polarität um (Basis-Kollektor). Durch die nochmalige Umkehrung der zweiten Stufe erhält das Signal die gleiche Polarität wie am Eingang der ersten Stufe. Die dritte Stufe ändert die Polarität nicht mehr (Emitterfolger). Daraus ist ersichtlich, dass das Signal durch das Koppelnetzwerk mit gleicher Polarität vom Ausgang an den Eingang zurückgeführt wird.

Eine Rückkopplung in Form einer Mitkopplung liegt auch bei den Kippstufen vor. Als Beispiel dafür ist in Abb. 6.5 als Funktionsmodell die astabile Kippstufe dargestellt.

Diese Kippstufe hat, wie alle anderen Kippstufen, zwei Kopplungen. Jeweils vom Ausgang der einen Stufe an den Eingang der anderen Stufe.

Bei gleichen Kopplungsnetzwerken, z.B. astabile und bistabile Kippstufe, ist es frei bestimmbar, welche Kopplung als Verbindungskopplung und welche als Mitkopplung betrachtet wird.

Durch beide Kopplungen werden beide Verstärkerstufen zu einem Ringverstärker zusammengeschlossen. Die Art der Kopplung bestimmt hierbei, ob sich die Schaltung selbstständig schaltet oder nicht.

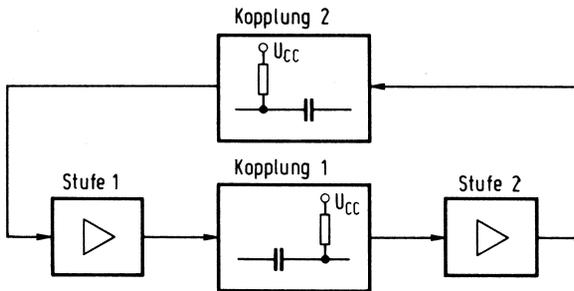


Abb. 6.5: Funktionsprinzip von Kippstufen

Bei einer selbsterregten Schaltung müssen beide Kopplungen dynamisch ausgeführt sein. Dies ist in Abb. 6.5 bei der astabilen Schaltung der Fall. Beide Kopplungen sind kapazitiv.

Ist nur eine Kopplung dynamisch, wie bei der monostabilen Kippstufe, oder gar keine, wie bei der bistabilen Kippstufe, dann kann die Schaltung nicht selbsttätig kippen. Sie braucht bei einer dynamischen Kopplung einen Steuerimpuls, um zweimal zu kippen, und bei zwei statischen Kopplungen zwei Steuerimpulse, um zweimal zu kippen, d.h. eine Periode  $T$  zu schalten.

Die Schaltung in Abb. 4.5 zeigt eine astabile Kippschaltung mit zwei dynamischen Kopplungen (vgl. auch die Beschreibung dazu).

Eine Kopplung führt vom Kollektor des Transistors T2 über C2, R3, D2 und R8 an die Basis T3.

Die zweite Kopplung vom Kollektor 13 über C1, D1 und R7 an die Basis von T2.

Abschließend werden zu dem Thema „Mitkopplung“ zur Vertiefung des bisher Bekannten die Funktionen eines Funktionsgenerators einer serienmäßigen Industrieschaltung in Abb. 6.6 beschrieben.

Dieser Generator besteht aus drei Hauptfunktionen. Zur Erzeugung der Dreieckfunktion dient ein Integrator IC4, der durch einen Schmitt-Trigger T12, T13 und IC5, IC6 geschaltet wird. Daraus resultieren eine Gegenkopplung und eine Mitkopplung.

Die Gegenkopplung in Form der durch den Schalter CW umschaltbaren Kondensatoren C23, C24 und C25 führt vom Ausgang des Integrators IC4 an den invertierenden Eingang zurück.

Die Mitkopplung führt vom Ausgang des Schmitt-Triggers (Ausgänge IC5 und IC6) über den Emitterfolger T11 und DA1 ebenfalls an den invertierenden Eingang an IC4. Die so erzeugte Dreieckfunktion am Ausgang IC4 gelangt an den Sinus-Konverter, bestehend aus den drei Diodenbrückenschaltungen und dem Ausgangsverstärker IC7.

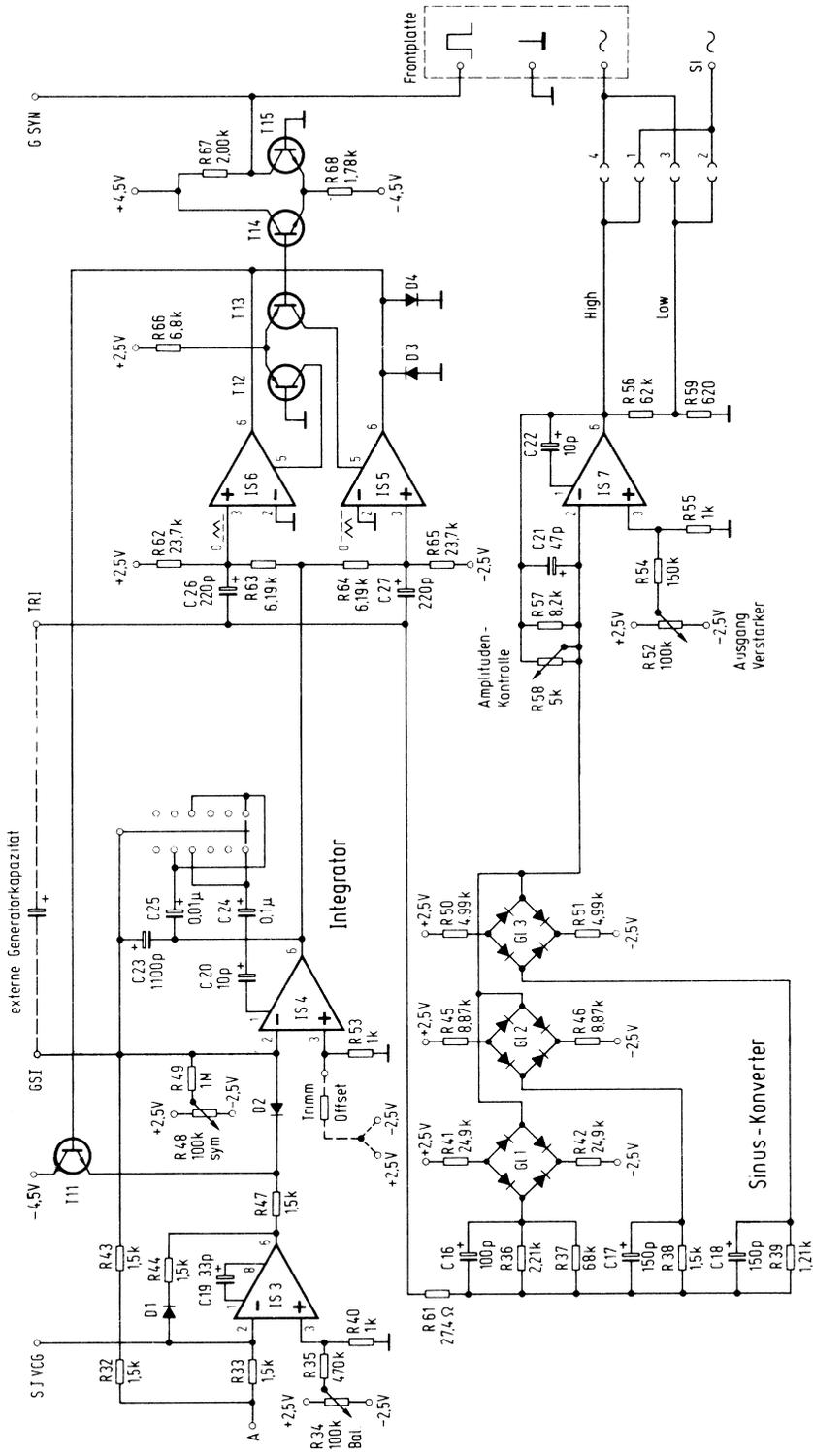


Abb. 6.6: Funktionsgenerator

Die Ausgänge der drei Brückenschaltungen liegen gemeinsam am invertierenden Eingang von IC7, sodass die drei Teilbegrenzungen der Dreieckfunktion durch die Brückenschaltungen in ihrer Gesamtfunktion am Verstärkereingang wirksam werden. Versuchen wir abschließend, auch an den Beispielen dieses Abschnitts die wesentlichsten Erkenntnisse festzuhalten:

- Kopplungen in Schaltungen lokalisieren;
- Unterscheidungsmerkmale von Kopplungen bestimmen und in ihrer Wirkung definieren.

## 6.4 Übungen zur Vertiefung

Versuchen Sie anhand vieler Schaltungsbeispiele aus Fachdokumentationen und Industrieschaltungen die Kopplungsarten und ihre Funktionen herauszufinden:

1. Bestimmen Sie in Abb. 6.2 die Verbindungskopplung zwischen T1 und T2.
2. Welche Verbindungskopplung besteht zwischen T9 und T10 in Abb. 6.3?
3. Welche Verbindungskopplung besteht zwischen T15 und T16 in Abb. 6.3?
4. Hat der Kondensator C47 in Abb. 4.3 die Wirkung einer Mitkopplung oder einer Gegenkopplung?
5. Der Widerstand R 115 zwischen Kollektor und Basis von T30 in Abb. 3.2 hat die Wirkung einer \_\_\_\_\_ kopplung.
6. Welche Funktion haben die Widerstände 5,1 M und 47 k in Abb. 6.4?
7. Welche Wirkung hat ein Emitterwiderstand auf den Arbeitspunkt einer Emittergrundschaltung?
8. Welche Funktion hat ein Kondensator, der einem Gegenkopplungswiderstand parallel geschaltet ist?
9. Wie wird die Selbsterregung (Eigenschwingung) eines Verstärkers verhindert, durch eine Mit- oder Gegenkopplung?
10. Wie wirkt sich eine kapazitive Gegenkopplung auf den Arbeitspunkt einer Verstärkerstufe aus?

Lösungen im Anhang

# 7 Signalwege und Funktionsabläufe festlegen

Es gibt leider nur wenige Serviceunterlagen, in denen vom Hersteller bereits der Signalweg oder der Funktionsablauf im Gesamtbild durch besondere Kennzeichnungen oder Markierungen hervorgehoben ist.

Gerade in umfangreichen Schaltungen ist es vorteilhaft, den Signalweg oder den Funktionsablauf zu kennzeichnen, damit ein zügiges Vorgehen bei der Überprüfung und Fehlersuche der Schaltung ermöglicht wird.

Bei analogen Schaltungen (z.B. Verstärker, Oszillatoren) genügt es, die Verbindungswege (Verbindungskopplungen) durch eine breitere Strichstärke zu kennzeichnen. Man muss sich aber noch weitere „Gedächtnisstützen“ anmerken. Etwa den Verstärkungsfaktor jeder Stufe; oder bei konstanter Eingangsamplitude, die Spannungen an den Ausgängen jeder Stufe.

## 7.1 Kennzeichnung der Signalwege in analogen Schaltungen

Die Schaltung in Abb. 7.1 stellt einen aktiven Klangeinsteller dar. Die erste Stufe ist ein Emitterfolger und hat daher die Verstärkung  $v_u \leq 1$ . Das NF-Signal teilt sich nach dieser Stufe in zwei Signalwege für hohe und tiefe Frequenzen. Vor dem Eingang der zweiten Verstärkerstufe ( $v_u = 5$ ) werden beide Signalwege zusammengeführt. Die dritte Stufe ist ebenfalls ein Emitterfolger mit der Verstärkung  $v_u \leq 1$ .

Der Signalweg im NF-Verstärker nach Abb. 7.2 führt vom Eingang über C1 und R1 an den nichtinvertierenden Eingang des integrierten Vorverstärkers. Aufgrund des Widerstandsverhältnisses R2 und R4 liegt die Verstärkung mit  $v_u = 22$  fest.

Das NF-Signal gelangt vom Ausgang des ICs an den Eingang des Transistors T2 und über die Dioden D1 und D2 an die Basis von T1.

Am zusammengeführten Emitter der beiden Transistoren wird das Signal wieder abgenommen. Grundsätzlich soll man verzweigte Signalwege, sofern sie für die Funktion von Bedeutung sind, mit kennzeichnen.

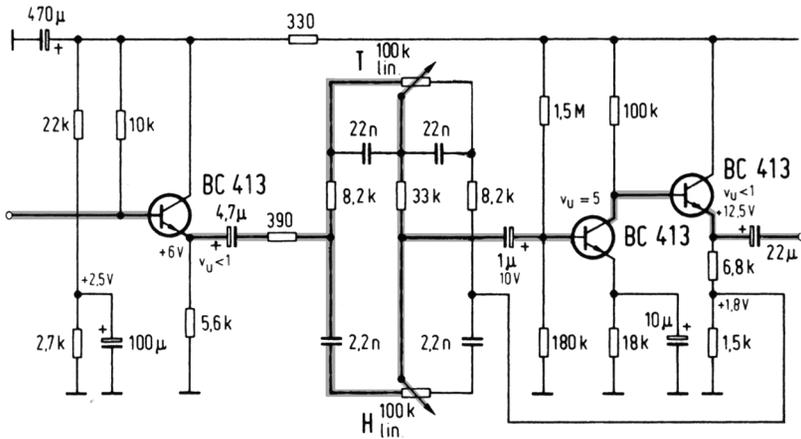


Abb. 7.1: Aktiver Klangeinsteller

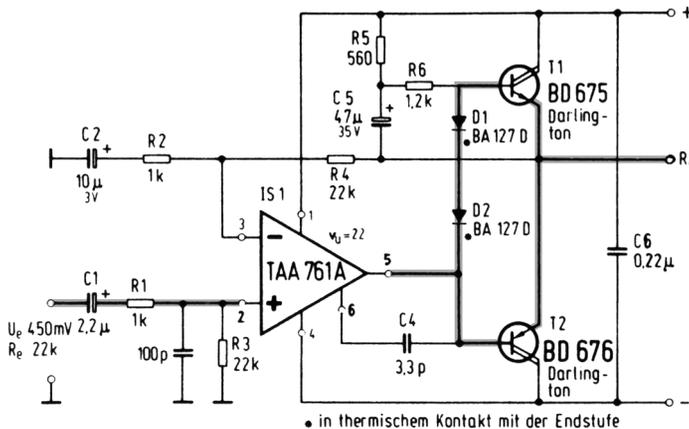


Abb. 7.2: NF-Verstärker

Dies empfiehlt sich für Differenzverstärker (vgl. Abb. 5.7). Vom Eingang A führt der Signalweg über T8a (Gate-Drain) zur Basis T9. Weiter vom Kollektor T9 zur Basis T10. Am Kollektor T10 wird das Signal abgenommen. Der zweite Signalweg führt über T8b (Gate-Drain) zur Basis T12. Weiter vom Kollektor T12 zur Basis T11.

Die Abb. 7.3 zeigt einen Funktionsablauf, an dem verschiedene Grundschaltungen beteiligt sind. Die Stufe T8 wirkt mit der äußeren Beschaltung als Meißner-Generator. Der Signalweg beginnt deshalb am Ausgang dieser Schaltung.

Die Stufe T9 ist ein Impedanzwandler, von dessen Emitterausgang das Signal zur weiteren Verstärkung an einen zweistufigen Verstärker T10 und T11 führt. Der Verstär-

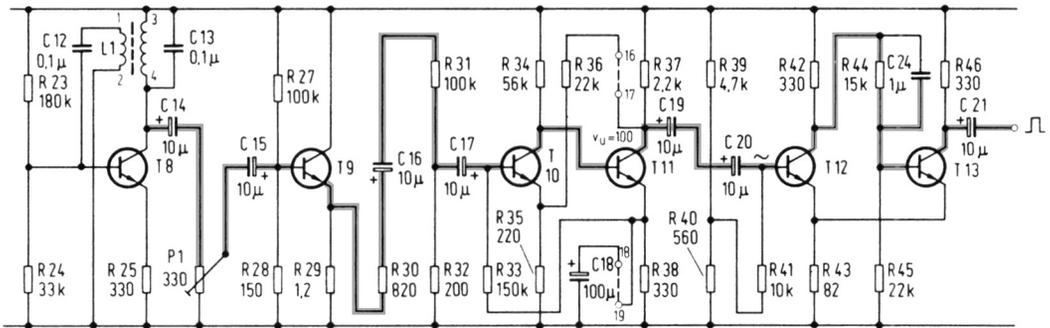


Abb. 7.3: Rechteckgenerator

kungsfaktor dieser Stufen liegt bei  $v_u = 100$ . Dies ergibt sich aus dem Widerstandsverhältnis  $R_{35}$  und  $R_{36}$  (vgl. dazu Abb. 6.2).

Nach diesem Verstärker folgt eine Kippstufe in Form eines Schmitt-Triggers.

Bei Kippstufen ist es nicht sinnvoll, den Funktionsablauf über jede einzelne Stufe festzulegen. Dies würde nur zu Verwirrungen führen, da hier die Funktion selbsttätig, sozusagen innerhalb der Schaltung abläuft, d.h. keine Verstärkung des angelegten Signals erfolgt.

Sinnvoller ist es, den Eingang und den Ausgang mit der jeweiligen Signalform zu kennzeichnen. Die Signalwegmarkierung endet am Eingang der Kippstufe oder Impulserzeugerschaltung und wird am Ausgang fortgeführt.

Die gleichen Überlegungen gelten für Synchronsignale. Der Signalweg für das Synchronsignal endet an der zu synchronisierenden Stufe.

## 7.2 Kennzeichnung des Funktionsablaufs bei digitalen Schaltungen

Die Markierung der Signalwege bei digitalen IC-Schaltungen ist weniger sinnvoll, da damit keine verwertbare Aussage über die Funktion entsteht.

Mehr Vorteile und verwertbare Aussagen bringen hier Pegelangaben an Ein- oder Ausgängen.

Als Beispiel wird die in Abb. 7.4 dargestellte Zählerschaltung mit selbsttätiger Rückstellung auf ihren Funktionsablauf überprüft.

Der 4-Bit-Binarzähler 7493 wird über den Eingang  $E_A$  (14) mit  $v_h$ -Impulsen getaktet. Die Verbindung des Ausgangs  $A_A$  (12) und des Eingangs  $E_B$  (1) sagt aus, dass dieser Binarzähler 1:16 untersetzt, bzw. codiert ist.

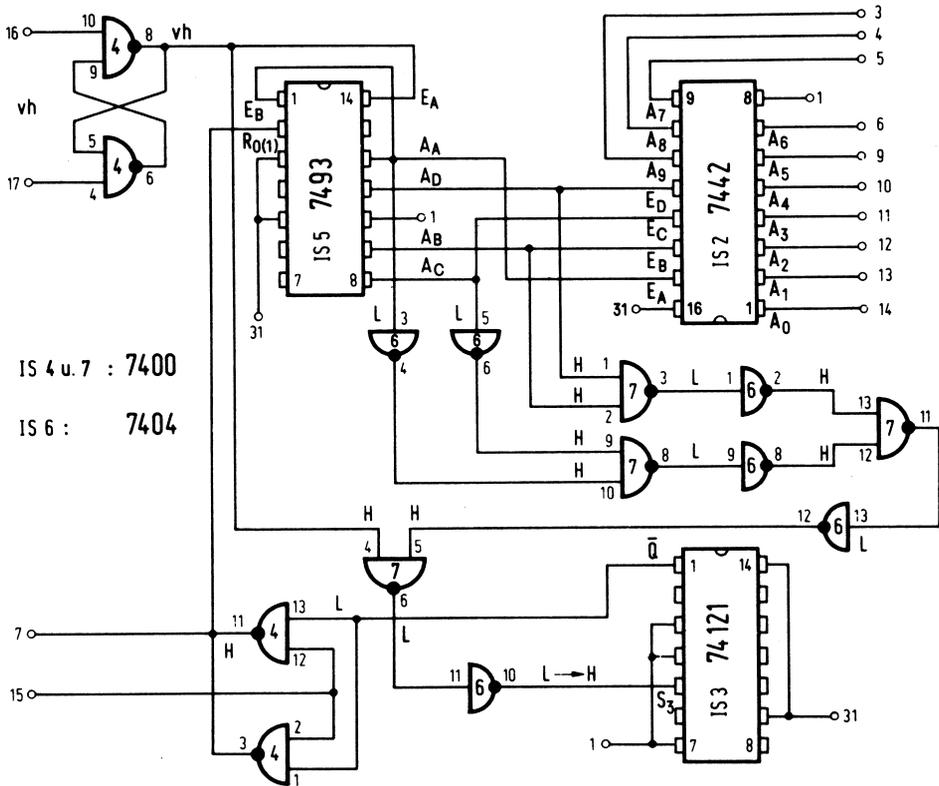


Abb. 7.4: Zählerschaltung mit Rückstellung

An den Ausgängen  $A_A$  bis  $A_D$  sind zwei weitere Funktionseinheiten angeschlossen.

Es sind dies der BCD-Dezimal-Decodierer 7442, der den Binärcode in dezimale Zählung umwandelt und die Logikschaltung, die das Monoflop 74121 steuert. Dieses Monoflop setzt über eine weitere Logik den 4-Bit-Binarzähler am Rückstelleingang  $R_{0(1)}$  zurück.

Nicht sofort ersichtlich ist, bei welcher Taktzahl an  $E_A$  (7493) die Rückstellung erfolgt.

Um dies herauszufinden, ist es bei Digitalschaltungen sinnvoll, von den Bedingungen auszugehen, die erforderlich sind, das Monoflop 74121 am Ausgang  $\bar{Q}$  (1) von H nach L zu kippen.

Anhand einer Funktionstabelle und der Beschaltung der Eingänge S1 und S2 sind die Eingangsvoraussetzungen für S3 gegeben.

Wenn die Eingänge S1 und S2 an Pegel L liegen, ist eine L→H-Pegeländerung am Eingang S3 erforderlich, damit Ausgang Q von Pegel H nach Pegel L springt. Diese Eingangsbedingung wird am Ausgang des Negators 6/10 (Abb. 7.5b) eingetragen.

Der Endzustand  $t = t_n + 1$ , Pegel H, erfordert daher am Eingang des Negators und damit am Ausgang 6 der NAND-Schaltung 7 (Abb. 7.5.a) den Pegel L.

An einem NAND-Ausgang steht am Ausgang nur dann der Pegel L, wenn beide Eingänge Pegel H führen. Dies ergibt bereits die Aussage, dass das Monoflop nur dann gesetzt wird, wenn der Taktimpuls vom Eingang und der Impuls von den Ausgängen des 4-Bit-Binarzählers am NAND-Gatter anliegen.

Am Eingang 5 des NAND-Gatters 7 liegt der Pegel an, der durch die Ausgänge des Binarzählers bestimmt wird. Da die Rückstellung nur bei einer bestimmten Wertigkeit der Binausgänge erfolgen soll, kann der Pegel H am Eingang des NAND-Gatters 7/5 nur bei einer bestimmten Konfiguration der Ausgänge erscheinen. Dies lässt sich durch weitere Rückverfolgung der Pegel an den Gattern bestimmen. Wenn am Ausgang des Negators 6/12 H-Pegel anliegt, dann muss am Eingang 6/13 L-Pegel anstehen.

Dies hat wiederum zwangsweise Pegel H an den Eingängen 12 und 13 des NAND-Gatters 7 zur Voraussetzung. An den Eingängen 1 und 9 der Negatoren 6 steht dadurch Pegel L, der wiederum Pegel H an den Eingängen 1, 2, 9 und 10 der NAND-Gatter 7 voraussetzt.

Die Eingänge 3 und 5 der Negatoren 6 haben dann Pegel L. Jetzt ist auch ersichtlich, welche Pegel die Ausgänge des Binarzählers haben und welcher Wertigkeit dies entspricht.

Ausgang A <sub>A</sub>	Pegel L	( $2^0 = 0$ )
Ausgang A <sub>B</sub>	Pegel H	( $2^1 = 2$ )
Ausgang A <sub>C</sub>	Pegel L	( $2^2 = 0$ )
Ausgang A <sub>D</sub>	Pegel H	( $2^3 = 8$ )

Somit steht fest, dass der Binarzähler nach dem zehnten Taktimpuls zurückgestellt wird.

Durch diese Kennzeichnung des Funktionsablaufes hat man zwei wesentliche Vorarbeiten, geleistet. Man weiß jetzt definitiv, wann sich der Zähler zurückstellt, und hat damit gleichzeitig den Funktionsablauf für alle Logikschaltungen gekennzeichnet. Verbleibt nur noch die Feststellung, mit welchem Pegel an Eingang R<sub>0</sub>(1) der Binarzähler zurückgestellt wird.

Wenn am Eingang S3 des Monoflop ein L→H-Sprung erfolgt, springt der Ausgang  $\bar{Q}$  von Pegel H nach Pegel L. Dieser Pegel steht dann am Eingang des NAND-Gatters 4/13. Das Gatter muss dann am zweiten Eingang 12 ebenfalls Pegel L anstehen haben, damit am Ausgang 4/11 ein H-Pegel entsteht. Dieser Pegel ist erforderlich, um den Binarzähler an R<sub>0</sub>(1) zurückzustellen.

Fassen wir die Funktion der Rückstellung des Binarzählers noch einmal zusammen:

Der zehnte Taktimpuls am Eingang des Binarzählers setzt die Rückstelllogik bis zum Eingang 5 des NAND-Gatters 7. Mit dem elften Taktimpuls (Pegel H an Eingang 4 des Gatters 7) wird das Monoflop am Ausgang  $\bar{Q}$  auf Pegel L gesetzt. Dieser Pegel bewirkt zusammen mit einem weiteren L-Pegel am Eingang 15 die Rücksetzung des Binarzählers.

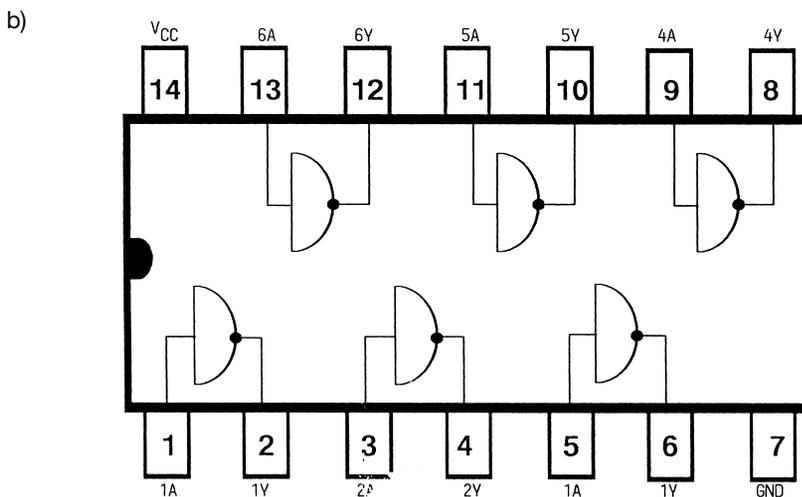
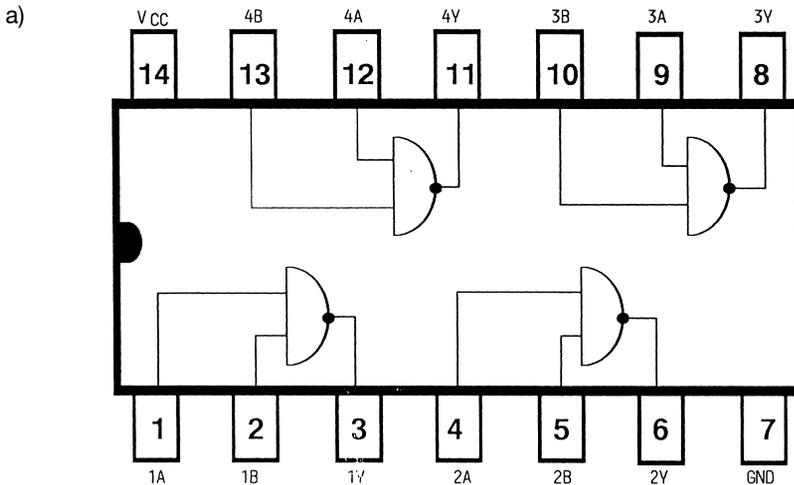


Abb. 7.5: Logik-ICs zur Abb. 7.4

a) NAND-Gatter

b) Negatoren (NICHT-Funktion)

### 7.3 Übungen zur Vertiefung

1. Der Signalweg für den Sinusoszillator in den drei Transistorstufen T1 bis T3 der Abb. 3.1 ist zu definieren!
2. Für die Impulsformerschaltung in Abb. 3.2 ist der Signalweg zu definieren!
3. Der Signalweg für den Verstärker in Abb. 4.3 ist anzugeben!
4. Der Signalweg für den Rechteckgenerator in Abb. 5.6 ist zu finden?
5. Der Signalweg des Gleichspannungsverstärkers in Abb. 5.7 mit symmetrischen Eingang und unsymmetrischen Ausgang ist festzulegen!
6. Der Signalweg für den Antennenverstärker in Abb. 5.8 ist zu definieren!
7. Der Signalweg der Stereo-Endstufe in Abb. 6.3 ist für den oberen Kanal festzulegen!
8. Für die Stabilisierungsschaltung in Abb. 6.4 ist der Signalweg für das Regelsignal festzulegen!
9. Die in der Zählerschaltung in Abb. 7.4 einzeln dargestellten Logikschaltungen sind mit Verbindungsleitungen den Ein- und Ausgängen der in Abb. 7.5 dargestellten ICs zuzuordnen!

Lösungen im Anhang

## 8 Schaltungen in Übersichtsplänen dargestellt

Für den Einstieg und die schnelle Orientierung in elektronischen Schaltungsunterlagen ist ein Übersichtsplan oder Blockschemata eine nutzbare Arbeitshilfe.

### 8.1 Schaltungsbeispiele

Die wesentlichsten Inhalte und Merkmale von Übersichtsplänen sollen anhand einiger Beispiele der bisher besprochenen Schaltungen erläutert und geübt werden.

Bereits die Schaltung nach Abb. 3.1 lässt sich mit ihren Funktionsgruppen als Blockschema darstellen (vgl. Abb. 8.1).

Im Wesentlichen handelt es sich hier um drei Funktionsgruppen, die einzeln herausgestellt werden:

- der Wienbrückengenerator,
- der Sinus-Rechteck-Umformer,
- der Ausgangsteiler mit Netzwerk.

Anhand dieses Übersichtsplanes ist, es sofort möglich, das Funktionsprinzip und die Signalwege in ihrem wesentlichsten Umfang zu überblicken.

Außer den Symbolen für die Funktionseinheiten sind noch die Zuordnungen der von außen bedienbaren Funktionen dargestellt.

Dies sind bei dem Sinusgenerator die Bedienelemente für stufige und stetige Frequenzeinstellung und bei dem Ausgangsabschwächer die Bedienelemente für stetige und stufige Amplitudenabschwächung.

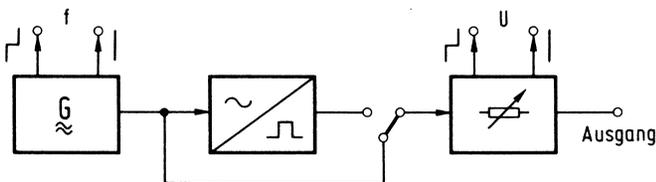


Abb. 8.1: Übersichtsplan der Schaltung nach Abb. 3.1

Außerdem ist bei diesem Übersichtsplan auch noch die Funktion der Signalwege dargestellt.

Somit sind alle wesentlichen Funktionen erfasst und in ihrer Wirkungsweise den entsprechenden Schaltungsgruppen zugeordnet.

In der Darstellung von Übersichtsplänen und Blockschematas ist man an keine Normvorgaben gebunden.

Wichtigster Grundgedanke muss sein, das Wesentlichste so deutlich wie möglich darzustellen, d.h., die einprägsame Übersicht darf nicht durch zu viele Details erschwert bzw. verloren gehen. Der Sinn dieser Darstellungsform wäre dadurch in Frage gestellt.

Als weiteres Beispiel soll der Stromlaufplan in Abb. 3.2 als Blockschema dargestellt werden (vgl. Abb. 8.2). Von der linken Seite aus gesehen, das erste Kästchen, stellt den selektiven Verstärker dar. An zweiter Stelle folgt die Impulsformerschaltung. Daran folgt der Funktion entsprechend der Schmitt-Trigger. Am Ausgang dieser Schaltung befindet sich dann noch die Leistungsstufe zur Versorgung der Lampe.

Auch Differenzverstärker können in einer übersichtlichen Form in ihrem Funktionsprinzip dargestellt werden. Man sieht dann vor allem sofort, ob die Ansteuerung symmetrisch ist und ob sie im Verlauf der Verstärkung symmetrisch bleibt. In Abb. 8.3 ist als Beispiel der Differenzverstärker aus Abb. 4.4 dargestellt. Außer Eingang und Ausgang wurde der Synchroneingang mit seiner Wirkung auf die zweite Stufe dargestellt.

Übersichtspläne für Impuls- und Digitalschaltungen sind ebenfalls bestens dazu geeignet, das Funktionsprinzip und die Kopplung der Stufen und Funktionseinheiten untereinander eindeutig hervorzuheben.

Die Umsetzung der Abb. 4.6 in einen Übersichtsplan nach Abb. 8.4 zeigt besonders deutlich die Vorteile dieser Funktionsdarstellung auf.

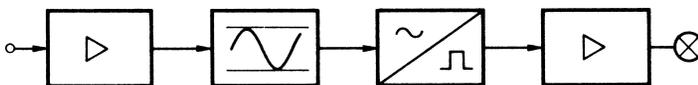


Abb. 8.2: Übersichtsplan der Schaltung nach Abb. 3.2

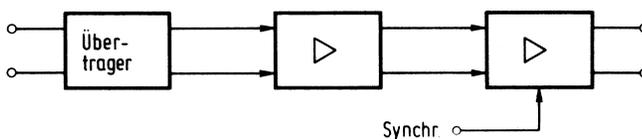


Abb. 8.3: Übersichtsplan der Schaltung nach Abb. 4.4

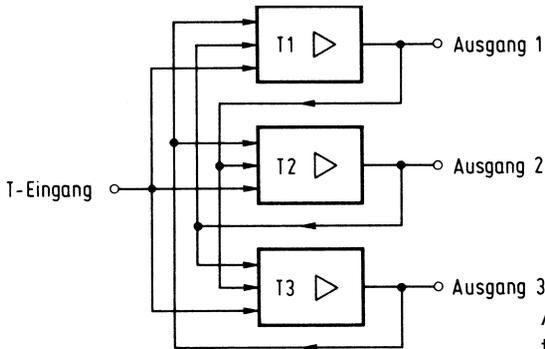


Abb. 8.4: Übersichtsplan der Schaltung nach Abb. 4.6

Stehen als Schaltungsunterlagen nur der Stromlaufplan zur Verfügung, d.h., es ist auch keine Funktionsbeschreibung vorhanden, dann ist man sozusagen gezwungen, die Kopplungsarten der einzelnen Stufen untereinander zu ergründen. Dies kann, aufgrund von Unsicherheiten im Schaltungslesen oder mangelnder Konzentration, zu langwierigen und sogar falschen Schaltungsanalysen führen.

Mit der Darstellung Abb. 8.4 wird die Verkopplung der einzelnen Stufen klar definiert. Der Ausgang jeder Stufe ist mit je einem Eingang der anderen zwei Stufen verbunden.

Die Takteingänge sind in Abb. 8.4 in direkter Verbindung zueinander dargestellt. Diese Art der Darstellung ist in Übersichtsplänen üblich. Bauelemente, wie in diesem Beispiel die Entkopplungsdioden G2, müssen hierbei nicht berücksichtigt werden, da sie am Funktionsprinzip nichts ändern.

Die HF-Schaltung aus Abb. 5.8 lässt sich entsprechend Abb. 8.5 darstellen.

Bei dieser Schaltung kommt es unter anderem, auch darauf an, die Frequenzabstimmung des Eingangskreises und des Oszillators mit hervorzuheben, bzw. diese Funktion deutlich zu machen.

Bei der Darstellung von elektronisch stabilisierten Netzteilen kommt es darauf an, das Funktionsprinzip des geschlossenen Regelkreises sichtbar zu machen (Abb. 8.6). Bei der Schaltung nach Abb. 6.4 wird außer der Gleichrichter- und Siebschaltung die elektronische Regelung in drei Blöcken dargestellt.

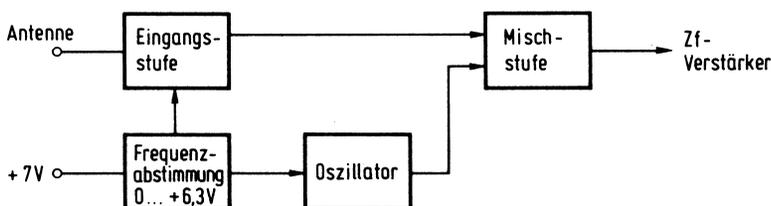


Abb. 8.5: Übersichtsplan der Schaltung nach Abb. 5.8

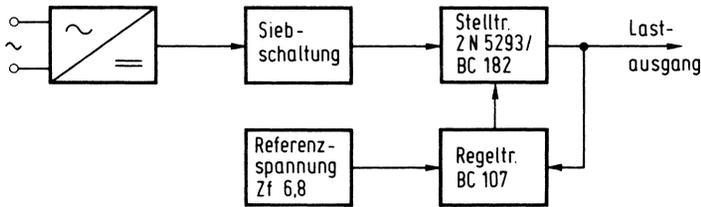


Abb. 8.6: Übersichtsplan der Schaltung nach Abb. 6.4

Es sind dies grundsätzlich die Schaltungen zur Erzeugung der Referenzspannung für den Soll-Ist-Vergleich, die Regelschaltung und der Leistungstransistor als Stellglied.

Ob es sich hierbei um ein- oder mehrstufige Schaltungseinheiten handelt, ist für die Prinzipdarstellung ohne Bedeutung.

Auch die Art des Anschlusses an die Versorgungsspannungen und die Anzahl der Arbeitswiderstände sind bei dieser Darstellung ohne Bedeutung.

Der Funktionsgenerator nach Abb. 6.6 wird zur Erstellung eines Blockschemas in Abb. 8.7, mit allen wesentlichen Funktionsstufen und Gegen- bzw. Mitkopplungen über mehrere Funktionseinheiten dargestellt. Die funktionsbestimmenden Gegen- oder Mitkopplungen innerhalb einer Schaltungseinheit werden nicht berücksichtigt, z.B. die Rückkopplung des Integrators oder des Schmitt-Triggers (HYSTERESIS-SWITCH).

Abschließend soll anhand des Beispiels nach 7.4 gezeigt werden, dass auch bei Schaltungen mit integrierten Bausteinen eine Zusammenfassung der Funktionsprinzipien sinnvoll erscheint, um damit die wichtigsten Wirkungsmerkmale entsprechend herausstellen zu können.

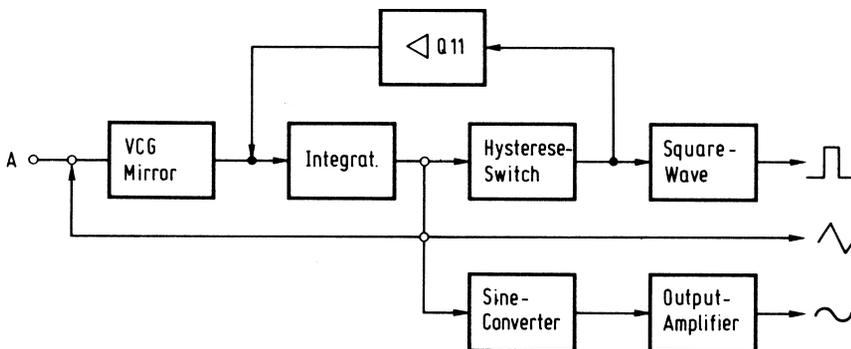


Abb. 8.7: Übersichtsplan der Schaltung nach Abb. 6.6

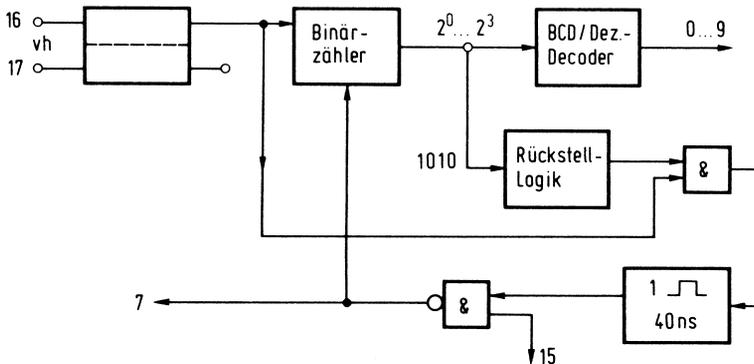


Abb. 8.8: Übersichtsplan der Schaltung nach Abb. 7.4

Die Entprellschaltung für den Eingang „vh“ wird entsprechend ihres Aufbaus als RS-Flipflop dargestellt (Abb. 8.8).

Die vier Ausgänge des Binarzählers 7493 werden mit einer Verbindung dargestellt – wie dies bei Übersichtsplänen üblich ist und durch das Symbol für ein Vielfach gekennzeichnet. Die gleiche Anordnung wird für die Dezimalausgänge des Dual-Dezimal-Decoders gewählt.

Die Rückstelllogik, bestehend aus drei NAND-Gattern und fünf Negatoren, wird ebenfalls zu einem Block zusammengefasst. Die Verknüpfungsschaltung, an der das Rücksetzsignal vom Ausgang des Binarzählers und vom Takteingang anliegen, kann man als UND-Gatter im Übersichtsplan darstellen, da der auf das NAND-Gatter folgende Negator die Negation aufhebt.

Das Monoflop wird mit seinem Symbol dargestellt. Der Ausgang des Monoflop führt an eine NAND-Verknüpfung, die ebenfalls mit ihrem Symbol dargestellt wird. Die Parallelschaltung von zwei NAND-Gattern hat lediglich die Aufgabe, die Leistungseinheiten (Fan out) des Rücksetzausganges zu erhöhen.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass Übersichtspläne oder Blockschematas als Vorinformation für Stromlaufpläne wesentliche Orientierungshinweise über das Zusammenwirken und die Arten der Verkopplungen der einzelnen Schaltungseinheiten in ihrem Funktionsprinzip geben.

Auch Computer- und Mikroprozessorsysteme lassen sich in ihren Funktionseinheiten zusammengefasst in einem Übersichtsplan darstellen.

Der in Abb. 10.7 dargestellte Mikroprozessor ist in einem typischen Blockschema für ein Computersystem in Abb. 8.9 dargestellt.

Die Einzelbausteine 8085, BUS-Treiber und Systemsteuerung sowie Taktgeber aus Abb. 10.7 sind in der Abb. 8.9 in einem Baustein, der als Mikroprozessor (CPU) bezeichnet wird, zusammengefasst.

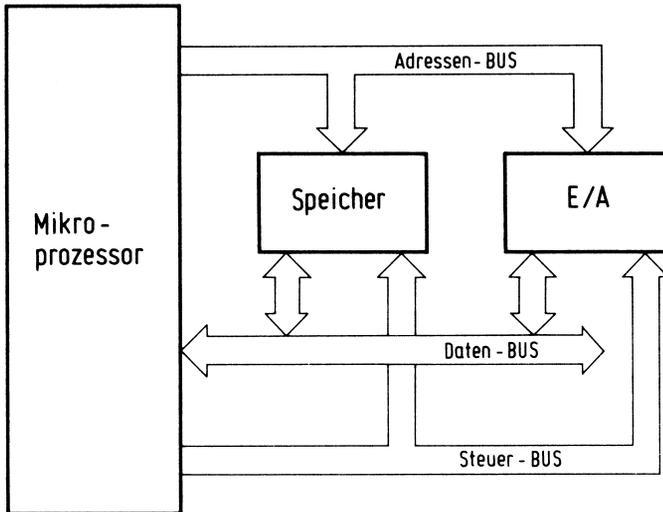


Abb. 8.9: Übersichtsplan der Schaltung nach Abb. 10.7

Dazu kommt die vereinfachte Darstellung der Leitungsvielfache für den Datenbus, der aus 8 Leitungen besteht, auf denen die Daten zwischen Zentraleinheit und Speicher bzw. Ein-Ausgabe-Einheiten in beiden Richtungen (Doppelweg) übertragen werden.

Der Adressbus ist vereinfacht für 16 Leitungen dargestellt, über die die Zentraleinheit einen bestimmten Speicherplatz oder einen Eingang-Ausgang-Baustein kennzeichnet (Einweg in Pfeilrichtung). Der Steuerbus ist für Leitungen dargestellt, die über den Zustand der Zentraleinheit Aufschluss geben (Einweg in Pfeilrichtung).

Vereinfacht wurde das Blockschema in Abb. 8.9 durch zwei periphere Bausteine, die in Abb. 10.7 nicht enthalten sind. Dies ist zum einen eine Speichereinheit, die für die Festspeicher (EPROM) und die Schreib-Lese-Speicher (RAM) für die Programm- und Datenspeicherung dargestellt ist.

Des weiteren ein Funktionsblock für die Ein-Ausgabe-Bausteine. Dieser enthält Schaltungen, die es der Zentraleinheit ermöglichen, mit peripheren Funktionseinheiten oder Geräten zu verkehren, z.B. Tastaturen, Floppy-Disks, Lochstreifen, Bildschirmgeräten usw. Durch die BUS-Leitungen werden diese Systeme miteinander verbunden.

Der in Abb. 10.7 dargestellte Stromlaufplan ist eine Mischung zwischen Schaltung und Blockschema.

Einen Übersichtsplan für die Schaltungsbeschreibung in Abschnitt 10.6, Abb. 10.19 zeigt die Abb. 8.10.



Dieses Blockschema des AD-Umsetzers ICL 7109 ist der amerikanischen Herstellerpublikation entnommen.

Von oben nach unten betrachtet sind Adress-, Steuer- und Datenbus dargestellt. Das Übersichtsbild zeigt recht einprägsam, dass der AD-Umsetzer keine Softwareverbindung an den Mikrocomputer 8085 hat, sondern lediglich über Hardwareverbindungen des E/A-Bausteins 8255 an das Bussystem gekoppelt ist.

Viel eindeutiger als aus der Detailabbildung 10.19 ist die Kanalbelegung zu ersehen.

Die Anschlüsse B1 bis B8 sind mit den Eingangskanal PBO bis PB7 des IC 8255 verbunden. Die restlichen 4 Übertragungsanschlüsse B9 bis B12. mit den Eingangskanalleitungen PA0 bis PA3. Die Anschlüsse POL und OR liegen an P4 und P5.

Wozu werden diese Unterlagen im Einzelnen benötigt und wie werden sie eingesetzt?

Der Umfang der Unterlagen ist im Wesentlichen von der Größe des Gerätes und dem Aufbau abhängig. Für kleinere, technisch standardisierte Geräte werden nicht in dem Umfang Unterlagen benötigt, wie z.B. für kommerzielle Produkte mit neuen Technologien und Funktionsabläufen.

Geräteabbildungen, Bedienungsanleitungen und technische Daten liegen allen Geräten bei, unabhängig davon, ob sie groß oder klein, einfach oder kompliziert im Aufbau sind. Nach VDE sind diese Unterlagen Bestandteil eines Gerätes. Mit Hilfe der Geräteabbildung und der Bedienungsanleitung kann sich der Anwender über die sachgerechte Bedienung informieren und aus den technischen Daten die Leistungsmerkmale und die Leistungsfähigkeit ersehen.

Der Übersichtsplan und die Systembeschreibung dienen zur Information über das Funktionsprinzip und den Betriebsablauf.

Diese Unterlagen sind nicht allen Geräten beigelegt. In der Regel nur bei kommerziellen Geräten der Industrielektronik (Mess- und Steuergeräte) in Form eines Wartungshandbuches (engl.: Manual).

Serienmäßigen Standardgeräten, wie z.B. Rundfunk- und Fernsehgeräte, Tonbandgeräte und NF-Verstärker, liegen in der Regel diese Unterlagen nicht bei.

Unerlässliche Bestandteile der Unterlagen sind die Stromlaufpläne und wenn erforderlich die Explosionszeichnungen für mechanische Funktionseinheiten.

Hier gilt wieder, dass bei standardisierten Geräten die Stromlaufpläne und Explosionszeichnungen ohne Schaltungs- und Funktionsbeschreibung beigelegt sind und nur bei Geräten der kommerziellen Elektronik dazu auch entsprechende Beschreibungen in Form der Wartungs-Handbücher und -Mappen mitgeliefert werden.

Dies ist nicht immer der Fall, aber dem schaltungskundigen Fachmann genügen meistens die Stromlaufpläne, um daraus die Schaltungsfunktionen zu erkennen, vor allem dann, wenn er die ersten Abschnitte dieses Buches aufmerksam gelesen hat. Referenz-

und Belegungspläne sowie die Darstellung des mechanischen Aufbaus sind Unterlagen, die für das Auffinden bestimmter mechanischer und elektrischer Baugruppen und Bauelemente unerlässlich sind. Daher sind sie ebenfalls ein fester Bestandteil der Wartungsunterlagen.

Aus der Darstellung des mechanischen Aufbaus geht die Anordnung der Baugruppen (z.B. Netztransformator, Schalter, Platinen, Abschirmungen) hervor.

## 8.2 Übungen zur Vertiefung

1. Entsprechend den Übersichtsplan nach Abb. 8.1 sind für die 3 Funktionsblöcke die Ein- und Ausgänge an dem Schaltbild Abb. 3.1 anhand der Bauelemente zu definieren.
2. Entsprechend den Übersichtsplan nach Abb. 8.2 sind für die 4 Funktionsblöcke die Ein- und Ausgänge an dem Schaltbild 3.2 näher zu definieren.
3. Für den Übersichtsplan nach Abb. 8.4 sind für die 3 Zählstufen die Ein- und Ausgänge sowie die Verkopplungen an dem Schaltbild Abb. 4.6 zu definieren.
4. Für den Übersichtsplan nach Abb. 8.5 sind die Ein- und Ausgänge und die Rückkopplung an dem Schaltbild Abb. 5.8 näher zu definieren.
5. Entsprechend dem Übersichtsplan nach Abb. 8.7 sind für die Funktionsblöcke die Ein- und Ausgänge an dem Schaltbild Abb. 6.6 anhand der Bauelemente zu definieren.
6. Entsprechend dem Übersichtsplan nach Abb. 8.8 sind für die Funktionsblöcke die Ein- und Ausgänge anhand der Pinnummer in der Schaltung Abb. 7.4 zu definieren.
7. Die Schaltung der Stereo-Endstufe in Abb. 6.3 ist in einem Übersichtsplan mit 4 Funktionsblöcken entsprechend Abschnitt 8.1 darzustellen.
8. Die Schaltung des NF-Verstärkers in Abb. 7.2 ist in einem Übersichtsplan mit 2 Funktionsblöcken entsprechend Abschnitt 8.1 darzustellen.
9. Für die Grundsaltungen in Tabelle 2.1 sind die entsprechenden Schaltzeichen nach DIN aus Anhang 14 (soweit vorhanden) auszusuchen, bzw. Symbole aus Abschnitt 8.1 anzuwenden.
10. Die Schaltung des Rechteckgenerators in Abb. 7.3 ist in einem Übersichtsplan entsprechend Abschnitt 8.1 darzustellen.

Lösungen im Anhang

Versuchen Sie für alle in diesem Buch vorkommenden und noch nicht umgesetzten Schaltungen die Übersichtspläne zu entwickeln und darzustellen.

## 9 Schaltungsunterlagen in der Praxis anwenden

### 9.1 Gerätedokumentationen

Zu den elektronischen Geräten und Anlagen gehören im Wesentlichen die in Abb. 9.1 dargestellten Unterlagen, die es ermöglichen, die Bedienung, die Leistungsfähigkeit, die Schaltungsfunktionen, den mechanischen Aufbau und die verwendeten Bauelemente zu identifizieren bzw. beurteilen zu können. Im Idealfall gehören dazu folgende Zeichnungs- und Textunterlagen:

- Geräteabbildungen und dazu gehörend Bedienungsanleitungen sowie technische Daten;
- Übersichtspläne und Systembeschreibungen sowie Kennwerte;
- Stromlaufpläne und falls erforderlich die Explosionszeichnungen von mechanischen Vorrichtungen (z.B. Antriebe, Schreibwerke, Tastatur) und die dazu gehö-

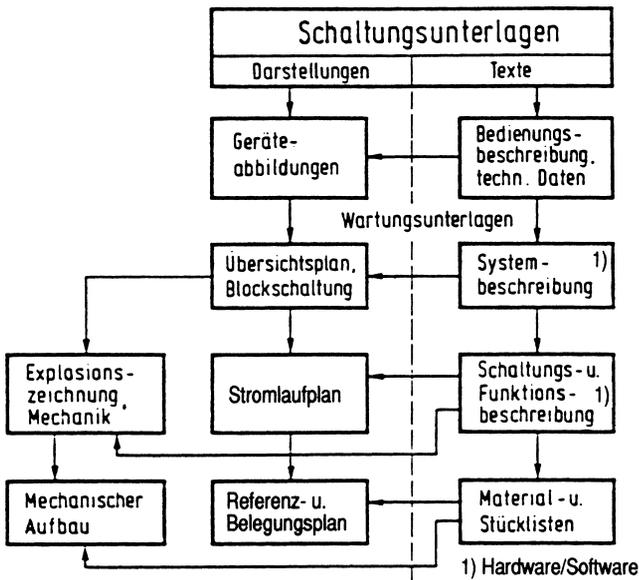


Abb. 9.1: Übersichtsschema über Schaltungsunterlagen

renden Schaltungs- und Funktionsbeschreibungen sowie Abgleich- und Testanweisungen;

- d) Referenz- und Belegungspläne sowie der mechanische Aufbau und dazu die Material- und Stücklisten.

Die Referenzpläne zeigen die Anordnung der Bauelemente auf den bestückten Platinen, entsprechend der Bezeichnung in den Stromlaufplänen.

Der Belegungsplan ist vor allem bei Geräten und Anlagen mit mehreren Baugruppen erforderlich, die durch Verbindungsleitungen, geführt in Kabelbäumen, miteinander verbunden sind. Aus dem Belegungsplan sind die Verbindungsanschlüsse der Baugruppen untereinander ersichtlich. Material- und Stücklisten sind für die Ersatzteilbeschaffung wichtig. Aus diesen Listen sind außer den herstellerspezifischen Lager- und Bestellnummern auch die Kennwerte ersichtlich. Dies können sein, Bauelementewerte, Toleranzen, Leistungsangaben, Hersteller, Typ und sonstige Kennwerte. Wie diese Pläne sich in der Praxis darstellen und wie man mit Hilfe dieser Pläne arbeitet, soll folgendes Beispiel zeigen.

## 9.2 Beispiel aus der Praxis

Die Abb. 9.2 zeigt das vollständige Blockschema eines Druckvorverstärkers.

Aus dessen Funktionsübersicht ist zu ersehen, dass dieser Verstärker nach dem Trägerfrequenz-Messverfahren arbeitet. Die hierfür erforderliche Trägerfrequenz von 5 kHz wird extern zugeführt.

Diese Trägerfrequenz wird zunächst in einem Speisespannungsverstärker verstärkt und über einen Übertrager mit mehreren Abgriffen zur Versorgung des Druckaufnehmers, der Brückenkompensation und des Schaltspannungsverstärkers abgenommen. Im Schaltspannungsverstärker wird das 5-kHz-Signal nochmals verstärkt, sodass eine ausreichende Steuerspannung für den Regelverstärker und die Impulsformerstufe zur Verfügung steht. Der Druckaufnehmer moduliert die ihm zugeführte Speisespannung proportional dem aufgenommenen Druck. Dieses amplitudenmodulierte Signal wird dann dem mehrstufigen Signalverstärker zugeführt.

Die vom Signalverstärker verstärkte amplitudenmodulierte 5-kHz-Trägerfrequenz wird in dem von der Impulsformerstufe gesteuerten Demodulatorphasenselektor demoduliert. Unerwünschte Reste der Trägerfrequenz und deren Oberwellen werden in einem darauf folgenden Filter unterdrückt. Es folgt ein weiteres Filter mit vier einstellbaren Grenzfrequenzen. Danach folgen zwei Impedanzwandler.

Eine wesentliche Einrichtung ist der automatische Nullabgleich des Druckaufnehmers.

Durch Betätigen der Taste AUTOMATIKBEREICH wird im Regelverstärker aus der Verstimmung des Druckaufnehmers eine Steuerspannung für zwei Stellmotoren er-

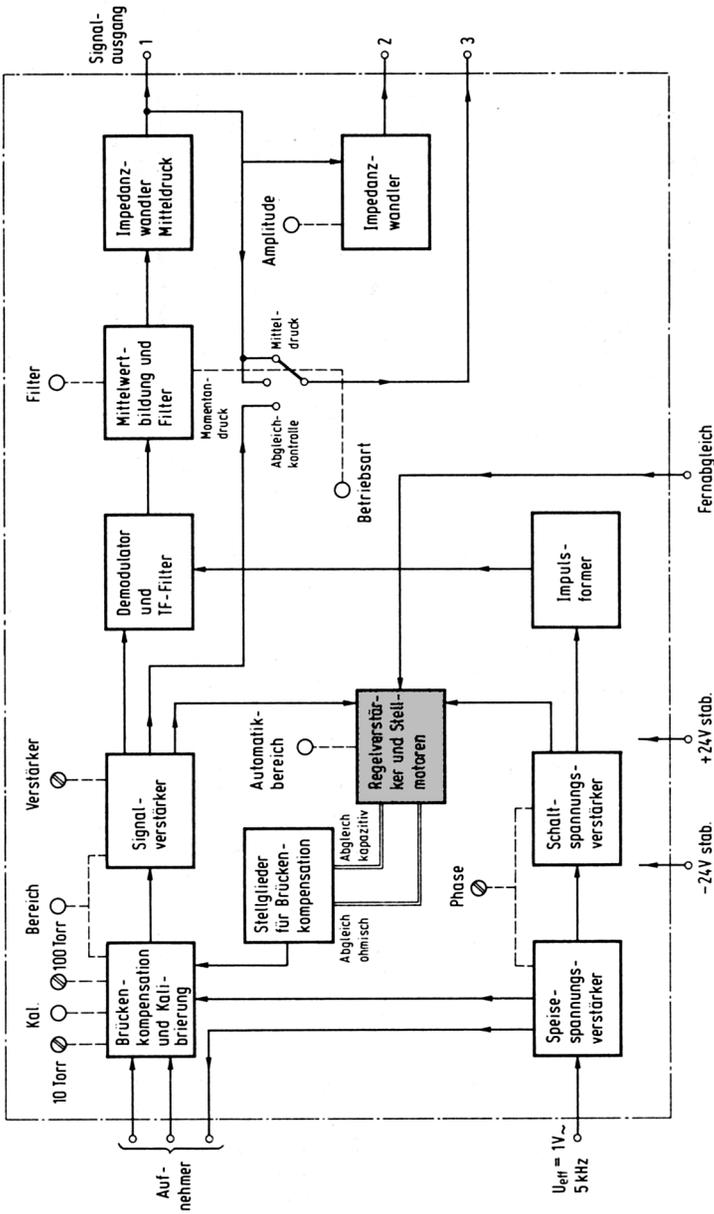


Abb. 9.2: Blockschema eines Druckverstärkers

zeugt, die mit den auf den Eingang wirkenden Potentiometern für den ohmschen und kapazitiven Abgleich gekoppelt sind. Die Stromversorgung erfolgt ebenfalls extern.

Angenommen, man müsste bei diesem Druckverstärker den Nullabgleich im Regelverstärker neu abgleichen. Dazu benötigt man den Stromlaufplan des Regelverstärkers mit den dazu angeschlossenen Motoren, entsprechend Abb. 9.3. Anhand dieses Stromlaufplanes ist es erst möglich, die für diesen Abgleich erforderlichen Bauelemente (Trimpotis) aufgrund ihrer Funktion zu bestimmen.

Als nächster Schritt muss jetzt die Lage dieser Bauelemente auf der Leiterplatte „Regelverstärker“ festgelegt werden.

Dazu dient der Referenzplan dieser Leiterplatte entsprechend Abb. 9.4, in dem die Bauelemente in ihrer Lage zu sehen sind.

Die Bauelemente sind im Stromlaufplan mit Referenznummern versehen, z.B. R145 oder C63. Diese Bezeichnungen findet man auf den Referenzplänen wieder, sodass das entsprechende Bauelement in der auf diesen Plänen angegebenen Lage auf der Leiterplatte wiedergefunden werden kann. Da im Referenzplan auch die Leiterbahnen zu ersehen sind, ist die Bestimmung von Verbindungspunkten ebenfalls möglich (z.B. für Messpunkte). Dieser Referenzplan zeigt die Bauelemente in ihrer Bauform. Es gibt auch Referenzpläne – und dies in der Mehrzahl –, in der die Symbole der Bauelemente eingezeichnet sind.

Wiederum andere Hersteller legen sich da überhaupt nicht fest und wenden beide Varianten an.

Zur Messung von Eingangs- und Ausgangswerten des Regelverstärkers benötigt man die Kontaktbelegung der steckbaren Leiterplatte.

Dazu ist der Belegungsplan erforderlich, sofern man die mühsame und zeitraubende Sucherei von Leiterbahn zu Leiterbahn auf der Leiterplatte vermeiden will.

Auf dem Belegungsplan sind in der Regel die Anschlussverbindungen aller Baugruppen eingezeichnet. Dazu gehören z.B. Potentiometer (Frontplatte), Schalter, Steckerleisten der Leiterplatten und des Einschubes, Lötstützpunkte und in diesem Fall die Motorenanschlüsse.

Damit man auf dem Belegungsplan aus der Vielzahl der Baugruppen die richtige sofort selektieren kann, sind entsprechende Kennzeichnungen vorhanden.

Auf dem Stromlaufplan in Abb. 9.3 befindet sich auf der oberen Abgrenzungslinie ein T in einem Kreis. Unter diesem Symbol findet man im Belegungsplan (vgl. Abb. 9.5) die zu dieser Leiterplatte gehörende Steckerleiste mit den entsprechenden Verbindungsanschlüssen.

Den Verstärkereingang z.B. als Messpunkt findet man dann wie folgt: Auf dem Stromlaufplan in Abb. 9.3 verfolgt man den Verstärkereingang bis zur Abgrenzungslinie des



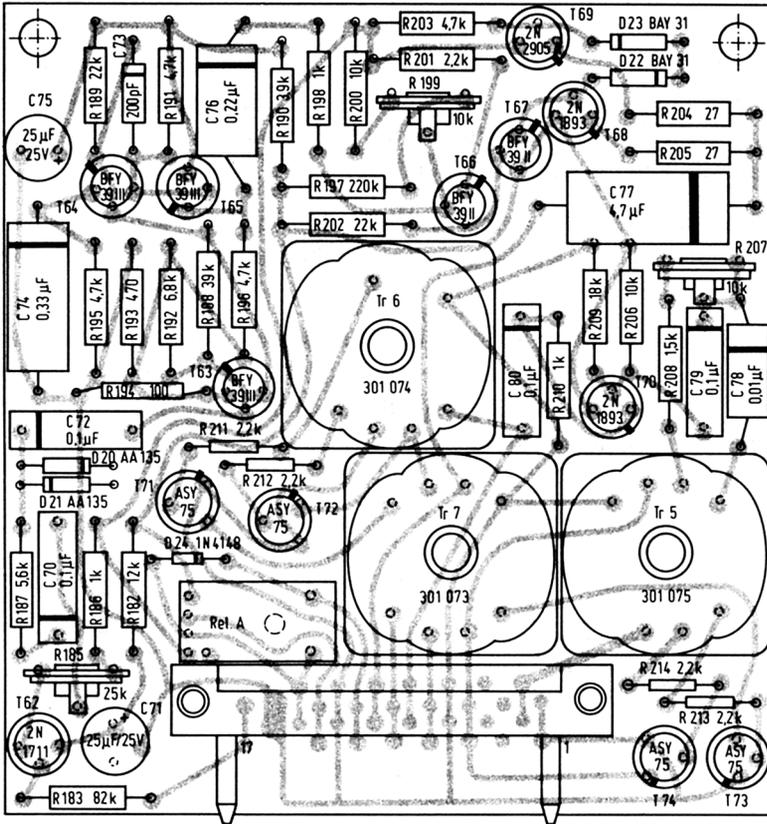


Abb. 9.4: Referenzplan der Leiterplatte des Regelverstärkers aus Abb. 9.3

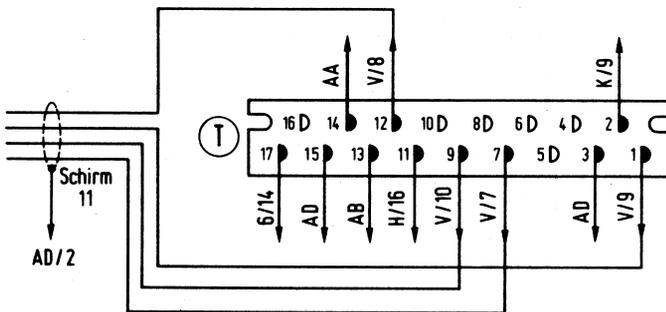


Abb. 9.5: Belegungsplan des Verbindungssteckers der Schaltung nach Abb. 9.3

Regelverstärkers. Die daran aufgeführte Zahl ist die Kontakt Nummerierung, die man dann aufgrund der Anordnung im Belegungsplan auf der Steckerleiste leicht auffindet.

Notwendige Ersatzteile kann man aufgrund der nachfolgend wiedergegebenen Teileliste auffinden und beschaffen.

Tabelle 9.1: Beispiel einer Teileliste zur Schaltung in Abb. 9.3

<b>Ref. Bez.</b>	<b>Benennung und Kennwerte</b>				<b>firmenspezifische Bestellnr.</b>
C60	Kondensator	0,1 $\mu$ F	$\pm 10\%$	250 V	903 198
C61	Kondensator (Elyt)	25 $\mu$ F	-10...+100%	25 V	903 193
C62	Kondensator	0,1 $\mu$ F	$\pm 10\%$	250 V	903 198
C63	Kondensator	200 pF	$\pm 1\%$	500 V	903 185
C64	Kondensator	0,33 $\mu$ F	$\pm 10\%$	160 V	903 201
C65	Kondensator	0,22 $\mu$ F	$\pm 10\%$	125 V	903 197
C66	Kondensator (Elyt)	25 $\mu$ F	-10...+100%	25 V	903 193
C67	Kondensator	4,7 $\mu$ F	$\pm 20\%$	63 V	903 218
C68	Kondensator	0,01 $\mu$ F	$\pm 1\%$	100 V	903 176
C69	Kondensator	0,1 $\mu$ F	$\pm 10\%$	250 V	903 198
D9	Diode	1N4148			904 610
D10	Diode	2AA135			904 549
D11	Diode	2AA135			904 549
D12	Diode	BAY31			904 536
D13	Diode	BAY31			904 536
M1	Stellmotor				918 061
M2	Stellmotor				918 061
R8	Potentiometer	20 k (m. Antrieb)			301 405
R21	Potentiometer	20 k (m. Antrieb)			301 405
R145	Widerstand	82 k $\Omega$	$\pm 10\%$	0,25 W	921 279
R164	Widerstand	12 k $\Omega$	$\pm 10\%$	0,5 W	921 222
R147	Trimpoti	25 k $\Omega$	linear	0,15 W	909 159
R148	Widerstand	1 k $\Omega$	$\pm 5\%$	0,25 W	921 135
R149	Widerstand	5,6 k $\Omega$	$\pm 10\%$	0,5 W	921 008
R150	Widerstand	39 k $\Omega$	$\pm 2\%$	0,25 W	921 242
R151	Widerstand	6,8 k $\Omega$	$\pm 2\%$	0,25 W	921 410
R152	Widerstand	22 k $\Omega$	$\pm 1\%$	0,2 W	921 379

<b>Ref. Bez.</b>	<b>Benennung und Kennwerte</b>				<b>firmenspezifische Bestellnr.</b>
R153	Widerstand	470 $\Omega$	$\pm 2\%$	0,25 W	921 119
R154	Widerstand	3,9 k $\Omega$	$\pm 5\%$	0,5 W	921 210
R155	Widerstand	4,7 k $\Omega$	$\pm 5\%$	0,25 W	921 300
R156	Widerstand (NTC)	100 $\Omega$	$\pm 5\%$	0,25 W	910 016
R157	Widerstand	4,7 $\Omega$	$\pm 5\%$	0,25 W	921 300
R158	Widerstand	4,7 $\Omega$	$\pm 5\%$	0,25 W	921 300
R159	Widerstand	220 k $\Omega$	$\pm 1\%$	0,2 W	921 325
R160	Widerstand	1 k $\Omega$	$\pm 5\%$	0,25 W	921 135
R161	Trimpoti	10 k $\Omega$	linear	0,15 W	921 143
R162	Widerstand	10 k $\Omega$	$\pm 2\%$	0,25 W	921 133
R163	Widerstand	22 k $\Omega$	$\pm 1\%$	0,2 W	921 379
R164	Widerstand	2,2 k $\Omega$	$\pm 2\%$	0,25 W	921 101
R165	Widerstand	4,7 k $\Omega$	$\pm 5\%$	0,25 W	921 300
R166	Widerstand	27 $\Omega$	$\pm 10\%$	0,5 W	921 289
R167	Widerstand	27 $\Omega$	$\pm 10\%$	0,5 W	921 289
R168	Trimpoti	10 k $\Omega$	linear	0,15 W	909 143
R169	Widerstand	1,5 $\Omega$	$\pm 10\%$	0,25 W	921 049
R170	Widerstand	10 k $\Omega$	$\pm 2\%$	0,25 W	921 133
R171	Widerstand	18 k $\Omega$	$\pm 5\%$	0,25 W	921 240
R172	Widerstand	1 k $\Omega$	$\pm 5\%$	0,25 W	921 135
R173	Widerstand	2,2 k $\Omega$	$\pm 2\%$	0,25 W	921 101
R174	Widerstand	2,2 k $\Omega$	$\pm 2\%$	0,25 W	921 101
R175	Widerstand	2,2 k $\Omega$	$\pm 2\%$	0,25 W	921 101
R176	Widerstand	2,2 k $\Omega$	$\pm 2\%$	0,25 W	921 101
Rel.A	Reedrelais	24 V			914 170
T29	Transistor	2 N 1711			904 538
T30...T32	Transistor	BFY 39 III			904 551
T33	Transistor	BFY 39 II			904 564
T34	Transistor	BFY 39 II			904 564
T35	Transistor	2 N 1893			904 548
T36	Transistor	2 N 2905			904 629
T37	Transistor	2 N 1711			904 538
T39...T41	Transistor	ASY 75			904 684
Tr6	Übertrager				301 075
Tr7	Übertrager				301 074
Tr8	Übertrager				301 073
T	Leiterplatte	Regelverstärker bestückt			301 401
T	Leiterplatte	Regelverstärker unbestückt			417 083

In der Spalte Ref.-Bez. der Teileliste sind als erstes die im Stromlaufplan und dem Referenzplan enthaltenen Referenznummern der Bauteile enthalten. Dann folgt die Bauteilbezeichnung sowie der Wert des Bauteils, bzw. die Typenbezeichnung. Dann folgen weitere elektrische Kennwerte, die über die weiteren Spezifikationen etwas aussagen. Dies ist vor allem dann von Bedeutung, wenn man die Bauteile nicht bei der Herstellerfirma unter der Bestellnummer disponieren will, sondern aus eigenen Beständen oder bei anderen Lieferanten beschafft. Dies ist allerdings nur bei Kondensatoren, Widerständen und Halbleiterbauelementen möglich. Bauelemente, wie z.B. Übertrager und Leiterplatten, müssen direkt von der Herstellerfirma des betreffenden Gerätes unter der Bestellnummer bestellt werden.

### 9.3 Übungen zur Vertiefung

Dem Hersteller des Regelverstärkers sind leider im Stromlaufplan (Abb. 9.3) und im Referenzplan der bestückten Leiterplatte (Abb. 9.4) einige Fehler in den Referenzbezeichnungen unterlaufen. So sind einige Kondensatoren und Widerstände im Stromlaufplan (Abb. 9.3) in der fortlaufenden Nummerierung mit gleichen Nummern versehen worden.

Erschwerend kommt hinzu, dass im Referenzplan für die bestückte Leiterplatte in Abb. 9.4 die Referenznummern mit höherwertigen Zahlen beginnen, z.B.:

Transistoren beginnen mit T29 in Abb. 9.3. In Abb. 9.4 mit T62 (2N1711).

Widerstände beginnen mit R145 in Abb. 9.3. In Abb. 9.4 mit R183 (82 k).

Kondensatoren beginnen mit C60 in Abb. 9.3. In Abb. 9.4 mit C70 (0,1 $\mu$ F).

Dioden beginnen mit D10 in Abb. 9.3. In Abb. 9.4 mit D20 (AA 135).

Diese Fehler bieten eine hervorragende Übungsmöglichkeit, anhand des Schaltbildes (Abb. 9.3) die Referenzbezeichnungen der Bauelemente in Abb. 9.4 zu bestimmen und zu korrigieren und in die Tabelle 9.1 entsprechend einzutragen.

Lösungen im Anhang

# 10 Computertechnik: Hardware, Software

In diesem Abschnitt werden die Merkmale und Strukturen der computerspezifischen Schaltungen (Hardware), Leitungsstrukturen (Bussysteme) und die Programmstrukturen (Software) näher erläutert.

## 10.1 Tri-state-Ausgänge oder Bus-Funktionen

Bevor wir uns mit den Funktionen und Signalwegen eines Mikrocomputers näher befassen, müssen wir die in einer Mikrocomputerschaltung besonderen Leitungsverbindungen kennenlernen. Einer Fachdefinition entsprechend, ist ein Bus eine Datenleitung, an der mehrere digitale Funktionseinheiten mit Eingang und Ausgang gleichzeitig angeschlossen sind.

Von der Digitaltechnik wissen wir, dass an einen Ausgang mehrere Eingänge angeschlossen werden können, aber nicht ein oder mehrere Ausgänge.

Um die Sache verständlich zu machen, beginnen wir am besten mit einer einfachen Leitungsverbindung zwischen zwei digitalen ICs (Abb. 10.1).

Der Ausgang des ersten ICs (Kollektor V2 in Abb. 10.1b) ist mit dem Eingang des zweiten ICs (Emitter V3) verbunden. Die Ausgangsstufe des ersten ICs bestimmt damit den Eingangspegel der zweiten Stufe. Ist die Transistorstufe V1 gesperrt und die Transistorstufe V2 leitend, stellt sich am Ausgang der Pegel L (etwa 0 V) ein: Der Innenwiderstand der Stufe beträgt gegen Bezugspotenzial  $O_s$  nur wenige Ohm, ist also sehr niederohmig. Der Emitterstrom der Eingangsstufe V3 des zweiten ICs fließt über den leitenden Transistor V2 ab und erzeugt nur geringen Spannungsabfall, entsprechend Pegel L.

Ist der Transistor V1 in Abb. 10.1b leitend und V2 gesperrt, ergibt sich am Ausgang des ersten ICs ein Ausgangspegel von etwa 5 V, entsprechend  $U_s$  (Pegel H). Dieser Pegel stellt sich damit auch am Eingang des zweiten ICs ein. Durch den gesperrten Transistor V2 kann der Emitterstrom der Eingangsstufe V3 nicht über diese Stufe abfließen, der Transistor bleibt gesperrt.

Solange an den Ausgang einer Schaltung nur die Eingänge von einem oder mehreren ICs angeschlossen sind, können diese Eingänge gemeinsam gesteuert werden. Es ist

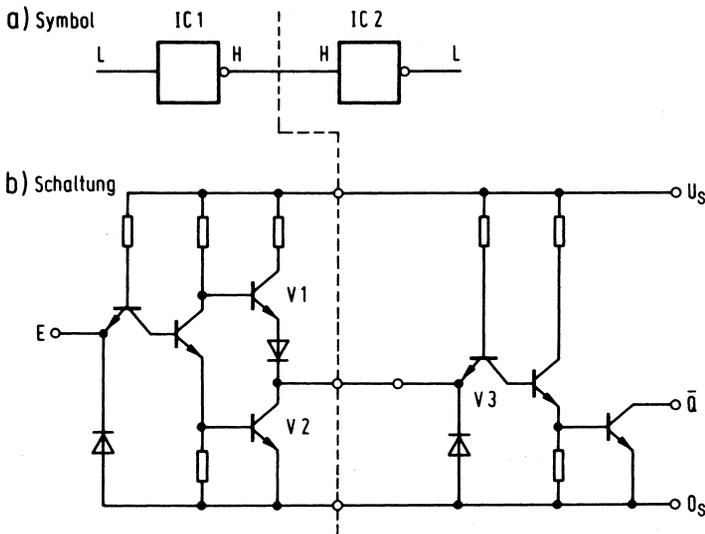


Abb. 10.1: Leitungsverbindung zwischen zwei ICs: a) Symbol; b) Schaltung

aber nicht möglich, nur eines von mehreren angeschlossenen ICs von der gemeinsamen Steuerstufe aus zu bedienen.

Eine schaltungstechnische Lösung, die ein Zusammenschließen der Ein- und Ausgänge ermöglicht, veranschaulicht Abb. 10.2. Außer dem Eingang E und dem Ausgang A weist das Symbol der Schaltung in Abb. 10.2a noch einen weiteren Eingang C auf, der es ermöglicht, die beiden Ausgangstransistoren V1 und V2 im Bild 10.2b gleichzeitig nichtleitend zu schalten. Dadurch wird der Ausgang dieser Stufe hochohmig. Auf die angeschlossene Leitung wirkt sich dies elektrisch so aus, als wenn sich dieser Baustein mit seinem Ausgang abgeschaltet hätte. Bausteine mit dieser Funktion werden als „Tri-state“-Baustein bezeichnet.

Die Funktionstabelle in Abb. 10.2c zeigt, dass sich an der Funktion der Treiberstufe nichts ändert, solange die Steuerleitung C für die Funktion „Hochimpedanz“ (Abk.: HI) nicht aktiv ist. Sobald dieser Eingang gesetzt wird, geht der Ausgang der Treiberstufe auf Hochimpedanz.

Die Tri-State-Funktion kann auch in CMOS-Technik realisiert werden (Abb. 10.3). Die MOS-Transistoren V2 (N-Kanal) und V3 (P-Kanal) bilden die Inverterausgangsstufe, die vom Eingang E gesteuert werden. Hinzu kommen die Schalttransistoren V1 (N-Kanal) und V4 (P-Kanal), die vom Eingang C (Control) schaltbar sind.

Liegt der C-Eingang auf H-Pegel, dann sind V1 und V4 durchgeschaltet. Dies entspricht der Funktionsfreigabe für den Dateneingang E. Mit C auf L-Pegel sperren die Transistoren V1 und V4, der Ausgang A wird abgeschaltet. Bei dieser S ergibt sich die Tri-State-Funktion bei L-aktivem Steuereingang C (vgl. Abb. 10.2c).

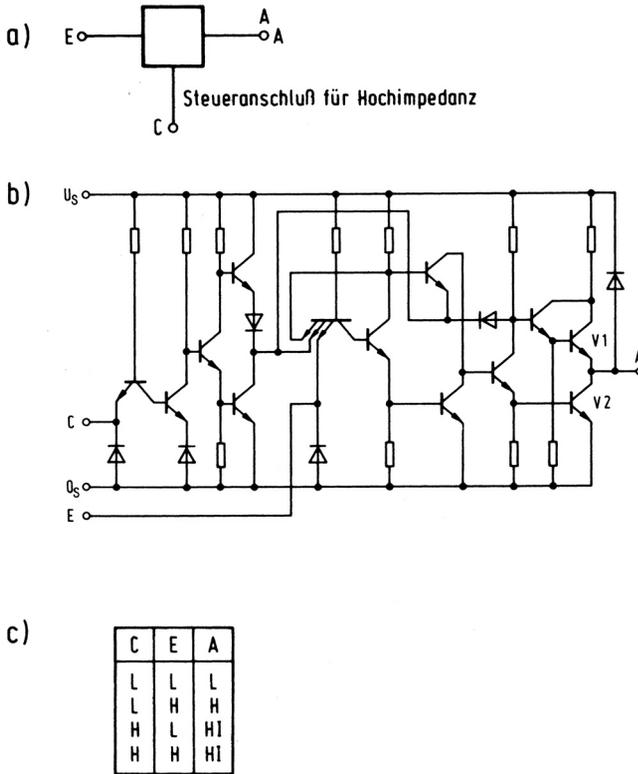


Abb. 10.2: IC mit Tri-state-Funktion: a) Symbol; b) Schaltung; c) Funktion

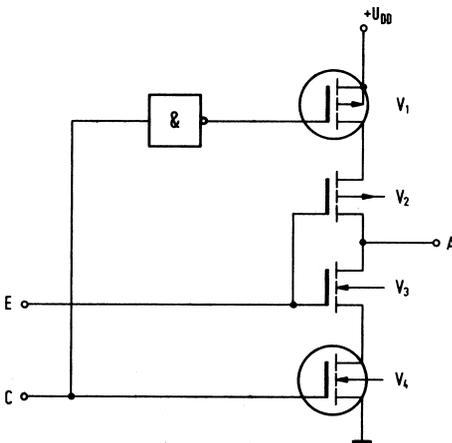


Abb. 10.3: CMOS-Ausgangsstufe mit „Tri-state“-Funktion

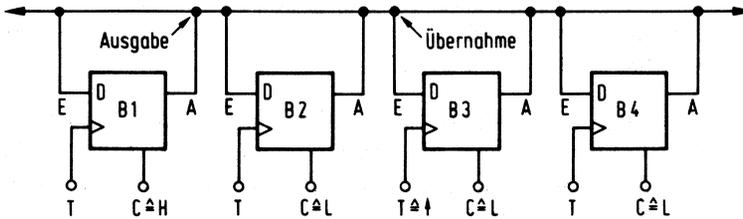


Abb. 10.4: IC mit Tri-state-Funktion am Ausgang und Taktfunktion am Eingang

Die Bausteine mit „Tri-state“-Funktion können dadurch mit den sowieso vorhandenen hochohmigen Eingängen E und den Tri-state Ausgängen A auf eine gemeinsame Leitung geschaltet werden (Abb. 10.4). Voraussetzung ist, dass nur ein Baustein über dem Kontrolleingang C (Pegel H) am Ausgang freigegeben ist (in diesem Beispiel der Baustein B1). Alle anderen Bausteine sind über den Steuereingang C am Ausgang auf Hochimpedanz (HI) geschaltet. Dadurch kann der Baustein B1 seinen Ausgangspegel an alle anderen Eingänge übertragen.

Damit der Eingang des Bausteins B1 nicht sein eigenes Ausgangssignal übernehmen muss, sind die Bausteine an den Eingängen mit einem Takteingang versehen.

Der Takteingang T in Abb. 10.4 übernimmt diese Funktion. Solange ein Baustein nicht getaktet wird, kann er die an seinen Eingängen anstehenden Informationen nicht übernehmen. Soll z.B. der Baustein B3 die Daten übernehmen, muss er getaktet werden.

Der Baustein der zur Datenausgabe bestimmt wird, bezeichnet man in der Softwareterminologie als „Datenquelle“, der Baustein, der die Daten übernimmt, wird als Datenziel definiert.

Wenn z.B. der Baustein B3 eine Information an den Baustein B1 übertragen soll, muss vom Steuerwerk über den Kontrolleingang C der Baustein B3 am Ausgang freigegeben werden und im kurzen Zeitabstand der Baustein B1 zur Datenübernahme am Takteingang T getaktet werden.

Wie eingangs erwähnt, kann an einem Baustein eine Datenselbstübertragung vorgenommen werden. Hierzu wird z.B. der Baustein B2 vom Steuerwerk zuerst am Kontrolleingang C freigegeben und danach am Takteingang getaktet. In diesem Fall hat der Baustein sowohl die Funktion als Datenquelle als auch die des Datenzieles.

Die Funktionen „Datenausgabe“ und „Datenübernahme“ werden von den Programmierern im übertragenen Sinne wie folgt definiert:

Datenausgabe	= „Daten lesen“	(Datenquelle)	Source
Datenübernahme	= „Daten schreiben“	(Datenziel)	Destination

Kennzeichnend für diese beiden Funktionen ist:

- In der Datenquelle werden Informationen nur gelesen, d.h., bei einem Lesevorgang werden die Daten nicht verändert, bzw. gelöscht.
- In das Datenziel werden Daten geschrieben, d.h., die vorhergehenden Daten werden dadurch überschrieben, bzw. gelöscht.

Als Beispiel betrachten wir die Programminstruktion MOV A, B (Intel). In diesem Befehl liest das Steuerwerk des Mikroprozessors folgende Information: Daten vom Register B in das Register A übertragen.

In diesem Beispiel ist das Register B die Datenquelle, die das Steuerwerk über den Kontrolleingang C freigibt.

Das Register A ist das Datenziel, das vom Steuerwerk des Mikroprozessors über den Takteingang T zur Datenübernahme veranlasst wird.

Die Steuereingänge an den Bausteinen (Controller-, Speicher- und E/A-Bausteine) haben unterschiedliche Bezeichnungen (vgl. Anhang 14.10):

- CE (Chip Enable) – Kontrolleingang C für Bausteinfreigabe
- CS (Chip Select) – Kontrolleingang C für Bausteinfreigabe
- OD (Output Data) – Kontrolleingang C für Bausteinfreigabe
- R/W (Read/Write) – Speicher Lesen/Schreiben

Die Freigabe dieser Steuereingänge erfolgt über die Steuerausgänge des Mikroprozessors, wie z.B. R (Read), W (Write), S (Select), oder über die Adressleitungen A0 bis A15.

In Abb. 10.5 ist das Blockschema dargestellt. Die einzelnen Daten-, Adress- und Steuerleitungen werden hierbei zu Sammelschienen zusammengefasst.

Die Sammelschiene des Datenbusses zeigt an jedem Endpunkt eine Pfeilspitze. Dies soll zum Ausdruck bringen, dass die Daten gelesen und geschrieben werden können

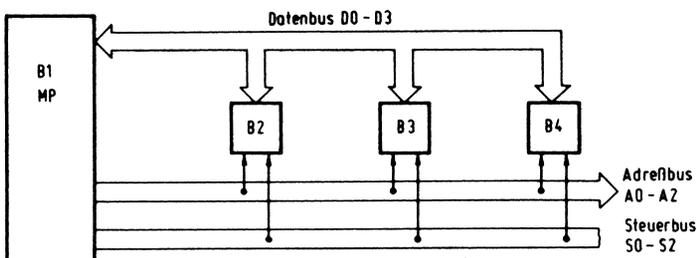


Abb. 10.5: Schematische Darstellung der Schaltung

(bidirektionaler Bus). Als Ursprung der Definition wird hierbei immer der Mikroprozessor betrachtet.

Wenn vom Mikroprozessor Daten aus dem Datenbus gelesen werden, heißt dies, dass die Information von den peripheren Bausteinen zum Mikroprozessor übertragen wird. Schreibt der Mikroprozessor Daten, werden diese vom Mikroprozessor zu den peripheren Bausteinen übertragen. Der Informationsfluss verläuft in diesem Fall vom Mikroprozessor zu den peripheren Bausteinen.

Die Sammelschiene des Adressbusses ist vom Mikroprozessor zu den peripheren Bausteinen gerichtet (eine Richtung).

Nur der Mikroprozessor kann Adressen ausgeben (schreiben). Die peripheren Bausteine können keine Adressen über die Adressleitungen zum Mikroprozessor übertragen (unidirektionaler Bus).

Der Mikroprozessor kann die Adressausgänge ebenfalls in den Zustand „Hochimpedanz“ schalten.

Der Steuerbus ist im Grunde nur eine Vielfachleitung mit teilweise Tri-state“-Funktion an den einzelnen Ausgangsleitungen.

Aus Abb. 10.6 sind nochmals alle Busfunktionen und ihre symbolischen Darstellungsformen ersichtlich.

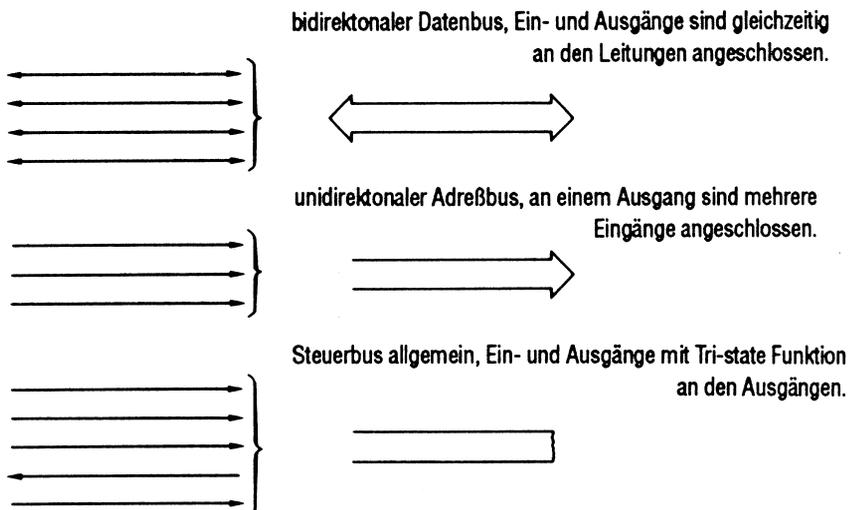


Abb. 10.6: Symbolische Darstellungen der Mikrocomputer-Verbindungsleitungen

### 10.2 Mikrocomputer-Schaltung

Die in Abb. 10.7 dargestellte Mikrocomputer-Schaltung ist eine Kombination aus Stromlaufbahn und Übersichtsplan.

Die Schaltung arbeitet als Prüfsteuerung in einem Mehrrechnersystem (Multi-processor-Steuerung), in der die einzelnen Mikrocomputer untereinander funktionelle

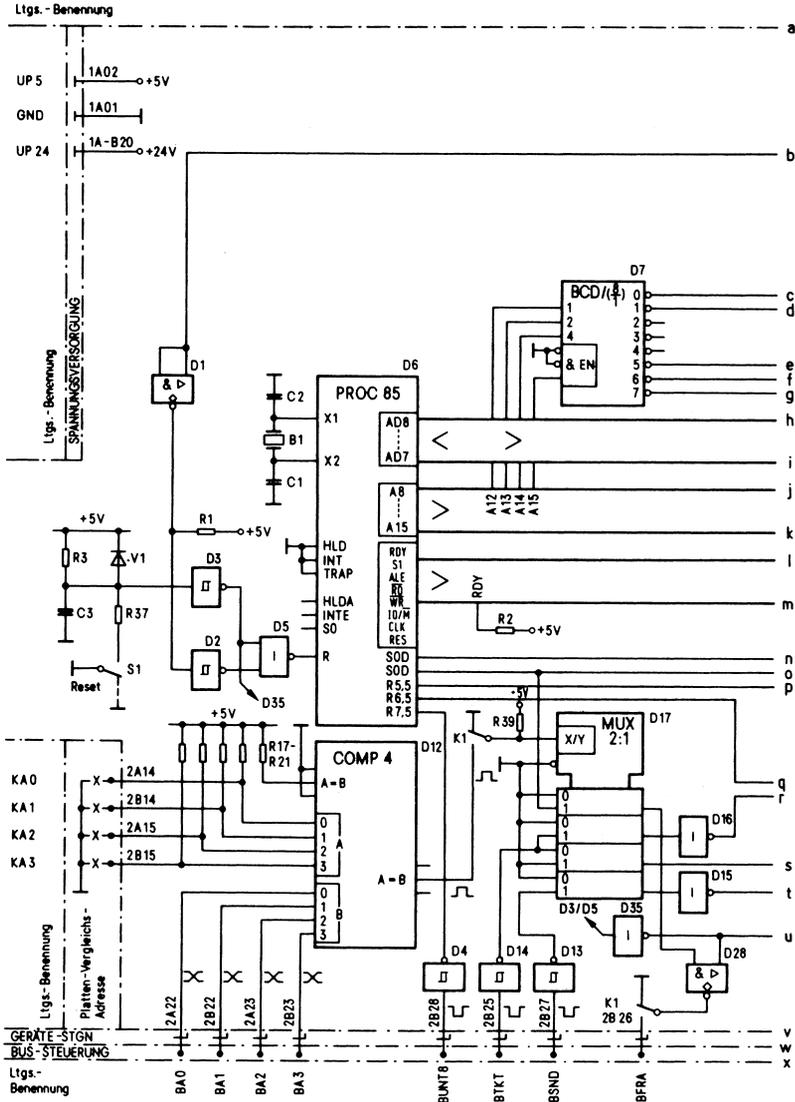


Abb. 10.7: Prüfsteuerung



Daten austauschen. Dieser Datenaustausch wird von einer nicht dargestellten BUS-Steuerung koordiniert.

Die Prüfsteuerung ist mit einem „Ein-Chip-8-Bit-Mikroprozessor“ (8085) D6, der von einem 5,994-MHz-Quarz getaktet wird, bestückt.

Das Programm für die Funktionsabläufe ist in den EPROMs D31...D34 enthalten, als Speicher für die flüchtigen Daten dienen der „RAM-1K × 8“- D21 und der „RAM-256×8-Bereich“ des D23.

Der Eingabe-Ausgabe-Baustein D23 stellt den Übergang von der Steuerung zum System-BUS für den Datenaustausch dar und hat außer dem RAM-Bereich je eine 8-Bit-Daten-Eingabe und -Ausgabe mit dazugehöriger Status-Ein-Ausgabe.

Mit dem Einschalten der Anlage bzw. dem Anlegen der Betriebsspannung an die Prüfsteuerung wird über die R3/C3-Kombination und den Schmitt-Trigger D3 ein Rückstellimpuls auf den Eingang R des Mikroprozessor-Bausteins D6 gegeben, der als Folge am Ausgang RES erscheint.

Mit diesem Signal werden die Speicher (z.B. D22) und der Eingabe-Ausgabe-Baustein D23 gelöscht. Die Kontroll-LEDs H1, H2, H3 leuchten.

Nach Ende des Rückstellimpulses beginnt der Mikroprozessor mit der Abarbeitung des Programms. Die ersten Programmschritte stellen den Eingabe-Ausgabe-Baustein D23 in Arbeits-Grund-Stellung. Bei der nun folgenden RAM-Prüfung werden alle RAM-Speicher-Adressen mit allen Hexadezimal-Kombinationen geladen, ausgelesen und verglichen.

Ist dieser Test positiv verlaufen, erlischt das Kontroll-LED H3. Mit dem folgenden Test wird der EPROM-Bereich geprüft, indem die Byte-Inhalte aller EPROM-Adressen addiert und mit dem zweier-Complement dieser Addition, die im Programm abgelegt ist, verglichen.

Ist das Ergebnis = 0, erlischt auch das Kontroll-LED H2. In diesem Zustand übernimmt der Mikroprozessor D6 das Signal vom Ausgang SOD und damit von der Vielfachleitung BBEL zur BUS-Steuerung.

Der Datenaustausch zwischen den verschiedenen Steuerungen erfolgt mittels BUS-Nachrichten.

Jede Nachricht hat eine Länge von 8 Bytes und ist wie folgt aufgebaut:

Byte 0 =	Ursprung der Nachricht
Byte 1 =	Ziel der Nachricht
Byte 2 =	Kennung der Nachricht
Byte 3 =	} Steuerinformation
Byte 4 =	
Byte 5 =	
Byte 6 =	
Byte 7 =	Inhalt der Nachricht

Bei einer Initialisierungs-Nachricht enthält Byte 3 die relative Adresse, für die diese Nachricht bestimmt ist.

Der Austausch von BUS-Nachrichten wird von der BUS-Steuerung gesteuert und koordiniert.

Die BUS-Nachrichten werden vom Betriebsprogramm generiert und in den Ausgangs-Speicher übergeben. Dies ist ein Software-FIFO, ein RAM-Speicherbereich, dessen Daten in der Reihenfolge des Einschreibens ausgelesen werden und der max. 10 abgehende BUS-Nachrichten speichern kann.

Das 1. Byte der 1. BUS-Nachricht wird in die Daten-Ausgabe des Eingabe-Ausgabe-Bausteins D23 übergeben, was die Ausgabe eines Status-Signals am Ausgang PC1 zur Folge hat.

Die BUS-Steuerung legt zyklisch Adress-Informationen an die Vielfach-Leitungen BA0, BA1, BA2 und BA3. Stimmt die angelegte Adresse mit der in der Platine fest geschalteten Positions-Adresse KA0, KA1, KA2 und KA3 der Steuerung überein, erscheint am Ausgang des D12 ein Signal, das den Datenwähler D17 umschaltet.

Über den umgeschalteten Datenwähler D17 gelangt das Status-Signal vom Ausgang PC1 des D23 auf die BFRA-Vielfachleitung zur BUS-Steuerung, die den Weiterlauf der Adressierung stoppt und mit den erforderlichen Zeitvorgaben zuerst die BUS-Treiber D24 und D25 in „Senderichtung“ umschaltet. Mit dem nachfolgenden BTKT-Signal werden die Daten von den empfangenden Steuerungen übernommen, das gleiche Signal löscht über den Eingang PC2 am D23 die Nachricht in der Daten-Ausgabe PA0...PA7 des gleichen Bausteins in der sendenden Prüfsteuerung. Der Ausgang PC0 meldet die Löschung der Daten-Ausgabe an den Eingang R5,5 des Mikroprozessors D6, der daraufhin das nächste Byte der BUS-Nachricht aus dem SW-FIFO in die Daten-Ausgabe des D23 überschreibt.

Das Vorhandensein dieser neuen Daten wird wieder als Status-Signal am Ausgang PC1 des D23 angezeigt und gelangt über die Vielfachleitung BFRA zur BUS-Steuerung, die nach Freiwerden der Daten-Eingaben in den empfangenden Steuerungen den Datenaustausch des neuen Bytes veranlasst.

Sind alle 8 Bytes einer Nachricht ausgetauscht, wird nach Löschung dieser Bytes durch BTKT in der Daten-Ausgabe der sendenden Prüfsteuerung kein weiteres Byte eingeschrieben, das Signal BFRA verschwindet, die Adressierung der Steuerungen durch die BUS-Steuerung wird wieder aufgenommen.

Gleichzeitig mit der Übergabe der BUS-Nachricht in den Ausgangs-Speicher (SW-FIFO) wird die Nachricht auch in den eigenen Eingangs-Speicher (ebenfalls ein SW-FIFO) geschrieben, der im Zuge des Betriebsprogramm-Ablaufs wieder ausgelesen wird. Dadurch ist es möglich, Daten zwischen SW-Steuerungen, die in der gleichen Hardware-Steuerung untergebracht sind, auszutauschen. Die Entscheidung, wer der richtige Empfänger für eine Nachricht ist, wird anhand der Zeileninformation in Byte 1 der Nachricht gefällt.

Während der Aussendung eines jeden Nachrichten-Bytes wird das Kontroll-LSD H2 eingeschaltet, da der Vorgang jedoch in Mikrosekunden abläuft, ist nur ein mehrmaliges Aufblitzen der LED zu erkennen.

Wie zuvor beschrieben, legt die Prüfsteuerung bei Vorhandensein einer BUS-Nachricht in der Daten-Ausgabe des D23, nach Erhalt des BSND-Signals aus der BUS-Steuerung, die Daten mit Hilfe der BUS-Treiber D24 und D25 an das Daten-Vielfach D0...D7 und damit bei allen nicht adressierten Steuerungen über die in Ruhelage befindlichen BUS-Treiber an die Daten-Eingabe PB0...PB7 des Eingabe-Ausgabe-Bausteins D23.

Mit Hilfe des von der BUS-Steuerung an den Eingang PC5 des D23 gelegten BTKT-Signals werden die Daten vom Eingabe-Ausgabe-Baustein D23 übernommen, worauf das Status-Signal PC4 des D23 den Belegt-Zustand der Daten-Eingabe mit dem Signal BBEL an die BUS-Steuerung meldet.

Gleichzeitig wird dieser Zustand durch das Status-Signal PC3 an den Eingang R6,5 des Mikroprozessors D6 gelegt, der daraufhin sein gerade laufendes Programm zum nächstmöglichen Zeitpunkt unterbricht und den Inhalt der Daten-Eingabe in den Eingangs-Speicher überträgt.

Die Status-Signale PC3 und PC4 verschwinden, das BBEL-Signal wird aufgehoben. Die Prüfsteuerung ist zur Aufnahme des nächsten BUS-Nachrichten-Bytes bereit, das dann wiederum über die Daten-Eingabe in den Eingangs-Speicher übertragen wird.

Dieser Eingangs-Speicher, ein SW-FIFO, kann max. 10 BUS-Nachrichten speichern und wird im Rahmen des Betriebsprogramms abgearbeitet.

Während der Aufnahme eines jeden Nachrichten-Bytes wird das Kontroll-LED H3 eingeschaltet, da der Vorgang jedoch in Mikrosekunden abläuft, ist nur ein mehrmaliges Aufblitzen des LEDs zu erkennen. Beim Empfang von Initialisierungs-BUS-Nachrichten blitzen die Kontroll-LEDs H1 und H3 auf.

Die Prüfsteuerung erlaubt die Überwachung aller BUS-Nachrichten und kann aufgrund entsprechender Eingaben BUS-Nachrichten zu allen Steuerungen generieren.

Zum Anschluss eines Eingabe-Ausgabe-Gerätes (Bildschirm oder Drucker mit Tastatur) ist eine V24-Schnittstelle für asynchronen Betrieb vorhanden.

Die Prüfsteuerung hat eine RESET-Taste. Die Adressierung und das BBEL-Signal sind nur wirksam, wenn über die Prüfsteuerung durch entsprechende Befehle aktiv in den Datenaustausch eingegriffen werden soll. Diese Umschaltung erfolgt über das Relais K1, das durch einen Befehl aus dem Register D22 eingeschaltet wird. Ist das Relais in Ruhelage, kann der Datenaustausch der anderen Steuerungen mitgelesen werden.

Die Anzeige kann über einen Bildschirm oder einen Drucker erfolgen. Entsprechend der Art der Anzeigerichtung kann die Übermittlung der Daten mit einer Geschwindig-

keit von 110 Bd, 300 Bd, oder 2400 Bd erfolgen, zur Umschaltung sind 2 Schiebeshalter S2, S3, auf der Platine vorhanden. Als Haupt-Steurelemente dienen der Zeitgeber D39, der während der Initialisierung der Prüfsteuerung mit den Grund-Daten über die Baud-Raten geladen wurde, und der USART D41. Der Zeitgeber steuert entsprechend der eingegebenen Baud-Raten, getaktet durch den Taktausgang CLK des Mikroprozessors D6, den USART D41, der die vom internen Daten-BUS übernommenen Parallel-Daten in serielle Daten umsetzt und ankommende serielle Daten in Parallel-Daten umwandelt.

Aufgaben der Schnittstellen-Anschlüsse:

- V24 Ausgangsdaten
- V24 Eingangsdaten
- RV24 Signalkückleitung (an Masse)
- DTR Quittung für Asynchron-Betrieb (Schleifenerkennung)

Wird eine Eingabe-Tastatur mit ASCII-Code-Ausgabe an die Prüfsteuerung angeschaltet, können durch entsprechende Befehle die Daten bei der Inbetriebnahme der Anlage eingegeben werden.

### 10.3 Software/Hardware-Schnittstellenbausteine

Gerätefunktionen, die ein Mikrocomputer zu steuern hat, werden über Ein-Ausgabe-Bausteine (Input-Output-Port) an die Bus-Anschlüsse verbunden.

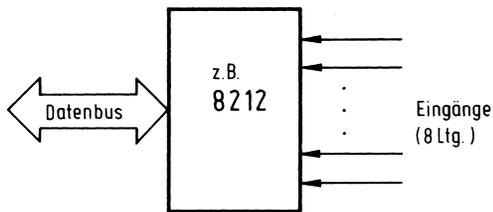
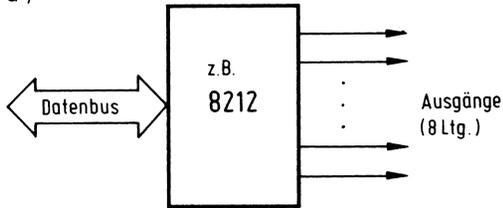
Bereits in dem vorhergehenden Abschnitt wurden zwei typische E/A-Bausteine (8255 und 8212) vorgestellt. Kennzeichnend für diese Schnittstellenbausteine ist die Tatsache, dass an diesen Bausteinen die Bus-Anschlüsse (Tri-state-Funktionen) enden und die Funktionssteuerung und Funktionsabfrage über übliche Leitungsverbindungen geführt wird.

Daher spricht man auch von Software/Hardware-Schnittstellen, d.h., die Datenübertragung von und zum Mikrocomputer erfolgt nur bis zu diesen Schnittstellenbausteinen. Die Form der Signalumsetzung von Hardware nach Software oder umgekehrt ist hierbei unterschiedlich.

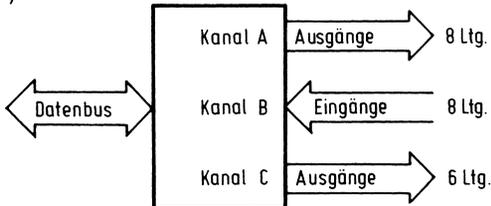
Es gibt Bausteine, die Signale und Informationen nur in eine Richtung übertragen können (vgl. Abb 10.8a). Der Baustein 8212 kann nur so geschaltet werden. Für die parallele Datenübertragung erfolgt der Einsatz von z.B. 8-Bit-Registern mit Ausgangs-Leistungsverstärkern (Puffer): Diese Bausteine können die Aufgabe eines Zwischenspeichers, eines gesteuerten Leistungstreibers oder Multiplexers übernehmen.

So genannte programmierbare E/A-Bausteine können in ihrer Übertragungsrichtung durch einen Programmbefehl festgelegt werden (vgl. Abb. 10.8b). Port A und Port B

a)



b)



c)

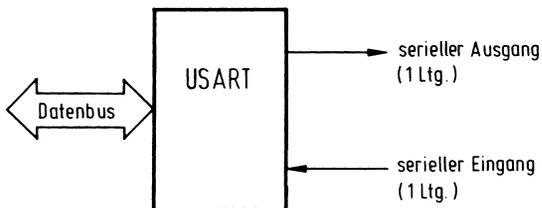


Abb. 10.8:

- a) E/A-Baustein;
- b) programmierbarer E/A-Baustein;
- c) serieller E/A-Baustein

des E/A Bausteins 8255 in Abb. 10.8b wurden als Eingänge programmiert, der Port C als Ausgang. Die Übertragungsrichtung kann für alle Ports, entsprechend der Steuerungsaufgabe durch ein entsprechendes Statuswort im Programm festgelegt werden.

Für längere Übertragungswege werden die Bit-parallelen Datenbusinformationen in serielle Ein- oder Ausgangssignale umgewandelt (vgl. Abb. 10.8c).

Diese Form der Datenübertragung ist die langsamste innerhalb einer Mikrocomputer-schaltung, aber wie bereits erwähnt, lassen sich damit längere Übertragungswege überbrücken, z.B. Bildschirmgeräte, Modems, Drucker und Telefax-Geräte.

Dieser Baustein kann sowohl synchron- als auch asynchron und wahlweise als Sender und Empfänger betrieben werden; sie werden als USART bezeichnet.

Ein Anwendungsbeispiel für den USART als universelle Seriell/Parallel-Schnittstelle zeigt die Abb.10.9 Dieser Schaltungsauszug ist einem amerikanischen Operating-Manual für einen 16-Bit-Mikrocomputer entnommen (Schaltungssymbole beachten!). Die Auswahl des Bausteins erfolgt über die Chip-select-Eingänge Pin 11 und Pin 12.

Die Ausgänge RXDY (Empfänger bereit, kann Daten an den Mikrocomputer senden) und TXRDY (Sender bereit, kann Daten vom Mikrocomputer empfangen) sind nicht angeschlossen. Der USART hat daher keine Interruptfunktion für den Mikrocomputer.

Der Eingang CTS, Pin 17 (Sendebereitschaft) wird über die direkte Verbindung mit dem Ausgang RTS, Pin 23 (Sendeaufforderung) gesteuert. Der Ausgang RTS wird durch Programmierung des entsprechenden Datenbits im Steuerwort auf L-Pegel gesetzt. Somit gibt sich der Baustein selbst die Sendefreigabe am Eingang CTS.

Der serielle Dateneingang RXD (Pin 3) erhält seine Daten über die Eingänge CRT (V.24) oder TTY.

Bei Dateneingabe über den Eingang CRT RX (2) verläuft der Signalweg im STAND-ALONE-Betrieb über die Verbindung W2 (3–4), R9, A21, Verbindung W3 (5–6), RXD-Eingang (vergleiche hierzu die Tabelle in Abb. 10.9, SERIAL INTERFACE („JUMPER TABLE“).

Die Dateneingabe über die TTY-Schnittstelle TTY RX (12) erfolgt im STAND-ALONE-Betrieb über den Signalweg W11 (21–22), R8, W15 (29–30), A21 (3–4 und 6–5), W16 (31–32), RXD-Eingang.

Das Ausgangssignal DTR (Datenstation bereit) wird über die Transistorstufe 01 (13–14) und die Verbindung W12 (23–24) an den Ausgang TTYRD CONTROL (16) und über die Datenstation sowie den Eingang TTYRD CONTROL RET, Verbindung W13 (25–26), R5, nach –12 V geschleift.

Der Signalweg im Sendebetrieb des USART erfolgt zum CRT-TX-Ausgang (3) über den Ausgang TXD, A25 (1–2), A21 (1–7), W4 (7–8), R15, Q1 (9–8), R11, W5 (9–10), W1 (1–2).

Für den Ausgang TTY TX (13) erfolgt der Signalweg über A25 (1–2), W14 (27–28), R15, 01 (9–8), R13, W8 (15–16).

In der Slave-Betriebsart (vgl. Abb. 10.9, Tabelle MDS SLAVE) werden durch Verbindungen die Datenausgänge zu den Dateneingängen durchverbunden.

Der Ausgang CRT TX verbindet über W6 (11–12) nach CRT RX. Der Ausgang TTY TX verbindet über W17 (33–34) zu dem Eingang TTY RX.

Die Erzeugung und Einstellung der Taktsignale für den USART erfolgt über die ICs A18 und A28. Hierzu wird das Taktsignal der CPU vom Ausgang PCLK an das erste D-Flipflop A28 an den Takteingang CLK geschaltet. Durch die zwei D-Flipflop wird das Taktsignal zweimal halbiert und an den BCD-Zähler A18 geführt. Über die BCD-Ausgänge können die Taktsignale für die Übertragungsgeschwindigkeit des USART TXC und RXC abgegriffen werden.

Folgende Übertragungsgeschwindigkeiten sind wählbar:

4800 Baud	an Verbindung W25 (49–50), 1QA
2400 Baud	an Verbindung W24 (47–48), 1QB
1200 Baud	an Verbindung W23 (45–46), 1QC
600 Baud	an Verbindung W22 (43–44), 1QD
300 Baud	an Verbindung W21 (41–42), 2QB
110/150 Baud	an Verbindung W20 (39–40), 2QC
75 Baud	an Verbindung W19 (37–38), 2QD

Die Übertragungsgeschwindigkeit 110 Baud muss mit der zusätzlichen Verbindung W26 (50–51) versehen werden.

## 10.4 Pegel- und Leistungsanpassschaltungen am Mikrocomputer

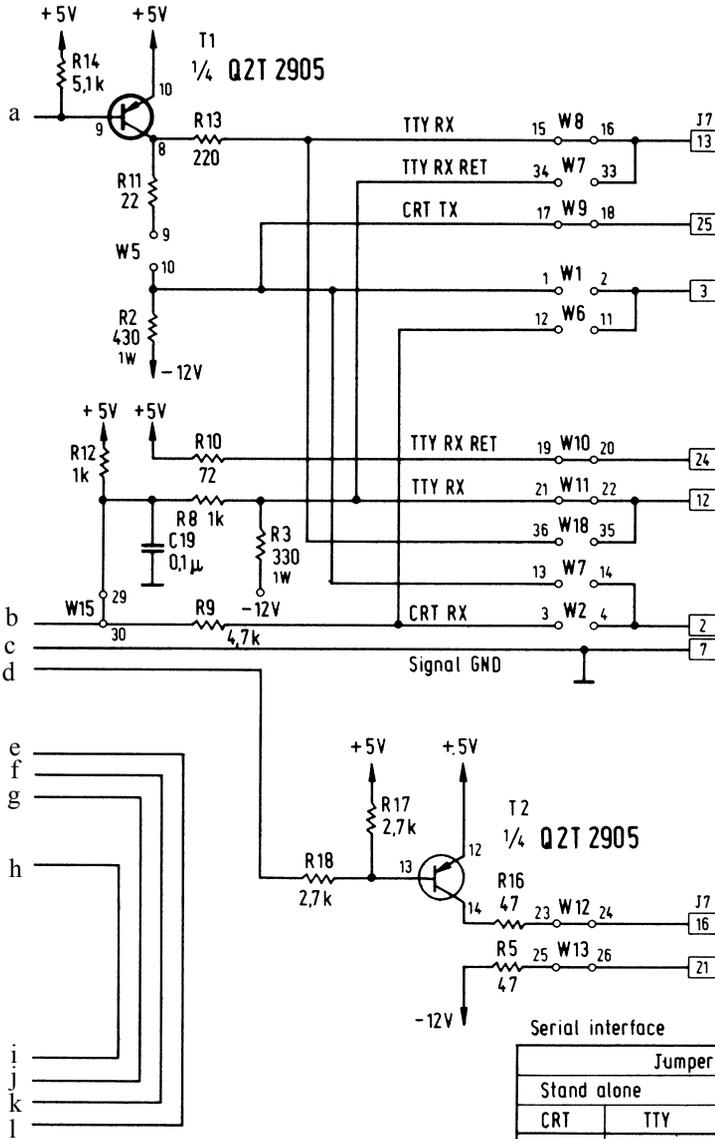
Der Anschluss eines Mikrocomputersystems an Ein- und Ausgabeschaltungen erfordert meistens eine Pegelanpassung an den Schnittstellen, in der Regel Ein-/Ausgabe-IC.

Eine Maschinensteuerung arbeitet beispielsweise mit Betriebsspannungen von mindestens 24 V, ein MC-System in der Regel mit 5 V. Hinzu kommt, dass die Datenausgänge integrierter ITL-Schaltungen nur Lastströme bis zu 10 LE (max. 10 mA) zur Verfügung stellen können, MOS-Schaltungen max. 1 mA. Somit ergeben sich an Anpassschaltungen (auch als Interface bezeichnet) unterschiedliche Forderungen:

- Anpassung hoher Ausgangsspannungen an TTL- oder MOS-Eingänge,
- Anpassung von TTL- oder MOS-Ausgängen an Schaltungen mit höheren Betriebsspannungen und höheren Lastströmen,
- Anpassung von TTL-Schaltungen an MOS-Schaltungen und umgekehrt.

Anzusteuern Bauteile, wie Lampen, Relais und Motoren, arbeiten mit höheren Lastströmen oder Betriebsspannungen als beispielsweise die Ausgänge eines Ein-Ausgabe-ICs (1 mA). Daher ist es erforderlich, eine zusätzliche Schaltstufe einzusetzen und somit den notwendigen Laststrom und die Betriebsspannung für das zu steuernde Bau-





Serial interface

Jumper table			
Stand alone		MDS slave	
CRT	TTY	CRT port	TTY port
1 - 2	15 - 16	5 - 6	27 - 28
3 - 4	17 - 18	7 - 8	29 - 30
5 - 6	19 - 20	9 - 10	31 - 32
7 - 8	21 - 22	11 - 12	33 - 34
9 - 10	23 - 24	13 - 14	35 - 36
	25 - 26		
	27 - 28		
	29 - 30		
	31 - 32		

element zu erzeugen. Hierbei muss beachtet werden, dass die hohen Schaltströme und -spannungen das MC-System nicht beeinflussen dürfen. Deshalb sind für diese Schaltungen getrennte Netzteile erforderlich. Die Netzteile dürfen mit dem Netzteil des MC-Systems nur über den Massepunkt (Bezugspunkt) verbunden werden.

Wird von einem Ausgang eines Ein-Ausgabe-ICs (Abk.: EA-IC) nur ein npn-Transistor angesteuert, kann die Basis des Transistors direkt mit dem Ausgang verbunden werden (Abb. 10.10a). Für den Transistor ist dann ein Basisstrom von ca. 1,5 mA gewährleistet.

Ein zusätzlicher Widerstand zwischen dem Ausgang PB1 des EA-IC und  $U_{CC}$  ermöglicht, für den nachgeschalteten Transistor einen größeren Basisstrom zu erzeugen. Der Minimalwert dieses Widerstandes ist durch den zulässigen Ausgangsstrom bei L-Pegel gegeben, der für den Ausgang 2 mA beträgt, woraus ein Minimalwert von ca. 2,7 k für diesen Widerstand resultiert. Für den Transistor wird ein Basisstrom von ca. 3 mA zur Verfügung gestellt.

Wenn außer der Verstärkerstufe noch weitere Logik-Schaltungen angeschlossen werden sollen, muss die für den H-Pegel festgelegte Spannung (in diesem Beispiel ca. 1,5 V) erhalten bleiben. In dem vorangegangenen Beispiel würde diese durch die Basis-Emitter-Diode des Transistors kurzgeschlossen werden. Ein Widerstand zwischen Ausgang des EA-IC und der Basis des Transistors gewährleistet die Aufrechterhaltung des H-Pegels (Abb. 10.10b).

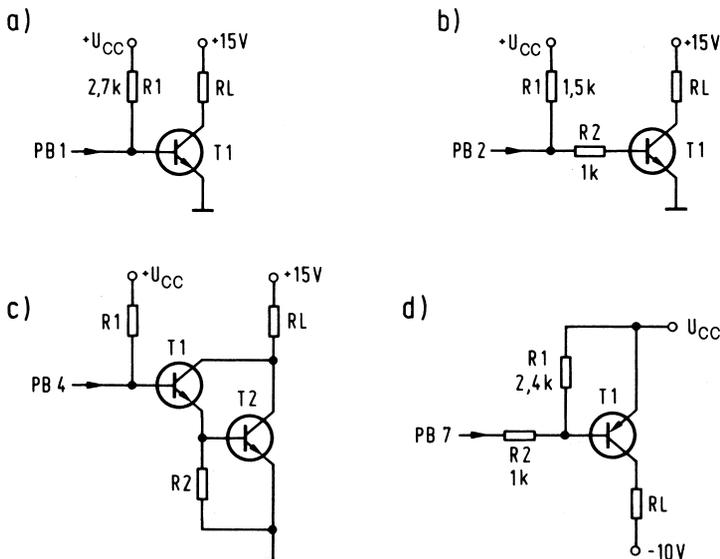


Abb. 10.10: Pegel- und Leistungsanpassung mit Transistoren am Ausgang von EA-ICs

Ein Transistor, der bei 1 mA Basisstrom voll durchsteuert, kann max. 50 bis 100 mA Laststrom im Kollektor schalten. Eine höhere Schaltleistung kann nur durch Kaskadierung von Schaltstufen in Form von Darlingtonstufen erreicht werden. Die Schaltung am Ausgang PB4 zeigt dies als Beispiel (Abb. 10.10c).

Bei Lastspannungen mit negativer Polarität ist es erforderlich, einen pnp-Transistor einzusetzen, wie dies am Ausgang PB7 (Abb. 10.10d) gezeigt ist. Der Widerstand R1 bestimmt den Basisstrom für diesen Transistor. Widerstand R2 gewährleistet den gesperrten Zustand des Transistors, wenn der Ausgang des EA-IC H-Pegel aufweist.

In Abb. 10.11 sind einige Beispiele für die Anpassung höherer Pegel an die Eingangsstufe des EA-IC dargestellt.

Die Schaltung am Anschluss PA0 (Abb. 10.11a) zeigt den einfachsten Fall der Pegeldämpfung durch einen Spannungsteiler.

Die Schaltung des PA2-Einganges (Abb. 10.11b) zeigt die Herabsetzung von 15 V Pegeln auf 5 V durch einen CMOS-Treiber CD 4050. Dieser Baustein hat den Vorteil, dass bei 5V-Betriebsspannung Eingangsspannungen bis zu +15 V angelegt werden können. Der Ausgangspegel des Treibers erfüllt hiermit die Eingangsbedingungen des EA-IC. Durch entsprechende Dimensionierung von R2 und R1 können auch höhere Eingangspegel angelegt werden. Der Widerstand R1 entfällt bei Eingangsspannungen bis 15 V. Widerstand R2 ist in jedem Fall für den Eingang der CMOS-Schaltung erforderlich.

Die Anpassung von Pegeln unter 5 V an den Eingang PA4 (Abb. 10.11c) wird durch eine Transistor-Schaltstufe erreicht. Die Eingangsspannung sollte aber mindestens die erforderliche Schaltspannung von 1 V aufweisen.

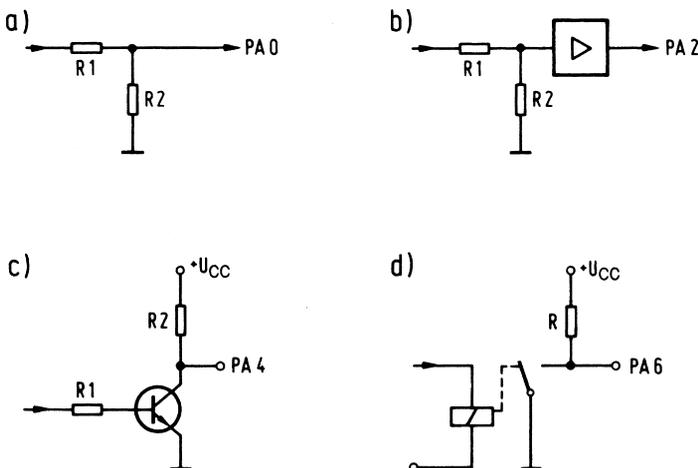


Abb. 10.11: Pegelanpassungen am Eingang von EA-IC

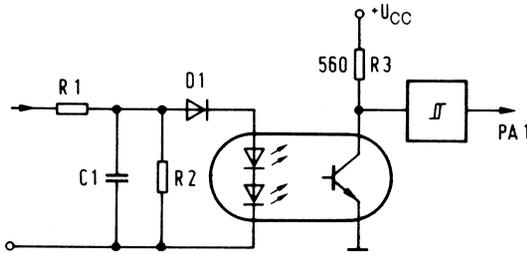


Abb. 10.12: Optokoppler als Schnittstelle am Eingang von EA-ICs

Relaisschaltungen können zweckmäßigerweise in der am Eingang PA6 (Abb. 10.11d) dargestellten Form angeschlossen werden. Durch die galvanische Trennung der Schnittstelle ist diese polaritätsfrei. Diese Schaltung ist auch aus Gründen der Störsicherheit vorteilhaft.

Neben dem Relais werden – vor allem bei höheren Schaltgeschwindigkeiten – Optokoppler eingesetzt. In Abb. 10.12 ist als Eingangsschaltung für den Eingang PA1 eine Optokopplerschaltung mit Eingangsspannungsteiler und einem Schmitt-Trigger am Ausgang dargestellt. Der Widerstand R1 und der Kondensator C1 wirken als Tiefpass zur Unterdrückung von Störsignalen, die über der höchsten Signalfrequenz liegen.

Die Diode D1 und die LEDs im Optokoppler benötigen eine Schwellenspannung  $U_s$ , die vom Eingangssignal überschritten werden muss. Dies muss bei der Dimensionierung des Spannungsteilers R1 und R2 für das Eingangssignal berücksichtigt werden. Das Teilverhältnis muss auch die Bedingung für den L-Pegel des Eingangssignales erfüllen. Das Eingangssignal muss in diesem Fall unter der Schwellenspannung  $U_s$  liegen. Der Schmitt-Trigger im Ausgang des Optokopplers ist für Signale mit langsamen Impulsflanken erforderlich, z.B. Impulserzeugung durch mechanische Kontakte.

Die galvanische Trennung der Ausgänge des MC-Systems von der Peripherie kann ebenfalls erforderlich sein, da sich die Störungen auch rückwirkend auf das System auswirken können. Auch hier ist der Einsatz von Optokopplern und Relais angebracht.

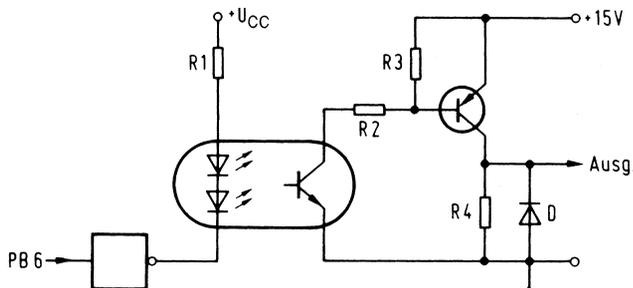


Abb. 10.13: Optokoppler mit Treiberstufe am Ausgang vom EA-IC

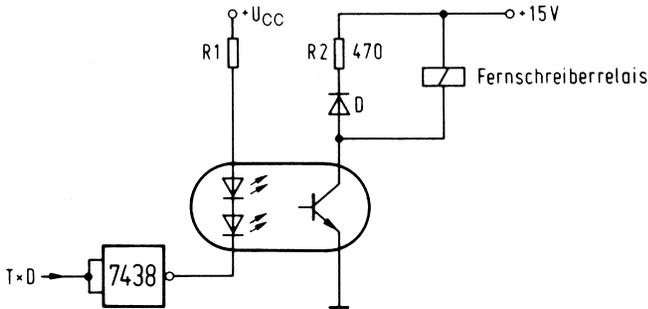


Abb. 10.14: Fernschreiberanschluss am Ausgang von EA-IC

In Abb. 10.13 ist eine Kopplerschaltung mit nachfolgender Treiberstufe dargestellt. Der Ausgang des EA-ICs ist über einen TTL-Treiberbaustein an den Optokoppler angeschlossen. Dies ist erforderlich, da der Ausgang nicht die erforderliche Leistung für die Leuchtdiode im Optokoppler aufbringt. Durch die Transistorfunktion im Optokoppler wird der Ausgangspegel des EA-IC invertiert. Daher wird als nachfolgender Schaltverstärker ein pnp-Transistor eingesetzt. Die Diode im Ausgang schützt die Schaltung vor Impulsen, die beim Abschalten von Induktivitäten, wie z.B. Relais oder Magnetventil, auftreten.

Das Bezugspotenzial der galvanisch getrennten Eingangs- und Ausgangsschaltungen ist immer mit dem Peripheriegerät verbunden. Auch die Versorgungsspannung dieser Schaltungen kommt daher von dem Peripheriegerät, da diese sich ebenfalls auf das Bezugspotenzial bezieht.

Die Verbindung der Ein- und Ausgänge des MC-Systems mit den Interface-Schaltungen erfolgt mit verdrehten Leitungen und einer gemeinsamen Abschirmung.

Abb. 10.14 zeigt die Interface-Schaltung für den Betrieb eines Fernschreiberrelais. Die Schaltung wird durch einen Optokoppler, der das Fernschreiberrelais mit 40 mA speisen muss, an den Senderausgang TxD des EA-IC angeschlossen. Der Ausgangsstrom des Treiberbausteins 7438 wird durch den Widerstand R auf 40 mA begrenzt. Für den Optokoppler ergibt sich somit ein Typ, der ein Übersetzungsverhältnis von 1 für Eingangs- und Ausgangsstrom aufweist.

## 10.5 Flussdiagramme, Befehlslisten

Der Elektroniker muss sich nicht nur in der Hardware auskennen, sondern auch in die Softwarezusammenhänge einen Einblick verschaffen können. Dies ist dann der Fall, wenn die Schaltungsfunktionen (Hardware) durch einen Computer (z.B. Mikroprozessor) per Programm (Software) gesteuert werden. Hierbei dürfen bei den Funktionsbe-

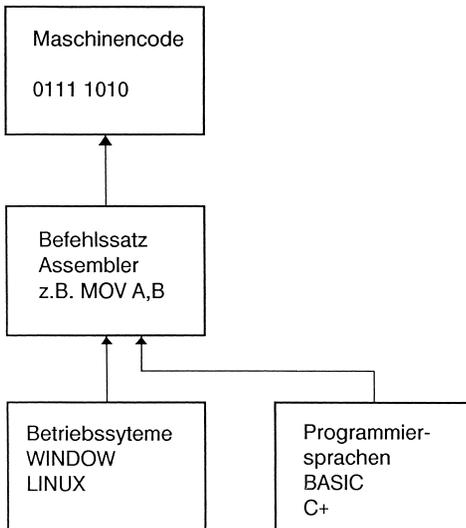


Abb. 10.15: Software-Struktur der Mikrocomputer

trachtungen und den Kommunikationsmöglichkeiten (die von der PC-Software geboten werden) einige Grundregeln nicht außer acht gelassen werden.

Alle Daten (Befehle, Adressen, Operanden) sind in den Speichermedien (Halbleiterspeicher, Festplatte, CD, DVD) nur in Form der Maschinsprache (Code ist das duale Zahlensystem) vom Prozessor (Mikroprozessor oder Mikrocontroller, *Abb. 10.15*) lesbar.

Der Prozessor kann nur die Programme in Listenform abarbeiten, die mit **seinen** Befehlssatz (Assembler) und **seiner** Befehlsstruktur in Maschinsprache in den Speichermedien vorhanden sind.

Alle Betriebssoftwaresysteme (z.B. DOS, Window, Linux) und Programmiersprachen (z.B. Basic, Pascal, C+, SPS) **müssen** mit einem Umsetzerprogramm (Compiler) in die Assemblerbefehle des Prozessors umgesetzt werden.

Das Flussdiagramm oder auch der Programmablaufplan sind sozusagen das Block- oder Funktionsschema des in einem Speicher befindlichen Programms (vergleiche hierzu die Symbole nach DIN 66001 im Anhang unter 14.9), das den Funktionsablauf darstellt.

In *Abb. 10.16* ist als Beispiel das Flussdiagramm für ein Multiplikationsprogramm mit dem Befehlssatz eines INTEL-Mikroprozessor dargestellt.

In diesem Programm werden die Inhalte der Register C und D des Prozessors miteinander multipliziert. Das Ergebnis wird in den Registerpaar BC abgelegt.

Der verwendete Algorithmus fragt alle 8 Bit des Multiplikators im Register C auf ihren Inhalt ab. Ist der Inhalt = 1, muss der Multiplikand stellenwertrechtig addiert werden. Begonnen wird mit der wertniedrigsten Stelle des Multiplikators. Im ersten Pro-

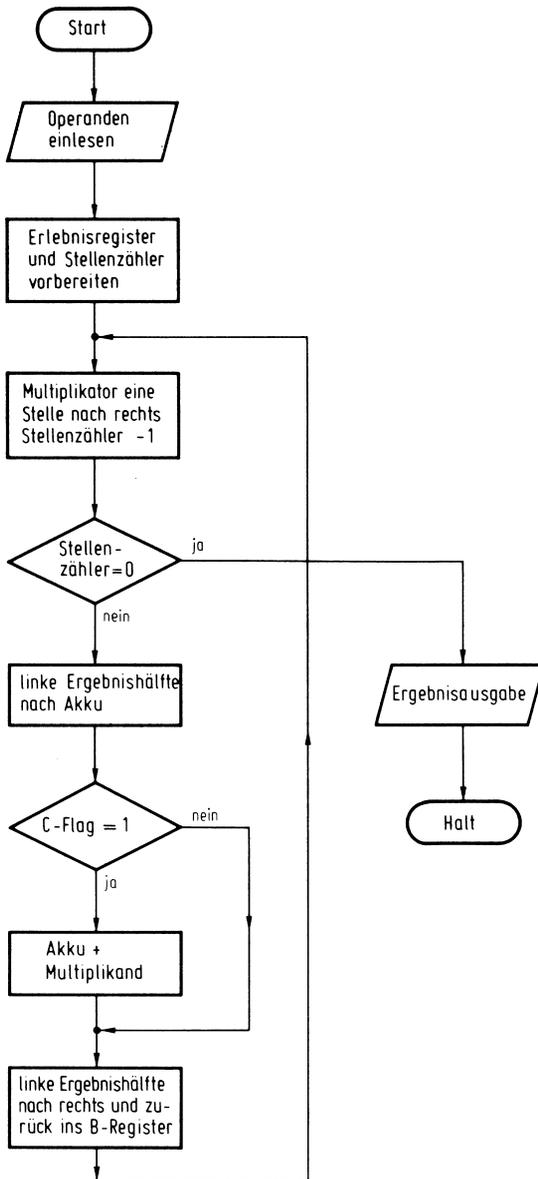


Abb. 10.16: Programmablaufplan

grammteil des Assemblerprogrammes in Tabelle 10.1, bis zur Adresse 400A (Hexadezimal-Adresse, siehe Tabelle 14.11), werden Multiplikand und Multiplikator eingelesen, der Stellenzähler, Register E (MVI E,09) wird gesetzt und die linke Hälfte des Ergebnisregisters (MVI B,00) gelöscht.

Die drei Befehle in den Adressen 400B bis 400D verschieben den Inhalt des Registers C um eine Stelle nach rechts. Das wertniedrigste Bit des Multiplikators befindet sich jetzt im C-Flipflop. Wenn der Stellenzähler noch nicht Null ist, wird mit dem Befehl MOV A, B (Adresse 4012) die linke Hälfte des Ergebnisregisters in den Akkumulator geholt. Der Befehl Add D (Adresse 4016) wird nur dann ausgeführt, wenn das C-Flag = 1 ist. Das bedeutet, dass jede 1 im Multiplikator die Addition des Multiplikanden zur linken Ergebnishälfte veranlasst. Die linke Ergebnishälfte, die jetzt noch im Akkumulator steht, wird mit RAR (Adresse 4017) um eine Stelle nach rechts verschoben und dann mit MOV B, A wieder in das B-Register gebracht. Bei dem Schiebevorgang gelangt das wertniedrigste Ergebnis-Bit in das Carry-Flipflop. Der Sprungbefehl zur Adresse 400B beeinflusst das C-Flag nicht, sodass mit dem Schiebefehl für das Register C (MOV A, C; RAR; MOV C, A) das wertniedrigste Ergebnis-Bit in der werthöchsten Stelle des Registers C erscheint. Gleichzeitig wird das zweite Bit des Multiplikators in das C-Flipflop geschoben. Von hier ab wiederholt sich der Vorgang, bis alle acht Multiplikatorstellen bearbeitet sind.

Tabelle 10.1: Befehlsliste in Assemblerprogrammierung

Adresse Hexa-C.	Inhalt Hexa-C.	Befehle (Intel-Befehlssatz)	
4000	00	NOP	
4001	DB 01	IN	0
4003	4F	MOV	C, A
4004	DB 02	IN	02
4006	57	MOV	D, A
4007	0600	MVI	B,00
4009	1E09	MVI	E,09
400B	79	MOV	A, C
400C	1F	RAR	
400D	4F	MOV	C,A
400E	1D	DCR	E
400F	CA 1C40	JZ	401C
4012	78	MOV	A, B
4013	D21740	JNC	4017
4016	82	ADD	D
4017	1F	RAR	
4018	47	MOV	B, A
4019	C30B40	JMP	400B
401C	78	MOV	A, B
401D	D303	OUT	03
401F	79	MOV	A, C
4020	D304	OUT	04
4022	76	HLT	

Der Stellenzähler muss auf 9 gesetzt werden, da der Aussprung aus der Programmschleife vor dem Verschieben der linken Ergebnishälfte erfolgt; diese also nur achtmal durchgeführt wird. Am Ende der Multiplikation wird das Registerpaar BC zur Anzeige gebracht.

## 10.6 DA- und AD-Wandler

Integrierte Digital-Analog-Wandler oder Analog-Digital-Wandler haben mehrere Ein- und Ausgänge, die nach ihren Funktionen unterschieden und erkannt werden müssen. Hinzu kommt, dass bestimmte Abgleichkriterien zu beachten sind.

Wie bei anderen IC-Schaltungen auch, werden Hardwareschaltungen und softwarekompatible Wandler angeboten. Wobei die letzteren z. T. DA- und AD-Wandler in einen Baustein vereint haben.

Die Beschaltungs- und Abgleichkriterien sollen an drei Beispielen dargestellt werden:

Das Schaltungsbeispiel in Abb. 10.17a zeigt die Pin-Belegung eines monolithischen DA-Umsetzers, der nur das Wandler-Netzwerk enthält.

Die Anschlussbezeichnungen kann man bei den Wandlern in drei Funktionsgruppen unterteilen:

- Ein- und Ausgänge für die Signalverarbeitung. Bit 1 bis Bit 12 in Abb. 10.17a sind die Digitaleingänge,  $I_{\text{out1}}$  und  $I_{\text{out2}}$  die analogen Ausgänge.
- Eingänge für die Referenzspannung  $V_{\text{Ref}}$  (Abb. 10.17a), den Takteingang und den Integrationskondensator. Manche IC-Typen erzeugen die Referenzspannung und den Takt intern.
- Skalenfaktorabgleich  $R_{\text{GK}}$ , Skalenendwert und Nullpunkt.

Der DA-Wandler in Abb. 10.17a muss mit einem externen Operationsverstärker zur Stromsummierung und Umsetzung auf einen Spannungsausgang am Ausgang  $I_{\text{out1}}$  erweitert werden.

Der Operationsverstärker in Abb. 10.17b ist als I-U-Umsetzer ausgelegt. Das Summenstromsignal wird dem invertierenden Eingang zugeführt. Im Gegenkopplungszweig liegt der externe Gegenkopplungswiderstand  $R_{\text{GK}}$  zur Einstellung der Ausgangsspannung. Der Operationsverstärker erhält die Versorgungsspannung  $\pm 15\text{ V}$ , damit positive und negative Ausgangsspannungen einstellbar sind.

Ist die digitale Eingangsgröße eine vorzeichenlose Zahl, dann hat die analoge Ausgangsspannung nur eine Polarität: positiv oder negativ. Dies ist abhängig von der Polarität der Referenzspannung. Man bezeichnet diese Betriebsart als unipolar-binär (straight-binär).

Der Abgleich beginnt mit dem Einstellen des Nullpunktes. Für das digitale Eingangswort 0000 0000 0000 wird die Ausgangsspannung auf 0 V eingestellt.

Anschließend wird festgelegt, wie groß der analoge Ausgangswert „Full-Scale“ sein soll, z.B.  $U_{FS} = 10 \text{ V}$ . Bei einem 12-Bit-Umsetzer beträgt dann die kleinste Spannungsstufe:

$$\text{LSB} = 10 \text{ V} / 4096 = 2,44 \text{ mV}.$$

Die größte Spannungsstufe tritt bei Änderung des höchsten Stellenwertes auf:

$$\text{MSB} = 10 \text{ V} / 2 = 5 \text{ V}.$$

Dieser Spannungswert wird abgeglichen, indem man an den DA-Wandler das Digitalwort 1000 0000 0000 sowie die Referenzspannung  $U_{Ref} = -10 \text{ V}$  anlegt. Danach wird der Gegenkopplungswiderstand  $R_{GK}$  auf  $U_A = 5 \text{ V}$  eingestellt.

Der Gegenkopplungswiderstand ist im DA-Baustein bereits vorhanden. Bei Verwendung dieses Bausteins entfällt die Abgleichmöglichkeit. Die höchste Ausgangsspannung kann

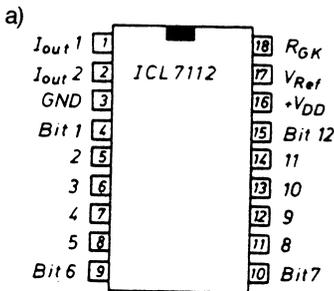
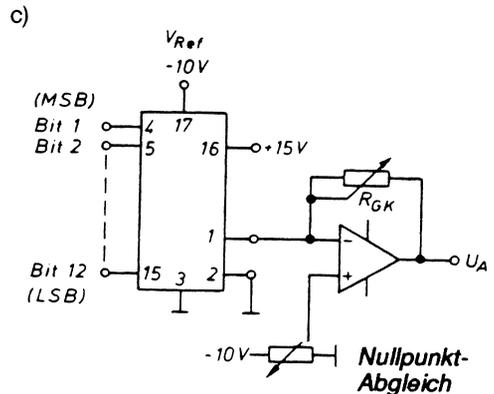
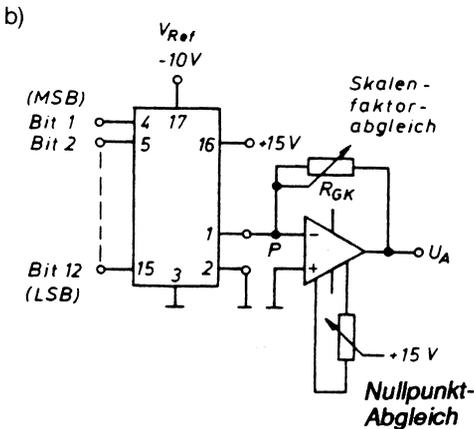


Abb. 10.17: DA-Umsetzer: a) Anschlussbelegung; b) Unipolarer Betrieb; c) Bipolarer Betrieb



systembedingt nur  $U_{Amax.} = U_{FS} - 1 \text{ LSB}$  betragen. Am Ausgang des 12-Bit-DA-Wandlers erscheint für das Datenwort 1111 1111 1111 die Spannung  $U_A = 10 \text{ V} - 2,44 \text{ mV}$ .

Zur Verarbeitung von Zahlenwerten mit Vorzeichen übernimmt das höchstwertige Bit 12 (MSB) die Vorzeichenfunktion. Die zugehörige analoge Ausgangsspannung muss dann innerhalb des Bereiches  $-(U_{FS})$  bis  $+(U_{FS} - 1 \text{ LSB})$  liegen.

Wenn in der Schaltung Abb. 10.17c das MSB den Wert 0 hat, dann ist die Ausgangsspannung  $U_A$  negativ, bei MSB = 1 ist die Ausgangsspannung positiv. Diese Betriebsart des DA-Umsetzers wird als bipolar-binär bezeichnet.

Für den Abgleich des DA-Umsetzers für bipolaren Betrieb wird das Digitalwort 1000 0000 0000 eingestellt. Dem nichtinvertierenden Eingang wird aus einer Hilfsspannungsquelle eine Spannung von  $U_{Ref/2} = -5 \text{ V}$  zugeführt. Die Hilfsspannungsquelle wird so eingestellt, dass die Ausgangsspannung  $U_A = 0 \text{ V}$  wird.

DA-Umsetzer mit externem Referenzspannungseingang werden auch als multiplizierende DA-Umsetzer eingesetzt. Im Multiplizierbetrieb wird dem DA-Umsetzer am Referenzeingang ein Signal zugeführt, das mit dem digitalen Eingangssignal multipliziert am Ausgang zur Verfügung steht.

AD-Umsetzer sind Bausteine, die eine analoge Eingangsgröße in eine proportionale digitale Ausgangsgröße umsetzen.

Am Beispiel eines nach dem Dual-Slope-Prinzip arbeitenden AD-Umsetzers sollen die wichtigsten Abgleichs- und Schaltungsfunktionen beschrieben werden.

Der in Abb. 10.18a dargestellte AD-Umsetzer benötigt als Betriebsspannungen  $+5 \text{ V}$  und  $-5 \text{ V}$  gegen Massepotenzial. Einige AD-Umsetzer enthalten eine interne Referenzspannungsquelle. Wiederum anderen Typenvarianten ist eine Referenzspannung zuzuführen. Wird zum Beispiel ein Referenzstrom von  $-20 \mu\text{A}$  gefordert, kann über einen Negativ-Festspannungsregler eine Referenzspannung von  $-5 \text{ V}$  erzeugt werden. Der Strom wird über einen Vorwiderstand eingestellt:  $R_v = -5 \text{ V} / -20 \mu\text{A} = 250 \text{ k}$ .

Im Gegenkopplungszweig des Integrators (Int.) ist ein Kondensator  $C = 68 \text{ pF}$  angeschlossen. Dies sind die Anschlüsse (invertierender Eingang und Ausgang) eines integrierten Operationsverstärkers. Der Nullpunkt- und Verstärkungsabgleich erfolgt über die Eingänge  $I_{Analog}$  und Nullpunkt.

Der Anschluss  $I_{Analog}$  (gleichzeitig Analogeingang) wirkt auf den invertierenden Eingang des Integrators (Operationsverstärker) und der Nullpunkt-Anschluss auf den nichtinvertierenden Eingang.

Für eine Vollaussteuerung an den Digitalausgängen ist ein Eingangsstrom von  $10 \mu\text{A}$  erforderlich. Der Vorwiderstandswert am Analogeingang bestimmt den Arbeitsbereich der Analogspannung:

$$U_{Eing.} = 1 \text{ M}\Omega \times 10 \mu\text{A} = 10 \text{ V.}$$

Der Stellwiderstand  $R_e$  dient für den Feinabgleich für FS (Toleranzausgleich).

Der Abgleich des Nullpunktes erfolgt mit einem Stellwiderstand am Nullpunkt-eingang.

Bei einer Eingangsspannung von  $U_{\text{Eing.}} = 20 \text{ mV}$ , die einem  $1/2$  LSB bei 8 Bit Ausgang entspricht, wird der Stellwiderstand so eingestellt, dass der Übergang am Digitalausgang von 0000 0000 auf 0000 0001 gerade erfolgt.

Der Abgleich des Verstärkungsfaktors bestimmt den Skalendwert und erfolgt über den Stellwiderstand  $R_E$ . Dazu wird die analoge Eingangsspannung auf  $U_E = 1/2 U_{\text{FS}}$   $1/2$  LSB eingestellt und mit dem Stellwiderstand  $R_E$  so abgeglichen, dass der Übergang am Digitalausgang von 0111 1111 auf 1000 0000 gerade erfolgt.

Soll nur der Betrag der analogen Eingangsspannung digitalisiert werden, so wird dies beim AD-Umsetzer ebenfalls als unipolarer Betrieb bezeichnet.

Sollen Eingangsspannungen mit Vorzeichen am Digitalausgang dargestellt werden, muss ein zusätzlicher Eingangsstrom von 1 bis 5  $\mu\text{A}$  erzeugt, bzw. den Eingangsstrom überlagert werden.

Die Schaltungsvariante hierzu zeigt die Abb. 10.18b.

Aus einer Eingangsspannung von  $U_E = -5 \text{ V}$  resultiert ein Eingangsstrom von  $I_E = -5 \mu\text{A}$  und ein Gesamtstrom von  $5 \mu\text{A} - 5 \mu\text{A} = 0 \mu\text{A}$ . Bei einem Eingangssignal von  $U_E = +5 \text{ V}$  wird  $I_E = +5 \mu\text{A}$  und es ergibt sich ein Gesamtstrom von  $I_{\text{Eing.}}$  von  $10 \mu\text{A}$ . Die Bei-

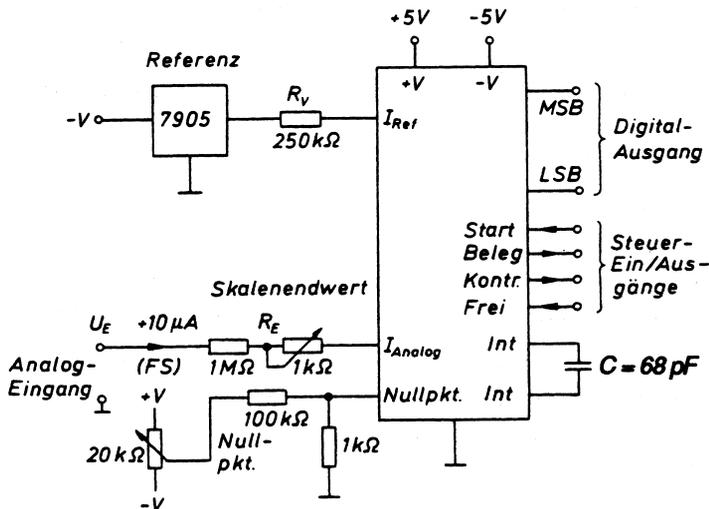


Abb. 10.18: AD-Umsetzer: a) Unipolarer Betrieb

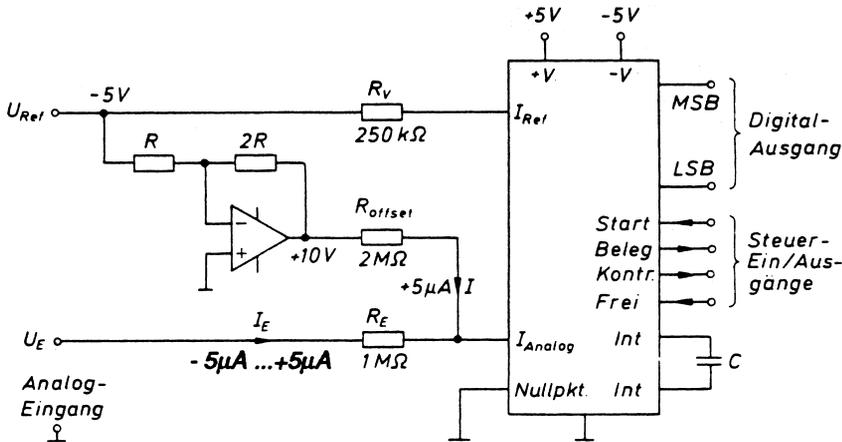


Abb. 10.18: AD-Umsetzer: b) Bipolarer Betrieb

spiele und die nachfolgende Tabelle zeigen, dass sich der Aussteuerbereich dadurch halbiert und das MSB-Signal zur Vorzeichenanzeige benutzt werden kann.

Unipolarer Betrieb			Bipolarer Betrieb		
0	0,00 V	0000 0000	-FS	-5,00 V	0000 0000
1 LSB	+0,04 V	0000 0001	-(FS - 1 LSB)	-4,96 V	0000 0001
$1/2$ FS	+5,00 V	1000 0000	0	0,00 V	1000 0000
FS - 1 LSB	+9,96 V	1111 1111	+(FS - 1 LSB)	+4,96 V	1111 1111
FS	+10,00 V		+FS	+5,00 V	

Die Anschlussbelegungen eines computerkompatiblen Analog-Digital-Umsetzers (Abk.: ADU) und die Zusammenschaltung mit einem Mikrocomputer zu einem Digitalvoltmeter zeigt Abb. 10.19. Der ADU hat eine Spannungsversorgung von +5 V (Pin 40) und -5 V (Pin 28).

Die Taktfrequenz wird bei diesem Baustein über einen Quarz an den Anschlüssen OSC IN (Pin 22) und OSC OUT (Pin 23) erzeugt. Die Referenzspannung von +5 V wird über P2 und R47 an den Anschluss REF IN+ (Pin 36) geführt. Über R48 wird die gleiche Spannung an die Anschlüsse REF OUT (Pin 29) und REF IN- (Pin 39) geführt.

Die Referenzeingänge REF IN+ und REF IN- bilden einen Differenzeingang. Die Spannungshöhe der Abtaststufen ist abhängig von der Referenzspannungshöhe. Wird die interne Referenzspannung verwendet, lassen sich durch Ändern des Widerstandes R45 (20 kΩ oder 200 kΩ) die Messbereiche von 0,4095 V auf 4,095 V ändern.



Die Integratorkapazität C9 liegt an den Anschlüssen REF CAP+ (Pin 37) und REF CAP- (Pin 38).

Der Analogeingang ist ein Differenzeingang mit den Anschlüssen IN HI (Pin 35) und IN LO (Pin 34).

In dieser Schaltung ist der Differenzeingang IN LO mit der Masse an Pin 33 verbunden, d.h., der Analogeingang ist unsymmetrisch geschaltet. Der Spannungseingang INPUT HIGH kann wahlweise über S1 in zwei Empfindlichkeitsstufen betrieben werden, 4 V und 40 V. Im 40-V-Bereich wird durch S1 ein Spannungsteiler R44 und P1 dazugeschaltet. An dem Stellwiderstand P1 kann der 40-V-Bereich abgeglichen werden.

Der Eingangsstrom liegt bei 10 pA, dies entspricht einem Eingangswiderstand von über 1000 M $\Omega$ .

Der ADU ICL 7109 wird an dem Mikrocomputer mit Interruptfunktion betrieben. Der Ausgang STATUS (Pin 2) und der Eingang RUN/HOLD (Pin 26) können über die Interruptsteuerung des Mikrocomputers dazu benutzt werden, die Anzahl der Analog-Digital-Wandlungen über Programm zu steuern. Über den programmierbaren E/A-Baustein 8255 fordert der ADU einen Interrupt über Pin 17 des E/A-Bausteins und den Interrupteingang RST 5.5 des Mikrocomputers.

Die Übertragung der digitalisierten Analogwerte erfolgt über die Digitalausgänge B1 bis B12 (Pin 5 bis Pin 16 in umgekehrter Reihenfolge) an den E/A-Baustein, Datenkanäle Port A und Port B. Die Datenausgänge für Polaritätswechsel POL (Pin 3) und Bereichsüberschreitung (Over-range) OR (Pin 4) werden ebenfalls an den E/A-Baustein Port A (Pin 40 und Pin 1) übertragen. Die Ausgangsfunktionen STATUS und POL steuern parallel über den Inverter IC1 den Polaritätsanzeige-Baustein D. Die Steuerung und die Datenaufnahme des ADU ICL 7109 erfolgen über den an den Datenbus DB0 bis DB7 des am Mikrocomputer angeschlossenen E/A-Bausteins 8255.

An diesen Datenbus sind auch die Schnittstellenbausteine (Software/Hardware) IC2 und IC3 (8212) angeschlossen. Diese Bausteine steuern die 7-Segment-Anzeige des Digitalvoltmeters über die BCD/7-Segment-Codierer IC4 bis IC7 und die daran angeschlossenen 7-Segment-Anzeige-Bausteine D2 bis D5.

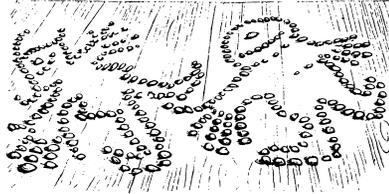
## 10.7 Übungen zur Vertiefung

1. Der Mikrocomputer der Prüfsteuerung in Abb. 10.7 steuert über die Ausgänge des BCD-Zählers D7 mit den Wertigkeiten 0 (c), 1 (d), 5 (e), 6 (f) und 7 (g) verschiedene Steuereingänge der nachfolgenden Schaltung. Diese sind mit Hilfe der Erläuterungen der Anschlussbezeichnungen in Anhang 14.10 zu bestimmen.
2. Über welche IC-Bausteine in Abb. 10.19 steuert der A/D-Wandler ICL7109 (C10) die 7-Segment-Anzeigen D1 bis D5?

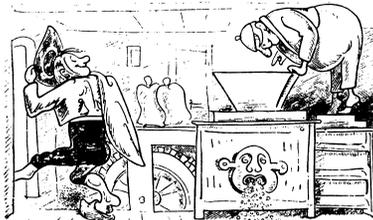
3. Die Schaltung für seriellen Datenaustausch in Abb. 10.9 ist in einem Übersichtsplan darzustellen.
4. Erinnern Sie sich an Wilhelm Busch? Max und Moritz werden vom Müller zu Körnern verarbeitet (Abb. 10.20). Versuchen Sie, die Verarbeitung in drei Verarbeitungsschritten in einem Programmablaufplan darzustellen.



„Her damit!“ Und in den Trichter  
Schüttet er die Bösewichter.



Hier kann man sie noch erblicken,  
Fein geschrotet und in Stücken.



Rickeracke ! Rickeracke !  
Geht die Mühle mit Geknacke.

Abb. 10.20 Verarbeitungsprogramm

Lösungen im Anhang

# 11 Bezeichnungs- und Orientierungssysteme gebräuchlicher Industrieunterlagen

In- und ausländische Elektronikindustrien wenden die unterschiedlichsten Bezeichnungs- und Orientierungssysteme in ihren Schaltungsunterlagen an.

Zum Teil werden hierbei die DIN-Normen und internationale Normen eingehalten und angewendet. Vielfach werden diese Normen mit Hausnormen vermischt angewendet. Große international tätige Industriefirmen wenden nach Möglichkeit internationale Normen an, soweit sie vorhanden sind. Fehlende Normen werden dann meistens durch Hausnormen ergänzt.

## 11.1 Referenzbezeichnungen

Die zur Definierung und Auffindung von Bauelementen notwendigen Referenzkennzeichnungen in Stromlauf- und Referenzplänen bestehen aus drei Klassifizierungen, die, von links nach rechts gelesen, folgende Bedeutung haben:

Die Buchstaben kennzeichnen das Bauelement, z.B. „R“ für Widerstand oder „Tr“ für Transformator.

Die auf den Buchstaben folgenden Zahlen geben die fortlaufende Nummerierung dieser Bauelementeart an, z. B. R1, R2, R25 ... Danach folgt in der Regel die elektrische Wertangabe des Bauelementes, z. B.z. B. 0,47  $\mu$  oder 18 k.

Da aus der Referenzbezeichnung bzw. aus dem Bauelementesymbol die Art des Bauelementes hervorgeht, ist es nicht erforderlich, nach der Wertangabe die Maßeinheit, z. B. Ohm ( $\Omega$ ), Farad (F) oder Henry (H) anzugeben.

Wird die Wertigkeit in der Grundeinheit angegeben, z. B. der Wert „270“, dann folgt keine Stellenwerteinheit, wie k für Kilo oder  $\mu$  für Mikro, M für Mega.

Die Abkürzungen für die Referenzbezeichnungen der Bauelementearten sind nicht genormt. Folgende Kennzeichnungen sind gebräuchlich:

Buchseneingänge	„Bu“ oder J
Dioden	„D“ oder „G“ bzw. CR oder V
Filter, auch Quarzfilter	„F“ oder „T“ (Ausland)

Gleichrichter	„Gl“ oder CR
Kondensatoren	„C“
Lampen	„La“ oder DS
Lautsprecher	„LS“
Relais	„Rel“
Spulen	„L“
Schalter, Tasten	„S“
Sicherungen	„S“ oder F
Transistoren	„T“ oder Q (Ausland)
Transformatoren, Übertrager	„Tr“ oder T (Ausland)
Widerstände	„R“
Integrierte Schaltungen	„IC“

Einige Beispiele:

R25 – 47 k	(Widerstand Nr. 25, Wert 47 k $\Omega$ )
R2 – 18	(Widerstand Nr. 2, Wert 18 S2)
R116 – 1 M	(Widerstand Nr. 116, Wert 1 M $\Omega$ )
C15 – 0,47 $\mu$	(Kondensator Nr. 15, Wert 0,47 $\mu$ F oder 470 nF)
C20 – 300 p	(Kondensator Nr. 20, Wert 300 pF)
C153 – 0,1	(Kondensator Nr. 153, Wert 0,1 F oder 100 mF)
L7 – 0,08	(Induktivität Nr. 7, Wert 0,08 H oder 80 mH)

Die Dimensionseinheiten „m“ (Milli), „n“ (Nano) sind international nicht gebräuchlich und kommen daher nur selten zur Anwendung.

Diese Bezeichnungen sind auch bei der Beschriftung von Bauelementen üblich, sofern kein Farbcode angewendet wird.

Bei Kondensatoren wird z. B. häufig der Wert ohne Dimensionseinheit angegeben.

Bei Elektrolytkondensatoren wird der Wert dann in  $\mu$ F abgelesen, bei keramischen Kondensatoren und Folienkondensatoren immer in pF, wenn nicht anders angegeben.

Dass bei den Referenzbezeichnungen sehr unterschiedlich verfahren wird, zeigt als Extremfall der Schaltungsauszug in Abb. 4.2. Hier fehlen die Referenzangaben für Kondensatoren und Widerstände. Nur die Halbleiterbauelemente (Dioden und Transistoren) haben Referenzbezeichnungen.

## 11.2 Werksnormen für Stromlaufpläne und Funktionsabläufe

Die Darstellungen von Ausgangszuständen, Betriebsspannungen, Verbindungen und Bezugspotenzialen werden von Firma zu Firma in anderen Formen und eigenen Systemen gehandhabt, sie sind ausgesprochen firmenspezifisch.

Als Beispiel dafür sollen stellvertretend für viele Varianten einige Darstellungsnormen von Unternehmen der Nachrichten- und Messtechnik vorgestellt werden.

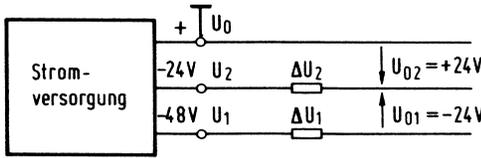


Abb. 11.1: Referenzbezeichnungen für Versorgungsspannungen

So werden z. B. in Gerätesystemen, die mehrere Betriebsspannungen erfordern, die einzelnen Spannungen durch Referenzbezeichnungen dargestellt (vgl. Abb. 11.1).

Der geerdete Pluspol wird mit „ $U_0$ “ bezeichnet. Die Teilspannungen  $-24\text{ V}$  mit  $U_2$  und  $-48\text{ V}$  mit  $U_1$ . Potenzialbereiche entsprechend mit  $\Delta U_1$  bzw. mit  $\Delta U_2$ .

Spannungen, die zwischen  $U_0$  und  $U_2$  liegen, tragen die Bezeichnung  $U_{02}$  bzw.  $U_{01}$  für Spannungen, die zwischen  $U_2$  und  $U_1$  liegen.

Die Definitionen der möglichen Schaltzustände in digitallogischen Schaltungen werden durch die Potenziale oder Potenzialbereiche dargestellt.

Bei den Transistorschaltungen entspricht das „0“-Signal dem Potenzialbereich  $U_2$  bis  $U_1$  ( $-24\text{ V}$  bis  $-48\text{ V}$ ) und das „1“-Signal einem wesentlich größeren positiven Potenzial,  $U_2$  bis  $U_0$  ( $-24$  bis  $+0\text{ V}$ ).

Ergänzend zu diesen Schaltzuständen werden noch folgende Binarzustände definiert:

- 1-Signal  $\rightarrow$  NICHT      0-Signal  $\rightarrow \bar{0}$ -Signal
- 0-Signal  $\rightarrow$  NICHT      1-Signal  $\rightarrow \bar{1}$ -Signal

Damit ergeben sich an den Eingängen einer Schaltstufe (Abb. 11.2) folgende mögliche Signalzustände:

- T1 leitend  $\rightarrow$  0-Signal, T1 gesperrt  $\rightarrow$  1-Signal
- K1 geschlossen  $\rightarrow$  0-Signal, K1 offen  $\rightarrow \bar{0}$ -Signal  $\rightarrow$  1-Signal
- T2 leitend  $\rightarrow$  1-Signal, T2 gesperrt  $\rightarrow \bar{1}$ -Signal  $\rightarrow$  0-Signal
- K2 geschlossen  $\rightarrow$  1-Signal, K2 offen  $\rightarrow \bar{1}$ -Signal  $\rightarrow$  0-Signal

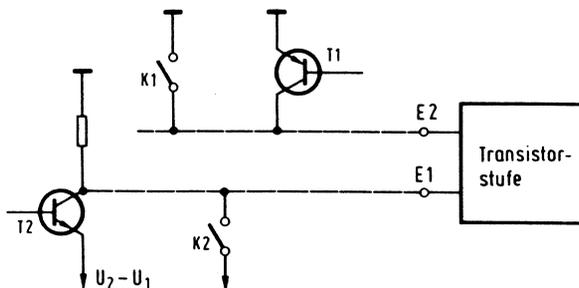
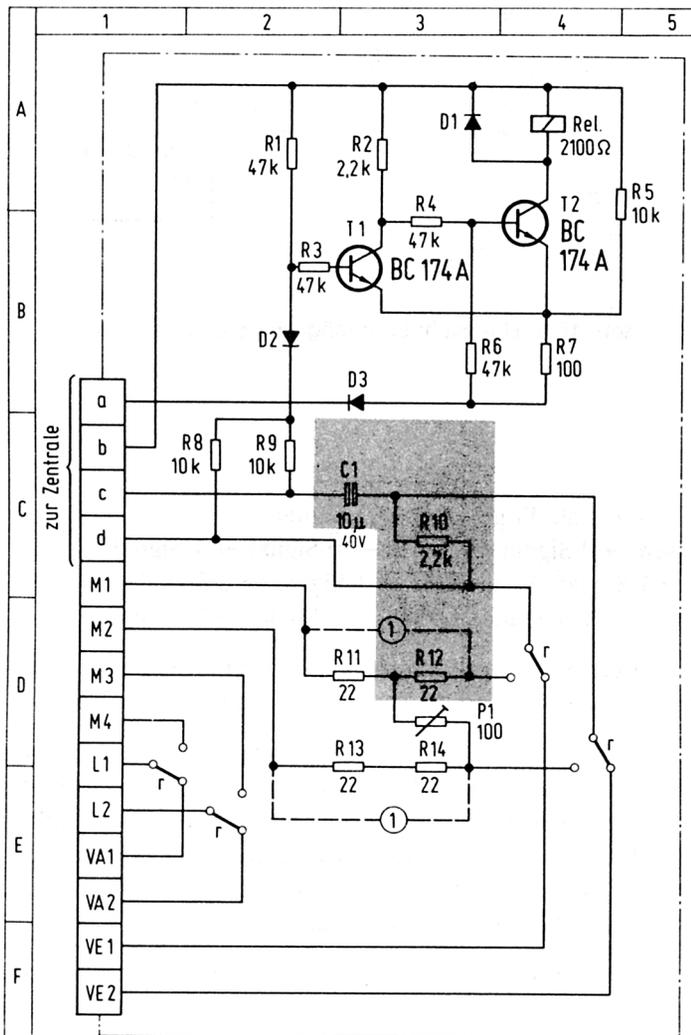


Abb. 11.2: Übersicht über mögliche Signalzustände

In den Schaltungen wird der Ruhezustand der Transistoren dadurch gekennzeichnet, dass der jeweils leitende Transistor schraffiert gezeichnet ist.

Eine sehr nützliche und von vielen Herstellern angewendete Maßnahme ist die Einteilung der Stromlaufpläne in Planquadrate (Abb. 11.3). In den Schaltungs- und Servicebeschreibungen wird die Kennzeichnung des Planquadrates vor die Referenzbezeichnung des Bauelementes gesetzt. Zum Beispiel wird in Abb. 11.3 für ein Bauelement



① Bei direktem Betrieb ohne Dämpfung Brücken einlegen

Abb. 11.3: Definition der Bauelemente mit Hilfe der Planquadrate

die Angabe C3 – R10 gemacht. Dies bedeutet, dass im Planquadrat C3 der Widerstand R10 aufzufinden ist.

Diese Orientierungshinweise sind vor allem bei großen Stromlaufplänen, z. B. DIN A3 oder DIN A2, eine wesentliche Unterstützung zum Auffinden der einzelnen Bauelemente.

Bei größeren Geräten mit mehreren Funktionseinheiten wird jeder Stromlaufplan einer Leiterplatte separat auf einer Seite DIN A3 gefaltet auf DIN A4 dargestellt.

Damit bei mehreren Stromlaufplänen ein rasches Auffinden des Funktionsablaufes oder des Signalweges möglich ist, werden die Verbindungspunkte des Stromlaufplanes einer Leiterplatte waagrecht an eine senkrecht verlaufende Linie geführt, die oben die Bezeichnung der Leiterplatte führt, mit der die dargestellte Leiterplatte verbunden ist. Das Beispiel in Abb. 11.4 zeigt einen Teilausschnitt der Leiterplatte GPS.

Die abgebildeten Anschlüsse führen an weitere Funktionseinheiten und Leiterplatten.

Die Anschlüsse „30“ und „31“ führen an die Leiterplatte DLS. Die Anschlüsse „46“, „44“ und „39“ an die Leiterplatte ZPS. An die TIn-Klemmleiste führen die Anschlüsse a1, a2, c und d.

Die Weiterverfolgung eines Anschlusses ist aufgrund dieser Kennzeichnung ohne weiteres möglich.

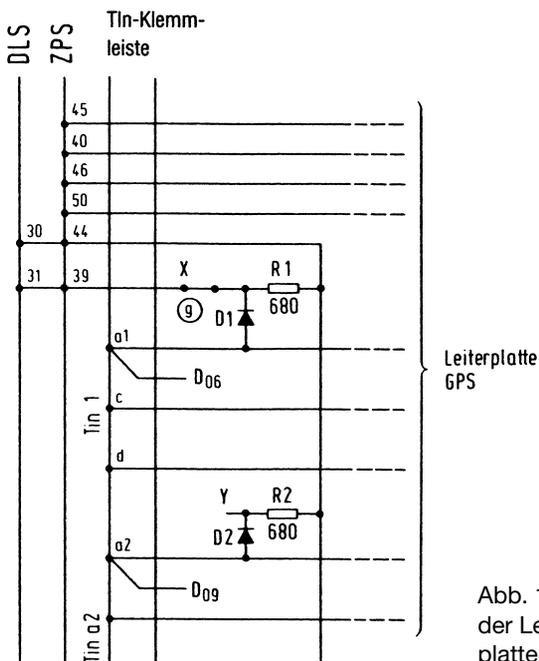


Abb. 11.4: Darstellung der Verbindungen der Leiterplatte GPS zu anderen Leiterplatten und Funktionseinheiten

Zuerst wird die Funktionseinheit bzw. Leiterplatte definiert. Zum Beispiel führt die Verbindung Nr. 31 zur Leiterplatte DLS. Unter dieser Nummer kann man auf der Leiterplatte DLS die Verbindung weiterverfolgen.

Funktionsabläufe von Schaltungen werden vielfach in einem Ablaufdiagramm dargestellt. In diesem Ablaufdiagramm wird jede Schaltstufe bzw. jedes Relais seiner Funktionsfolge entsprechend eingesetzt (Abb. 11.5).

Der schwarze dünne Strich zu Beginn der Einschaltfunktion besagt, dass der Transistor bzw. das Relais verzögert einschaltet. Der schwarze Balken zeigt dann den Ein-

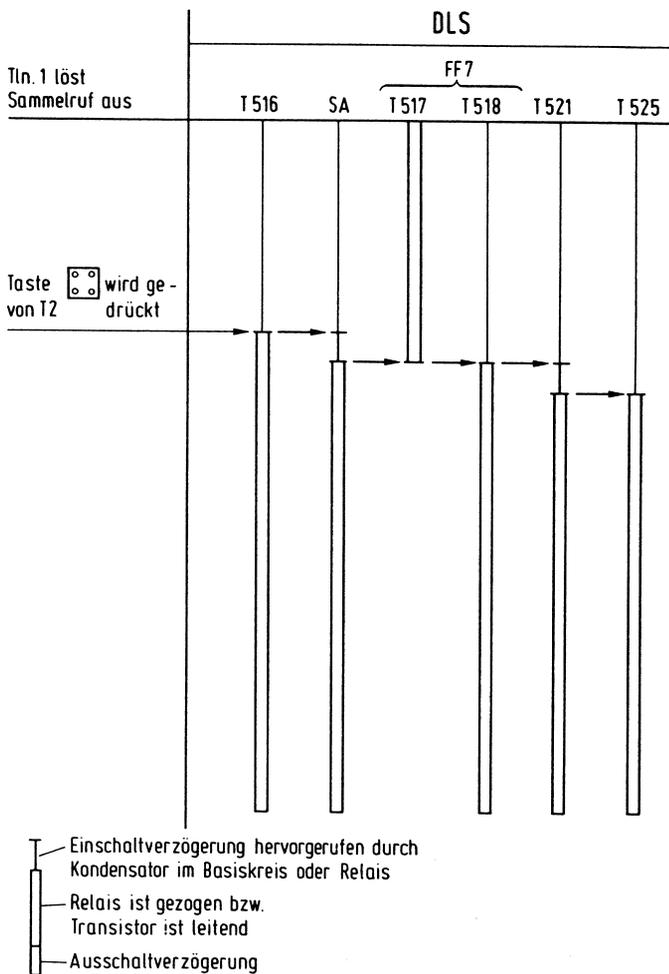


Abb. 11.5: Funktionsdiagramm von Schaltstufen und Relais

schaltzustand an (Transistor leitend, Relais erregt). Das daran anschließende Kästchen zeigt eine Ausschaltverzögerung.

In der Abb. 11.5 ist im Ruhezustand der Transistor T517 des Flipflops FF7 leitend. Alle anderen Transistoren sind nichtleitend. Das Relais SA nicht angezogen.

Durch Auslösung der Funktion mittels der Taste „Sammelruf“ wird durch den Transistor T2, entsprechend der dargestellten Reihenfolge, der Transistor T516 leitend geschaltet. Dadurch kippt das Flipflop FF7 in die andere Ausgangslage, T517 wird nichtleitend, T518 leitend. Durch T518 wird T521 geschaltet. Dieser Transistor schaltet verzögert den Transistor T525.

Diese Form der Funktionsdarstellung hat den Vorteil, dass auf einen Blick die am Funktionsablauf beteiligten Schaltungsstufen zu ersehen sind. Dies ist anhand des Schaltbildes und der Funktionsbeschreibung nicht möglich.

### 11.3 Kennwert- und Datenblätter

Für den Applikations- oder Servicetechniker ist es unerlässlich, die wesentlichsten Kennwerte eines Bauelementes für seine Belange aus den Unterlagen des Herstellers zu entnehmen, d.h. Datenblätter zu lesen. Vor allem der Servicetechniker steht vielfach vor dem Problem, ein defektes Bauteil zu ersetzen. Hierbei ist er oftmals gezwungen, ein nicht mehr erhältliches Bauelement durch ein gleichwertiges zu ersetzen.

Aus der Vielzahl der angegebenen Daten muss er die für die Betriebssicherheit des Gerätes wichtigsten Werte ermitteln.

Die wichtigsten Werte sind maximal zulässige Ströme, Sperrspannungen, Schleusen- und Schwellenspannungen, totale Verlustleistung und Toleranzangaben.

Hierzu drei Beispiele für Dioden, Transistoren und einen integrierten Digitalbaustein:

Bei den meisten Datenblättern werden vorab die Abmessungen des Bauteiles, Gewicht und Gehäuseform angegeben. Auch die Grenzwerte des Bauteils werden vorab gegeben. Diese Grenzwerte sind absolute Höchstwerte, die auf keinen Fall als Kennwert für den Dauerbetrieb angesehen werden dürfen. In der Regel sind dies Verlustleistung, Sperrschichttemperatur und Lagerungstemperatur sowie Wärmewiderstand und Sperrspannungen. Danach folgen Kennwerte und Kennlinien, bzw. die verschiedensten Parameter.

Im folgenden Beispiel soll ein Ersatztyp für eine defekte Diode BA 170 gefunden werden. Diese Diode hat als Grenzwert für die Sperrspannung  $U_R = 20 \text{ V}$  angegeben. Der Grenzwert für die Verlustleistung liegt bei  $P_{\text{tot}} = 300 \text{ mW}$ . Bei der Suche nach einem Ersatztyp muss darauf geachtet werden, dass diese für den Betrieb der Diode wichtigsten Kennwerte nicht unterschritten werden.

Als Ersatztyp käme z. B. die Diode BAV 17 in Frage. Ihre Werte liegen für  $U_R = 25 \text{ V}$  und  $P_{\text{tot}} = 400 \text{ mW}$  deutlich über den Werten der BA 170. Grundsätzlich kann ein Halbleiterbauelement einer Typengruppe mit niedriger Kennziffer durch einen Typ mit höherer Kennziffer ersetzt werden. Die Diode BA 170 kann daher durch die Typen BA 171 bzw. BA 172 ersetzt werden.

Bei Ersatz von Z-Dioden ist neben der Arbeitsspannung, z. B.  $U_Z = 10 \text{ V}$ , der zulässige Arbeitsstrom  $I_Z$  und der differenzielle Widerstand  $r_Z$  von Bedeutung. Als Beispiel soll für eine defekte ZPD 10 ein Ersatztyp gesucht werden.

Die ZPD 10 gehört laut Datenblatt zu einer Typengruppe, die von ZPD 1 bis ZPD 51 reicht und die eine Verlustleistung von 500 mW hat. Außerdem eine Toleranz der Arbeitsspannung von 0,5 V. Es gibt nun die Möglichkeit, die ZPD 10 durch zwei in Reihe geschaltete Z-Dioden mit niedrigerer Arbeitsspannung zu ersetzen, z. B. durch die Typen ZPD 5,1. Der zulässige Arbeitsstrom liegt aufgrund der niedrigeren Arbeitsspannung doppelt so hoch ( $I_Z = 80 \text{ mA}$ ).

Allerdings liegt der differenzielle Widerstand bei  $r_Z = 30 \Omega$  wesentlich höher. Durch die Reihenschaltung verdoppelt sich dieser Widerstand auf  $60 \Omega$ . Dies muss beachtet werden! In manchen Schaltungen ist der differenzielle Widerstand für die Siebwirkung von großer Bedeutung. Ist dies der Fall, muss ein Ersatztyp gesucht werden. Dies wäre z. B. eine Z-Diode mit höherer Verlustleistung. Bei der ZY 10 liegt die Verlustleistung bei 1,3 W, der Arbeitsstrom dadurch bei 90 mA ( $T_U = 45 \text{ }^\circ\text{C}$ ). Der differenzielle Widerstand liegt bei  $r_Z = 2 \Omega$  und damit ebenfalls etwas besser als bei der ZPD 10 ( $r_Z = 4 \Omega$ ).

Die wichtigsten Kennwerte für Transistoren sind die Grenzwerte für  $U_{CE0}$  (bei offener Basis), für  $I_C$  und für  $I_B$ . Außerdem die statische Stromverstärkung  $B$ , die Kollektor-Sättigungsspannung  $U_{CE\text{sat}}$ , die Basis-Sättigungsspannung  $U_{BE\text{sat}}$  und die Basis-Emitter-Spannung  $U_{BE}$  sowie die Verlustleistung  $P_{\text{tot}}$ .

Diese Kennwerte werden in Datenblättern für ganze Typengruppen angegeben. Zum Beispiel für die Typengruppe BC 107 bis BC 239. Auch hier gilt die Regel, dass ein Transistor einer Typengruppe mit niedriger Kennziffer durch einen Transistor mit höherer Kennziffer ersetzt werden kann, weil dieser in den Kennwerten auf jeden Fall besser ist.

Bei integrierten Schaltungen gibt es in der Auswahl von Ersatztypen keine großen Ausweichmöglichkeiten. Man ist hier vor allem an die Anschlussbelegung der einzelnen ICs gebunden. In den Typenbezeichnungen hat sich eine gewisse Standardisierung durchgesetzt.

ICs mit einem Temperaturbereich von  $0 \text{ }^\circ\text{C}$  bis  $+70 \text{ }^\circ\text{C}$  beginnen mit den Ziffern 74... ICs mit einem Temperaturbereich von  $-55 \text{ }^\circ\text{C}$  bis  $+125 \text{ }^\circ\text{C}$  beginnen mit den Ziffern 54... Eine Ausnahme bildet die Firma Siemens, die ein eigenes Typenbezeichnungsschema benützt.

Die Buchstaben vor den Ziffern geben lediglich Aufschluss über den Hersteller, z. B. MIC (Intermetall), SN (Texas Instruments), FZ (Siemens), MK (Mostek) usw.

Alle Firmen stellen ICs mit gleichen Kennwerten und Anschlussbelegungen her. So kann der Baustein SN 7400 (4-fach-NAND) von Texas-Instruments ohne weiteres gegen den Baustein MIC 7400 von Intermetall ausgetauscht werden. Desgleichen kann ein Baustein 7400 gegen einen Baustein 5400 ausgetauscht werden.

## 11.4 Serviceunterlagen

Aufgrund der zunehmenden Automatisierung von Geräten und Anlagen durch den Einsatz von Mikrocomputern werden auch die Serviceunterlagen immer umfangreicher und komplexer.

Daher werden von den Herstellern umfangreiche Dokumentationen für Servicezwecke den Geräten beigelegt, die das Zusammenwirken von Hardware und Software übersichtlich darstellen sollen. Die folgende Beschreibung der zur Verfügung gestellten Serviceunterlagen wurde einer Dokumentation für einen 100-kW-Hochspannungsgenerator entnommen.

Neben den üblichen Unterlagen, wie Bedienungs-, Installations- und Inbetriebnahmebeschreibungen, enthalten die Unterlagen ein Verzeichnis der Kontaktfunktionen.

Einen Teilauszug enthält die Tabelle 11.1:

Unter „Bezeichnung“ (Tab. 11.1) wird zuerst die Schütz- oder Relais-Identifikationsnummer angegeben, z. B. K01, darunter die dazugehörige Spule.

Danach folgt die Auflistung der einzelnen Kontakte durch fortlaufende Großbuchstaben A..., die von diesem Schütz oder Relais geschaltet werden. Die danach folgenden Bezeichnungen NO und NC definieren den Öffner-(O-) und den Schließ-(C-) Kontakt.

Unter „Planquadrat“ (Tab. 11.1) wird der Stromlaufplan und das Planquadrat definiert, in der sich das Relais oder das Schütz befinden. Die Spule des Relais K04 findet man im Stromlaufplan 1138-S3, im Planquadrat B8. Der dazugehörige Kontakt A NO befindet sich im selben Stromlaufplan im Planquadrat C5. Die anderen Kontakte dieses Relais sind nicht belegt.

Unter „Funktion“ (Tab. 11.1) erfolgen Angaben über die Auslösefunktionen. Zuerst wird der Funktionsname des Schützes oder Relais angegeben. Danach folgt die Auslösefunktion der Spule, z. B. wird das Relais K04 durch die Netzeinschalttaste ausgelöst. Zu den Kontakten werden die ausgelösten Funktionen beschrieben. Trifft die Beschreibung für mehrere Kontakte zu, wird ein Klammersymbol für die entsprechenden Kontakte gesetzt.

Tab. 11.1: Bauelementefunktionen eines 100 kW-Generators

Bezeichnung	Planquadrat	Funktion
K01		Netzschütz
Spule	1138-S3 C4	wird erregt von 30K3B.
Kontakt		
A NO	1138-S4 A2	} Hauptkontakte verbinden den Generator mit dem Netz
B NO	1138-S4 A2	
C NO	1138-S4 A2	
D NC		frei
E NO	1138-S3 D/E1	} schalten den Transformator T1 ein
G NO	1138-S3 D/E1	
F NC		frei
K 02		Sicherheitsschütz
Spule	1136-S14 E6	Wird erregt von K323B bzw. K318A über K53C
Kontakt		
A NO	1138-S4 C4-6	} Hauptkontakte; verbinden den Hochspannungstransformator mit dem Kohlerollentransformator
B NO	1138-S5 D2	
C NO		
D NC		frei
E NO		frei
F NC		frei
G NO	1138-S14 C8	erregt K107
K04		Stromstoßrelais
Spule	1138-S3 B8	wird geschaltet von der Netztaсте
Kontakt		
A NO	1138-S3 C5	in Serie mit 30K2A NC und S02. Erregt
30K3		
A NC		frei
B NO		frei
B NC		frei
K06		Hilfsrelais; schaltet die Primärspannung für den Transformator T2 des Mikroprozessors
Spule	1138-S3 B5	wird erregt von 30K3A oder OUTP. +1 BIT7 des Mikroprozessors (I/O Karte 5)
Kontakt		
A NO	1138-S3 F2	} schalten den Transformator T1 ein
B NO	1138-S3 F2	

Eine tabellarische Auflistung erfolgt auch für die Klemmenfunktionen. Dazu folgender Teilauszug:

Tab. 11.2: Klemmenfunktionen des 100 kW-Generators

<b>Klemmenbezeichnung</b>	<b>Planquadrat</b>	<b>Funktion</b>
TB 14-1 14-2 1136- S16 Bl. 2 E4	15400-S1 G2	+25 V bei Aufnahme und Aufnahmeverbereitung-Durchleuchtung „High Level“
14-3	1136-S19 C4	180-Hz-Start (nur USA)
14-4	1136-S16 Bl. 2 E3	Durchleuchtung „Low Level“
14-5	1136-S19 D2/3	K311 A Com
14-6	1136-S19 C2	K311 B NO
14-7	1136-S19 D2	K311 B Com
14-8	1136-S19 C2	K311 A NO
14-9	1136-S12 G3	Upot Film Device Park
14-10	1136-S10 G8	BV in Position
14-11	1136-S12 G4	Spot Film Camera Park
14-12	1136-S10 G8	70-mm-Kamera geladen
14-13	1136-S6 B9	Kommando „Aufnahme (Low True)“
14-14	1136-S18 A3	+24-V=-Versorgung
14-15	1136-S6 D12	Low True, bei Aufnahmeende mit Belichtungsautomat
14-16	1136-S10 B6	Externe Backup-Anzeige
14-17	1136-S6 A9	Kommando „Aufnahme (High True)“
14-18	1136-S19 C2	Low True, wenn Hangover oder keine Aufnahmeverbereitung (nur USA, HS-Starter)
14-19	1136-S16 Bl. 2 F3	Externer Triggerschalter 2. Stufe
14-20	1136-S19 C3	Low True, wenn Hangover programmiert ist

Unter „Klemmenbezeichnung“ (Tab. 11.2) erfolgt die Definition der Klemmenleiste und die fortlaufende Nummerierung der Klemmen, z. B. TB-14-9. Unter „Planquadrat“ erfolgt die Angabe des Stromlaufplanes mit der entsprechenden Ortsbestimmung.

Unter „Funktion“ (Tab. 11.2) erfolgen Angaben über die angeschlossenen Funktionselemente und Signale.

Eine weitere und interessante Darstellungsform sind Signallisten für bestimmte Funktionsbereiche, wie z. B. die folgende Darstellung (Tab. 11.3) für „Durchleuchtung ausschalten“ zeigt.

In der Übersicht (Tab. 11.3) werden zu dem Funktionsablauf alle erforderlichen Hauptsignale und die Hilfssignale (nebengeordnete Signale) aufgelistet.

Tab. 11.3: Funktion „Durchleuchtung ausschalten“ des 100kW-Generators

Hauptsignalfluss	nebengeordnete Signale	Spanng. ca.	Ein-/Ausgabe Wrap Pin	Klemme	abs. Adr.	syb. Adr.
Durchleuchtungsschalter Aus		+24 V	IN		D006/6	10/6
mA-Messung Stop		+24 V	OUT		D008/0	OUTP + 8/0
µP-Stop Aufnahme		+24 V	OUT		D007/7	OUTP/7
Q1+Q2 (Drehanode) löschen		+24 V	OUT		D005/0+1	OUTP+5/0+1
K312, K318, RES02 entregen		+24 V			D004/4+5	OUTP+4/4+5
	kV-Motor Stop 40 ms	0 V	OUT			
	23K1, 23K3 entregen	+24 V	OUT		D000/0+3+4	OUTP/0+3+4
	kV-Motor ein	+15 V	OUT		D000/0	OUTP/0

Es folgen die Spannungswerte der Signale unter „Spannung ca.“. Unter „Ein-/Ausgabekarte Wrap.-Pin“ werden die Pin-Belegungen und die Ein-/Ausgangsfunktionen definiert. Diese Karte ist das Interface (Hardware-/Software-Schnittstelle). Unter „absolute Adresse“ und „symbolische Adresse“ werden die Programmadressen im Speicherbereich definiert.

Einen Überblick über das Zusammenwirken von Hardware und Software sollen die Signalflussdiagramme geben. Das Flussdiagramm in Abb. 11.6 zeigt einen Teilauszug aus dem Einschaltvorgang des Generators.

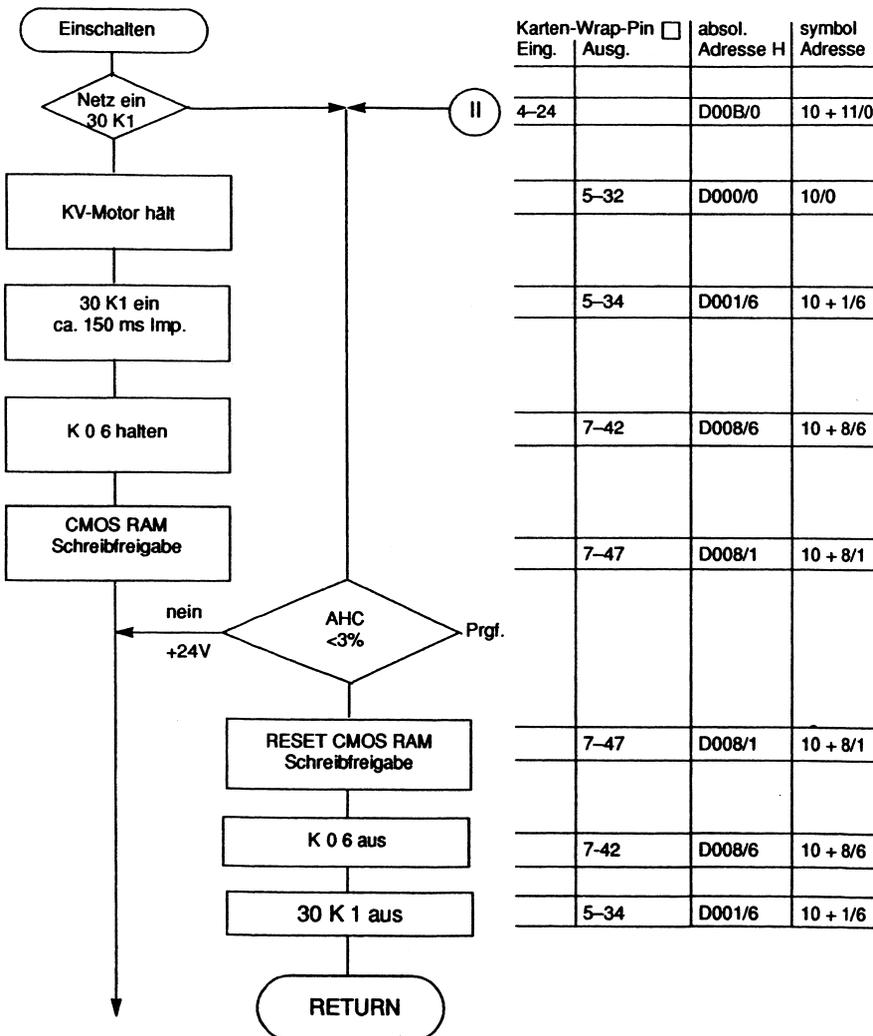


Abb. 11.6: Ablauf-(Funktions-)plan für Einschaltphase

Die Darstellung zeigt im Wesentlichen die Bedingungen für den Funktionsablauf der Hardwareelemente. Daneben befindet sich eine Tabelle, die zu den einzelnen Funktionsschritten die Zuordnung der Ein-/Ausgänge der Hardware-/Software-Schnittstelle und die Adressbereiche des Programmspeichers definiert.

Der Einsatz von Mikrocomputern in Steuerschaltungen und Geräten erfordert vielfach den Einsatz eines Bildschirmgerätes. Die Bedienung, Fehlerdiagnose und Wartung des Gerätes erfolgt dann im Dialog mit dem Bildschirm in Verbindung mit den am Gerät vorhandenen Bedienelementen (Taster, Schalter).

So genannte Funktionstasten werden durch die Software gesteuert und haben daher mehrere Funktionsaufgaben, die über den Bildschirm angezeigt werden.

*Abb. 11.7* zeigt eine Übersicht über die Struktur der Bedienerführung eines Programmiergerätes für die Überprüfung der Hardware eines Gerätes.

Die Bedienerführung beginnt mit der Aufforderung, die Netzspannung einzuschalten und die Systemdiskette in das Laufwerk „0“ zu legen (vgl. *Abb. 11.7a*). Danach wird gesagt, welche Tasten für den automatischen Aufruf betätigt werden müssen. Mit Soft-key sind hier die softwaregesteuerten Funktionstasten definiert.

Nach dieser Einschaltprozedur wird in *Abb. 11.7b* das erste Informationsbild der Bedienerführung über die Aufgaben der Funktionsauswahltasten gegeben. In dieser Darstellung wird auch ersichtlich, dass die Bedienerführung über zwei verschiedene Programmzweige erfolgt. Der erste Programmteil führt über die Funktionstasten F1 bis F3, der zweite Programmteil über die Funktionstasten F4 bis F8. Unter den Funktionstasten sind wiederum verschiedene Programmteile enthalten, die zur gewünschten Hardwarefunktion führen. Die Darstellung zeigt auch, über welche Tasten der Rücksprung aus dem jeweiligen Programm erfolgen kann.

Nach Auswahl der entsprechenden Programmfunktion wird auf dem Bildschirm zur Eingabe der Kommandoart aufgerufen, z. B. Ein- oder Aus-Funktion (*Abb. 11.7c*). Die letzte Bildinformation (*Abb. 11.7d*) gibt Auskunft über die Kommandoausführung und ob das Kommando auch richtig ausgeführt wurde.

Vielfach werden in den Serviceunterlagen Bedienerführungen in Form von Programmblaufplänen dargestellt. Hierbei werden in gemischter Ablauffolge die Symbole nach DIN 66 001 mit teilweise anderen Funktionen und Tastenfunktionen eingesetzt.

*Abb. 11.8* zeigt den Anwendungszweck für den Einsatz der Symbole.

Das Ein-/Ausgabe-Symbol wird für die Eingaben an der Tastatur eingesetzt.

Das Symbol für Operationen im Computer wird für Darstellungen auf dem Bildschirm angewendet. Das Unterprogramm-Symbol wird für separat erläuterte und abgeschlossene Bedienfolgen eingesetzt. Das Symbol für die Operation von Hand wurde in diesem Beispiel in seiner Bedeutung übernommen.

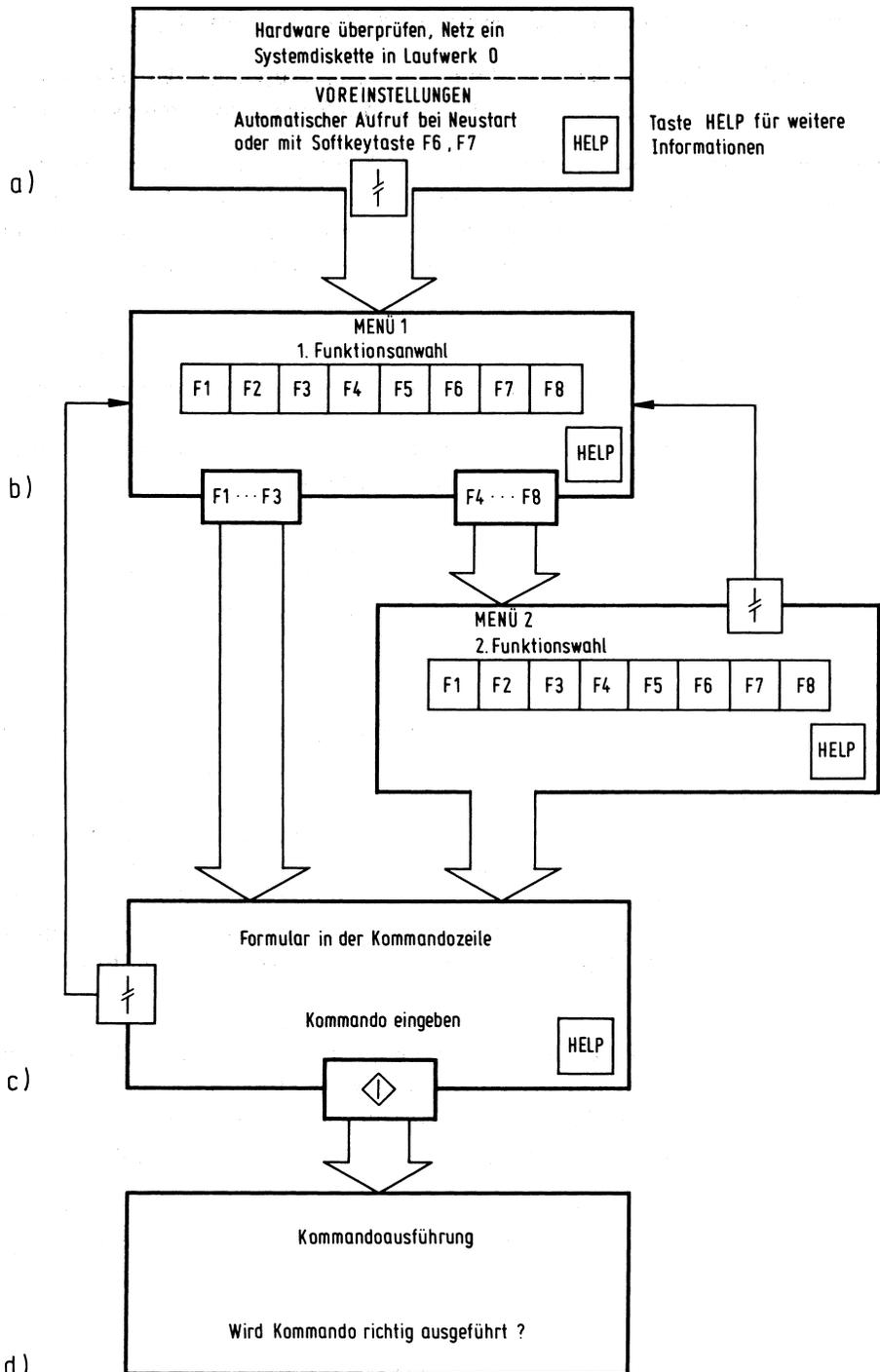
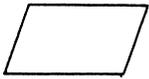
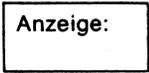


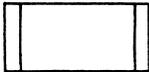
Abb. 11.7: Übersichtsdarstellung der Bedienerführung



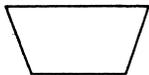
Eingabe über Tastatur



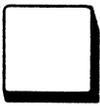
Anzeige auf dem Bildschirm  
(Computerfunktion)



Für sich geschlossene  
Bedienfolge  
(Unterprogramm)



Operation von Hand



Betätigung einer  
Funktionstaste



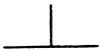
Flußlinie



Bedingte Flußlinie



Übergangsstelle



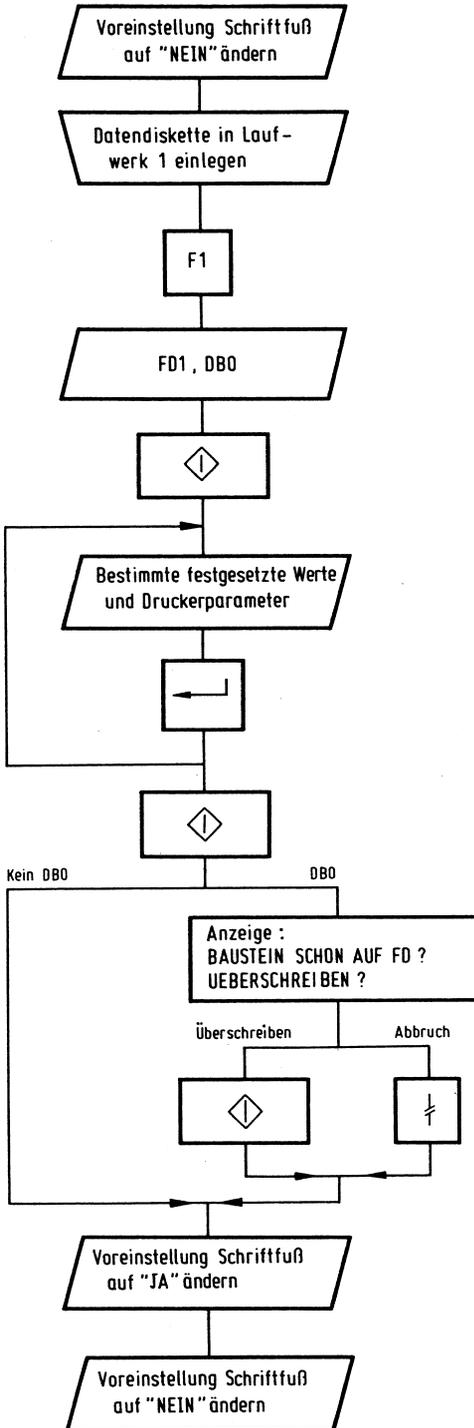
Eröffnen von alternativen  
Verzweigungen



Schließen von alternativen  
Verzweigungen

Abb. 11.8: Angewendete Symbole für Ablaufplan

Ein Anwendungsbeispiel für den Einsatz der Symbole ist in Abb. 11.9 dargestellt. Der Programmablaufplan zeigt eine Bedienerführung für das Ändern der Druckerparameter ohne Schriftfuß.



Voreinstellung : Schriftfuß "NEIN "

Der Anwender kann die Druckparameter (Druckbreite, Blattlänge, Zeilenwechselzeit) ändern. Standardwerte :

Druckbreite 80 Spalten  
 Blattlänge 73 Zeilen  
 Wartezeit bei Zeilenwechsel 20 ... 25 ms

Siehe Beispiel

Zeile abschließen

DB0 abschließen

DB0 auf Diskette übertragen oder nicht übertragen

Siehe Beispiel

Anschließend kann die Voreinstellung wieder auf "NEIN" geändert werden.

Abb. 11.9: Beispiel für Bedienerführung: Druckerparameter ändern

## 11.5 Übungen zur Vertiefung

1. In welchem Planquadrat der Abb. 11.3 liegen die Bauelemente T2, C1 und R12?
2. Über welche Anschlussnummer wird die gemeinsame Verbindungsleitung der Widerstände R1 und R2 in Abb. 11.4 an die Leiterplatte ZPS geführt?
3. Durch welche Angaben unterscheiden sich die Tabellen 11.1 und 11.2?
4. Wodurch unterscheiden sich die Bedienerführungen in Abb. 11.7 und Abb. 11.9?

Lösungen im Anhang

## 12 Darstellungshilfen für speicherprogrammierbare Steuerungen

Speicherprogrammierbare Steuerungen (im folgenden SPS genannt) sind Mikrocomputerschaltungen mit frei programmierbaren Halbleiterspeichern, die Verknüpfungsschaltungen (logische Verknüpfungen, Zeit- und Zählfunktionen) enthalten.

Der Steuerstromkreis der SPS besteht aus den in der Steuerungsanlage befindlichen Signalgebern, die einzeln an die SPS im Eingangsfeld angeschlossen sind (Abb. 12.1), und aus dem Leistungsteil im Ausgangsfeld.

Die Abarbeitung des Programms geschieht seriell. Die Abarbeitungszeit ist von der Programmlänge abhängig. Die Programmerstellung für den gewünschten Steuerungsablauf einer SPS erfolgt anhand einer verbalen Beschreibung, eines Stromablaufplanes oder eines Funktionsplanes. Das Programm wird über ein Datenterminal (Tastatur mit Anzeigeeinheit) in dem Speicher abgelegt.

Der Programmierer muss bei der Programmerstellung in Form einer Anweisungsliste (AWL) bestimmte Regeln beachten. Ein- und Ausgänge und Zeitglieder müssen in einer produktabhängigen Bedienersprache eingegeben werden.

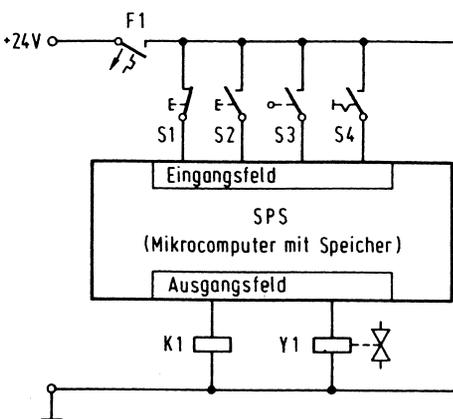


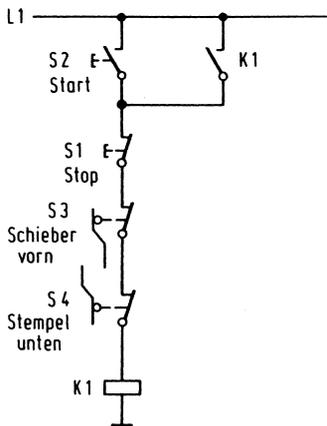
Abb. 12.1: Speicherprogrammierbare Steuerung

### 12.1 Betriebsmittel- und Zuordnungsliste

Speicherprogrammierbare Steuerungen und die Programmiergeräte verwenden nur die Kennzeichnung E für Eingänge und A für Ausgänge. Die Kennzeichnung der elektrischen Betriebsmittel in einem Stromlaufplan erfolgt nach DIN 40719 Teil 2. So werden beispielsweise Taster, Grenztaster mit S..., Ventile mit Y... und Schütze mit K... bezeichnet.

Bei der Umsetzung eines Stromlaufplanes in ein Programm muss daher zuerst eine Zuordnungsliste erstellt werden (Abb. 12.2). Darin werden die Ein- und Ausgänge durchnummeriert.

a) Stromlaufplan



b) Betriebsmittel und Zuordnungsliste

Gerätebezeichnung	SPS-Bezeichnung	Funktionshinweise
S 1	E 1	Stop
S 2	E 2	Start
S 3	E 3	Schieber vorn
S 4	E 4	Schieber hinten
K 1	A 1	Automatik ein

Abb. 12.2: a) Beispiel für Stromlaufplan und b) Zuordnungsliste

### 12.2 Kontaktplan (KOP)

Eine Form der grafischen Programmierung ist der Kontaktplan. Nach DIN 19239 sind hierfür drei Symbole entsprechend Abb. 12.3 vorgesehen. Als Eingänge können auch abzufragende Ausgänge, Zeitglieder und Merker eingesetzt werden. Die Umsetzung des Stromlaufplanes nach Abb. 12.2 ergibt den Kontaktplan entsprechend Abb. 12.4.

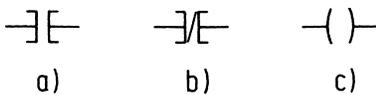


Abb. 12.3: Darstellungssymbole im Kontaktplan: a) Eingang; b) Eingang negiert; c) Ausgang

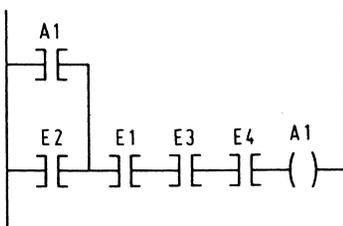


Abb. 12.4: Kontaktplan (KOP) des Stromlaufplanes nach Abb. 12.2a

### 12.3 Logikplan (LOP)

Eine weitere Form der grafischen Programmierung ist der Logikplan. Die Aufstellung der Symbole in Abb. 12.5 zeigt die wesentlichsten Funktionen nach DIN 19239. Vielfach werden die Symbole der Elektronik benützt (z. B. Flipflop, Register, Zähler usw.).

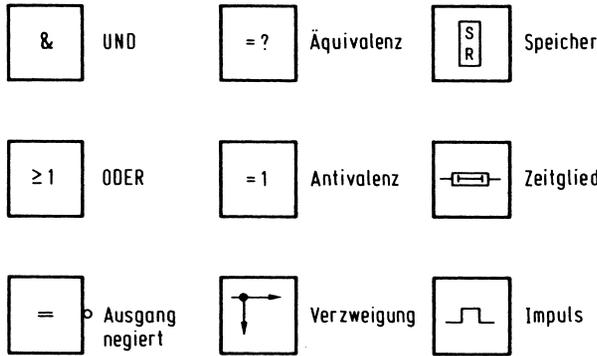


Abb. 12.5: Symbole im Logikplan für SPS

In Abb. 12.6 ist der Stromlaufplan aus Abb. 12.2 in einen Logikplan umgesetzt.

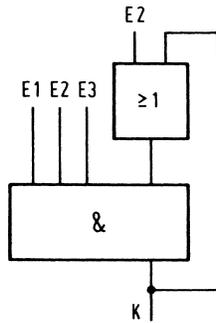


Abb. 12.6: Logikplan der Schaltung nach Abb. 12.2a

### 12.4 Anweisungsliste (AWL)

Für die Erstellung der Anweisungsliste kann als Vorlage sowohl der Kontaktplan als auch der Funktionsplan dienen. Die aufeinanderfolgenden Anweisungen werden listenförmig den Speicherplätzen zugeordnet. Jede Anweisung enthält die durchzuführenden Operationen (Art der Verknüpfung), das Operandenkennzeichen (Eingang, Ausgang, Merker) sowie den Parameter (Nr. des Operanden).

Es bedeuten für die Operanden:	E	Eingänge
	A	Ausgänge
	M	Merker
	T	Zeiten
	Z	Zähler
Es bedeuten für die Operationen:	{ U	UND-Verknüpfung
(Eingabe)	{ UN	UND-Verknüpfung Signalabfrage bejaht
	{ O	ODER-Verknüpfung
(Eingabe)	{ ON	ODER-Verknüpfung negiert
	{ =	Zuweisung
(Ausgabe)	{ =N	Zuweisung negiert
	{ SL	Speicher setzen
	{ RL	Speicher rücksetzen
(Zeit- und Zähloperationen):	=T	Zeit-Eingang <sup>-</sup>
	=L	Zähler-Sollwertübernahme
	=I	Zähler-Eingang
	SW	Sprung bedingt bejaht
	LS	Lade sofort
	NO	Keine Operation
	PE	Programmende

Die folgende Anweisungsliste zeigt den Programmablauf der Schaltung nach Abb. 12.2 bzw. 12.4 oder 12.6:

Adr.	Operation	Operand	und	Parameter
1	U	E		2
2	0	A		1
3	U	E		1
4	U	E		3
5	U	E		4
6	=	A		1
7	PE			

Abb. 12.7 zeigt den Funktionsplan einer handbetätigten Folgeschaltung mit Speicherfunktionen. Dazu ist folgende Anweisungsliste erforderlich:

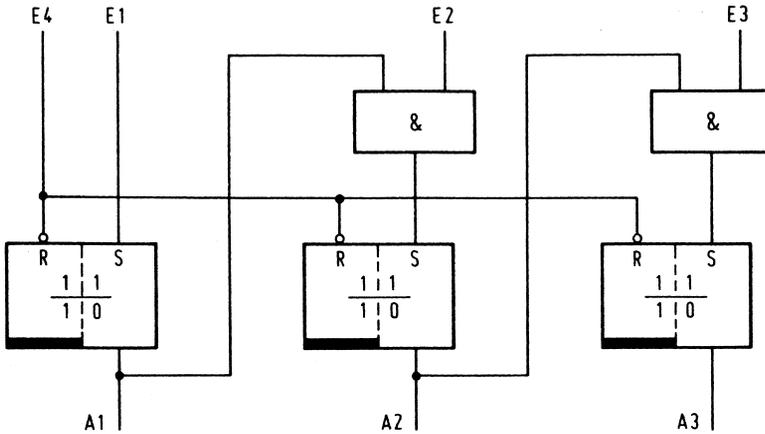


Abb. 12.7: Funktionsplan einer handbetätigten Folgeschaltung

Adresse	Anweisung	Kommentar
1	U E1	} Setzen erster Ausgang
2	SL A1	
3	UN E4	
4	RL A1	} Rücksetzen erster Ausgang
5	U E2	
6	U A1	
7	SL A2	} Setzen zweiter Ausgang
8	UN E4	
9	RL A2	
10	U E3	} Setzen dritter Ausgang
11	U A2	
12	SL A3	
13	UN E4	} Rücksetzen dritter Ausgang
14	RL A3	
15	PE	} Programmende

## 12.5 Übungen zur Vertiefung

1. Die Schaltung in Abb. 12.8 stellt den Stromlaufplan einer Haltegliedsteuerung mit vier Tastern für Ein- und Ausschaltung dar.

Funktionsbeschreibung:

Wird einer der Taster S3 oder S4 betätigt, muss das Schütz K1 anziehen und sich selbst halten sowie die Meldeleuchte H1 einschalten. Bei Betätigung einer der beiden Taster S1 und S2 muss das Schütz K1 abfallen, die Meldeleuchte H1 aus- und die Meldeleuchte H2 eingeschaltet werden.

Der dazugehörige Logikplan ist zu erstellen!

2. Zu der Haltegliedsteuerung in Abb. 12.8 ist die Belegungsliste zu erstellen.
3. Zu der Haltegliedsteuerung in Abb. 12.8 ist Anweisungsliste zu erstellen.

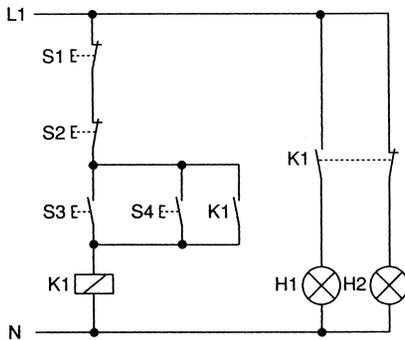


Abb. 12.8: Stromlaufplan einer Haltegliedsteuerung

Lösungen im Anhang

# 13 CAD-Dokumentation

Mit steigender Tendenz werden die technischen Unterlagen für elektrische Geräte und Anlagen über CAD-Systeme erstellt. Dies gilt im Besonderen für die Steuerungs- und Regeltechnik.

In erster Linie handelt es sich dabei um Stromlaufpläne, aus denen die anderen Dokumentationen, wie z. B. für die Fertigung und den Service, abgeleitet und über den Computer generiert werden. Hierzu zählen Stücklisten, Klemmenbelegungslisten, Funktionspläne und Belegungslisten.

Die Darstellung in Abb. 13.1 zeigt einen möglichen Entwicklungsverlauf für die Entstehung einer CAD-Dokumentation. Aus einem neuen Entwicklungsprojekt und dem daraus entstandenen Pflichtenheft wird z. B. eine Maschinensteuerung konzipiert. Die daraus entstehenden Stromlaufpläne werden bereits im Anfangsstadium per Computer erstellt sowie fortlaufend korrigiert und erweitert. Soweit an diesen Steuerungen Mikrocomputer oder speicherprogrammierbare Steuerungen zur Anwendung kommen, werden parallel zu den Stromlaufplänen Softwareunterlagen in Form von Funktionsplänen, Programmablaufplänen und Anweisungslisten erstellt.

Die Darstellung zeigt, dass aus den Stromlaufplänen alle Fertigungs- und Serviceunterlagen abgeleitet werden. Als Fertigungsunterlagen werden aus den Stromlaufplänen Montage- und Verdrahtungsunterlagen erstellt. Hierzu zählen auch Klemmenpläne und Geräteverzeichnisse. Aus dem Geräteverzeichnis entstehen Stücklisten und Aufbaupläne.

Aus den Stromlaufplänen können sogar die Beschriftungsetiketten für die einzelnen Geräte (Schütze, Relais, Elektronikmodule und andere Bauelemente) erstellt werden.

Einen Nachteil haben alle per Computer erstellten Unterlagen, unabhängig davon, ob es sich um Stromlaufpläne, Installationspläne oder um Aufbaupläne handelt. Die Pläne werden überwiegend im DIN-A4-Format ausgedruckt. Dadurch müssen viele Querverweise und symbolische Hinweise auf andere Seiten gegeben werden.

## 13.1 Installations- und Aufbaupläne

Diese Pläne zeigen dem Anwender die Anordnung der elektrischen Baugruppen und Geräte innerhalb der Aggregate und Maschinen sowie in den Schaltschränken. Zur Auffindung der einzelnen Funktionselemente und Geräte sind diese Pläne wichtig.

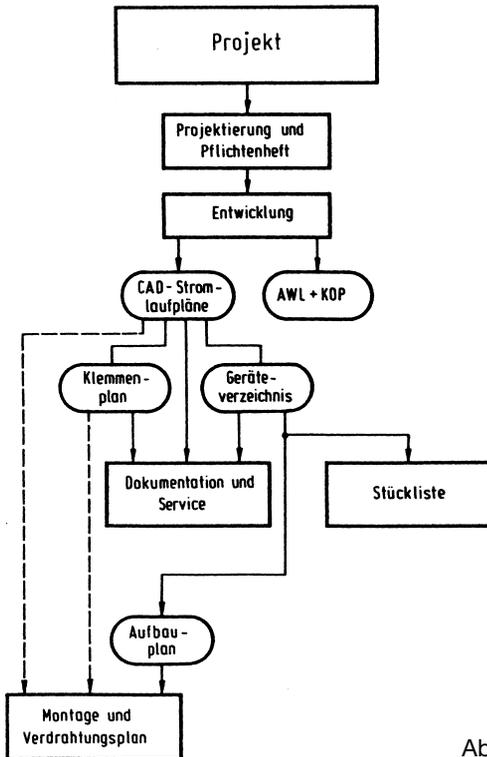


Abb. 13.1: CAD-Dokumentation, Übersicht

Anhand des Stromlaufplanes und dieser Pläne ist die rasche Funktionskontrolle und Signalverfolgung erst möglich. Vor allem bei größeren Steuer- und Regelanlagen sind diese Aufbaupläne unverzichtbare Hilfsmittel, da die Bauelemente auf mehrere Baugruppenträger und Aggregate verteilt sind.

Die folgenden Darstellungen zeigen die Aufbaupläne eines Fräsautomaten und den Installationsplan eines Aggregates der Verpackungsindustrie.

Abb. 13.2 zeigt den Umfang der erforderlichen Steuerschränke und die Bedienkonsole des Fräsautomaten. Aus diesem Übersichtsplan geht hervor, auf welcher Seite der Unterlagen sich die Montageplatte des linken Schrankes (Abb. 13.3a) und des rechten Schrankes (Abb. 13.3b) befindet. Weiter geht aus diesem Übersichtsplan hervor, dass die Bedienkonsole mit Monitor und allen Bedienelementen an einem Deckenpendel befestigt ist. Die Anordnung der elektronischen Baugruppen Geräte und Schütze in diesen Steuerschränken zeigen die Abb. 13.3a und 13.3b.

Die Montageplatte des linken Steuerschranks in der Abb. 13.3a zeigt von links nach rechts folgende Baugruppen (der Steuerschrank ist hierbei aufgrund des Querformates des Blattes und der besseren Übersicht wegen nach rechts liegend dargestellt):

BEDIENPENDEL

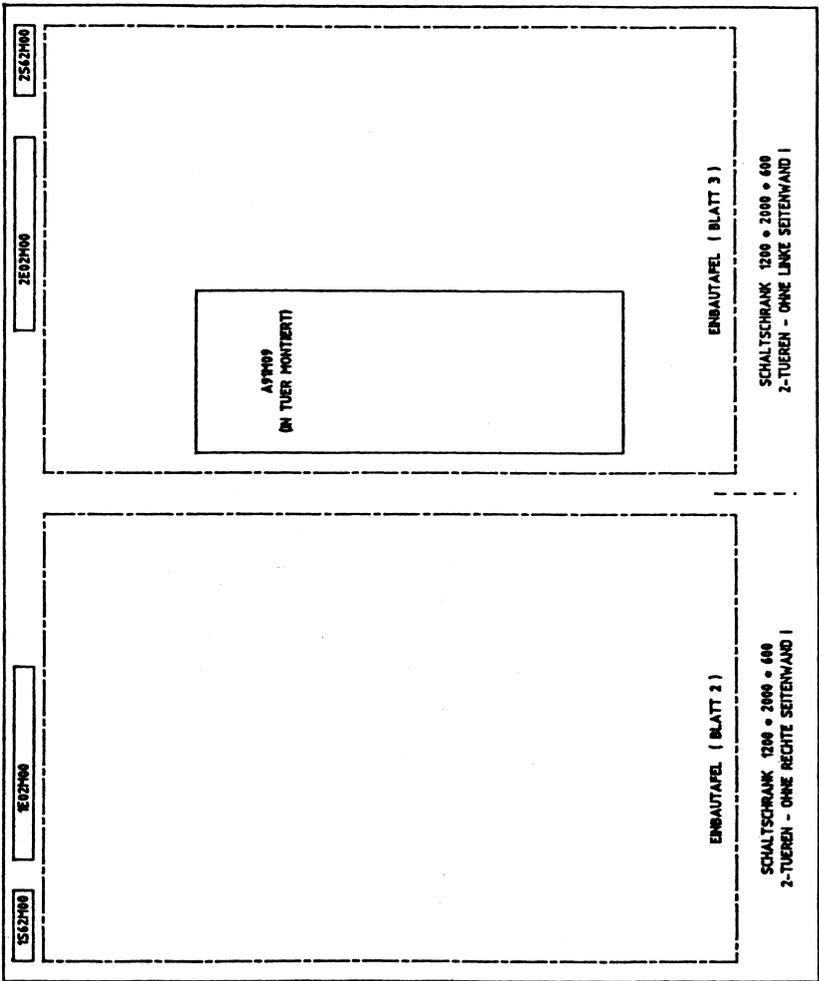
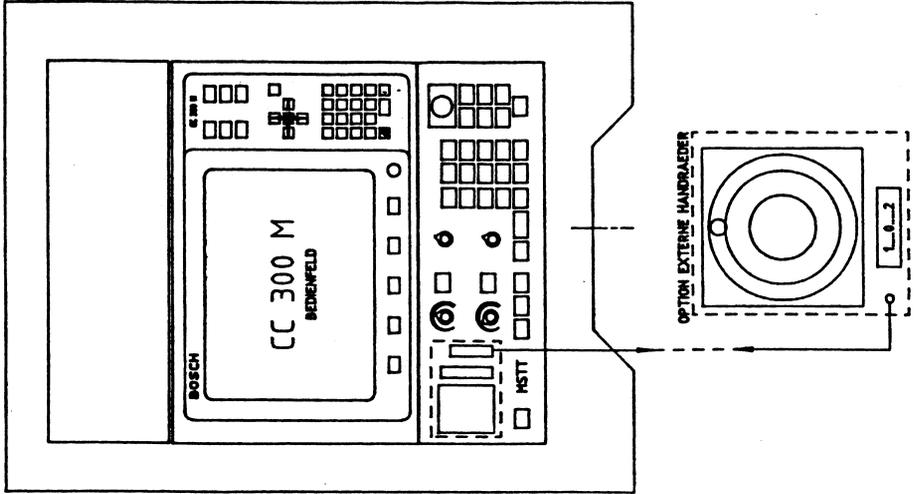


Abb. 13.2: Aufbauplan, Übersicht

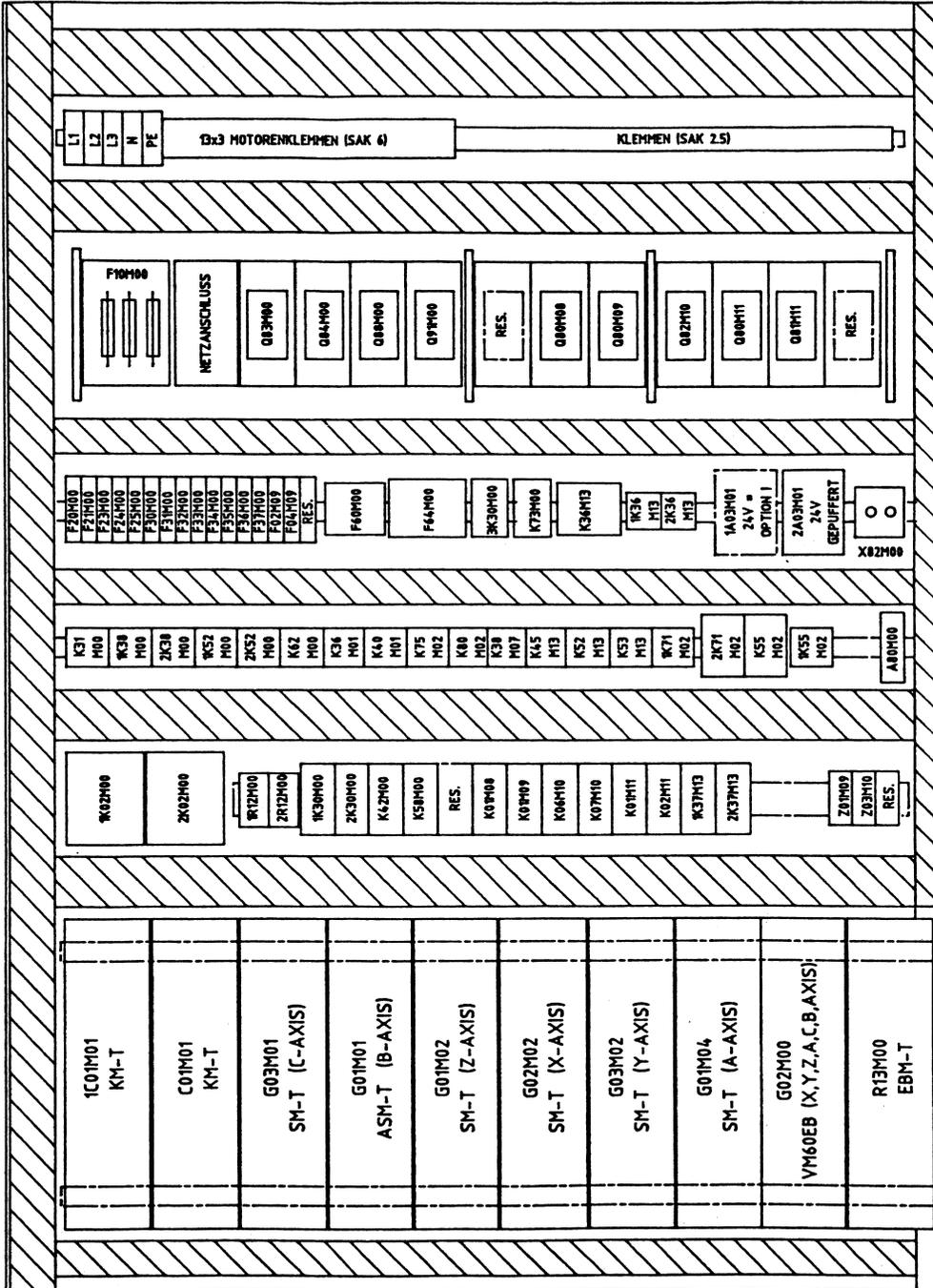


Abb. 13.3a: Aufbauplan, Übersicht 1

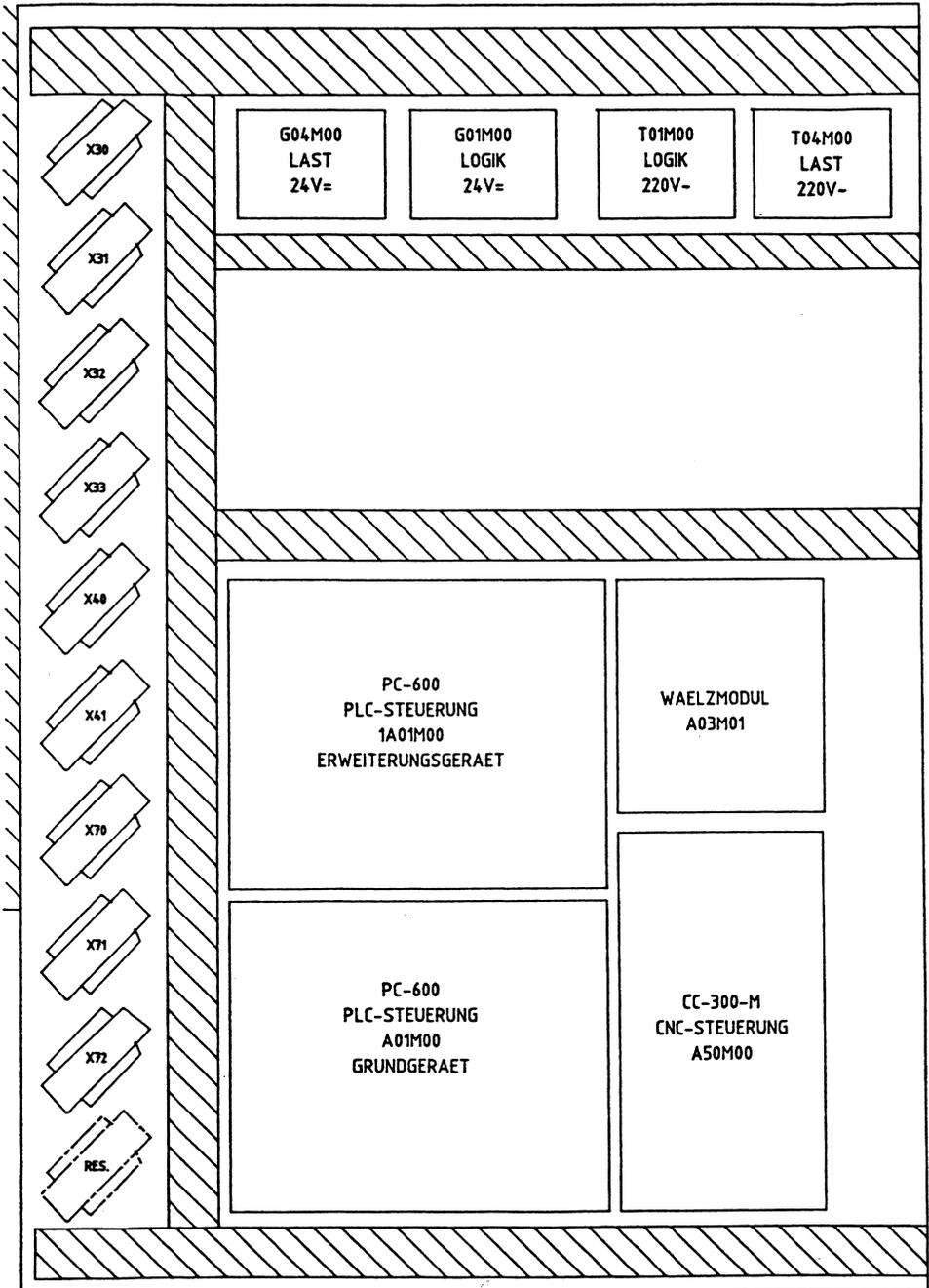


Abb. 13.3b: Aufbauplan, Übersicht 2

Die linke Darstellung (unterste Reihe im Steuerschrank) zeigt die elektronischen Steuerungsmodule für die Achsenbewegungen des Fräskopfes. Jedes Modul ist mit einer Sachnummer und einer Gerätebezeichnung sowie einem Funktionshinweis – in diesem Beispiel die Achsenrichtungen – versehen. Es folgen die Reihen für Schütze, Relais und Sicherungsautomaten.

Die Anfangsbuchstaben der Bauteilbezeichnungen entsprechend weitgehendst der DIN-Norm (siehe Anhang), z. B. „K“ für Schütz und Relais sowie „F“ für Schutzeinrichtungen und Auslöser. Die vorletzte Reihe zeigt die Aneinanderreihung der Motorschutzschalter Q und eine Sicherungsbaugruppe. Die letzte Reihe ist eine Klemmenanordnung für den 3-Phasen-Netzanschluss und die Motoranschlüsse. Die Zahlen „6“ und „2,5“ geben den Querschnitt der Klemmen an.

Die Bezeichnung „RES“ steht für Freiplätze. Mit „Option“ werden Sondereinrichtungen definiert. In der Regel wird vom Hersteller auf einem gesonderten Blatt definiert, mit welchen Sonderausstattungen (Optionen) die Anlage versehen ist.

Die Darstellung in Abb. 13.3b zeigt in der oberen Reihe die Anordnung sämtlicher Drosseln, Übertrager und Kleintransformatoren. Die vier Blöcke auf der linken Seite enthalten die PLC- und CNC-Steuerungen sowie das Wälzmodul. Rechts erkennt man die Anordnung der Stromversorgungseinheiten für die 24-V-Gleichspannungsversorgung und die 220-V-Netzteile.

Die Darstellung der Baugruppen in den Aggregaten erfolgt – im Gegensatz zu den Steuerschränken – nicht in mechanischer Ausführung, sondern als elektrisches Symbol.

Abb. 13.4 zeigt als Beispiel einen Teilausschnitt eines automatischen Blechtafel-Zuführaggregates, mit den für die Steuerung erforderlichen Sensoren, Ventilen, Endschaltern und elektromotorischen Antrieben. Als erstes Beispiel wird der induktive Näherungsschalter 8B307 betrachtet:

Die Anschlüsse P1 (Versorgungsspannung) und M führen zu den entsprechenden Klemmen der Klemmenleiste 8X1. Der Kontaktgeberausgang A1 führt zum SPS-Eingang I307 und ist ebenfalls auf der Klemmenleiste 8X1 aufgelegt (10. Anschluss von unten). Der Schalter 8S196 als weiteres Beispiel führt die Klemmenbezeichnung 596 und I196, die ebenfalls auf der Klemmenleiste 8X1 aufgelegt sind. Die Klemmenbelegungen des Motors 7M200: U200, V200, W200 und PE sind auf einer anderen Klemmenleiste aufgelegt, die in der Abb. 13.4 nicht mehr dargestellt ist.

Ventil 8Y409 mit der Schutzdiode 8V409 wird von einem SPS-Ausgang Q409 gesteuert. Der Anschluss dieses Steuerausganges wird ebenfalls über die Klemmenleiste 8X1 zu dem Steuerschrank geführt, in dem sich die SPS befindet.

Die Bezeichnungen P1 und M an der Klemmenleiste sind Potenzialbezeichnungen, z. B. +24 V für P1 und Bezugspotenzial für M. Der Hinweis 10x sagt aus, dass diese Klemmen 10-mal vorhanden und entsprechend miteinander verbunden sind. Die rech-



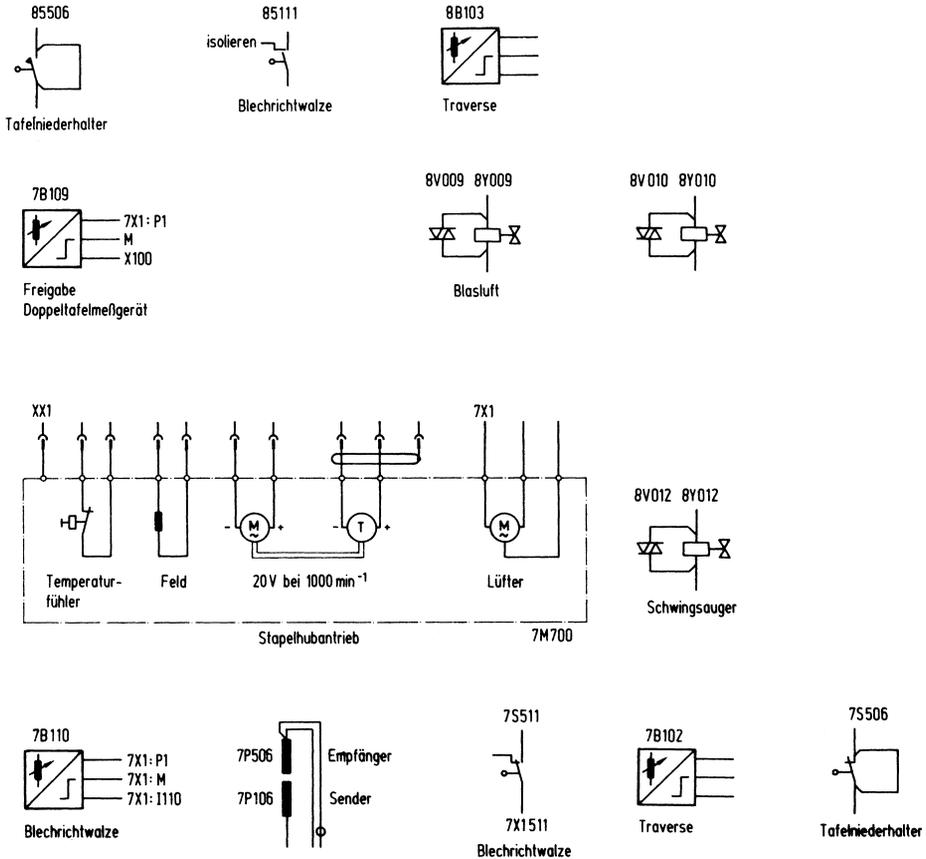


Abb. 13.5: Beispiel eines Aggregat-Installationsplanes (linke Hälfte)

### 13.2 Bezeichnungssysteme für Klemmen, Steckverbinder und Kabel

In diesen Unterlagen werden vom Hersteller – in unterschiedlicher Ausführlichkeit – die einzelnen Kabel- und Klemmenbezeichnungen in den einzelnen Baugruppen definiert. In einer Übersicht, wie dies die Abb. 13.6 und 13.7 zeigen, werden die Kabelsteckverbindungen und Klemmenleisten definiert. Die Abb. 13.6 zeigt, dass die gesamte Verpackungsanlage aus vier einzelnen Aggregaten besteht.

Aus diesen Übersichten ist erkennbar, welche Aggregate Steuerungs- und Regelungseinrichtungen enthalten und wie diese verteilt sind. Die Funktionseinheit „Pult“ definiert die Verbindungen nach vorderer (1X) und hinterer (2X) Montageplatte sowie Pult oben (3X). Da bei dieser Übersicht ein Steuerschrank fehlt, kann man davon aus-

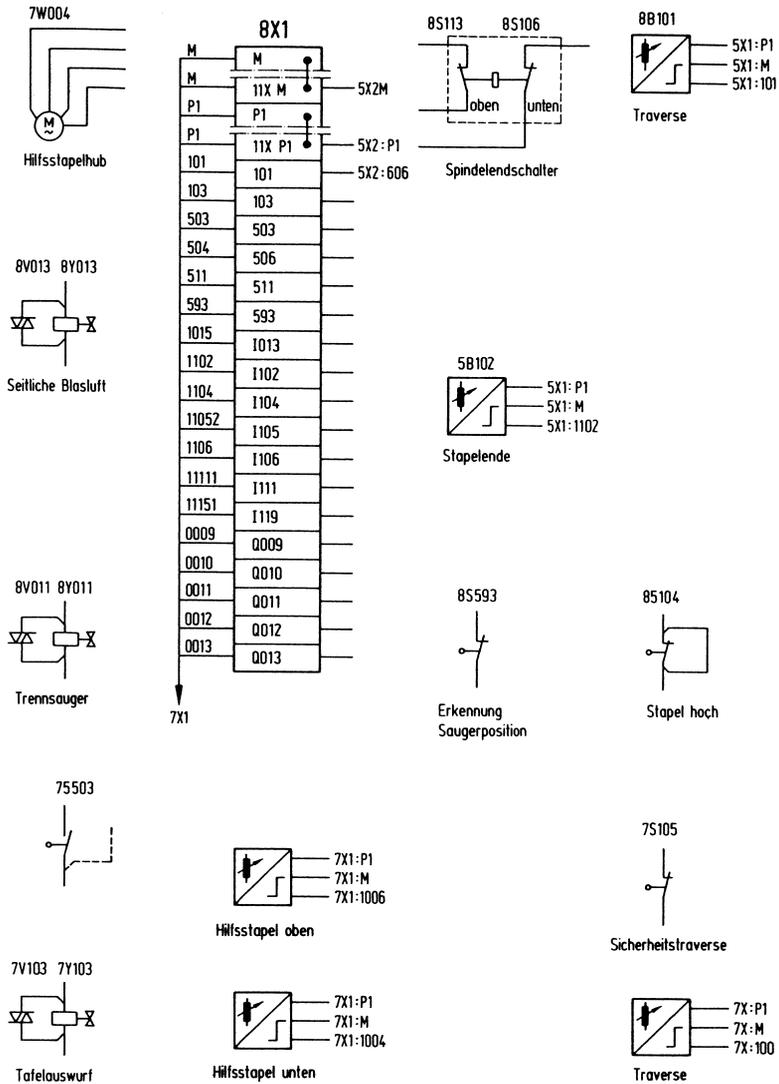


Abb. 13.5: (rechte Hälfte)

gehen, dass die gesamte Steuerungselektronik (z. B. SPS, Regler, Leit- und Synchronisationssysteme, Stromversorgungen) im Steuerungs- und Bedienpult untergebracht ist. Die Verbindungsgruppe 3X bezeichnet entsprechend die Bedien- und Steuerungselemente an der Oberseite des Pultes.

In den Funktionsgruppen Anleger, Kettenrahmen und Aggregat 1 befinden sich die zur Steuerung und Regelung erforderlichen Bauelemente, wie z. B. Sensoren, Winkel-

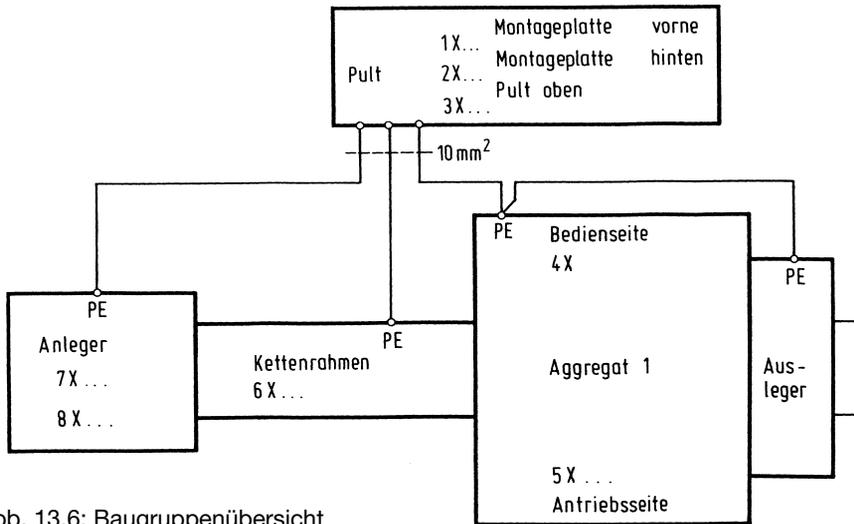


Abb. 13.6: Baugruppenübersicht

schnittgeber, Endschalter und Antriebe. Aus der Abb. 13.6 ist aber auch ersichtlich, dass die Funktionseinheit Ausleger keine elektronischen Steuerungs- und Regelungselemente beinhaltet.

Diese Klemmen- und Steckverbinder-Übersicht wird in diesem Beispiel durch eine ausführliche Verdrahtungs- und Belegungsvorschrift ergänzt (Abb. 13.7). In diesem Plan sind alle Klemmen- und Steckverbindungen aufgeführt, die zu dieser Anlage gehören. Neben Drahtquerschnitt und Leitungsfarben wird die Adernzahl der Kabel und der Ursprung und das Ziel der Verbindungen angegeben. Der Ursprung ist in der Spaltenbezeichnung angegeben, z. B. PULT, SCHALTER-TASTEN-PLATTE (Bedienelemente) und Druckmaschine.

Die Abb. 13.8 zeigt den Übersichtsplan einer anderen Herstellerfirma. Aus der Abb. 13.8a ist ersichtlich, dass bei dieser Anlage die Steuerungs- und Regelungsbaugruppen in einem Schaltschrank untergebracht sind.

Im Gegensatz zu dem vorhergehenden Beispiel werden hier die Klemmen- und Verbindungsleitungen an der ersten Stelle mit dem Buchstaben X versehen und erst an der zweiten Stelle mit der Ziffer, die eine Baugruppe identifiziert.

Der Schalt- oder Steuerschrank trägt die Bezeichnung X1. Die Verbindungen zu der Bedienkonsole heißen X30...X20. Die Bezeichnungen an den Verbindungsleitungen, z. B. 3 x 1,5 an der Verbindung X20, geben zuerst die Anzahl der Adern an (3 Adern) und danach den Leitungsquerschnitt (1,5 mm). Abb. 13.8b zeigt, dass der Hersteller das Bezeichnungsschema nicht eingehalten hat. Die Motorenkabel werden hier mit M1, M2 ... bezeichnet.

# V E R D R A H T U N G S - V O R S C H R I F T

ALLE IM STROMLAUFPLAN NICHT SPEZIELL GEMKENNZEICHNETEN  
LEITUNGEN SIND FOLGENDERMASSEN AUSZUFÜHREN:

- BEZOGEN AUF QUERSCHNITT : 0,75
- BEZOGEN AUF ADERNFARBE :
  - : SCHWARZ
  - : (24 V - DC - P1, P2, P3) BLAU
  - : (220 V - AC - L4, L5, L6) ROT
  - : ORANGE
- : HAUPTSTROMKREIS
- : STEUERSTROMKREIS
- : FREIENSPANNUNG

## BEZEICHNUNG DER KLEMMEN ( : KL) UND STECKVERBINDUNGEN ( : ST)

PULT		SCHALTER-TASTER-PLATTE		DRUCKMASCHINE	
1X1 : KL zu	: KL TROCKENOFEN	3X1.1 : ST zu	1X3.1 : ST PULT	4X1 : KL	: KL MASCHINE
1X1.1 : ST zu	4X1.1 : ST MASCHINE	3X1.2 : ST zu	2X3.2 : ST PULT	4X1.1 : ST zu	1X1.1 : ST PULT
1X1.2 : ST zu	5X1.2 : ST MASCHINE	3X1.3 : ST zu	1X3.3 : ST PULT	4X1.4 : ST zu	2X1.4 : ST PULT
1X1.3 : ST zu	7X1.3 : ST ANLEGER	3X2.2 : ST zu	1X3.2 : ST PULT	4X2 : KL	: KL
1X1.4 : ST zu	1X1.4 : ST DUESENFEUCHTWERK			4X3 : KL	: KL
1X1.5 : ST zu	1X1.5 : ST FOLGEPULT			4X4 : KL	: KL DUESENFEUCHTWERK
1X1.6 : ST					
1X1.7 : ST					
1X1.9 : ST SOLLWERT	4. AGGREGAT VON HINTEN				
1X1.10 : ST SOLLWERT	3. AGGREGAT VON HINTEN				
1X1.11 : ST SOLLWERT	2. AGGREGAT VON HINTEN				
1X1.12 : ST SOLLWERT	LEITMASCHINE				
1X2 : KL PULT	VORNE				
1X2.1 : ST SOLLWERT	REGLER				
1X2.2 : ST DREHZAHLANZEIGE	FARBZONE				
1X2.3 : ST SOLLWERT-POTT	HINTEN				
1X3 : KL zu	2X3 : KL PULT				
1X3.1 : ST zu	3X1.1 : ST PULT				
1X3.2 : ST zu	3X2.2 : ST PULT				
1X3.3 : ST zu	3X1.3 : ST PULT				
1X3.4 : ST zu	2X3.4 : ST PULT				
2X1 : KL EINSPEISUNG	+ TROCKENOFEN				
2X1.1 : ST zu	7X1.1 : ST ANLEGER				
2X1.2 : ST DRUCK-ERZEUGER					
2X1.3 : ST VAKUUM-ERZEUGER					
2X1.4 : ST zu	4X1.4 : ST MASCHINE				
2X1.5 : ST zu	5X1.5 : ST MASCHINE				
2X1.6 : ST	HAUPTANTRIEB				
2X1.7 : ST TACHO	HAUPTANTRIEB				
2X1.8 : ST zu	5X1.8 : ST TACHO				
2X2 : KL PULT	HINTEN				
2X3 : KL zu	1X3 : KL PULT				
2X3.2 : ST zu	3X1.2 : ST PULT				
2X3.4 : ST zu	1X3.4 : ST PULT				
3X1.1 : ST zu	1X3.1 : ST PULT				
3X1.2 : ST zu	2X3.2 : ST PULT				
3X1.3 : ST zu	1X3.3 : ST PULT				
3X2.2 : ST zu	1X3.2 : ST PULT				
4X1.1 : ST zu	1X1.1 : ST PULT				
4X1.4 : ST zu	2X1.4 : ST PULT				
4X2 : KL	: KL				
4X3 : KL	: KL				
4X4 : KL	: KL DUESENFEUCHTWERK				
5X1 : KL	: KL MASCHINE				
5X1.2 : ST zu	1X1.2 : ST PULT				
5X1.3 : ST zu	GEBLAESE				
5X1.5 : ST zu	2X1.5 : ST PULT				
5X1.6 : ST zu	2X1.6 : ST PULT				
6X1.1 : ST zu	4X1 : KL MASCHINE				
6X1.2 : ST					
6X1.3 : ST					
6X1.4 : ST					
7X1 : KL	: KL ANLEGER				
7X1.1 : ST zu	2X1.1 : ST PULT				
7X1.2 : ST zu	ROLLENBAHN				
7X1.3 : ST zu	1X1.3 : ST PULT				
8X1 : KL	: KL ANLEGER				
8X2 : KL	: KL ANLEGER				

Abb. 13.7: Verdrahtungsübersicht und Festlegung

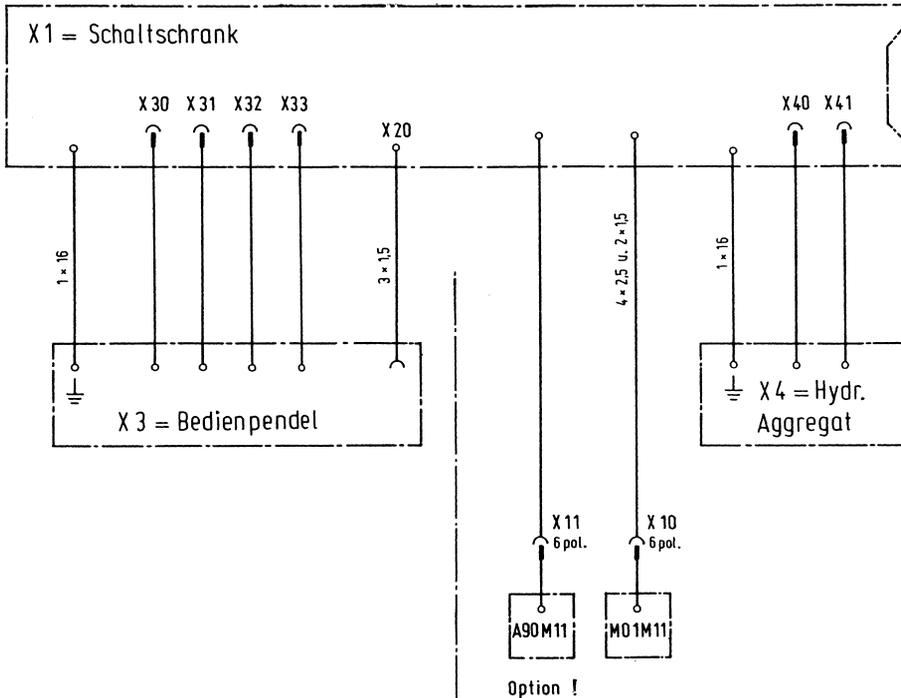


Abb. 13.8a: Installationsplan, Steuerschrank 1

Dafür ist aus diesen Übersichtsplänen – im Gegensatz zum ersten Beispiel – bereits ersichtlich, was Klemmenanschlüsse (Kreissymbol) und was Steckverbinder (Symbol für lösbare Verbindung) sind. Überwiegend hält man sich auch hier an die DIN-Norm. Nur bei den Bezeichnungen, die nicht in einer Norm definiert sind, gibt es bei den verschiedenen Herstellern voneinander abweichende Hausnormen. Der Hersteller der Abb. 13.8 fügt den Übersichtsplänen eine Kabelbezeichnungsliste bei (Abb. 13.9). Unter der Spaltenbezeichnung „Kabel“ werden die Kabelbezeichnungen aus den Übersichtsplänen aufgeführt. In der Spalte QUELLE-ZIEL werden Ursprung und Ziel der Verbindung definiert. Danach folgt die Bezeichnung der einzelnen Adern, wie sie in den Stromlaufplänen angegeben sind: U22, V22, 631 ...

Die letzte Spalte gibt die Anzahl der Adern und den Adernquerschnitt an.

### 13.3 Stromlaufpläne

In den vorhergehenden Abschnitten haben wir die Darstellungsarten und Bezeichnungen für den mechanischen Aufbau der Steuer- und Regelanlagen kennengelernt. Diese Unterlagen werden teilweise oder vollständig auf CAD-Systemen hergestellt.

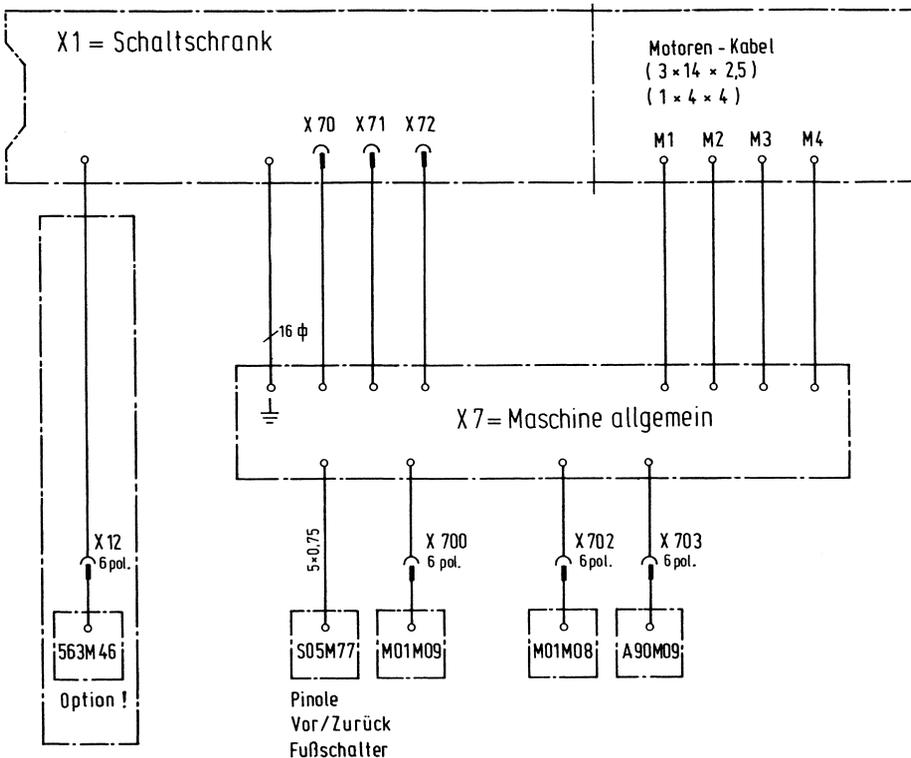
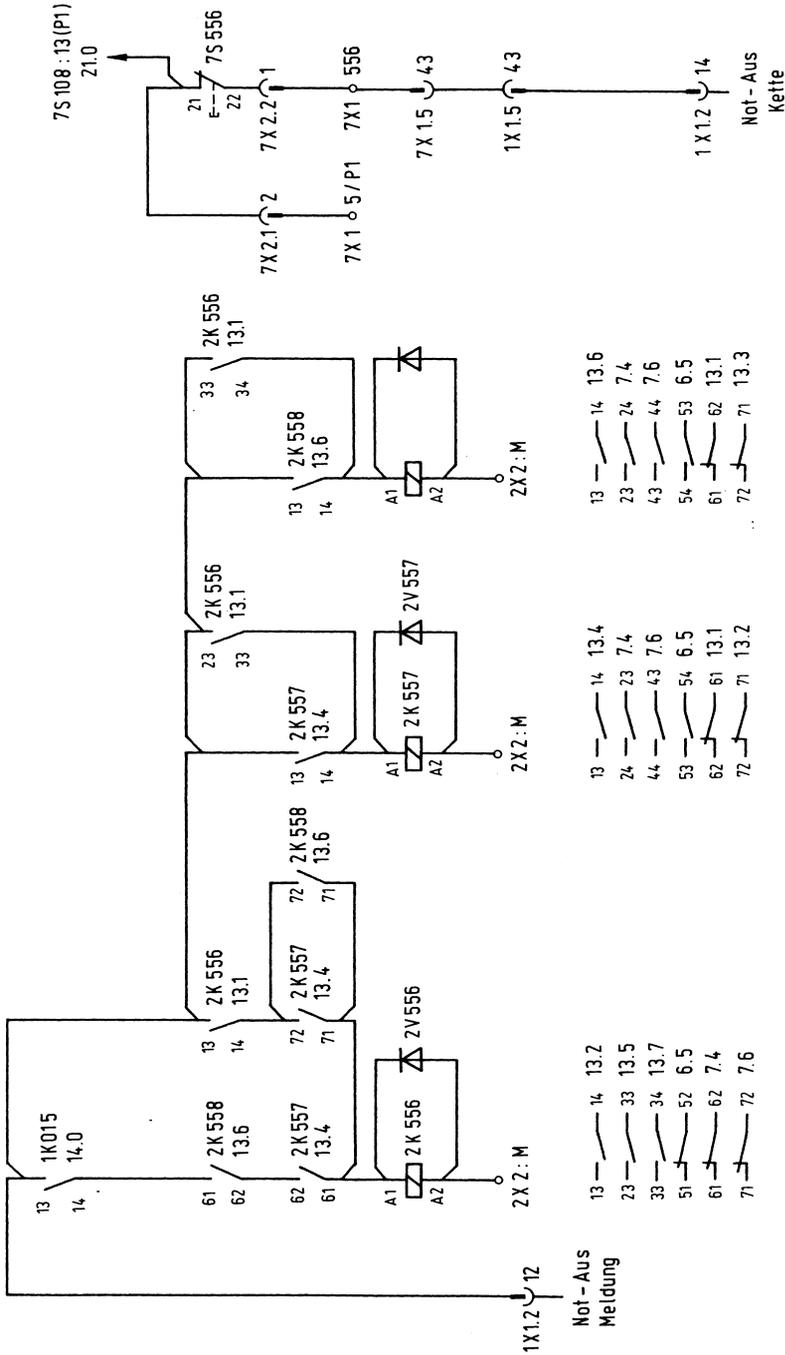


Abb. 13.8b: Installationsplan, Steuerschrank 2

In diesem und den folgenden Abschnitten betrachten wir Stromlaufpläne und daraus abgeleitete Unterlagen, wie z. B. Geräteverzeichnisse, Stücklisten, Klemmen- und Steckverbinderlisten. Auf CAD-Systemen gezeichnete Stromlaufpläne werden in der Regel auf DIN-A4-Querformat ausgedruckt. Daraus ergibt sich für eine umfangreiche Steuer- und Regelanlage eine erhebliche Anzahl von Einzel-Stromlaufplänen, die nicht selten 100 bis 200 Seiten beträgt.

Darum arbeiten diese Erstellungsprogramme mit ausgeklügelten Systemen von Bezeichnungen, Querverweisen und Orientierungshilfen, die trotz des großen Seitenumfanges ein schnelles Zurechtfinden ermöglichen. Dazu betrachten wir als Beispiel den Stromlaufplan in Abb. 13.10. In der obersten Zeile ist das Blatt in Strompfade von 0 bis 9 gegliedert. Diese Einteilung des Blattes in Verbindung mit den Seitenzahlen der Stromlaufpläne ist eine wesentliche Orientierungshilfe für die Erkennung von Signalwegen und Leitungsverbindungen. In der rechten oberen Ecke ist unter Strompfad 9 ein Hinweispfeil zu der weiterführenden Verbindung. Die Bezeichnung über dem Pfeil sagt aus, dass auf der Seite 21 die Verbindung über den Strompfad 0 zu einem Schalter 7S108, Kontakt 13 führt.





NOT-AUS-KETTE (S. 13 von 45)

Abb. 13.10: Stromlaufplan

Die Bezeichnungen von Klemmenleisten, Steckverbindungen und Bauelementen sowie Geräten kennzeichnen die einzelnen Hersteller z.T. sehr differenziert. Für das Beispiel in Abb. 13.10 müssen folgende Hinweise des Herstellers beachtet werden:

2X2 Klemmenleiste	(z. B. 2X2:M: Klemme 2X2 an Potenzial M)
2X2.1 Steckverbinder	(z. B. 1X1.2–12: Steckverbinder 1X1.2, Pin 12)
1X2:P1 oder 1X2-P1	Indirekte Bezeichnung, d.h. keine direkte Verbindungsvorschrift, nur gleiches Potenzial (z. B. 2X2:M: Klemme 2X2 am Potenzial M)
1X2.P1 oder 1X2/P1	Definierte Potenzialbestimmung für eine Klemme (die Unterscheidung wird durch Punkt, Schrägstrich, Doppelpunkt oder Bindestrich dargestellt).

Die Kurzbezeichnungen für die angeschlossenen Potenziale der Klemmenkontakte orientieren sich an DIN 40719, Kennzeichnung der Betriebsmittel.

Hierzu einige Beispiele:

Klemmenbezeichnung	Bedeutung
„L“	Hochspannung führende Klemme
„M“	Masseklemme
„PE“	Erdeklemme
„P“	Niederspannung führende Klemme (z. B. P1 für 24 V, P2 für 15 V). Für die gleiche Spannung, z. B. 24 V, können verschiedene Potenzialbezeichnungen verwendet werden, wenn dies aus Funktionsgründen erforderlich ist; z. B. Spannungszweige mit unterschiedlicher Siebung, Entstörung oder Stabilisierung.

An den Kontakten stehen in Kleinschrift die Kontaktbezeichnungen und der Strompfad mit Seitenangabe, wo das betreffende Relais oder der Schütz zu finden ist.

An den einzelnen Stromzweigen ist jeweils die Funktion, z. B. NOT-AUS-MELDUNG, eingetragen. Darunter erfolgt die Kontaktbelegung des dargestellten Schütz, mit der Angabe, auf welcher Seite und unter welchem Strompfad die dazugehörigen Kontakte zu finden sind. Das Blatt enthält einen Funktionsnamen, z. B. NOT-AUS-KETTE, der bei entsprechendem Umfang der dazugehörenden Schaltung über mehrere Seiten gehen kann.

Diese Funktionsnamen werden den Stromlaufplänen in einem Verzeichnis mit Seitenangabe vorangestellt, damit die Funktionseinheiten schneller gefunden werden, ohne den gesamten Schaltungsumfang durchblättern zu müssen. Auf der rechten Seite befindet sich die Seitenzahl, darunter die Zahl der gesamten zum Stromlaufplan gehörenden Blätter. Als Beispiel für das Lesen eines Stromlaufplanes wird ein Teilausschnitt aus der Funktion MOTORSCHUTZSCHALTER UND SICHERUNGS-AUTOMATEN betrachtet (Abb. 13.11a).

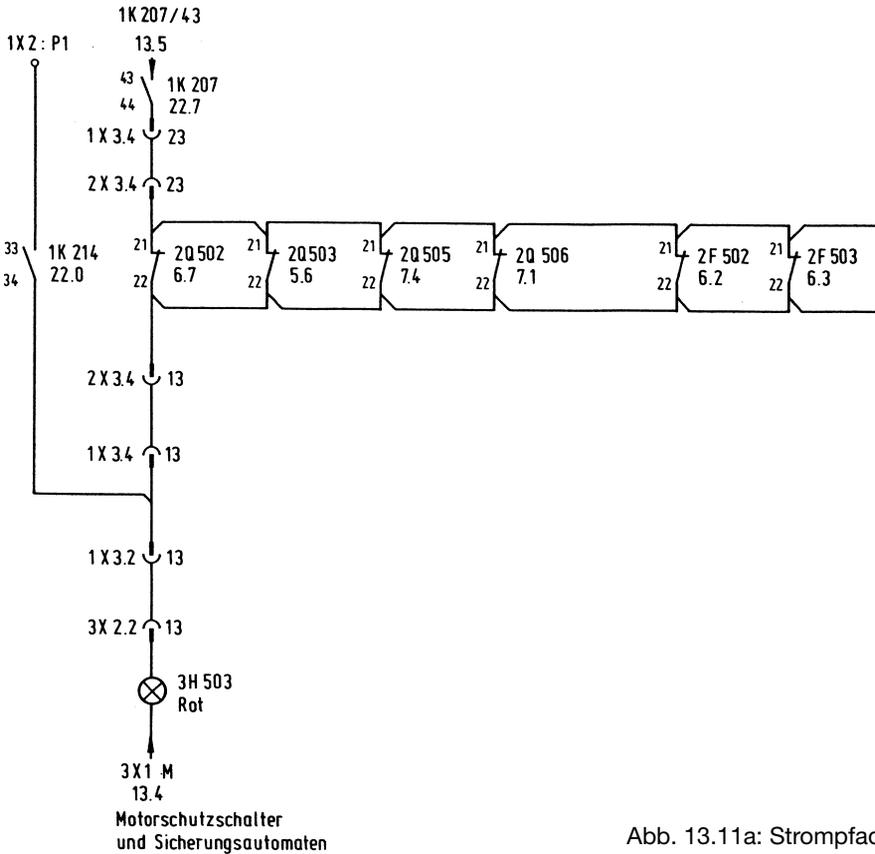
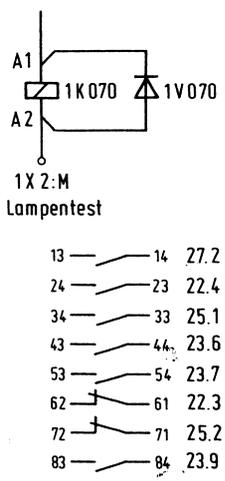


Abb. 13.11a: Strompfad



Kontakte	Stromlaufplan, Seite :	Strompfad
13 - 14	27	2
24 - 23	22	4
34 - 33	25	1
43 - 44	23	6
53 - 54	23	7
62 - 61	22	3
72 - 71	25	2
83 - 84	23	9

Abb. 13.11b: Schützkontakt-Bezeichnung

Der Strompfad „0“, von oben nach unten gelesen, definiert folgende Verbindungen:

- „1X2:P1“ Indirekte (:) Bezeichnung der Klemmenleiste (1X2), Klemme P1, z. B. 24 V
- „1K214“ Gerätebezeichnung, die Zahlen „33“ und „34“ sind Kontaktbezeichnungen
- „22.0“ Definiert die Seite (22) des Stromlaufplanes und den Strompfad (0) des Bausteines „1K214“

Strompfad „1“:

- „1K207/43“ Hinweis auf Gerätebezeichnung im Strompfad (Pfeilrichtung!)
- „13.5“ von Seite 13, Strompfad 5
- „1K207“ Kontakte 43 und 44 des Gerätes 1K207
- „22.7“ Seite 22 des Stromlaufplanes, Strompfad 7
- „1X3.4:23“ Steckverbinder (1X3.4), Klemme 23
- „2X3.4:23“ Steckverbinder (2X3.4), Klemme 23
- „2Q502“ Kontakt 21 und 22 des Motorschutzschalters 2Q502 in Stromlaufplan 6, Strompfad 7
- „2X3.4:13“ Steckverbinder (2X3.4), Klemme 13
- „1X3.4:13“ Steckverbinder (1X3.4), Klemme 13
- „1X3.2:13“ Steckverbinder (1X3.2), Klemme 13
- „3X2.2:13“ Steckverbinder (3X2.2), Klemme 13
- „3H503“ Meldeleuchte
- „3X1:M“ Indirekte Bezeichnung der Klemmenleiste (3X1), Klemme M (Masse)

Die Bezeichnung unterhalb der Strompfade geben die Funktionen an. Der Schützkontakt im Strompfad „0“ schaltet den LAMPENTEST. Die Meldeleuchte 3H503 wird von dem MOTORSCHUTZSCHALTER und den SICHERUNGSAUTOMATEN geschaltet, wenn 1K214 aktiv ist.

Abb. 13.11b zeigt das Schütz 1K070 als Ausschnitt eines Stromlaufplanes. Die darunter dargestellte Tabelle zeigt die dazugehörigen Kontakte mit entsprechendem Hinweis auf den Standort im Stromlaufplan und Strompfad.

Abb. 13.12a zeigt den Teilausschnitt einer Steckkarte aus einer SPS-Baugruppe. Jede Baugruppe hat 16 Ein- oder Ausgänge. Die Eingänge werden in den Stromlaufplänen mit „I“ (Input) bezeichnet, die Ausgänge mit „O“ (Output).

Die Eingangsklemmen der Baugruppen sind fortlaufend durchnummeriert, z. B. von I19.00 bis I19.15. Die Zahl 19 kennzeichnet den Steckplatz des Einschubes, die Zahlen 00 bis 15 die einzelnen Eingänge. Die Bezeichnungen in der untersten Reihe kennzeichnen die Fortsetzung der Querverweise zu den Stromlaufplänen und Strompfaden. Die Verbindung des Einganges I19.00 wird in dem Stromlaufplan 31, Strompfad 5 mit der Bezeichnung I304 weitergeführt.

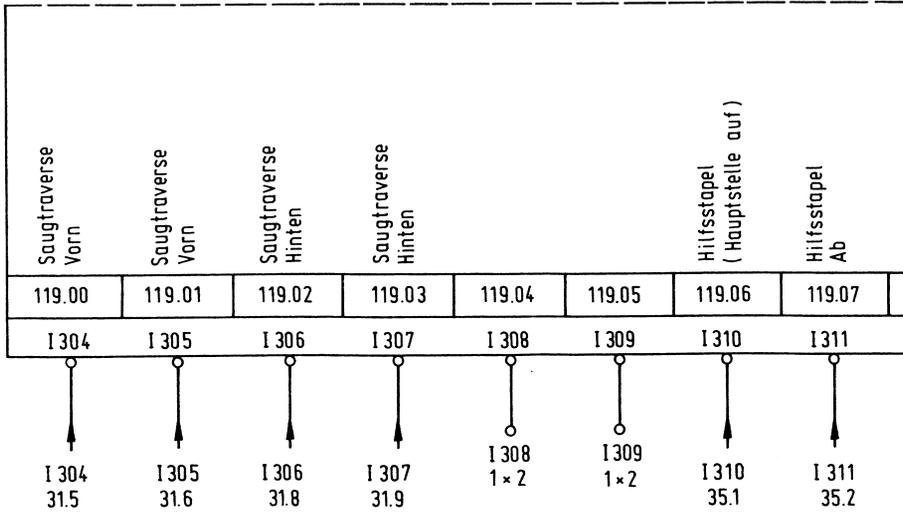


Abb. 13.12a: SPS-Steuerkarte, Eingangsbelegung

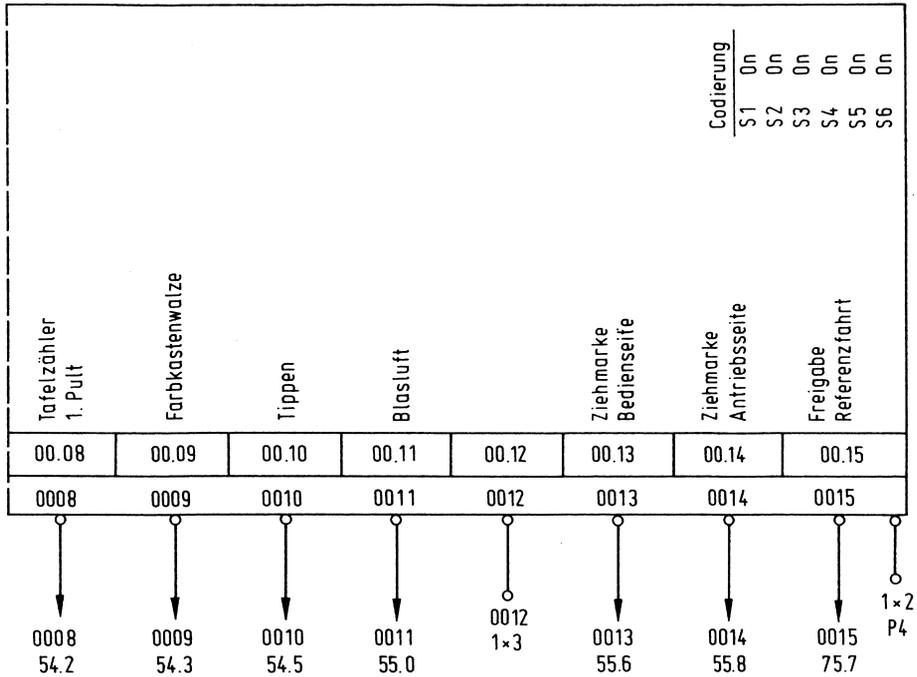


Abb. 13.12b: SPS-Steuerkarte, Ausgangsbelegung

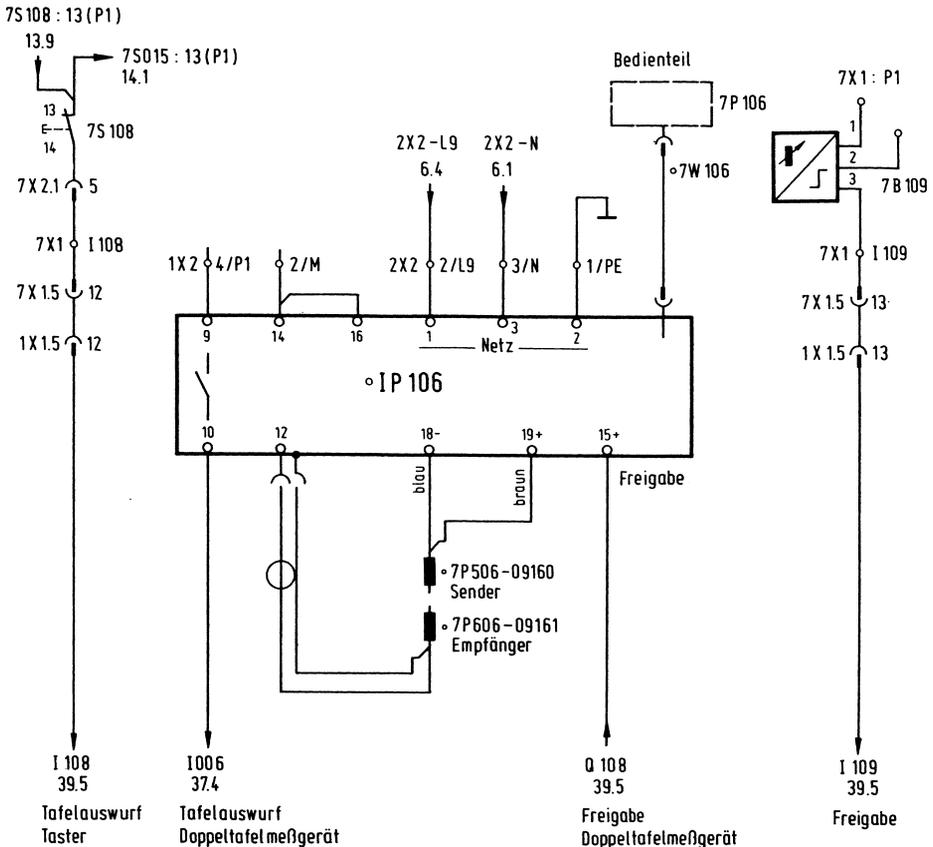


Abb. 13.13: Stromlaufplan mit Darstellung eines elektronischen Messgerätes (S. 21 von 45)

Abb. 13.12b zeigt einen Teilausschnitt einer Baugruppe für Ausgänge. Die Ausgangsklemmen der Baugruppe sind ebenfalls fortlaufend durchnummeriert, z. B. von O0.000 bis O0.15. Die Steckkarte wird hier durch den Buchstaben „O“ gekennzeichnet.

In den Stromlaufplänen werden die Ausgänge mit den Bezeichnungen O0.00 bis O0.15 geführt.

Rechts oben, unter der Bezeichnung CODIERUNG, ist die Codeadresse der Baugruppe angegeben. Jede Baugruppe führt innerhalb der SPS eine andere Codeadresse und ist dem Steckplatz des Baugruppentägers zugeordnet. Bei einem Austausch der Baugruppe muss die Einstellung der Codeadresse auf die vorgegebene Adresse überprüft werden!

Ein Beispiel für die Darstellung elektronischer Komponenten zeigt die Abb. 13.13.

Grundsätzlich werden komplette elektronische Geräteeinheiten als Kästchen mit den entsprechenden Anschlüssen dargestellt. Die Geräteeinheit 1P106-09163 ist eine elektronische Sende- und Empfangseinheit, komplett mit Stromversorgung. Dazu gehört, räumlich abgesetzt, das Anzeige- und Bedienteil 7P106-09162, das über ein mehradriges Kabel 7W106-09295 mit der Sende- und Empfangseinheit verbunden ist.

Die Netzzuführung an den Klemmen 1 und 3 erfolgt über die Phasen L9 und N. Die Klemmen 14 und 16 liegen am Massepotenzial, Klemme 2 an der Schutzterde. Über die Klemmen 18 und 19 wird der Sender eingespeist. Die Empfängersignale gehen über ein geschirmtes Kabel an Klemme 12. Die Freigabe der Sende- und Empfangseinheit erfolgt über Klemme 15. Die Steuerung erfolgt über einen Kontakt, der zwischen Klemme 9 (Potenzial P1 = 24 V) und der Klemme 10 (Ausgangssignal für SPS, Eingang 1006) liegt.

Elektronische Geräte und Module – dazu gehören neben Auswerte- und Prüfgeräten auch SPS-Einsätze, Regler, Leit- und Synchronisationsgeräte – sind als Einheiten zu betrachten, wie Schütz, Relais und Schutzeinrichtungen.

Sind diese Einheiten defekt, sind sie komplett auszuwechseln. Reparaturen sind in diesen Gräten nicht vorgesehen. Daher werden in der Regel von den Herstellern zu diesen Geräten keine Schaltungsunterlagen mitgegeben. Sind Abgleicharbeiten erforderlich, werden diese auf gesonderten Serviceunterlagen vermerkt.

## 13.4 Bauteil- und Gerätelisten

Diese Listen werden aus den über CAD erstellten Stromlaufplänen generiert. Das heißt, dass diese Listen vollkommen identisch sind mit den dazu gehörenden Stromlaufplänen. Sollte bei der Erstellung der Stromlaufpläne ein Fehler unterlaufen sein, z. B. falsche Schütz- oder Sensorbezeichnung (Artikel-Nr.), dann wird dieser Fehler auch in den Stücklisten auftauchen.

Die Geräteliste ist für den Techniker von Bedeutung, wenn:

- im Stromlaufplan anhand der Bauteilebezeichnung die Bauteilfunktion definiert werden soll, und
- die Artikelnummer für die Ersatzteildisposition festgestellt werden muss.

Die folgende Darstellung zeigt ein Beispiel für den Teilauszug einer Geräteliste. Die Bezeichnungen, von links nach rechts beschrieben, haben folgende Bedeutung:

Teil	Beschreibung	ART-NR.	S/G	Einbau-Ort
1B099	THERMOSTAT 40-75 GRAD C.	08830	16/0	PULT VORNE
1	Bauteil mit Art.-Nr.:	<08830>		
4B054	Näherungsschalter induktiv	07846	39/3	MASCH.BEDIENS
4B055	Näherungsschalter induktiv	07846	39/3	MASCH. BEDIENS

4B510	Näherungsschalter induktiv	07846	46/3	MASCH BEDIENS
5B406	Näherungsschalter induktiv	07846	51/3	MASCH. ANTRIEB
5B416	Näherungsschalter induktiv	07846	51/3	MASCH. ANTRIEB
5	Bauteile mit Art.-Nr.:	<07846>		

*TEIL*

Bauteilbezeichnung im Stromlaufplan.

In der Bauteilbezeichnung 4B054 gibt die erste Ziffer (4) die Baugruppe an, in der sich das Bauteil befindet (Abb. 10.6). Der Buchstabe (B) definiert die Funktionsgruppe, z.B. Fühler und ähnliche Funktionen, entsprechend DIN 40719. Die folgende dreistellige Zahl (054) ist eine fortlaufende Nummerierung.

*Beschreibung*

Unter dieser Bezeichnung erfolgt die Funktionsbeschreibung des Bauteils, z.B. THERMOSTAT 40–75 GRAD C  
NÄHERUNGSSCHALTER INDUKTIV

*Art.Nr.*

Artikelnummer des Bauteils, z.B. 07846

*S/G*

Der erste Buchstabe (S) gibt die Seitenzahl im Stromlaufplan an. Der zweite Buchstabe (G) ist der Strompfad.

*Einbau-Ort*

Unter dieser Bezeichnung wird die Baugruppe der Maschine definiert, in der sich das Bauteil befindet.

## 13.5 Klemmen- und Steckverbinderlisten

Auch diese Listen werden aus den über CAD erstellten Stromlaufplänen generiert. Daher sind die Angaben in diesen Listen vollkommen identisch mit den Angaben in den Stromlaufplänen und daher evtl. mit den gleichen Fehlern versehen.

Die nachfolgende Aufstellung zeigt ein Beispiel für eine Klemmenleisten-Belegungsliste.

Ziel 1 (ext.)	Klemmenleiste/Steckverbinder:	Ziel 2 (int.)	Blatt: 9 Seite/Pfad
4X1.1:IA	1X1.1 1A	1043	= 24.9

4X1.1:1B	1B	104b	= 39.0
4X1.1:1C	1C	1K503:A1	= 16.4
4X1.1:1D	1D	1K008:44	= 20.4

Die Liste ist in fünf Spalten gegliedert, die folgende Informationen enthalten:

*Ziel 1 (ext).*

Unter dieser Bezeichnung wird ein Verbindungsziel angegeben, das außerhalb der Baugruppe, deren bezeichneter Steckverbinder und ihres Kontaktes liegt. In dem Beispiel wird in der ersten Zeile als externes Ziel der Steckverbinder 4X1.1, Pin 1A angegeben.

*Klemmenleiste 1X1.1*

Die Überschrift bezeichnet den Steckverbinder, unter der die einzelnen Pins definiert sind. In dem Beispiel wird in der ersten Zeile der erste Pin mit 1A bezeichnet.

*„Ziel 2 (int.)“*

Unter dieser Bezeichnung wird ein Verbindungsziel angegeben, von dem die Leitungen auf die einzelnen Pins geführt werden. In dem Beispiel wird in der ersten Zeile als internes Ziel der SPS-Eingang I043 angegeben.

*„Seite/Pfad“*

Die Überschrift bezeichnet hiermit die Seitenzahl im Stromlaufplan und den darin bezeichneten Strompfad. In dem Beispiel wird in der ersten Zeile mit = 24.9 die Seite 24 und der Strompfad 9 definiert.

## 13.6 Verdrahtungspläne

Einige Hersteller erstellen für Anlagen mit größeren Stückzahlen Verdrahtungspläne entsprechend der Abb. 13.14. Überwiegend werden Verdrahtungen direkt aus den Stromlaufplänen erstellt. Dies erfordert sachkundiges, im Umgang mit Stromlaufplänen versiertes Personal und ist entsprechend teuer.

Die Darstellung in Abb. 13.14 ermöglicht es, die Verdrahtung auch von fachfremdem Personal durchführen zu lassen. Dies zeigt die Verdrahtung von drei Schützen mit aufgesetzten Kontaktblöcken. Das Schütz 1K000 z.B. erhält seine Stromversorgung an Anschluss A1 vom Schütz 1K012, Kontakt 71. Das Bezugspotenzial A2 kommt von Klemme 1X2. An den einzelnen Kontaktbelegungen sind alle Zugangs- und Abgangsleitungen angegeben.

Zuerst steht die Angabe des Bauteiles, der Klemme oder des Kabelsteckers, darüber oder darunter der Kontakt, die Klemme oder der Steckerpin. Diese Zeichnungen wer-

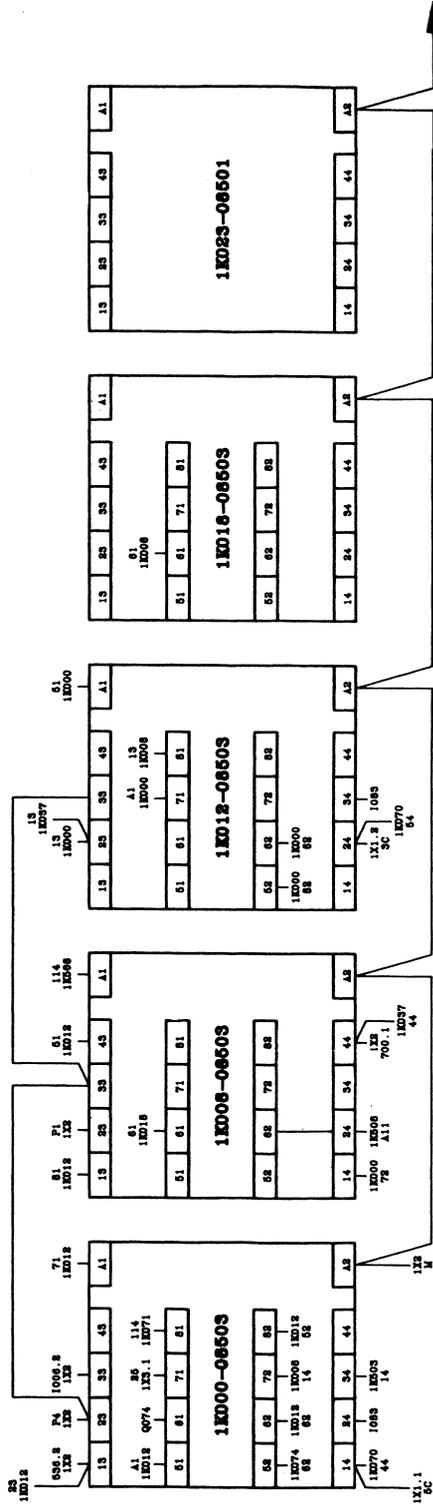


Abb. 13.14: Verdrahtungsplan

den auch über CAD-Systeme erstellt, können aber nicht – wie alle Zeichnungen – aus den Stromlaufplänen generiert werden.

## 13.7 Übungen zur Vertiefung

1. Der induktive Näherungsschalter 78102 in Abb. 13.5 soll an die Klemmenleiste 8X1 angeschlossen werden. Der Ausgang des Näherungsschalters soll über die Klemmenleiste mit dem SPS-Eingang I413 verbunden werden. Welche Klemmen müssen an der Klemmenleiste 8X1 belegt werden?
2. Was wird mit den Bezeichnungen X 70, X71, X72 in Abb. 13.8b bezeichnet?
3. In Abb. 13.8a führt eine Kabelverbindung die Bezeichnung 4x2,5 u. 2x1,5. Welche Kennwerte werden damit definiert?
4. In Abb. 13.10 sind die Bezeichnungen der Not-Aus-Kette zu definieren.
5. Die SPS-Steuerkarte in Abb. 13.12b wird mit 6 Tippschaltern codiert. Welcher Dualcode ist in diesem Beispiel eingestellt??

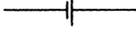
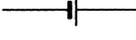
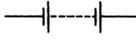
Lösungen im Anhang

# 14 Anhang

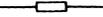
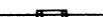
14.1	Schaltzeichen.....	177
14.2	Abkürzungen in englischer Sprache.....	187
14.3	Spannungsteiler .....	189
14.4	Parallel- und Serienschaltung.....	191
14.5	Zusammenhänge zwischen I, P, R, U .....	192
14.6	Kennzeichnung und IEC-Reihen.....	193
14.7	Kennzeichnung von Kondensatoren .....	196
14.8	Transistoranschlüsse.....	200
14.9	Symbole für Flussdiagramme nach DIN .....	201
14.10	Anschlussbezeichnungen an ICs .....	202
14.11	ASCII-Zeichen-Zuordnungstabelle.....	206
14.12	Griechisches Alphabet .....	208
14.13	Dezibel-Tabelle .....	209
14.14	Stecker und Buchsen (HiFi- und Videotechnik) .....	211
14.15	Stecker und Buchsen für die Datenübertragung.....	216
14.16	Telekommunikations-Anschlusseinheiten.....	220

## 14.1 Genormte und international angewendete Schaltzeichen

### 14.1.1 Stromquellen

Schaltzeichen DIN	gebräuchl. Varianten	Benennung
		Gleichstromquelle
		Wechselstromquelle technischer Wechselstrom
		Wechselstromquelle Tonfrequenz
		Wechselstromquelle Hochfrequenz
		Element Akku, Batterie
		Batterie aus n-Elementen

### 14.1.2 Sicherungen, Bezugspotenziale

Schaltzeichen DIN	gebräuchl. Varianten	Benennung
		Sicherung allgemein
		Feinsicherung
		Sicherung mit Kennzeichnung des netzseitigen Anschlusses
		Spannungssicherung
		Erde allgemein
		Masse allgemein

### 14.1.3 Leitungen und Steckverbindungen

Schaltzeichen DIN	gebräuchl. Varianten	Benennung
		Leitung allgemein
		Schutzleitung für Erdung, Nullung
		nicht lösbare, leitende Verbindung
		lösbare, leitende Verbindung
		sich kreuzende, nicht verbundene Leitungen
		Steckerstift allgemein
		Steckerbuchse
		Steckerbuchse mit Schirmanschluß

### 14.1.4 Einstellung und Veränderung

Schaltzeichen DIN	gebräuchl. Varianten	Benennung
		veränderbar durch mechanische Verstellung allgemein
		veränderbar, stetig, linear
		veränderbar, stufig
		Kennzeichen für lineare Veränderbarkeit unter Einfluß einer physikalischen Größe
		Kennzeichen für nicht lineare Veränderbarkeit unter Einfluß einer physikalischen Größe
		einstellbar durch mechanische Verstellung allgemein
		einstellbar, stetig
		einstellbar, stufig

## 14.1.5 Widerstände

Schaltzeichen DIN	gebräuchl. Varianten	Benennung
		Widerstand allgemein
		veränderbarer Widerstand Potentiometer
		einstellbarer Widerstand
		Kaltleiter, PTC
		Heißleiter, NTC
		VDR
		Widerstand mit Anzapfungen
		Widerstand mit Schleifkontakt

## 14.1.6 Spulen

Schaltzeichen DIN	gebräuchl. Varianten	Benennung
		Wicklung, Induktivität, Spule allgemein
		Wicklung mit Eisenkern
		Transformator mit Eisenkern
		Spule, Wicklung, wahlweise Darstellung
		Spule, Wicklung, mit Anzapfungen
		Spule, Wicklung mit Kern aus magnetischen Werkstoff
		Spule, Wicklung, geschirmt

## 14.1.7 Kondensatoren

Schaltzeichen DIN	gebräuchl. Varianten	Benennung
		Kondensator, Kapazität allgemein
		gepolter Kondensator
		gepolter Elektrolyt-Kondensator
		ungepolter Elektrolyt-Kondensator
		Kondensator, Kapazität einstellbar (Trimmer)
		Kondensator mit veränderlicher Kapazität

## 14.1.8 Halbleiter

Schaltzeichen DIN	gebräuchl. Varianten	Benennung
		Von der Produktion eines Magnetfeldes abhängiger Widerstand (z.B. Feldplatte)
		Hallgenerator Horizontale Leiter führen den Speisestrom. An den beiden vertikalen Anschlüssen tritt die Hallspannung auf.
		Photowiderstand

## 14.1.9 Halbleiterdioden und Vierschichtelemente

Schaltzeichen DIN	gebräuchl. Varianten	Benennung
		Halbleiter-Diode-Gleichrichter
		Temperaturabhängige Diode
		Kapazitäts-(Variations-) Diode Betrieb im Sperrbereich

Schaltzeichen DIN	gebräuchl. Varianten	Benennung
		Tunnel-Diode
		Z-Diode für Betrieb im Durchbruchbereich geeignet
		Gegeneinander geschaltete Z-Dioden, Begrenzer
		Photoelektrisches Bauelement, allgemein
		Photodiode
		Lumineszenzdiode (LED)
		Photoelement
		Backward-Diode (Unitunnel-Diode)
		Zweirichtungsdiode (Varistor)
		Gleichrichter-Gerät
		Thyristor, allgemein
		rückwärts sperrende Thyristordiode
		rückwärts leitende Thyristordiode
		Zweirichtungs-Thyristordiode (DIAC)
		(anodenseitig steuerbare) rückwärts sperrende Thyristortriode
		(kathodenseitig steuerbare) rückwärts sperrende Thyristortriode

Schaltzeichen DIN	gebräuchl. Varianten	Benennung
		(anodenseitig steuerbare) Abschalt-Thyristortriode
		(kathodenseitig steuerbare) Abschalt-Thyristortriode
		rückwärts sperrende Thyristortriode
		Zweirichtungs-Thyristortriode (TRIAC)
		(anodenseitig steuerbare) rückwärts leitende Thyristortriode
		(kathodenseitig steuerbare) rückwärts leitende Thyristortriode

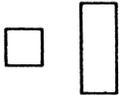
#### 14.1.10 Bipolare Transistoren

Schaltzeichen DIN	gebräuchl. Varianten	Benennung
		NPN-Transistor
		PNP-Transistor
		NPN-Transistor integriert
		PNP-Phototransistor
		Zweizonentransistor (Unijunction Transistor, Doppelbasisdiode) mit Basis vom P-Typ
		Zweizonentransistor (Unijunction Transistor, Doppelbasisdiode) mit Basis vom N-Typ

## 14.1.11 Unipolare Transistoren

Schaltzeichen DIN	gebräuchl. Varianten	Benennung
		Sperrschicht -FET mit N-Kanal
		Sperrschicht -FET mit P-Kanal
		Anreicherungs-IG-FET mit P-Kanal auf N-Substrat
		Anreicherungs-IG-FET mit N-Kanal auf P-Substrat

## 14.1.12 Grundform digitaler Verknüpfungsglieder

Schaltzeichen DIN	gebräuchl. Varianten	Benennung
		Grundform für Binärschaltungen Das Seitenverhältnis des Rechtecks ist beliebig

## 14.1.13 Negation

Schaltzeichen DIN	gebräuchl. Varianten	Benennung
		<b>Eingang mit Negation</b> Der Kreis drückt die Umkehrung des Wertes der binären Schaltvariablen an einem Eingang aus. Die Verbindungslinie kann auch durch den Kreis führen.
		<b>Ausgang mit Negation</b> Der Kreis drückt die Umkehrung des Wertes der binären Schaltvariablen an einem Ausgang aus. Die Verbindungslinie kann auch durch den Kreis führen.

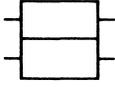
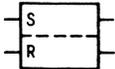
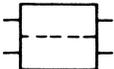
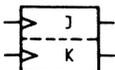
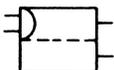
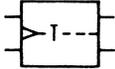
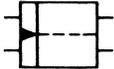
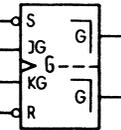
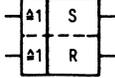
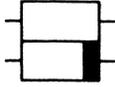
14.1.15 Binäre Verknüpfungsglieder

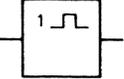
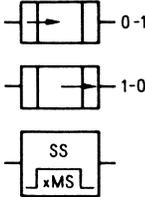
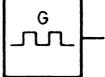
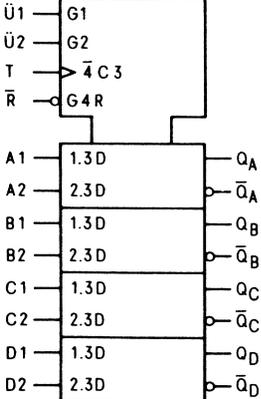
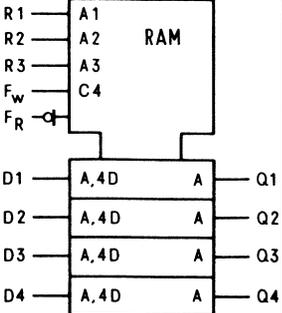
Schaltzeichen DIN	gebraüchl. Varianten	Benennung
		<p>UND - Glied, Konjunktion</p> <p>ODER - Glied, Disjunktion</p>
		<p>NICHT - Glied, Negation</p> <p>NAND - Glied</p> <p>NOR - Glied</p>
		<p>Exklusiv - ODER</p>
		<p>Äquivalenz</p> <p>Antivalenz, EXKLUSSIV - ODER</p>
		<p>Kombination von Schaltzeichen</p>

14.1.14 Statische und dynamische Eingänge

Schaltzeichen DIN	gebraüchl. Varianten	Benennung
		<p>Statischer Eingang Eingang, bei dem nur der Zustand der binären Eingangsvariablen wirksam ist.</p> <p>Dynamischer Eingang Eingang, bei dem nur die Änderung des Zustandes der binären Eingangsvariablen von 0 auf 1 wirksam ist.</p> <p>Dynamischer Eingang mit Negation Eingang, bei dem nur die Änderung des Zustandes der binären Eingangsvariablen von 1 auf 0 wirksam ist.</p>

14.1.16 Kippglieder, Register und Speicher

Schaltzeichen DIN	gebräuchl. Varianten	Benennung
		Bistabiles Kippglied, allgemein Wenn die Variable am Eingang den Wert 1 hat, nimmt die Variable am Ausgang, die im gleichen Feld des Schaltzeichens liegt, den Wert 1 an. Die Variablen von zwei Ausgängen oder Gruppen von Ausgängen, die sich in den durch die gestrichelte Linie gebildeten Feldern des Schaltzeichens gegenüberliegen, haben komplementäre Werte.
	 	RS - Flipflop
	 	JK - Flipflop
	 	T - Flipflop
		JK - Master-Slave-Flipflop  = verzögerter Ausgang
		RS - Flipflop mit verknüpften ODER - Eingängen
		Bistabiles Kippglied mit besonders gekennzeichnete Grundstellung. Der gekennzeichnete Ausgang hat in einer besonders festzulegenden Grundstellung den Wert 1.

Schaltzeichen DIN	gebräuchl. Varianten	Benennung
		<p><b>Monostabiles Kippglied</b>                  Die Variable am Ausgang nimmt den Wert 1 an, wenn die Variable am Eingang den Wert 1 annimmt; die Ausgangsvariable behält den Wert für eine bestimmte Zeit, unabhängig von der Dauer des Wertes 1 der Variablen am Eingang.</p>
		<p><b>Astabiles Kippglied</b>                  An das Schaltzeichen können auch Steuereingänge geführt werden.</p>
		<p><b>4 - bit - Register mit Datenauswahl-schaltung</b></p> <p>Vier D-Kippglieder mit Trigger- und Rücksetzeingängen (T und <math>\bar{R}</math>).</p> <p>Ü1, Ü2 Auswahl der Daten</p>
		<p><b>3 x 4 - bit - RAM.</b>                  R1 bis R3 sind Adressen</p> <p>F<sub>w</sub> ist Schreibfreigabe</p> <p>D1-D4 sind Dateneingänge</p> <p>Q1-Q4 Datenausgänge</p>

## 14.2 International gebräuchliche Abkürzungen in englischer Sprache

### 14.2.1 Referenzkennzeichnungen – Reference Designators

A	<i>assembly</i> - Baugruppe
B	<i>motor</i> – Antrieb, Motor
C	<i>capacitor</i> – Kondensator
CR	<i>diode</i> – Diode
DL	<i>delay line</i> – Verzögerungsleitung
DS	<i>device signaling (lamp)</i> – Indikator (Kontrolllampe)
F	<i>fuse</i> – Sicherung
FL	<i>filter</i> – Filter
J	<i>jack</i> – Buchse
K	<i>relay</i> – Relais
L	<i>inductor</i> – Drosselspule
M	<i>meter</i> – Messinstrument
MP	<i>mechanical part</i> – mechanisches Teil
P	<i>plug</i> – Verschluss, Abdeckung
Q	<i>transistor</i> – Transistor
R	<i>resistor</i> – Widerstand
RT	<i>thermistor</i> – Thermistor (NTC)
S	<i>switch</i> – Schalter
T	<i>transformer</i> – Transformator, Umformer
V	<i>vacuum tube, neon</i> – Vakuumröhre, gasgefüllte Röhre <i>photocell</i> – Photozelle
W	<i>cable</i> – Kabel, Leitung

### 14.2.2 Weitere Abkürzungen – Abbreviations

A	Ampere
BP	<i>bandpass</i> – Bandpass, Filter (selektiv)
BWO	<i>backward wave oscillator</i> – Oszillator
CER	<i>ceramic</i> – Keramik
CMO	<i>cabinet mount only</i> – Leergehäuse
COEF	<i>coefficient</i> – Koeffizient
COM	<i>common</i> – Bezugspunkt
COMP	<i>composition</i> – Aufbau, Ausstattung, Beschaffenheit
CONN	<i>connection</i> – Verbindung, Anschluss
CRT	<i>cathode-ray tube</i> – Kathodenstrahlröhre
DEPC	<i>deposited carbon</i> – abgelagerter Kohlenstoff
ELECT	<i>electrolytic</i> – Elektrolyt

F	<i>farads</i> – Elektrolyt
FXD	<i>fixed</i> – Festwert, nicht einstellbar
GE	<i>germanium</i> – Germanium
GL	<i>glass</i> – Glas
GRD	<i>ground(ed)</i> – Masse, Erde
H	<i>henries</i> – Induktivitäten
HG	<i>mercury</i> – Quecksilber
HR	<i>hours</i> – Stunden
IMPG	<i>impregnated</i> – imprägniert
INCD	<i>incandescent</i> – leuchtend
INS	<i>insulation(ed)</i> – Isolierung, Sperrung
K	<i>kilo</i> – Kilo = $10^3$
LIN	<i>linear taper</i> – linearer Verlauf
LOG	<i>logarithmic taper</i> – log. Verlauf
MEG	<i>meg</i> – Mega = $10^6$
M	<i>milli</i> – Milli = $10^{-3}$
MINAT	<i>minature</i> – Kleinausführung
METFLM	<i>metal film</i> – Metallfilm (z. B. Metallfilmkondensator)
MFR	<i>manufacturer</i> – Hersteller, Produzent
MOM	<i>mounting</i> – Montage, Installation
MTG	<i>momentary</i> – Momentanwert
MY	<i>mylar</i> – Isolationsfolie (z. B. Folienkondensator)
NC	<i>normally closed</i> – Ruhelage, Ausgangslage geschlossen
NE	<i>neon</i> – Glimmlampe
NO	<i>normally open</i> – Ruhelage-, Ausgangslage offen
NPO	<i>negative positive zero</i> – negativ-, positiv Null
NSR	<i>not separately</i> – nicht einzeln auswechselbar
OBD	<i>order by description</i> – Anweisung in der Beschreibung
OX	<i>oxide</i> – oxydisch
P	<i>peak</i> – Spitzenwert
PC	<i>printed circuit board</i> – Leiterplatte
PF	<i>picofarads</i> – Picofarad ( $10^{-12}$ Farad)
PP	<i>peak-to peak</i> – Spitze-Spitze-Wert
PIV	<i>peak inverse voltage</i> – inverse Spitzenspannung
POR	<i>porcelain</i> – porzellanartig, Porzellan
POS	<i>position(s)</i> – Stelle, Ort
POLY	<i>polystyrene</i> – Kunststoffolie (Polystyren)
POT	<i>potentiometer</i> – Einstellwiderstand, Trimpoti
RECT	<i>rectifier</i> – Gleichrichter
RMS	<i>root-mean-square</i> – mittlere Quadratwurzel (Effektivwert)
RMO	<i>rack mount only</i> – Leergehäuse, nur Gestellaufbau
S-B	<i>slow blow</i> – verzögernd, langsame Auflösung
SE	<i>selenium</i> – Selen

SEC	<i>section(s)</i> – unterteilt, Gruppe(n)
SI	<i>silicon</i> – Silizium
SIL	<i>silver</i> – Silber
SL	<i>slide</i> – Schieber, Gleitschiene
SPL	<i>special</i> – besonders
TA	<i>tantalum</i> – Tantal
TD	<i>time delay</i> – zeitverzögert
TI	<i>titantium dioxide</i> – Tantaldioxid
TOG	<i>toggle</i> – Gelenk, kippen (toggle switch – Kipphebel)
TOL	<i>tolerante</i> – Toleranz
TRIM	<i>trimmer</i> – Trimmer
TWT	<i>traveling wave tube</i> – Wanderwellenröhre
U	<i>micro</i> – Mikro = $10^{-6}$
VAC	<i>vacuum</i> – Vakuum
VAR	<i>variable</i> – einstellbar, veränderlich
W	<i>watts</i> – Watt
WW	<i>wirewound</i> – Drahtwickel

### 14.3 Teilverhältnisse von Spannungsteilern

$$U_{\text{Eing}}/U_{\text{Ausg}} = R_1 + R_2/R_2 = n$$

Der Teilerfaktor bei vorgegebenen unbelasteten Spannungsteilern kann abgelesen werden. Die Widerstandsreihe entspricht E6 erweitert um die Werte 5, 6 und 8,2. Zwischenwerte aus E12 bis E48 können ohne größeren Fehler auf die Tabellenwerte auf- bzw. abgerundet werden.

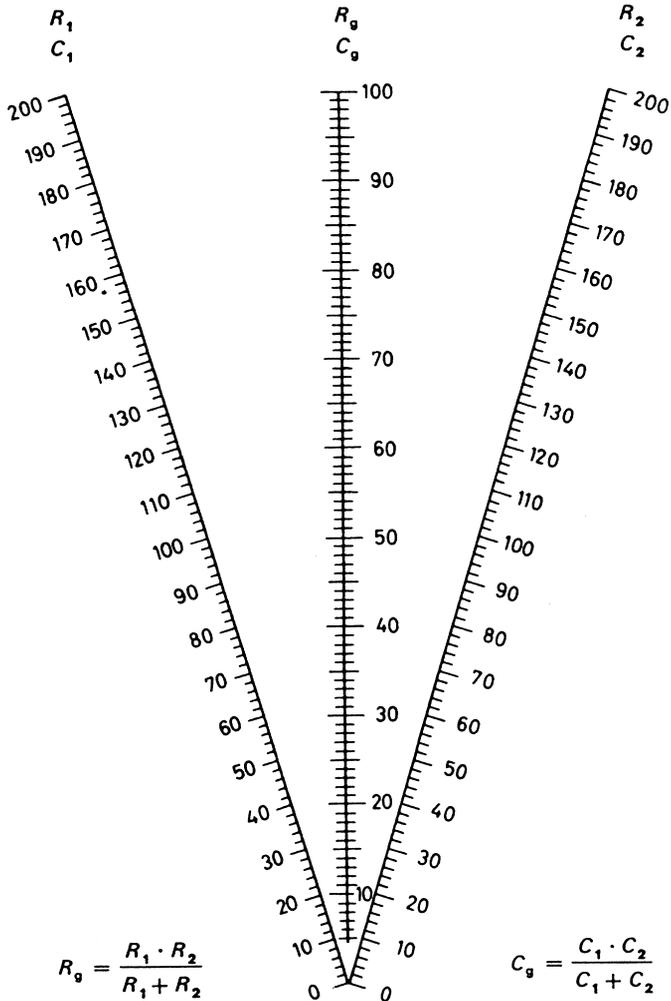
Die Teilerfaktoren über drei Dekaden ermöglichen das direkte Ablesen von Teilerwerten in Kiloohm und Megaohm.

Für Teilerwerte von Megaohm durch Ohm oder Kiloohm können die entsprechenden Teilerfaktoren ebenfalls abgelesen werden. Zum Beispiel:  $R_1 = 6,8 \text{ MSZ}$  und  $R_2 = 47 \text{ k}\Omega$ . Zuerst werden beide Widerstandswerte um den Faktor 100 erweitert:  $R_1 = 680 \text{ MSZ}$ ,  $R_2 = 4,7 \text{ M}$ . Zu diesen Werten kann der Teilerfaktor zu  $n = 146$  abgelesen werden.

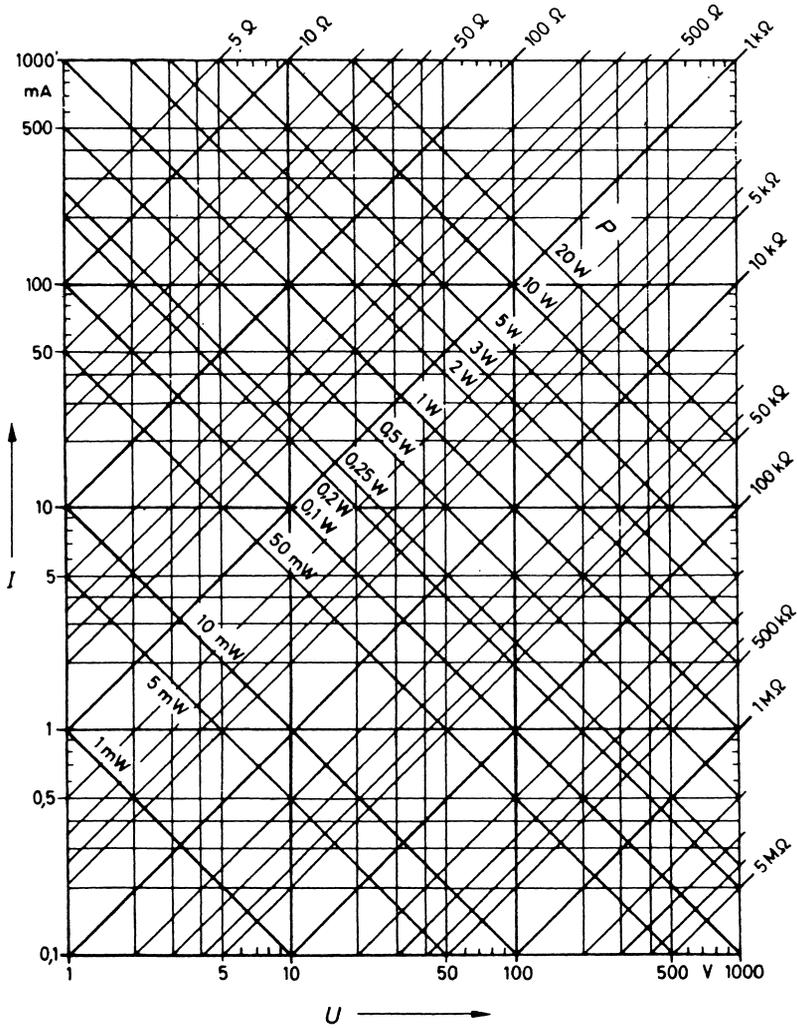
Die Tabelle kann auch für die Bestimmung von Teilerfaktoren bei kapazitiven und induktiven Teilern angewendet werden.



## 14.4 Parallelschaltung von Widerständen, Serienschaltung von Kondensatoren



### 14.5 Widerstand, Spannung, Strom, Leistung



## 14.6 Kennzeichnung von Widerständen und IEC-Reihen

### Farbkennzeichnung durch Ringe oder Punkte (Farbcode)

Die Zählung beginnt bei dem Ring (Punkt), der zu einem Widerstandsende den kleinsten Abstand hat.

- 4 Ringe (Punkte): Die ersten beiden Ringe geben die 1. und 2. **Wertziffer** an, der 3. Ring den **Multiplikator**, der 4. Ring die **Toleranz**.
- 5 Ringe (Punkte): Die ersten drei Ringe geben die drei Wertziffern an, der 4. Ring den Multiplikator, der 5. Ring die Toleranz. Dieser 5. Ring sollte 1,5- bis 2-mal so breit wie die übrigen Ringe sein.
6. Ring: Metallfilm-Widerstände (MR bzw. MPR) mit Toleranzen bis 1 % enthalten zusätzlich oft einen 6. Ring, der den Temperaturkoeffizienten (TK) angibt. Es gilt:  $\Delta R = \alpha R \Delta \vartheta$ .

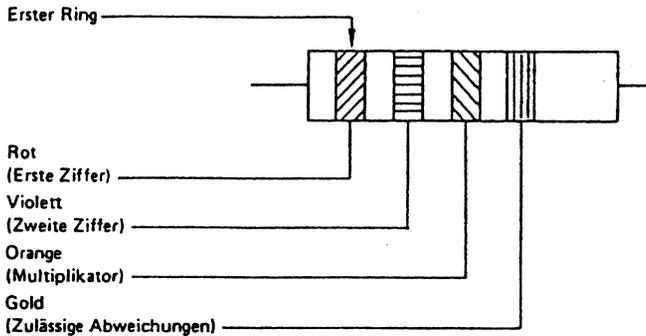
### Zuordnung der Farben zu den Werten

Kennfarbe	Wertziffern	Multiplikator	Zulässige Abweichungen vom Nenn-Widerstandswert	TK in $10^{-6}/^{\circ}\text{C}$
silber	–	$10^{-2} \Omega$	$\pm 10 \% *$	
gold	–	$10^{-1} \Omega$	$\pm 5 \% *$	
schwarz	0	$1 \Omega$	–	200
braun	1	$10 \Omega$	$\pm 1 \%$	100
rot	2	$10^2 \Omega$	$\pm 2 \%$	50
orange	3	$10^3 \Omega$	–	15
gelb	4	$10^4 \Omega$	–	25
grün	5	$10^5 \Omega$	$\pm 0,5 \%$	10
blau	6	$10^6 \Omega$	$\pm 0,25 \%$	5
violett	7	$10^7 \Omega$	$\pm 0,1 \%$	1
grau	8	$10^8 \Omega$	–	–
weiß	9	$10^9 \Omega$	–	–
keine	–	–	$\pm 20 \%$	–

\*) Bei Metallglasurschicht-Widerständen (VR) findet man auch gelb statt gold und grau statt silber zur Verschlüsselung der Toleranz.

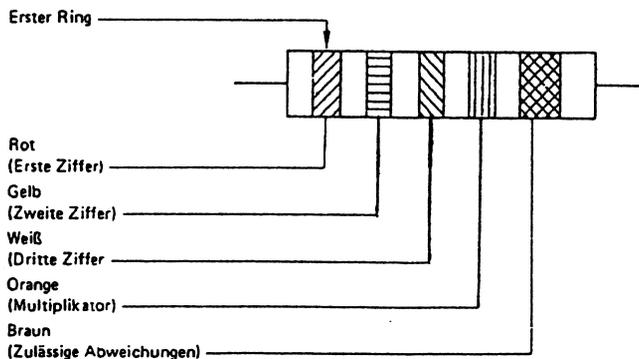
Beispiel:

Farbkennzeichnung von Widerstandswerten mit zwei zählenden Ziffern. Widerstand  $27 \text{ k}\Omega$ , zulässige Abweichung  $\pm 5 \%$ . Der Widerstandswert kann also um  $1,35 \text{ k}\Omega$  vom Nennwert  $27 \text{ k}\Omega$  nach oben und nach unten abweichen. Minimaler Wert:  $25,65 \text{ k}\Omega$ . Maximaler Wert:  $28,35 \text{ k}\Omega$ .



Beispiel:

Farbkennzeichnung von Widerstandswerten mit drei zählenden Ziffern. Widerstand 249 k $\Omega$ , zulässige Abweichungen  $\pm 1\%$ . Der tatsächliche Widerstandswert kann also zwischen 246,51 k $\Omega$  und 251,49 k $\Omega$  liegen.



Beispiel:

MPR-Widerstand. 1. Ring: gelb; 2. Ring: violett; 3. Ring: braun; 4. Ring: schwarz; 5. Ring: blau; 6. Ring: grün

Lösung:

Der Nennwiderstand beträgt 471  $\Omega$ , die Toleranz  $\pm 0,25\%$  und der TK-Wert  $10 \cdot 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$

### Buchstaben- und Ziffernkennzeichnung von Widerständen

Die Kennzeichnung erfolgt durch zwei, drei oder vier Ziffern und einen Buchstaben. Das Komma wird durch den Buchstaben ersetzt; R, K, M, G und T stehen für die Multiplikatoren 1,  $10^3$ ,  $10^6$ ,  $10^{12}$  der in  $\Omega$  angegebenen Widerstandswerte.

Beispiele für die Kennzeichnung von Widerstandswerten:

Widerstandswert	Kennzeichnung	Widerstandswert	Kennzeichnung
0,1 $\Omega$	R10	1 M $\Omega$	1M0
0,15 $\Omega$	R15	1,5 M $\Omega$	1M5
0,332 $\Omega$	R332	3,32 M $\Omega$	3M32
0,590 $\Omega$	R59	5,90 M $\Omega$	5M9
1 $\Omega$	1R0	10 M $\Omega$	10M
1,5 $\Omega$	1R5	15 M $\Omega$	15M
3,32 $\Omega$	3R32	33,2 M $\Omega$	33M2
5,90 $\Omega$	5R9	59,0 M $\Omega$	59M
10 $\Omega$	10R	100 M $\Omega$	100M
15 $\Omega$	15R	150 M $\Omega$	150M
33,2 $\Omega$	33R2	332 M $\Omega$	332M
59,0 $\Omega$	59R	590 M $\Omega$	590M
100 $\Omega$	100R	1 G $\Omega$	1G0
150 $\Omega$	150R	1,5 G $\Omega$	1G5
332 $\Omega$	332R	3,32 G $\Omega$	3G32
590 $\Omega$	590R	5,90 G $\Omega$	5G9
1 k $\Omega$	1K0	10 G $\Omega$	10G
1,5 k $\Omega$	1K5	15 G $\Omega$	15G
3,32 k $\Omega$	3K32	33,2 G $\Omega$	33G2
5,9 k $\Omega$	5K9	59,0 G $\Omega$	59G
10 k $\Omega$	10K	100 G $\Omega$	100G
15 k $\Omega$	15 K	150 G $\Omega$	150G
33,2 k $\Omega$	33K2	332 G $\Omega$	332G
59,0 k $\Omega$	59K	590 G $\Omega$	590G
100 k $\Omega$	100K	1 T $\Omega$	1T0
150 k $\Omega$	150K	1,5 T $\Omega$	1T5
332 k $\Omega$	332K	3,32 T $\Omega$	3T32
590 k $\Omega$	590K	5,90 T $\Omega$	5T9
–	–	10 T $\Omega$	10T

Anmerkung: Für Widerstandswerte mit vier zählenden Ziffern entspricht die Kennzeichnung nachstehenden Beispielen:

Wert	Kennzeichnung
59,04 $\Omega$	59R04
590,4 $\Omega$	590R4
5,904 k $\Omega$	5K904
59,04 k $\Omega$	59K04

**IEC-Reihen für Widerstände**

Genormte Widerstandswerte ergeben sich aus dem Produkt „IEC-Wert mal Zehnerpotenz mal Ω“. IEC-Wert der E 6-, E 12- und E 24-Reihe:

												<b>Toleranz</b>	
E 6 ( $\sqrt[6]{10}$ )	1,0			1,5			2,2					±20 %	
E 12 ( $\sqrt[12]{10}$ )	1,0		1,2		1,5		1,8		2,2		2,7	±10 %	
E 24 ( $\sqrt[24]{10}$ )	1,0	1,1	1,2	1,3	1,5	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,7	3,0	± 5 %

												<b>Toleranz</b>	
E 6 ( $\sqrt[6]{10}$ )	3,3			4,7			6,8					±20 %	
E 12 ( $\sqrt[12]{10}$ )	3,3		3,9		4,7		5,6		6,8		8,2	±10 %	
E 24 ( $\sqrt[24]{10}$ )	3,3	3,6	3,9	4,3	4,7	5,1	5,6	6,2	6,8	7,5	8,2	9,1	±5 %

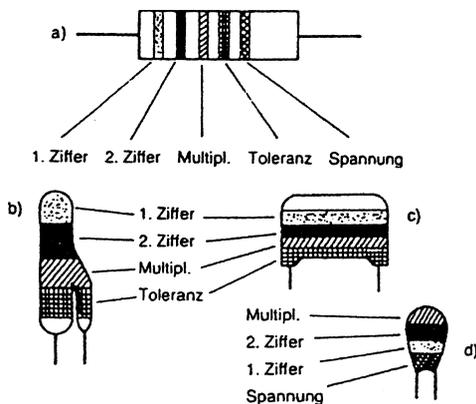
Beispiele für genormte Widerstandswerte: 6,8 MΩ, 4,7 kΩ, 1,5 Ω, 9,1 GΩ

**14.7 Kennzeichnung von Kondensatoren**

**Farbkennzeichnung**

Für Kondensatoren gibt es **unterschiedliche** Kennzeichnungen. Die wichtigsten sind im folgenden aufgeführt:

- a) Rohrkondensator als Kunststoff-Folienkondensator. Angegeben: Nennkapazität, Toleranz und maximale Betriebsspannung.
- b) und c): Standkondensatoren. Es fehlt die Angabe der Maximalspannung.
- d) Tantalkondensator ohne Toleranzangabe (auch andere Kodierungen werden verwendet).



Kennfarbe	Wertziffer	Multiplikatoren		Toleranz für C ≥ 10 pF	Toleranz für C < 10 pF	maximale Spannung	
		Folienkondensator	Tantal-Kondensator			Folienkondensator	Tantal-Elkos
schwarz	0	1 pF	1 F	±20 %	–	–	10 V
braun	1	10 pF	10 µF	±1 %	±0,1 PF	100 V	–
rot	2	10 <sup>2</sup> pF	–	±2 %	±0,25 PF	200 V	–
orange	3	10 <sup>3</sup> pF	–	–	–	300 V	35 V
gelb	4	10 <sup>4</sup> pF	–	–	–	400 V	6,3 V
grün	5	10 <sup>5</sup> PF	–	±5 %	±0,5 pF	500 V	16 V
blau	6	10 <sup>6</sup> pF	–	–	–	600 V	20 V
violett	7	10 <sup>7</sup> PF	–	–	–	700 V	–
grau	8	10 <sup>8</sup> pF	10 nF	–	–	800 V	25 V
weiß	9	10 <sup>9</sup> PF	0,1 µF	± 10 %	±1 pF	900 V	3 V
gold	–	–	–	±5 %	–	1000 V	–
silber	–	–	–	± 10 %	–	2000 V	–
ohne	–	–	–	±20 %	–	500 V	–

Auch der Temperaturkoeffizient (TK-Wert) wird farblich durch den 1. Ring verschlüsselt angegeben, z. B. auf Scheiben- oder Rohrkondensatoren. Der 1. Ring ist dann **breiter** als die anderen Ringe:

Farbkennzeichnung	rot-violett gestreift	schwarz	braun	blau-braun gestreift	rot	orange	gelb	grün	blau	violett	orange mit weißem Strich
TK-Wert in 10 <sup>-6</sup> /°C	+100	0	-33	-47	-75	-150	-220	-330	-470	-750	-1500

Anmerkung:  $\Delta C = C \cdot \alpha \cdot \Delta \vartheta$

Beispiel:

Für einen Keramik-Standkondensator gilt:

1. Ring: gelb; 2. Ring: violett; 3. Ring: rot; 4. Ring: schwarz. Es gilt also: Nennkapazität =  $47 \cdot 100 \text{ pF} = 4700 \text{ pF} = 4,7 \text{ nF}$ . Die Toleranz ist  $\pm 20 \%$ ; demnach liegt die Kapazität zwischen 3,76 nF und 5,64 nF.

Beispiel:

Für einen Keramik-Rohrkondensator gilt:

1. Ring (breit): violett; 2. Ring: grün; 3. Ring: braun; 4. Ring: schwarz; 5. Ring: grün.

Die Nennkapazität beträgt 51 pF, die Toleranz  $\pm 5 \%$ . Bei 20 °C kann also die Kapazität Werte zwischen 48,45 pF und 53,55 pF haben. Der TK-Wert ist  $-750 \cdot 10^{-6}/^\circ\text{C}$ .

Steigt z. B. die Temperatur um 50 °C, so ändert sich die Kapazität von 51 pF auf 51 pF – 51 pF · 750 · 10<sup>-6</sup> · 50 = 49,0875 pF.

### Kennzeichnung von Kapazitäten durch Buchstaben und Ziffern

Die Buchstaben p, n, t, m und F stehen für die Multiplikatoren 10<sup>-12</sup>, 10<sup>-9</sup>, 10<sup>-6</sup>, 10<sup>-3</sup> und 1 der in Farad angegebenen Kapazitätswerte. Das Komma wird durch einen Buchstaben ersetzt.

Beispiele für die Kennzeichnung von Kapazitätswerten:

Kapazitätswert	Kennzeichnung	Kapazitätswert	Kennzeichnung
0,1 pF	p10	100 nF	100n
0,15 pF	p15	150 nF	150n
0,332 pF	p332	332 nF	332n
0,590 pF	p59	590 nF	590n
1 pF	p0	1 µF	10
1,5 pF	p5	1,5 µF	15
3,32 pF	3p32	3,32 µF	3µ32
5,90 pF	5p9	5,90 µF	5µ9
10 pF	10p	10 F	10
15 pF	15p	15 µF	15µ
33,2 pF	33p2	33,2 µF	33µ2
59,0 pF	59p	59,0 F	59
100 pF	100p	100 µF	100
150 pF	150p	150 µF	150µ
332 pF	332p	332 F	332
590 pF	590p	590 F	590µ
1 nF	1n0	1 mF	1m0
1,5 nF	1n5	1,5 mF	1m5
3,32 nF	3n32	3,32 mF	3m32
5,90 nF	5n9	5,90 mF	5m9
10 nF	10n	10 mF	10m
15 nF	15n	15 mF	15m
33,2 nF	33n2	33,2 mF	33m2
59,0 nF	59n	59,0 mF	59m

Anmerkung: Für Kapazitätswerte mit vier zählenden Ziffern entspricht die Kennzeichnung nachstehenden Beispielen:

Wert	Kennzeichnung
68,01 pF	68p01
680,1 pF	680p1
6,801 nF	6n801
68,01 nF	68n01

**Buchstabenkennzeichnung von zulässigen Abweichungen (Toleranzen)**

Kennbuchstabe	B	C <sup>1)</sup>	D	F	G	H <sup>1)</sup>	J	K	M	N
zulässige Abw. in % <sup>2)</sup>	±0,1	±0,25 ±0,3 <sup>3)</sup>	±0,5	±1	±2	±2,5	±5	±10	±20	±30
Kennbuchstabe	W <sup>1)</sup>	Q	R <sup>1)</sup>	Y <sup>1)</sup>	T	S	U <sup>1)</sup>	Z	V <sup>1)</sup>	
zulässige Abw. in % <sup>2)</sup>	+20 0	+30 -10	+30 -20	+50 0	+50 -10	+50 -20	+80 0	+80 -20	+100 -10	

- 1) Diese Kennbuchstaben sind in DIN IEC 62 nicht enthalten.
- 2) Für Kapazitäten < 10 pF wird die zulässige Abweichung in pF angegeben.
- 3) Nur bei KS-Kondensatoren.

Beispiele:

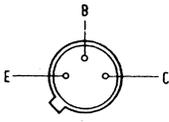
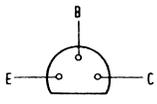
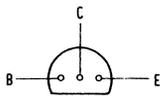
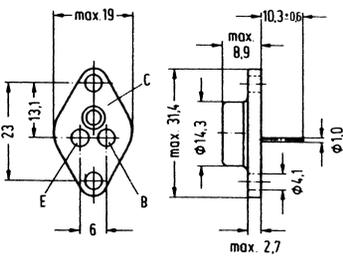
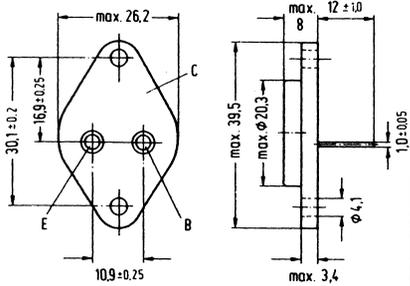
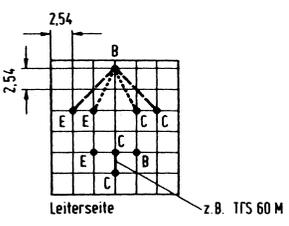
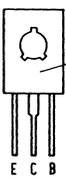
Kondensatoren			Widerstände		
Kapazität	zulässige Abweichung	Kennzeichnung	Widerstandswert	zulässige Abweichung	Kennzeichnung
8,2 pF	±0,5 pF	8p2D	6,8 Ω	±10 %	6R8K
27 pF	±0,5 %	27pD	12,7 kΩ	±5 %	12K7J
56 pF	±1 %	56pF	97,6 Ω	±2 %	97R6G
470 pF	±5 %	470pJ od. n47J	97,6 kΩ	±2 %	97K6G
16 F	+50% -20%	16μS	9,76 MΩ	±5 %	9M76J

Neben einer einzeiligen Darstellung (z. B. 6R8K) darf eine zweizeilige Darstellung, z. B. (<sup>6</sup>R<sub>K</sub><sup>8</sup>) angewendet werden.

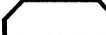
Anmerkung: Siehe auch **Farbcode** für Widerstände. Grundsätzlich gilt:

Die Angabe der Kapazität, der Widerstandswerte und der zulässigen Abweichungen auf Kondensatoren und Widerstände in Klartext ist stets jeder anderen Kennzeichnung vorzuziehen. Ist jedoch wegen Platzmangel die Angabe in Klartext nicht möglich, so soll die Kennzeichnung nach DIN 40825 (siehe oben) oder DIN 41429 (Farbcode) verwendet werden.

### 14.8 Transistoranschlüsse

 <p><b>TO 18</b>          BC 107 NPN          BC 109 NPN          BFY 39 NPN</p>	<p style="text-align: center;">auf die Lötseite gesehen</p>  <p><b>TO 5</b>          BSY 55 NPN          2N 2905 A PNP</p>	 <p><b>TO 3</b>          BC 171 NPN          BC 173 NPN          BC 182 NPN          BC 212 NPN          BC 174 NPN          BC 256 PNP</p> <p style="text-align: right;">2N 3703          TIS 60 M          TIS 61 M</p>
<p style="text-align: center;"><b>Gehäuse SOT 9</b></p>  <p>AD 161, AD 162, AD 152, BD 107, BD 106          PNP NPN NPN</p>	<p style="text-align: center;"><b>Gehäuse TO 3</b></p>  <p>AD 131, AD 149, ASZ 16, 2N 3055          PNP PNP PNP NPN</p>	
<p style="text-align: center;">Lötpunkte auf der Platine</p>  <p>z.B. TIS 60 M</p> <p>--- TO 5 (großes Gehäuse)          - - - TO 18 (kleines Gehäuse)</p>		
 <p style="text-align: center;">Schriftseite</p> <p style="text-align: center;">E C B</p> <p style="text-align: right;">2N 4919 PNP          2N 4922 NPN</p>		

## 14.9 Symbole für Flussdiagramme nach DIN 66001

Sinnbild	Bedeutung	Erläuterung bzw. Anwendung
	Operation allgemein	z.B. Transportieren, Rechnen, Löschen, Modifizieren, Vergleichen
	Verzweigung	Der Programmablauf soll aufgrund einer oder mehrerer Bedingungen variiert werden. Es ergeben sich mindestens zwei Ausgänge, die zu kennzeichnen sind (ja oder nein). Ein Sonderfall ist der programmierte Schalter.
	Unterprogramm	Darstellung eines in sich geschlossenen Programmteils. Unterprogramme können von mehreren Stellen angesprungen werden. Es sollte nur einen Eingang und einen Ausgang haben.
	Programmmodifikation	z.B. das Setzen von programmierten Schaltern oder das Ändern von Indexregistern (ersetzbar durch „Operation allgemein“).
	Operation von Hand	z.B. Eingabe von Steuer-, Kontroll- und Korrekturdaten; Operator-Konsole. (Nur in Ausnahmefällen anwenden).
	Eingabe Ausgabe	Darstellung der Ein- und Ausgabe peripherer Geräte. Die Art der Ein- und Ausgabe soll aus der Beschriftung hervorgehen.
	Ablauflinie	Vorzugsrichtungen: von oben nach unten von links nach rechts Die Ablauflinie kann mit einer Pfeilspitze versehen sein.
	Zusammenführung	Der Ausgang ist immer mit einer Pfeilspitze zu kennzeichnen. Sich kreuzende Ablauflinien sind keine Zusammenführung und sind zu vermeiden.
	Übergangsstelle	Der Übergang kann von mehreren Stellen aus, aber nur zu einer Stelle hin erfolgen. Zusammengehörige Übergangsstellen sind gleich zu bezeichnen.
	Grenzstelle	Darstellung von z.B. Start, Ende, Zwischenhalt. Das Sinnbild ist durch eine Eintragung zu ergänzen.
	Bemerkung	Dieses Sinnbild kann an jedes andere Sinnbild angefügt werden.
	Anfang Schleife	Vor Beginn eines Schleifenprogramms mit Eintragung
	Ende Schleife	Dieses Sinnbild kommt unmittelbar vor dem Verzweigungssymbol

## 14.10 Erläuterungen der Anschlussbezeichnungen an ICs

Die Kurzbezeichnungen an den Anschlüssen der integrierten digitalen Schaltungen (vgl. Abb. 5.18) sind Abkürzungen aus der englischen Fachliteratur. Die folgenden Listen enthalten in der ersten Spalte die Abkürzungen in alphabetischer Reihenfolge. In der zweiten Spalte wird die ungekürzte Bedeutung in englischer Sprache wiedergegeben. Die dritte Spalte enthält die deutsche Bezeichnung mit Anwendungserläuterungen.

Die Bezeichnungen sind nicht genormt.

*Digitale Bausteine:*

<b>Anschlussbezeichnung</b>	<b>Ausgeschrieben in englischer Sprache</b>	<b>Bezeichnung und Erläuterung in deutscher Sprache</b>
A, B...	Inputs	Eingänge in alphabetischer Reihenfolge
Clear	Clear-Input	Löscheingang, Flipflop Rücksetzeit
Clock	Clock-Input	Takteingang
$C_n$	Input-Increment	Übertragseingang, Inkrementeingang
$C_{n+1}$	Carry-Output	Übertragsausgang
EI	Even-Input	Eingang für Gleichheit (arithm.)
ENA	Enable-Input	Freigabe des Bausteines bzw. der Eingänge
G	Generate	Übertragungsausgang
INP	Input	Eingang
J	J-Input	Eingang JK-Flipflop
K	K-Input	Eingang JK-Flipflop
L	Shift-left-Input	Eingang für Links schieben
M	Mode	Betriebsart
NC	Not connected	Anschluss nicht belegt
OI	Odd-Input	Eingang für Ungleichheit (arithm.)
OUT	Output	Ausgang
P	Propagate	Übertragungsausgang
Preset	Preset-Input	Eingang, Flipflop Setzen
Q	Output	Ausgang
R	Shift-Right-Input	Eingang für rechts schieben
RCK	Register lock	Takteingang für Register
RCO	Ripple Carry-Output	Übertragsausgang
WS	Word select	Datenwortauswahl
X, Y...	Outputs	Ausgänge In alphabetischer Reihenfolge
$\Sigma$	Arithmetik-Output	Summenausgang, z. B. Volladdierer

Computer-Bausteine (Tri-state Funktion):

<b>Anschluss- bezeichnung</b>	<b>Ausgeschrieben, in englischer Sprache</b>	<b>Bezeichnung und Erläuterung in deutscher Sprache</b>
$A_0 \dots A_n$	Address	Adressenausgang, bzw. -eingang
$AD_0 \dots AD_n$	Address-data	Kombinierter Adress- und Datenausgang und -eingang in zeitlicher Reihenfolge (gemultiplext)
AEN	Address enable	Adressfreigabe
ALE	Address-latch-enable	Adressenspeicher-Freigabe
B	Blank	Freigabe
BD	Blank display	Anzeige-Freigabe
BF	Buffer full	Zwischenspeicher voll
BP	Tone enable	Tonfreigabe
BUSEN	Bus enable	Busfreigabe
CE	Chip enable	Baustein Auswahl, bzw. Bausteinfreigabe
CLK	Clock	Takteingang, bzw. -ausgang
CLR	Clear	Löscheingang für Speicher
CNTL	Control	Kontrollanschluss
CS	Chip select	Funktion wie CE
CTS	Clear to send data	Sendebereitschaft
$D_0 \dots D_n$	Data	Datenleitung bidirektional (Datenbusleitung)
DACK	DMA acknowledge	DMA-Freigabe
DBIN	Data bus input	Datenbuseingabe frei
DBUSE	Data bus enable	Datenbus-Freigabe
DI	Data input	Dateneingang bei Schnittstellenbausteinen (I/O-Ports)
DIEN	Data input enable	Dateneingabe freigeben
DMA	Direct memory access	Direkter Speicherzugriff
$DO_0 \dots DO_n$	Data output	Datenausgang
DRQ	Direct memory request	DMA-Anforderung
DS	Data select	Baustein Auswahl, bzw. -freigabe; Datenauswahl
DSR	Data set ready	Datenübertragungseinrichtung bereit
DTR	Data terminal ready	Datenstation bereit
E	Enable	Freigabe
ECS	Enable correct selected	Freigabe der richtigen Daten
ELR	Enable read	Lesefreigabe für Unterbrechungsebene
ERROR	Error	Fehler

Computer Bausteine (Tri-state Funktion), (Fortsetzung):

<b>Anschluss- bezeichnung</b>	<b>Ausgeschrieben, in englischer Sprache</b>	<b>Bezeichnung und Erläuterung in deut- scher Sprache</b>
GND	Ground	Bezugspotenzial für Betriebsspannung $V_{SS}$ , und $V_{CC}$
HLD	Hold	Halteanforderung
HLDA	Hold acknowledge	Quittierung der Halteanforderung
HRQ	Hold request	Haltefreigabe
$I_0 \dots I_n$	Input	Eingang
INT	Interrupt	Unterbrechung des Prozessors
INTA	Interrupt acknowledge	Unterbrechungs-Quittierung
INTE	Interrupt enable	Unterbrechungsfreigabe
INTR	Interrupt request	Unterbrechungsfreigabe
$IO_0 \dots IO_n$	Input-Output	Eingang-Ausgang, Bezeichnung für bidirektionalen Datenbus
IOR	Input-output read	Eingang-Ausgang lesen
IOW	Input-Output write	Eingang-Ausgang schreiben
IR	Interrupt request	Unterbrechungsfreigabe
IRQ	Interrupt request	Unterbrechungsfreigabe
KCL	Key clock	Taktgeber
M	Matrix scan lines	Matrix-Scan-Anschluss
MD	Mode	Betriebsart-Freigabe, z. B. Speicher- oder Kanalbaustein
MEMR	Memory read	Speicher lesen
MEMW	Memory write	Speicher schreiben
$O_0 \dots O_n$	Output	Ausgang
OD	Output disable	Ausgang sperren
$OD_{0 \dots 7}$	Output data	Datenausgang
OE	Output enable	Ausgangsfreigabe
PA, PB, PC	Port A, B, C	Kanalausgänge, bzw. -eingänge
RxC	Receiver clock	Empfangs-Takt
RD	Read	Freigabe Lesen
READY	Ready	Zustandsmeldung „Fertig“
RESET	Reset	Rückstelleingang für Befehlszähler
RxD	Receiver data	Empfangs-Daten
RL	Return lines	Rückholanschluss
RxRDY	Receiver ready	Empfänger bereit
RST	Restart	Unterbrechungseingänge für bestimmte Adressen

Computer Bausteine (Tri-state Funktion), (Fortsetzung):

<b>Anschlussbezeichnung</b>	<b>Ausgeschrieben, in englischer Sprache</b>	<b>Bezeichnung und Erläuterung in deutscher Sprache</b>
RST	Restart	Unterbrechungseingänge für bestimmte Adressen
RTS	Request to send	Sendeaufforderung
S	Select	Bausteinauswahl, bzw. Freigabe
SGS	Status groupe select	Auswahl der Zustandsgruppe
SID	Serial input data	Serieller Dateneingang
SL	Scan lines	Scan-Anschluss
SOD	Serial Output data	Serieller Datenausgang
SP	Slave programm	Hilfsprogrammfreigabe
STB	Strobe	Übernahme
Syndet	Synchron detect	Synchronisationserkennung
SYNC	Synchron	Synchronisierungstakt
TxC	Transmitter Clock	Sendetakt
TxD	Transmitter Data	Sende Daten
TxE	Transmitter empty	Sendepuffer leer
Trap	Trap	Unterbrechungsanforderung
V <sub>cc</sub>	Voltage circuit	Betriebsspannung, z. B. +5 V
V <sub>ss</sub>	Voltage source	Betriebsspannung, z. B. -5 V
WAIT	Wait	Wartezustand, Ausgangsfunktion
WE	Write enable	Freigabe für Speicher schreiben
WR	Write	Freigabe schreiben, entspricht WE

## 14.11 ASCII-Zeichen-Zuordnungstabelle

Hex Dez.	Okt.	ASCII	Bedeutung		Hex Dez.	Okt.	ASCII	Bedeutung	
			englisch	deutsch				englisch	deutsch
00	0	NUL	NULL	Null, Nichts	40	64	100	@	COMMERCIAL AT
01	1	SOH	START OF HEADING	Kopfzeilenbeginn	41	65	101	A	
02	2	STX	START OF TEXT	Textanfängszeichen	42	66	102	B	
03	3	ETX	END OF TEXT	Textendenzeichen	43	67	103	C	
04	4	EOT	END OF TRANSMISSION	Ende der Übertragung	44	68	104	D	
05	5	ENQ	ENQUIRY	Aufforderung zur Datenübertragung	45	69	105	E	
06	6	ACK	ACKNOWLEDGE	Positive Rückmeldung	46	70	106	F	
07	7	BEL	BELL	Klingelzeichen	47	71	107	G	
08	8	BS	BACKSPACE	Rückwärtsschritt	48	72	110	H	
09	9	HT	HORIZONTAL TABULATION	Horizontal Tabulator	49	73	111	I	
0A	10	LF	LINE FEED	Zeilenvorschub	4A	74	112	J	
0B	11	VT	VERTICAL TABULATION	Vertikal Tabulator	4B	75	113	K	
0C	12	FF	FORM FEED	Seitenvorschub	4C	76	114	L	
0D	13	CR	CARRIAGE RETURN	Wagenrücklauf	4D	77	115	M	
0E	14	SO	SHIFT OUT	Dauerumschaltungszeichen	4E	78	116	N	
0F	15	SI	SHIFT IN	Rückschaltungszeichen	4F	79	117	O	
10	16	DLE	DATA LINK ESCAPE	Datenübertragungsumschaltung	50	80	120	P	
11	17	DC1	DEVICE CONTROL 1 (X-ON)	Gerätesteuerzeichen 1	51	81	121	Q	
12	18	DC2	DEVICE CONTROL 2 (TAPE)	Gerätesteuerzeichen 2	52	82	122	R	
13	19	DC3	DEVICE CONTROL 3 (X-OFF)	Gerätesteuerzeichen 3	53	83	123	S	
14	20	DC4	DEVICE CONTROL 4 (TAPE)	Gerätesteuerzeichen 4	54	84	124	T	
15	21	NAK	NEGATIVE ACKNOWLEDGE	Negative Rückmeldung	55	85	125	U	
16	22	SYN	SYNCHRONOUS IDLE	Synchronisierung	56	86	126	V	
17	23	ETP	END OF TRANSMISSION BLOCK	Ende des Datenübertragungsblocks	57	87	127	W	
18	24	CAN	CANCEL	Ungültig	58	88	130	X	
19	25	EM	END OF MEDIUM	Ende der Aufzeichnung	59	89	131	Y	
1A	26	SUB	SUBSTITUTE	Substitution	5A	90	132	Z	
1B	27	ESC	ESCAPE	Umschaltung	5B	91	133	[	OPENING BRACKET Eckige Klammer (offen)
1C	28	FS	FILES SEPARATOR	Hauptgruppenrennzeichen	5C	92	134	]	REVERSE SLANT Schrägstrich (links)
1D	29	GS	GROUP SEPARATOR	Gruppenrennzeichen	5D	93	135	^	CLOSING BRACKET Eckige Klammer (geschlossen)

## 14.11 ASCII-Zeichen-Zuordnungstabelle (Fortsetzung)

1E	30	36	RS	RECORD SEPARATOR	Untergruppenrennzeichen	5E	94	136	ˆ	CIRCUMFLEX	Zirkumflex
1F	31	47	US	UNIT SEPARATOR	Teilgruppenrennzeichen	5F	95	137	—	UNDERScore	Unterstrich
20	32	40	SP	SPACE	Leerzeichen	60	96	140	·	GRAVE ACCENT	
21	33	41	!	EXCLAMATION MARK	Ausrufezeichen	61	97	141	a		
22	34	42	..	QUOTATION MARK	Anführungszeichen	62	98	142	b		
23	35	43	#	NUMBER SIGN	Numerzeichen	63	99	143	c		
24	36	44	\$	DOLLAR SIGN	Dollarzeichen	64	100	144	d		
25	37	45	%	PERCENT SIGN	Prozentzeichen	65	101	145	e		
26	38	46	&	AMPERSAND	Kommerzielles UND-Zeichen	66	102	146	f		
27	39	47	.	APOSTROPHE	Hochkomma	67	103	147	g		
28	40	50	(	OPENING PARENTHESIS	Runde Klammer (offen)	68	104	150	h		
29	41	51	)	CLOSING PARENTHESIS	Runde Klammer (geschlossen)	69	105	151	i		
2A	42	52	*	ASTERISK	Stern	6A	106	152	j		
2B	43	53	+	PLUS	Pluszeichen	6B	107	153	k		
2C	44	54	,	COMMA	Komma	6C	108	154	l		
2D	45	55	-	HYPHEN (MINUS)	Bindestrich (Minuszeichen)	6D	109	155	m		
2E	46	56	.	PERIOD (DECIMAL)	Punkt	6E	110	156	n		
2F	47	57	/	SLANT	Schrägstrich (rechts)	6F	111	157	o		
30	48	60	0			70	112	160	p		
31	49	61	1			71	113	161	q		
32	50	62	2			72	114	162	r		
33	51	63	3			73	115	163	s		
34	52	64	4			74	116	164	t		
35	53	65	5			75	117	165	u		
36	54	66	6			76	118	166	v		
37	55	67	7			77	119	167	w		
38	56	70	8			78	120	170	x		
39	57	71	9			79	121	171	y		
3A	58	72	:	COLON	Doppelpunkt	7A	122	172	z		
3B	59	73	;	SEMI-COLON	Semikolon	7B	123	173	{		ÖFFNUNGSKLAMMER (offen)
3C	60	74	<	LESS THAN	Kleiner als	7C	124	174			VERTIKALSTRICH
3D	61	75	=	EQUALS	Gleichheitszeichen	7D	125	175	}		SCHLIEßUNGSKLAMMER (geschlossen)
3E	62	76	>	GREATER THAN	Größer als	7E	126	176	~		TILDE
3F	63	77	?	QUESTION MARK	Fragezeichen	7F	127	177	DEL		DELETE (RUBOUT) Löschen

## 14.12 Griechisches Alphabet für Größen und Maßeinheiten

Die Physik als sehr alte Wissenschaft hat im Altertum für Größen und Maßeinheiten die Buchstaben des damals einzigen Alphabets eingesetzt, sowohl mit den Groß- und den Kleinbuchstaben. Die griechische Sprache war in Europa die erste Schriftsprache, die auf 24 Buchstaben aufgebaut war.

Auch die Elektrophysik arbeitet mit diesen Größen und Maßeinheiten.

Hierzu einige Beispiele:

Kleinbuchstabe Alpha –	Zeichen für Temperaturbeiwert eines Werkstoffes oder Zeichen für Drehwinkel
Großbuchstabe Beta –	Zeichen für Feldliniendichte oder Magnetflussdichte
Kleinbuchstabe Beta –	Zeichen für dynamische Stromverstärkung des bipolaren Transistors
Großbuchstabe Delta –	Zeichen für Änderungsbetrag einer physikalischen Größe
Kleinbuchstabe Epsilon –	Zeichen für Dielektrizitätskonstante
Großbuchstabe Epsilon –	Zeichen für Feldstärke
Großbuchstabe Eta –	Zeichen für magnetische Feldstärke
Kleinbuchstabe Eta –	Zeichen für Wirkungsgrad
Großbuchstabe Theta –	Zeichen für elektrische Durchflutung
Kleinbuchstabe Theta –	Zeichen für Temperatur
Kleinbuchstabe Kappa –	Zeichen für spezifische Leitfähigkeit
Großbuchstabe Lambda –	Zeichen für magnetischen Leitwert
Kleinbuchstabe Lambda –	Zeichen für Wellenlänge
Kleinbuchstabe My –	Zeichen für magnetische Feldkonstante oder Permeabilität
Kleinbuchstabe Pi –	Zeichen für Kreisfrequenz
Kleinbuchstabe Rho –	Zeichen für spezifischen Widerstand
Großbuchstabe Sigma –	Summenzeichen
Kleinbuchstabe Tau –	Zeitkonstante
Großbuchstabe Phi –	Zeichen für Magnetfluss
Kleinbuchstabe Phi –	Zeichen für Potenziale von Knotenpunkten
Großbuchstabe Omega –	Maßeinheit für ohmschen Widerstand

Benennung	Großbuchstabe	Kleinbuchstabe	Benennung	Großbuchstabe	Kleinbuchstabe
Alpha	A	α	Ny	N	ν
Beta	B	β	Xi	Ξ	ξ
Gamma	Γ	γ	Omikron	O	ο
Delta	Δ	δ	Pi	Π	π
Epsilon	E	ε	Rho	Ρ	ρ
Zeta	Z	ζ	Sigma	Σ	σ ς
Eta	H	η	Tau	T	τ
Theta	Θ	θ	Ypsilon	Υ	υ
Jota	I	ι	Phi	Φ	φ
Kappa	K	κ	Chi	Χ	χ
Lambda	Λ	λ	Psi	Ψ	ψ
My	M	μ	Omega	Ω	ω

### 14.13 Dezibel-Tabelle

Zahlenmäßig große Verhältnisse von Leistungen, Spannungen und Strömen werden in der Praxis häufig in Dezibel (dB) angegeben. lg ist der Logarithmus zur Basis 10, also der Zehnerlogarithmus.

$$\frac{v_p}{dB} = 10 \lg v_p \text{ mit } v_p = \frac{\text{Leistung}_2}{\text{Leistung}_1}$$

$$\frac{v_u}{dB} = 20 \lg v_u \text{ mit } v_u = \frac{\text{Spannung}_2}{\text{Spannung}_1}$$

$$\frac{v_i}{dB} = 20 \lg v_i \text{ mit } v_i = \frac{\text{Strom}_2}{\text{Strom}_1}$$

dB	v <sub>u</sub> , v <sub>i</sub>	v <sub>p</sub>
0	1,00	1,00
3	1,413	1,995
4	1,585	2,512
5	1,778	3,162
6	1,995	3,981
7	2,239	5,012
8	2,512	6.310
9	2,818	7,943
10	3,162	10,00
12	3,981	15,85
14	5,012	25,12
17	7,079	50,12

dB	v <sub>u</sub> , v <sub>i</sub>	v <sub>p</sub>
20	10,00	100,00
25	17,78	316,2
30	31,62	1000
35	56,2	3162
40	100,0	10000
50	316,2	10 <sup>5</sup>
60	10 <sup>3</sup>	10 <sup>6</sup>
70	3162	10 <sup>7</sup>
80	10 <sup>4</sup>	10 <sup>8</sup>
90	31620	10 <sup>9</sup>
100	10 <sup>5</sup>	10 <sup>10</sup>

Anmerkung: Für den praktischen Gebrauch sind besonders folgende Näherungen wichtig:

Spannungs-(Strom-)verhältnis:		Leistungsverhältnis:	
dB	$v_u, v_i$	dB	$v_p$
6	2	3	2
8	2,5	6	4
12	4	7	5
14	5	9	8
20	10	10	10

### Absolute Pegelangaben

Es sind auch absolute Pegelangaben in dB üblich: z. B. dBm.

Dabei ist die Bezugsleistung (Leistung<sub>1</sub>) 1 mW

Beispiel:

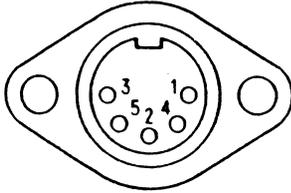
Was bedeutet 30 dBm?

Lösung

$$\frac{v_p}{\text{dBm}} = 10 \lg\left(\frac{P}{1 \text{ mW}}\right); \frac{P}{1 \text{ mW}} = 10\left(\frac{v_p}{\text{dBm}} \cdot \frac{1}{10}\right) = 10^3; P = 10^3 \cdot 1 \text{ mW} = 1 \text{ W}$$

## 14.14 Stecker und Buchsen für die HiFi- und Videotechnik

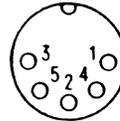
### Stiftbezeichnungen der DIN 41524 - Buchsen



Flanschsteckdose,  
Ansicht: Steckseite

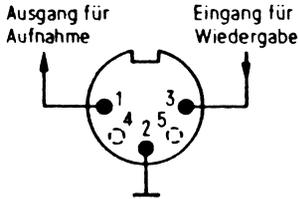


Buchse,  
Ansicht:  
Lötseite

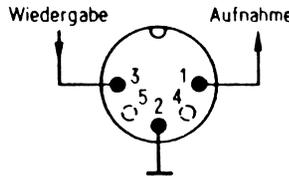


Stecker,  
Ansicht:  
Lötseite

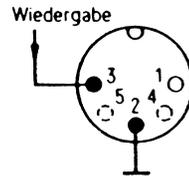
### Mono-Anschlüsse



Rundfunk-Gerät  
(Tonband/Phono-Buchse)  
[Diodenbuchse]  
Ansicht:Lötseite

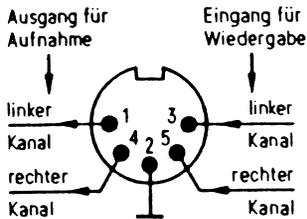


Tonband-Gerät (Stecker)  
Ansicht:Lötseite

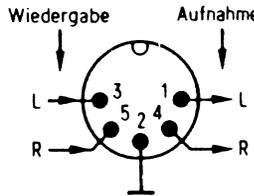


Phono-Gerät (Stecker)  
Ansicht:Lötseite

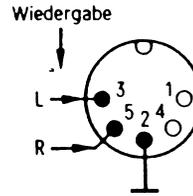
### Stereo-Anschlüsse



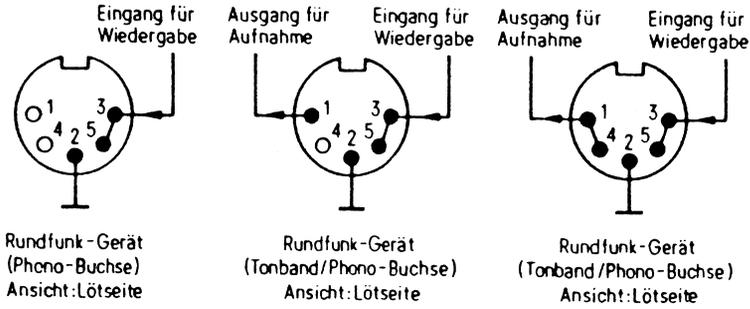
Rundfunk-Gerät  
(Tonband/Phono-Buchse)  
Ansicht:Lötseite



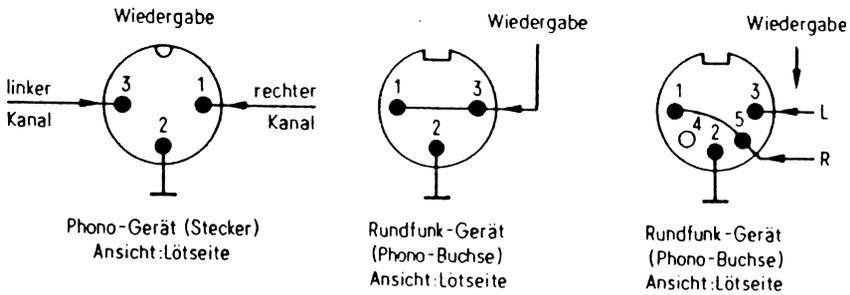
Tonband-Gerät (Stecker)  
Ansicht:Lötseite



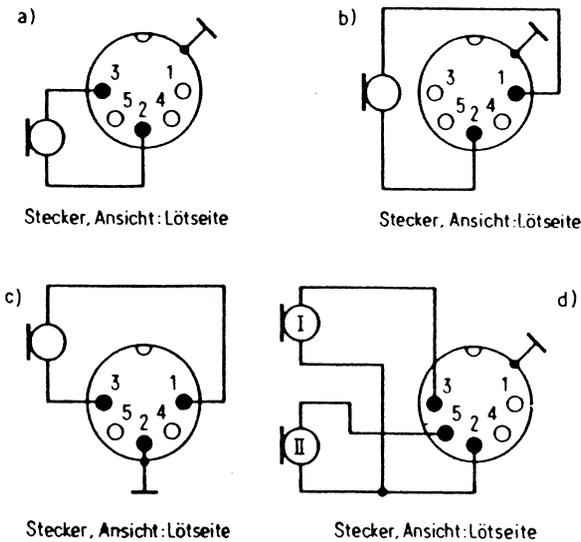
Phono-Gerät (Stecker)  
Ansicht:Lötseite

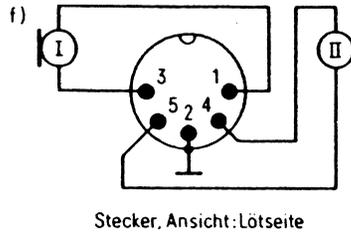
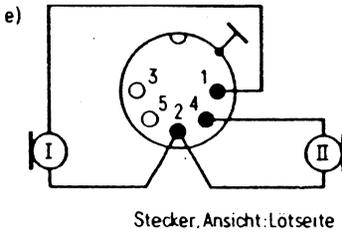


Alte Stereo-Beschaltung (3-Stift)



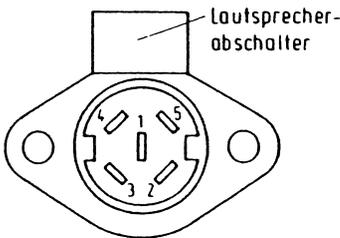
Mikrofonanschluß



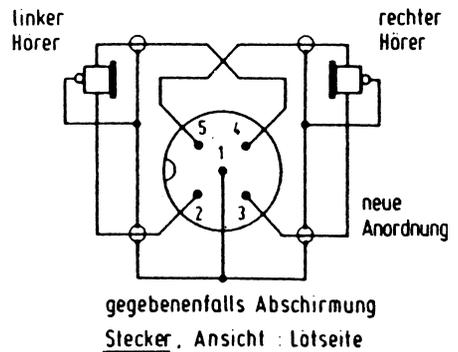
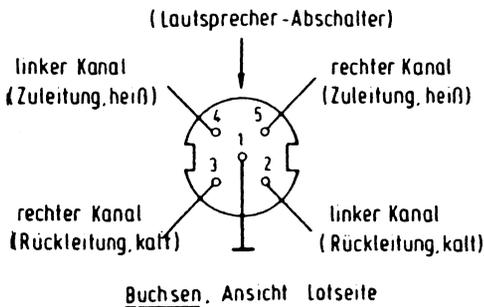


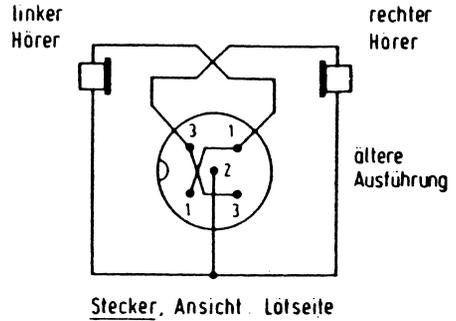
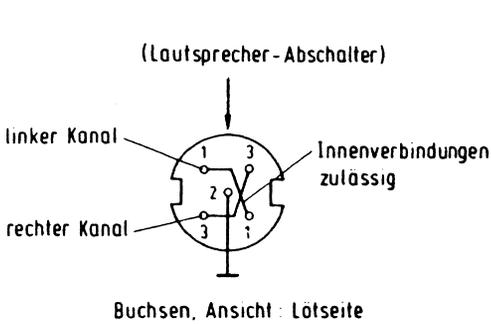
- a: niederohmig, asymmetrisch ( $50\Omega \dots 600\Omega$ )
- b:  $R_i > 500\Omega$
- c: niederohmig, symmetrisch
- d: Stereo – sonst Daten wie a)
- e: Stereo – sonst Daten wie b)
- f: Stereo – sonst Daten wie c)

### Kopfhöreranschluß

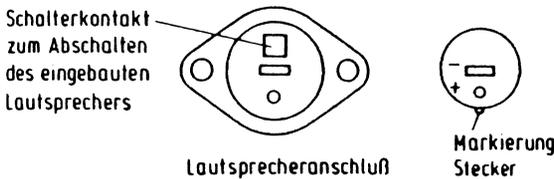


Stecker kann um  $180^\circ$  gedreht werden, entspricht EIN-AUS-Zustand der Lautsprecher



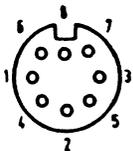


**Lautsprecheranschluß**



**Sonderbuchsen**

**8-polige Universalbuchse**



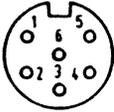
1. Aufnahme
2. Masse
3. Wiedergabe
4. leer (mit 1 verbunden)
5. mit 3 verbunden
6. Start-Stop-Schaltspannung
7. für Schallmikrofon
8. Betriebsspannung für Electret-Mikrofon

**7-polige Universalbuchse**



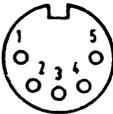
1. Aufnahme
2. Masse
3. Wiedergabe
4. leer (mit 1 verbunden)
5. mit 3 verbunden
6. } Start-Stop-Schaltspannung
7. } für Schallmikrofon

**6-polige TV-Buchse;  
AV-Buchse**



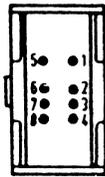
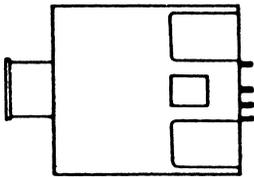
1. Schaltspannung 0V/12V-Ausgang (12V; 100mA)
2. Videosignal Eingang/Ausgang
3. Masse
4. Audiosignal 1 Eingang/Ausgang
5. Versorgungsspannung 12V
6. Audiosignal 2 Eingang/Ausgang

**FBAS-Buchse**



1. frei
2. FBAS
3. Masse
4. frei
5. frei

**Honda - (VTR) - Buchse**



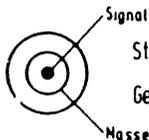
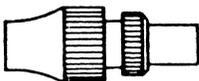
1. Audiosignal (Eingang/Ausgang)
2. Videosignal (Eingang/Ausgang)
3. Videosignal Masse (Ausgang/Eingang)
4. Videosignal (Ausgang/Eingang)
5. Audiosignal Masse (Eingang/Ausgang)
6. Masse Video (Eingang/Ausgang)
7. Audiosignal Masse (Ausgang/Eingang)
8. Audiosignal (Ausgang/Eingang)

**BNC - Buchse**



Stift : Signal  
Gehäuse : Masse

**HF - Buchse  
(Antennensteckbuchse; Antennenkoaxialbuchse)**



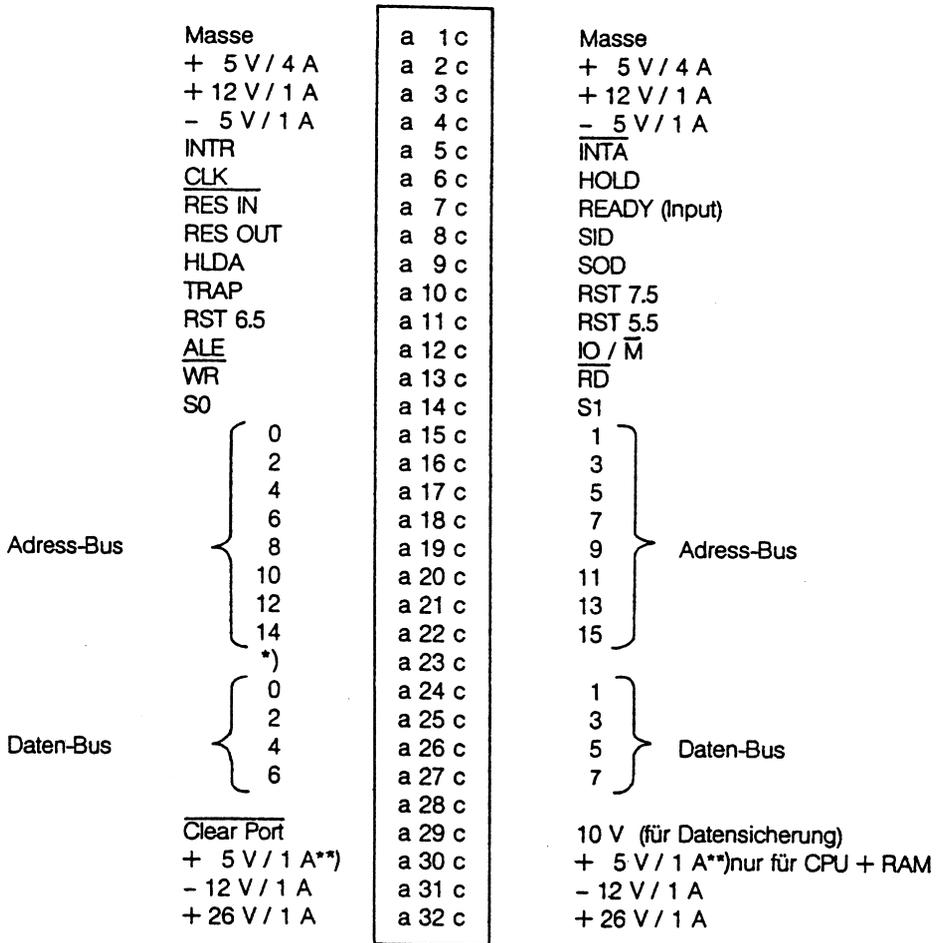
Stift : Signal  
Gehäuse : Masse

### 14.15 Stecker und Buchsen für die Datenübertragung

Die Schnittstellen in der Datentechnik sind nach nationalen (DIN 66020) und nach internationalen (EIA-)Normen festgelegt und größtenteils identisch.

#### 14.15.1 Busbelegung

Die Abbildung zeigt die Anschlussbelegung für ein 8-bit-Processorsystem. Für jede Versorgungsspannung sind zwei parallele Stifte belegt.



Busbelegung

### 14.15.2 Serielle TTY/V24-Schnittstelle

Die TTY- oder Current-Loop-Interface-Standard überträgt Daten in Form eines „offenen“ und eines „geschlossenen“ Kontakts oder einer Schaltfunktion. Die Verbindung besteht aus einem verdrehten Adernpaar (Simplex) oder aus zwei verdrehten Adernpaaren (Vollduplex). Damit können kurze bis mittellange Abstände bei Datenraten von 110 Baud bis 9600 Baud überbrückt werden.

TTY-Kennwerte:

- L-Pegel (logisch 1): 10 mA bis 100 mA,
- H-Pegel (logisch 0): 0 mA bis 0,1 mA.

Übliche Stromgrenzen: 20 mA, 40 mA und 60 mA:

- Spannungsabfall bei 20 mA: Empfänger 1,2 V; Sender 0,1 V;
- Spannungsabfall bei 60 mA: Empfänger 1,3 V; Sender 0,2 V.

Die Abbildung zeigt eine 25-polige Steckerbelegung b), die in der oberen Hälfte a) mit einer TTY-Schnittstelle belegt ist. Bei dieser asynchronen Verbindung werden sowohl die Datensignale als auch die Steuersignale übertragen.

Die untere Hälfte der 25-poligen Steckerverbindung zeigt die V24-Schnittstelle für eine asynchrone Datenübertragung. Eine weitere 7-polige Steckerbelegung c) zeigt die V24-Anschlüsse für zwei Sende- und Empfangsstationen.

Die V24-Schnittstellen nach DIN 66020 sind identisch mit der EIA RS-232 C-Norm. Die maximale Übertragungsgeschwindigkeit beträgt 20 kBaud. Die Leitung muss nicht mit den Wellenwiderstand abgeschlossen sein.

V24-Senderkennwerte:

- logisch 1 (Zeichen) entspricht  $-5\text{ V}$  bis  $-15\text{ V}$ ,
- logisch 0 (Pause) entspricht  $5\text{ V}$  bis  $15\text{ V}$ .

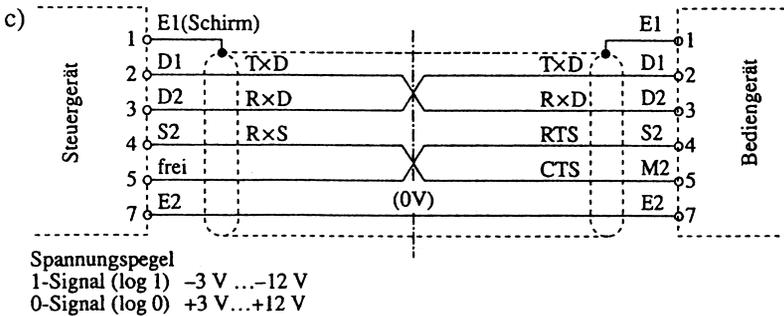
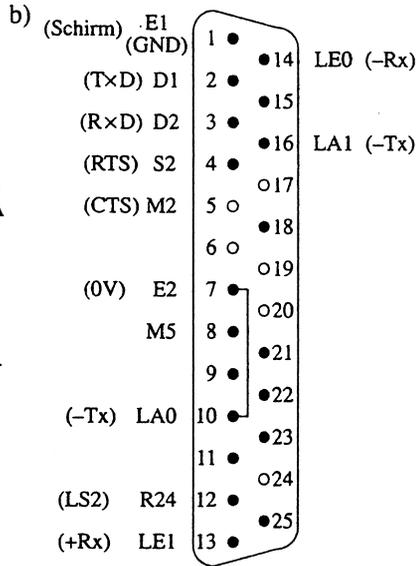
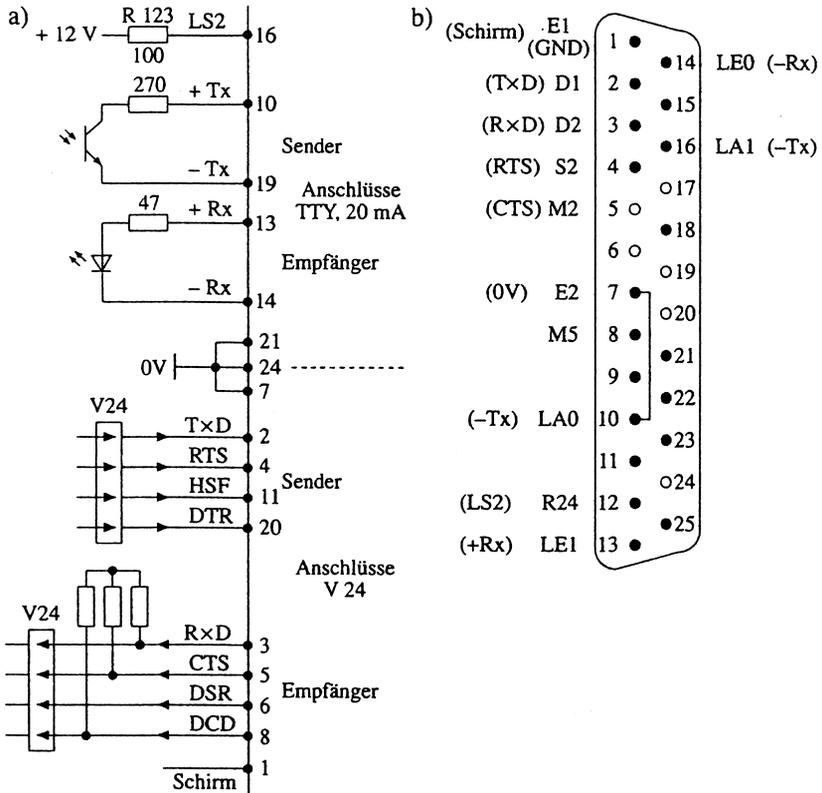
Die angegebenen Werte gelten für einen Impedanzwert  $Z$  von 3 k bis 7 k.

Sender-Ausgangsimpedanz größer 300.

Empfänger-Eingangsimpedanz 3 k $\Omega$  bis 7 k $\Omega$ .

V24-Empfängerkennwerte:

- logisch 1 (Zeichen) entspricht  $-3\text{ V}$  bis  $-25\text{ V}$ ,
- logisch 0 (Pause) entspricht  $3\text{ V}$  bis  $25\text{ V}$ .



TTY- und V24-Schnittstelle

a) Anschlussfunktionen

b) Steckerbelegung

c) V24-Anschlüsse für zwei Sende- und Empfangsstationen

### 14.15.3 BAS-Monitorschnittstelle

Bei den Anschlüssen für Farbmonitore unterscheidet man serielle und parallele Schnittstellen.

An die serielle Schnittstelle mit Analogsignal können Monitore mit folgenden Kennwerten angeschlossen werden:

- 3 x RGB/BAS-Signal (1 V Spitze-Spitze) 75 Ω; Rot, Grün, Blau.
- Synchronsignal VSYNC und HSYNC auf G-Kanal (Vertikalfrequenz 50 Hz, Horizontalfrequenz 15 625 Hz).

Die Kabellänge des Koaxialkabels sollte 60 m nicht überschreiten. An die parallele Monitorschnittstelle für Digitalsignale können Datenmonitore mit TTL-Eingängen angeschlossen werden. Die Steckerbelegung (neunpolig, D-Subminiaturbuchse) ist standardisiert und wie folgt in Abb. a) belegt:

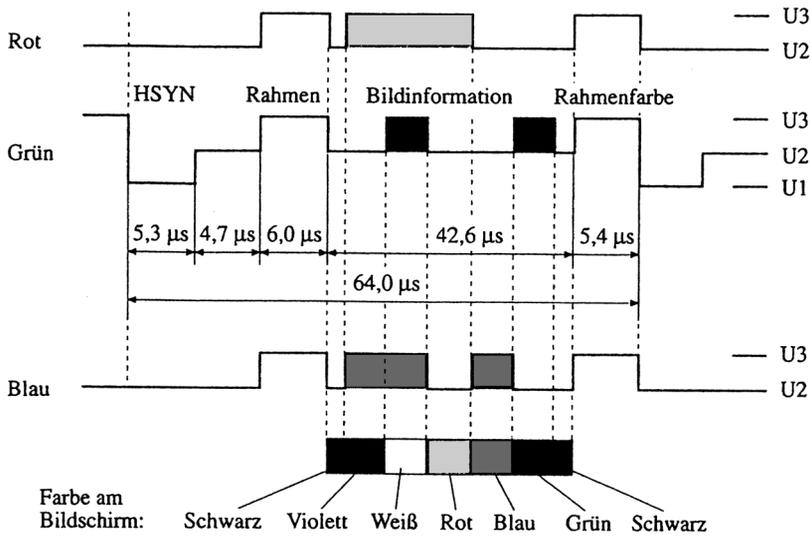
Stift-Nr.	Signalname	Beschreibung	Beschaltung
1	0 V, Masse	Bezug ITL-Logik	pull up 150 Ω
2	Rot	Rotkanal	pull up 150 Ω
3	Grün	Grünkanal	pull up 150 Ω
4	Blau	Blaukanal	pull up 1 kΩ
5	VSYNC	Vertikal-(Bild-)Synchronfrequenz	pull up 1 kΩ
6	HSYNC	Horizontal-(Zeilen-)Synchronfrequenz	pull up 1 kΩ
7	LPS	Lichtgriffelschalter	LPS-Eingang
8	LPCH	Lichtgriffel-Übernahmetakt	LPS-Eingang
9	-5 V	Eingang für -5 V	

a) Steckerbelegung für parallele Schnittstelle (BAS-Monitorfunktionen)

Folgende Abbildungen b) und c) zeigen die Pegel- und Zeitverläufe der RGB/BAS-Signale, die mit einem Oszilloskop gemessen werden:

Spannung Videosignal	Monitor angeschlossen		ohne Monitor	
	ohne -5 V (Stift 9)	mit -5 Volt	ohne -5 V (Stift 9)	mit -5 Volt
U1	1,2 V	-0,6 V	2,4 V	-1,0 V
U2	1,4 V	-0,1 V	2,8 V	-0,2 V
U3	2,0 V	+1,0 V	3,9 V	+2,0 V

b) Spannungen der RGB/BAS-Signale



c) Zeitliche Darstellung der RGB/BASX-Signale

#### 14.15.4 IEC-Schnittstelle

Das IEC-Interface ist ein in der Messtechnik eingesetztes und genormtes Bussystem zur Verbindung von Computersystemen mit mehreren Peripherie- oder Messgeräten. Es besitzt 8 Daten-, 3 Quittungs- und 5 Steuerleitungen. Entsprechend der Fähigkeiten der angeschlossenen Geräte werden sie in 4 Gruppen eingeteilt:

- Controller: z. B. Rechner
- Listener: kann nur „hören“, z. B. ein Drucker
- Talker: kann nur „sprechen“ z. B. ein Messgerät
- Listener und Talker: z. B. Diskettenspeicher

#### 14.16 Telekommunikations-Anschlusseinheiten

An die Telefonendanschlüsse der Telekom können eine Vielzahl von Kommunikations- und Mediengeräte angeschlossen werden. Daher ist es durchaus sinnvoll, die Verbindungs- und Kontaktanschlussanordnungen zu kennen.

Prozessor	Der IEC-Bus		
DA-Bus	Stecker		Bezeichnung der Leitung
	IEEE	IEC	
DA0 DA1 DA2 DA3 DA4 DA5 DA6 DA7	Acht Datenleitungen		
	`Daten` für ATN ist Passiv `ADRESSEN` oder „KOMMANDOS` für ATN ist aktiv		
	1	1	DIO1 (Data Input/Output)
	2	2	DIO2
	3	3	DIO3
	4	4	DIO4
	13	14	DIO5
	14	15	DIO6
	15	16	DIO7
16	17	DIO8	
DA4 DA6 DA7	Drei Handshake-Leitungen		
	6	7	DAV (DAta Valid)
	7	8	NRFD (Not Ready for Data)
	8	9	NDAC (Not Data ACcepted)
DA1 DA5 DA2 DA0 DA3	Fünf Kontroll-Leitungen		
	17	5	REN (Remote ENable)
	6	6	EOI (End or identify)
	9	10	IFC (InterFace Clear)
	10	11	SRQ (Service ReQuest)
	11	12	ATN (ATteNtion)

Anschlussbelegung des IEC-Steckers

### 14.16.1 Der analoge Netzanschluss

Der Netzanschluss der Telekom beim analogen Telefonnetz ist mit einer TAE-Netzabschlusseinheit (Abb. 14.16.1a) versehen. Bis zur Netzabschlusseinheit und an dieser selbst dürfen nur Angehörige der Telekom arbeiten. Für Arbeiten nach der Netzabschlusdose gibt es für die Elektroberufe eine Zulassung zum Errichten, Ändern und Instandsetzen der Endstellenleitungen (Innenleitungen nach der Anschalteinrichtung der Telekom) in einfachen Endstellen.

Im Netzabschluss der TAE-Steckdose (Abb. 14.16.1b) befindet sich der Prüfabschluss PPA für die Überprüfung der Postleitung. Die Endstellenleitung kann über einen TAE-Stecker (Abb. 14.16.1c, d, e) an der Netzabschlusseinheit eingesteckt werden. Damit ist eine eindeutige Trennung zwischen Netzanschluss und Endstelleneinrichtung möglich. Die angeschlossenen Endgeräte müssen auf jeden Fall zugelassen sein (ZZF-Zeichen).

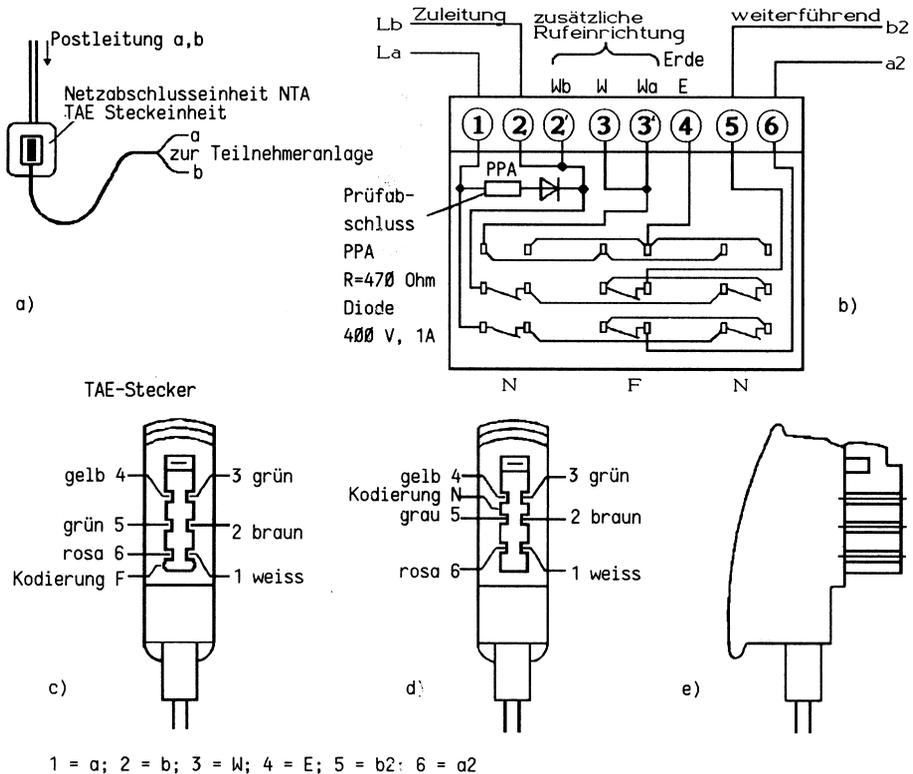


Abb. 14.16.1:

- a) Netzanschlusseinheit
- b) Interne Verbindung der Steckkontakte (Schalterkontakte öffnen beim Einführen des TAE Steckers
- c) TAE-Stecker, Kodierung F
- d) TAE-Stecker, Kodierung N
- e) TAE-Stecker-Gehäuse

### 14.16.2 Die analoge Telekommunikations-Anschlusseinheit

Zum Anschluss der Endgeräte stehen Telekommunikations-Anschlusseinheiten TAE zur Verfügung. Es werden Einfach- (Abb. 14.16.2a), Zweifach- und Dreifach- (Abb. 14.16.2b) TAE angeboten. Unterschieden wird zwischen der Codierung F zum Anschluss von Telefonapparaten und Telekommunikationsanlagen und -systemen und der Codierung N zum Anschluss von Zusatzgeräten, wie Anrufbeantwortern, Modems, Btx-Anschlussboxen etc.

Die Abb. 14.16.2c zeigt die verschiedenen internen Verbindungen der Anschlusseinheiten.

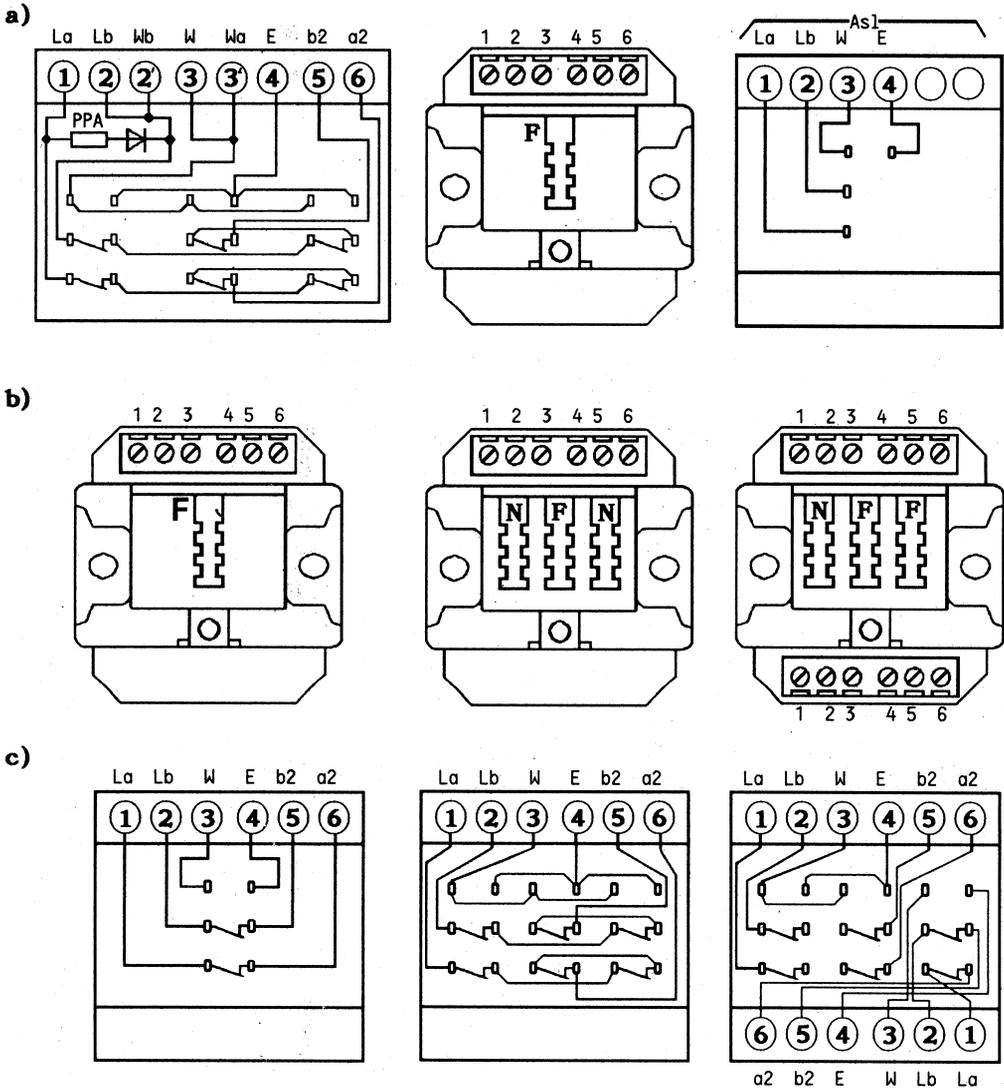


Abb. 14.16.2:

- a) TAE-Anschlusseinheit der Telekom (L), Einfache Anschlusseinheit TAE 4 (M)), Verbindung der Anschlusskontakte der TAE 4 (R).
- b) Einfachanschlusseinheit TAE 6F (L), Dreifachanschlusseinheit TAE 3x6 NFN (M), Dreifachanschlusseinheit TAE 3x6 NF/F (R)
- c) Kontaktverbindungen: TAE 6F (L), TAE 3x6 NFN (M), TAE 3x6 NF/F

Leitungen an der TAE-Anschlusseinheit:

- La:** Ader a der Amtsleitung
- Lb:** Ader b der Amtsleitung
- W:** Schaltader von Geräten (z. B. zum Anschluss eines zusätzlichen Weckers)
- E:** Erdungsader (für Nebenstellenanlagen)
- a2** abgehende Benutzerader a
- b2** abgehende Benutzerader b

Es gibt auch 16-polige TAE-Steckverbindungen für Sonderanwendungen (Abb. 14.16.3).

Für die Installation der Teilnehmeranlage sind verschiedene Festlegungen zu beachten:

Die Leitungslänge vom Netzabschluss (NTA) bis zur letzten TAE-Anschlusseinheit darf maximal 100 m betragen.

Bei der Auswahl der Leitungen und Kabel und deren Verlegungen sind DIN VDE 0815 (Installationskabel und -leitungen für Fernmelde- und Informationsverarbeitungsanlagen) sowie DIN VDE 0891 (Verwendung von Kabeln und isolierten Leitungen für Fernmelde- und Informationsverarbeitungsanlagen) zu beachten.

Solange an den TAE-Anschlusseinheiten keine Geräte angesteckt sind, besteht die Verbindung zwischen La und a2 sowie zwischen Lb und b2. Bei Mehrfachanschlusseinheiten sind angeschlossene Zusatzgeräte und Telefonapparate in Reihe hintereinander geschaltet. Als NTA werden bei einfachen Sprechstellen in der Regel TAE-Dreifachanschlusseinheiten NFN verwendet.

Für den Anschluss an den Geräten stehen Telefonsteckverbinder TSV 6/4 (Western-Steckverbinder, Abb. 14.16.4) zur Verfügung. Sie erlauben das Trennen der Verbindung ohne Öffnung des Gehäuses. Bei dem Miniatursteckverbinder MSV (Abb. 14.16.5) und dem Steckverbinder SV müssen die Gehäuse geöffnet werden.

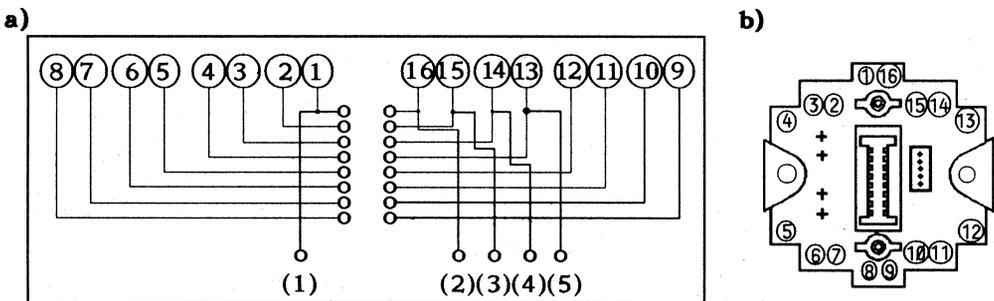


Abb. 14.16.3: a) Interne Verbindungen der 16-poligen Anschlusseinheit  
b) Gehäuse der 16-poligen Anschlusseinheit

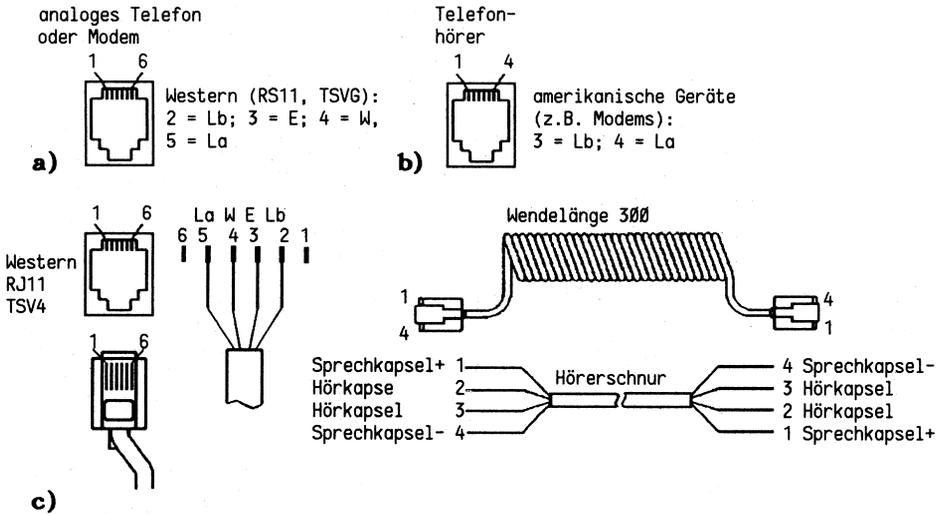


Abb. 14.16.4: a) Steckverbinder Western (RS11, TSVG),  
 b) Steckverbinder für amerikanische Geräte,  
 c) Steckverbinder Western (RJ11, TSV4)

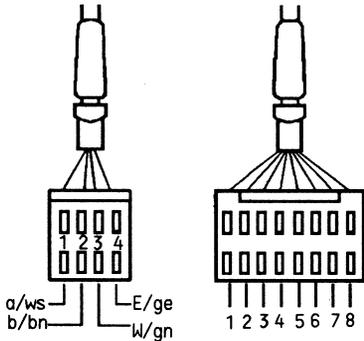


Abb. 14.16.5: Miniatursteckverbinder MSV,  
 4-, 5-, 6- oder 8-polig

Für den geräteseitigen Anschluss der Telefonanschlussschnüre gibt es verschiedene Möglichkeiten. Aktuelle Geräte besitzen Telefonsteckverbinder TSV.

Zur Verfügung stehen auch verschiedene Adapter:

- Adapterdose TSV – TAE,
- Adapter TAE – Ado 8,
- Adapter TAE – IAE (ISDN) und
- Adapter IAE – TAE (ISDN).

Früher verwendete man Ado-Anschlusseinheiten, die manchmal auch heute noch zu finden sind (Abb. 14.16.7).

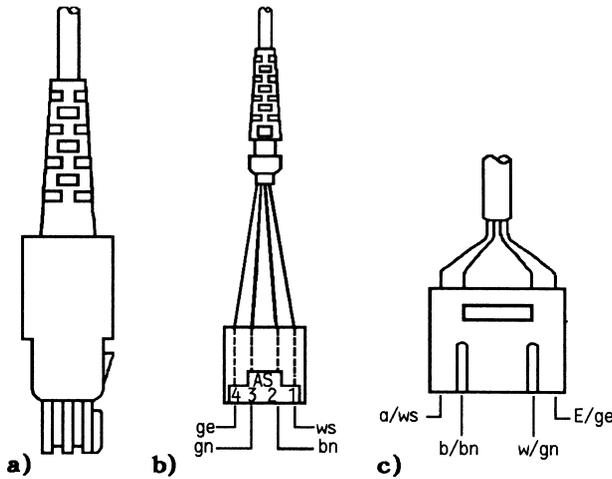


Abb. 14.16.6:  
 a) Fernmeldeklinenstecker FKS 4polig, selbsttätig verriegelnd, nur mit Werkzeug zu entriegeln.  
 b) Steckergehäuse mit Federkabelschuhen FKS, 4polig (Briefmarkenstecker).  
 c) Anschlussbelegung des 4poligen Steckers

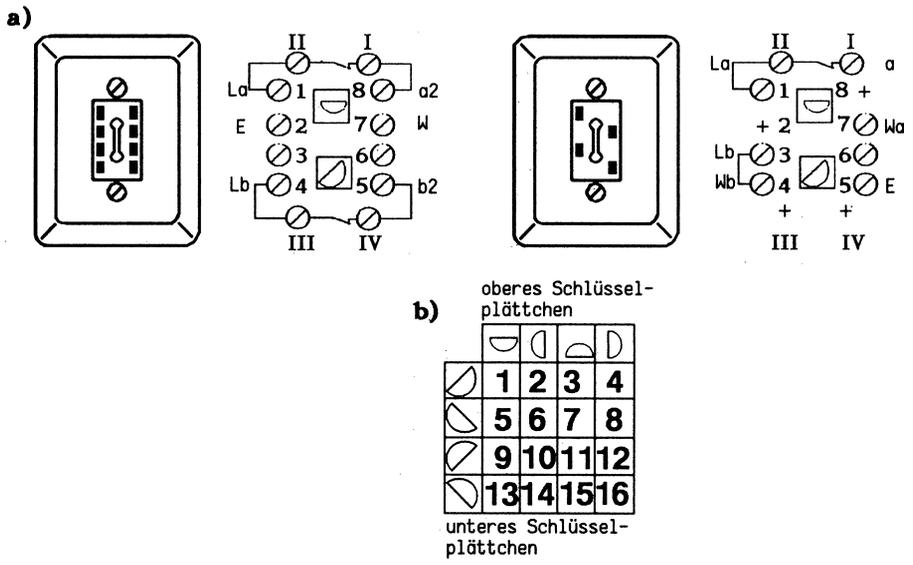


Abb. 14.16.7: a) ADo-Anschlusseinheiten  
 b) Verbindungskodierung mit Schlüsselplättchen

Eine Codierung mit zwei Schlüsselplättchen und Führungsstiften verhindert das Einstecken von nicht geeigneten Geräten. Beispiele für die Codierung:

- 1: Fernsprechapparat,
- 3: Anrufbeantworter,
- 10: Telefax,
- 11: schnurloses Telefon, Multitel.

### 14.16.3 Die Gleichstrombedingungen im analogen Netz

Die Speisespannungen für die Teilnehmerendgeräte liegt im Bereich von 12 ... 60 V, der Schleifenstrom-Funktionsbereich bei 19 ... 60 mA zwischen Leitung a und b. Der Strom zur Betriebserde bei Erdtastenbetätigung beträgt maximal 120 mA. Minus-Potenzial an a, Plus-Potenzial an b.

Für die Teilnehmeranschlussleitung zwischen dem speisenden Netzknotenpunkt und dem Anschaltpunkt des Endgeräts sind folgende übertragungstechnische Werte zu beachten:

<b>Aderndurchmesser:</b>	0,4	0,6	0,8 mm
<b>Reichweite für 10 dB:</b>	6,6	12,5	16,7 km
<b>Schleifenwiderstand:</b>	268	119	67 Ohm
<b>Dämpfung bei 800 Hz:</b>	1,5	0,8	0,6 dB

Die ankommende Rufspannung wird der Speisegleichspannung überlagert. Rufspannung 55 ... 90 V, Ruffrequenz 25 Hz +/-8%, Ruffrequenz spezieller Endeinrichtungen: 50 Hz, Impulsdauer 1 s, Impulspause 4 ... 5 s.

Hörtöne im analogen Telefonnetz:

<b>Art des Tons</b>	<b>Impuls</b>	<b>Impulspause</b>	<b>Mindestpegel</b>
Wählton	Dauerton	-----	-27 dB
Freiton	1 s	4 s	-43 dB
Besetztton	0,15/0,48 s	0,475/0,48 s	-43 dB

Hinsichtlich der a-, b- und W-Adern müssen die Endgeräte polaritätsfrei arbeiten. Die Anschlussleitung a und b darf in der Endeinrichtung keine Verbindung mit Potenzial gegen Erde erhalten, ausgenommen bei Signalisierung mit Fernmeldebetriebserde E bei galvanisch geschalteten Telekommunikationsanlagen.

Der Schleifenwiderstand zwischen den Anschlüssen a und b sowie a gegen Erde E und b gegen Erde E darf in allen Betriebszuständen mit Ausnahme des Schleifenzustands, der Aktivzustände der Signaltasten und des Wahlzustands folgende Werte nicht übersteigen:

<b>Bei Prüfspannung bis:</b>	100 V	150 V
<b>Widerstandswert mindestens:</b>	5 Megaohm	100 Kiloohm

Die Speisespannung für nachgeschaltete Endeinrichtungen muss mindestens 12 V betragen. Endeinrichtungen müssen im Schleifenzustand über einen Vorwiderstand von 500 Ohm für 10 s einer Gleichspannungsbelastung von 120 V standhalten.

## 14.17 PC- und Notebook-Anschlussfunktionen

Die Weiterentwicklung der PC- und Notebook-Leistungsmerkmale hat auch zu erweiterten Ein- und Ausgabeeinheiten und teilweise zu neuen Anschlüssen geführt.

Auch hier wird mit Abkürzungen gearbeitet, die im Folgenden erklärt und dargestellt werden.

### **Arbeitsspeicher (RAM)-Fach**

Das Speicherfach (vor allem in Notebooks) enthält einen oder zwei (je nach Modell) Erweiterungssteckplätze für ein zusätzliches Arbeitsspeichermodul. Ein zusätzliches Arbeitsspeichermodul erhöht die Anwendungsleistung, da die Anzahl der notwendigen Zugriffe auf die Festplatte verringert werden. Das BIOS<sup>1)</sup>-Programm erkennt automatisch die Arbeitsspeichergröße im System und konfiguriert während des POST (Einschaltselbsttest)-Prozesses das CMOS entsprechend. Nach der Installation des Arbeitsspeichers ist keine Hardware- oder Softwareeinstellung, auch nicht im BIOS, erforderlich. Bei der Speichererweiterung nur die vom Hersteller des Computers empfohlenen Speichermodule einsetzen, damit die optimale Kompatibilität und Zuverlässigkeit sichergestellt ist.

### **Bluetooth-Wireless-Verbindung**

Desktop- und Notebook-PCs mit Bluetooth-Technologie benötigen keine Kabel zur Verbindung mit anderen Bluetooth-fähigen Geräten, z. B. PCs, Handys und PDAs (Drucker, Scanner, Maus, Tastatur, usw.).

Abhängig von den Leistungsmerkmalen kann von Bluetooth-fähigen Handys das Telefonverzeichnis, Fotos, Musikdateien, usw. übertragen oder als Modem zur Verbindung mit dem Internet verwendet werden. Damit können auch SMS versendet und empfangen werden.

Für den Zusammenschluss und die Verbindung eines Computers mit einem Bluetooth-fähigen Gerät müssen diese erst über die Software gepaart werden. Für den Verbindungsaufbau muss das Gerät eingeschaltet sein.

Die Verbindung erfolgt bei Windows über **Start/Programme/Bluetooth** oder **Add New-Connection** in der Bluetooth-Taskleiste. Danach folgt man den Installations-Assistenten für die Bluetooth-Installation des Gerätes. Nach erfolgreicher Software-Installation ist das Gerät auf dem Bildschirm sichtbar.

### **Display (Monitor)-Ausgang**

Der 15-Pin-D-Sub-Monitoranschluss unterstützt VGA-kompatible Standardgeräte wie z. B. einen Monitor oder Projektor zur Großansicht.

---

1. BIOS ist eine Sammlung von Routinen, die beeinflussen, wie der Computer Daten zwischen seinen Komponenten transportiert, wie z. B. Speicher, Datenträger und Grafikkarte. Die BIOS-Instruktionen sind in den nicht flüchtigen Nur-Lese-Speicher des Computers eingebaut. Die BIOS-Parameter können vom Anwender im BIOS-Setup-Programm konfiguriert werden. Das BIOS kann mittels eines Hilfsprogramms aktualisiert werden, indem eine neue BIOS-Datei ins EPROM kopiert wird.

### DVI-D-Ausgang

Der DVI (**D**igital **V**ideo **I**nterface)-Ausgang ist speziell für die Übertragung des Inhaltes der Grafikkarte zu LCD-Flachbildschirmen oder anderen DVI-konformen Geräten vorgesehen (optimale Bildqualität).

### ExpressCard

An diesen 26-Pin-ExpressCard-Steckplatz können eine 34-mm-ExpressCard- oder eine 54-mm-ExpressCard-Erweiterungskarte eingesetzt werden. Durch die Mitannwendung der seriellen Busunterstützung des USB 2.0 und PCI<sup>2)</sup>-Express anstelle des langsameren parallelen Bus, der in PC-Kartensteckplätzen Anwendung findet, ist diese Schnittstelle erheblich schneller. Sie ist aber nicht kompatibel mit vorhergehenden PCMCIA-Karten<sup>3)</sup>.

### Flash-Speicher-Schacht

In diesen Aufnahmeschacht können Speicherkarten von Geräten wie z. B. Digitalkameras, MP3-Player, Mobilphones und PDAs eingesetzt werden. Das Lesen dieser Flash-Speicherkarten erfolgt dann über einen integrierten Speicherkartenleser. Dieser interne Speicherkartenleser ist meist schneller als die meisten PCMCIA- oder USB-Speicherkartenleser, weil er den Hochbandbreiten-PCI-Bus verwendet.

Folgende Speichertypen werden von internen Speicherkartenlesern unterstützt:

MS-Adapter mit MS (Memory Stick)

Duo/Pro/Duo Pro/MG

MS: Magic Gate (MG)

MS: Select

MMC (Multimedia Card)

SD (Secure Digital)

SD/MMC

MS/MS Pro

### IEEE 1394-Port

IEEE1394, auch iLINK (Sony) oder Fire Wire (Apple) genannt, ist ein Hochgeschwindigkeits-Serial-Bus wie SCSL, aber mit einem einfachen Anschluss und Hot-Plug-Fähigkeiten wie bei USB-Anschlüssen. Das IEEE1394-Interface hat eine Band-

2. PCI-Bus (Peripherierät Component Interconnect Local Bus)

PCI-Bus ist eine Spezifikation für ein 32-Bit-Datenbusinterface. PCI ist ein weitverbreiteter Standard für Erweiterungskarten.

3. PC-Cards (PCMCIA) haben ungefähr die Größe einiger aufeinander gestapelter Kreditkarten und verfügen an einem Ende über einen 68-poligen Anschluss. Der PC-Card-Standard umfasst eine Reihe von Erweiterungsoptionen zu Funktionen, Kommunikation und Datenspeicherung. PC-Cards gibt es als Speicher/Flash-Karten, Faxmodems, Netzwerkadapter, SCSI-Adapter, MPEG I/II-Decoderkarten und sogar drahtlose Modem- oder LAN-Karten. PCs unterstützen die Standards PCMCIA 2.1 und 32-Bit-CardBus. Die drei unterschiedlichen PC-Standards sind von unterschiedlicher Dicke. Typ-I-Karten sind 3,3 mm dick, Typ-II-Karten 5 mm und Typ-III-Karten 10,5 mm dick. Karten von Typ I und Typ II können in einem einzelnen Steckplatz benutzt werden. Typ-III-Karten nehmen zwei Steckplätze auf.

breite von 100 bis 400 Mbits/Sek. und kann bis zu 63 Einheiten auf demselben Bus aufnehmen.

Dieses Interface wird zusammen mit USB voraussichtlich parallele Schnittstellen wie IDE<sup>4</sup>, SCSI und EIDE ersetzen.

Das Interface wird auch in High-End-Digitalgeräten verwendet. Es wird in der Regel dann mit „DV“ für „Digital Video“-Port gekennzeichnet.

### **Infrarot-Anschluss (IrDA)**

Der Infrarot (IrDA)-Kommunikationsanschluss ermöglicht eine bequeme drahtlose Datenübertragung (bis zu 4 Mbits/Sek.) mit Geräten oder Computern, die mit Infrarot-Anschlüssen ausgestattet sind. Dies ermöglicht einfache drahtlose Synchronisierung mit PDAs oder Mobiltelefonen und den kabellosen Anschluss von Druckern. Wenn der Computer IrDA-Netzwerktechnik unterstützt, hat man überall drahtlosen Netzwerkanschluss, solange eine ununterbrochene Sichtlinie mit einem IrDA-Knoten besteht. Mehrere nahe beieinander stehende Computer-Arbeitsplätze können mit der IrDA-Technologie einen gemeinsamen Drucker benutzen und untereinander Dateien ohne Netzwerk zuschicken.

### **Kopfhörerbuchse**

An die Stereo-Ausgangsbuchse (1/8 Zoll) können zur Abnahme des Audiosignals sowohl Nf-Verstärker mit Lautsprecher oder ein Kopfhörer angeschlossen werden. Die integrierten Lautsprecher werden automatisch bei Belegung der Buchse ausgeschaltet.

### **LAN-Port**

Der 8-polige RJ-45-LAN-Anschluss ist größer als der RJ-11-Modemanschluss und benötigt ein standardisiertes Ethernet-Kabel zur Verbindung mit einem lokalen Netzwerk. Der integrierte Anschluss benötigt daher keinen zusätzlichen Adapter.

Die Verbindung des Netzwerkanchlusses erfolgt über ein Twisted-Pair-Kabel TPE (Straight-through Twisted Pair Ethernet). Dieses Kabel dient zum Anschluss an einen Host (Standard ist Hub- oder Switch, Abb. 4.17.1). Ein Crossover-LAN-Kabel wird benötigt, wenn zwei Computer ohne einen Hub dazwischen direkt verbunden werden (Fast-Ethernet-Modell). Gigabit-Modelle unterstützen die Auto-Crossover-Funktion.

Damit die 100BASE-TX/1000BASE-T-Übertragungsgeschwindigkeit erreicht wird, muss ein Netzkabel der Kategorie 5, nicht Kategorie 3, verwendet werden. Das Modem muss mit einem 100BASE-TX/1000Base-T-Hub (nicht einem BASE-T4-Hub) verbunden werden. Computer die 10/100 MBps Vollduplex unterstützen, benötigen aber dafür einen Netzwerk-Switch-Hub, auf dem die Duplex-Funktion aktiviert ist. Die Software steuert dann automatisch die höchste Übertragungsgeschwindigkeit, ohne weitere Einstellungen.

---

4. IDE (Integrated Drive Electronics) integrieren die Laufwerkskontrollschaltungen direkt auf dem Laufwerk selbst, was die Verwendung einer separaten Adapterkarte (z. B. für SCSI-Geräte) unnötig macht. UltraDMA/33 IDE-Geräte können bis zu 33 MB/Sek. Transferleistung erreichen.

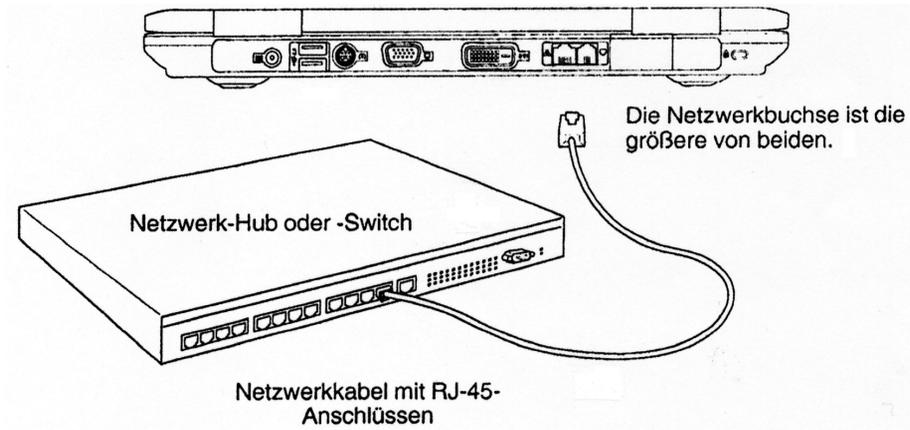


Abb. 14.17.1: Verbindung zwischen PC und Netzwerk-Hub oder -Switch

### Mikrofoneingang (Mic-In)

Die Mono-Mikrofonbuchse (1/8 Zoll) kann ein externes Mikrofon oder Ausgangssignale von Audiogeräten aufnehmen. Ein integriertes Mikrofon wird dann automatisch abgeschaltet, wenn an diese Buchse ein entsprechender Stecker angeschlossen wird. Dieser Audio-Eingang kann für Video-Konferenzsitzungen (Ton), Erzählungen oder Audioaufnahmen eingesetzt werden.

### Modem-Port

Der 2-polige RJ-11 Modem-Stecker ist kleiner als der RJ-45-Modemanschluss und benötigt ein standardisiertes Telefon-Verbindungskabel zur Verbindung mit einem Netzwerk (Internet). Das interne Modem unterstützt eine Übertragung bis zu 56k V.90. Ein zusätzlicher Adapter ist daher nicht erforderlich.

Das Telefonkabel zum Anschluss des internen Computer-Modems sollte zwei- oder vieradrig sein. Nur zwei Adern werden vom Modem benötigt sowie zwei RJ-11-Stecker an beiden Enden des Telefonkabels (Abb. 4.17.2) oder computerseitig ein RJ-11-Stecker und ein TAE-Stecker an der Telefonsteckdose.

Achtung: Das integrierte Modem ist **nur** für analoge Telefonanschlüsse vorgesehen. Durch die Spannung von digitalen Telefonanschlüssen (ISDN) kann das integrierte Modem beschädigt werden.

### Prozessor (CPU)

Manche PC-Hersteller verwenden einen Sockelprozessor. Dadurch ist es möglich, den Prozessor gegen einen leistungsfähigeren oder im Servicefall auszutauschen. Manche Modelle verfügen über ein kompakteres ULV-Design und können nicht aufgerüstet werden.

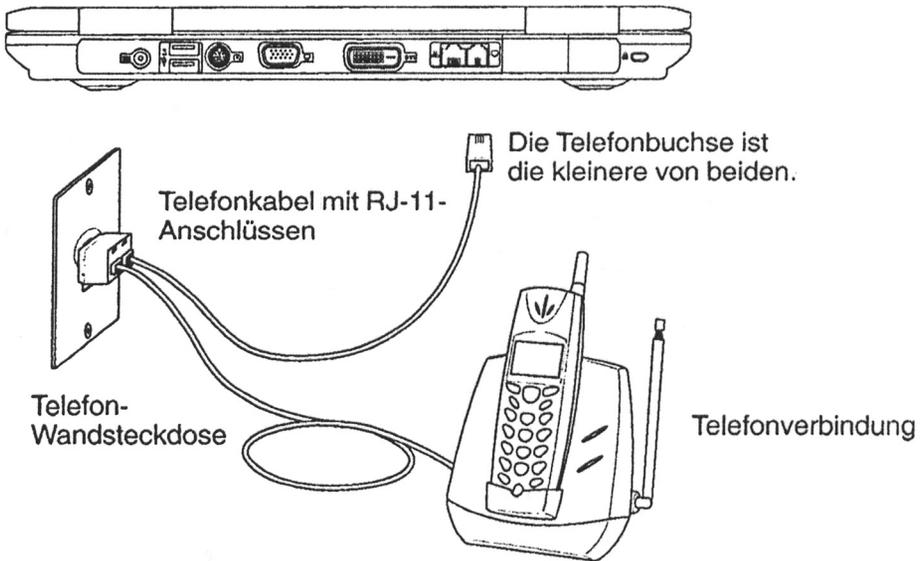


Abb. 14.17.2: Verbindung des PC mit einem Telefonanschluss

### Schlossbuchse

Mit einem Kensington-Schloss können Computer, vor allem Notebooks, mittels Kensington-kompatibler Sicherheitsprodukte gesichert werden. Diese Sicherheitsprodukte umfassen ein Metallkabel sowie ein Schloss, mit denen der Computer an ein fixiertes Objekt angeschlossen werden kann. Einige Sicherheitsprodukte umfassen auch einen Bewegungsmelder.

### SPDIF-Ausgangsbuchse

An diesen digitalen Audio-Ausgang können SPDIF-kompatible (Sony/Philips Digital Interface) Geräte für digitale Audioausgabe mit bester HiFi-Qualität angeschlossen werden.

### TV-Ausgangsanschluss

Dieser Ausgang ist ein S-Videoanschluss, der eine Umleitung der Anzeige des Computers zu einem Fernseher oder Videoprojektionsgerät ermöglicht. Man kann eine gemeinsame oder Einzelanzeige auswählen. Als Verbindung sollte ein S-Videokabel für eine Hochqualitätsdarstellung oder eine RCA-Verbindung zum S-Videoadapter für ein Standard-Videogerät verwendet werden. Der TV-Anschluss unterstützt sowohl das NTSC- als auch das PAL-Format.

### USB Port (2.0/1.1)

Universal Serial Bus (USB)-Ports, (4-poliger serieller Kabelbus) unterstützen viele USB-kompatible Geräte wie z. B. Tastaturen, Zeigegeräte (Maus, Projektoren), Videoka-

meras, Modems, Festplattenlaufwerke, Sticks, Drucker, Monitore und Scanner, die alle in Reihe bei einer Übertragungsgeschwindigkeit von bis zu 12 Mbits/Sek. (USB1.1) und 480 Mbits/Sek. (USB 2.0), angeschlossen werden können. USB ermöglicht gleichzeitigen Betrieb von bis zu 127 Geräten auf einem Computer, wobei Peripheriegeräte wie z. B. USB-Tastaturen und einige neuere Monitore als zusätzliche Plug-in-Sites oder Hubs agieren. USB unterstützt die Hot-Swap-Funktion. Dies bedeutet, dass USB-Geräte ein- oder ausgesteckt werden können, während der Computer eingeschaltet ist.

### Wireless LAN-Verbindung

Die Wireless LAN-Ausstattung erfolgt über einen Wireless Ethernet-Adapter. Dieser integrierte Adapter verwendet den IEEE 802.11 Standard für Wireless LAN (WLAN) und kann über Direct Sequence Spread Spectrum (DSSS) und Octogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM)-Technologien mit einer Frequenz von 2,4 GHz superschnelle Datentransfers anbieten. Die WLAN ist abwärtskompatibel mit älteren IEEE 802.11 Standards.

Die integrierte WLAN-Ausstattung ist ein Client-Adapter, der Infrastruktur- und Ad-hoc-Modi unterstützt. Dadurch ist bei der Konfiguration eines vorhandenen oder einzurichtenden drahtlosen Netzwerks mit Abständen von bis zu 40m zwischen dem Client und dem Access Point möglich.

Die Sicherheit für die drahtlose Kommunikation ist bei diesem Adapter mit einer 64-Bit/128-Bit-Wired-Equivalent-Privacy-(WEP)-Verschlüsselungs- und Wi-Fi-Protected-Access-(WPA)-Funktion gewährleistet.

Im Ad-hoc-Modus ist eine drahtlose Verbindung ohne Access Point (AP) möglich (Abb. 14.17.3).

Der Infrastruktur-Modus ermöglicht die Verbindung zu einem drahtlosen Netzwerk mit einem Access-Point (AP) für drahtlose Clients (Abb. 14.7.4).

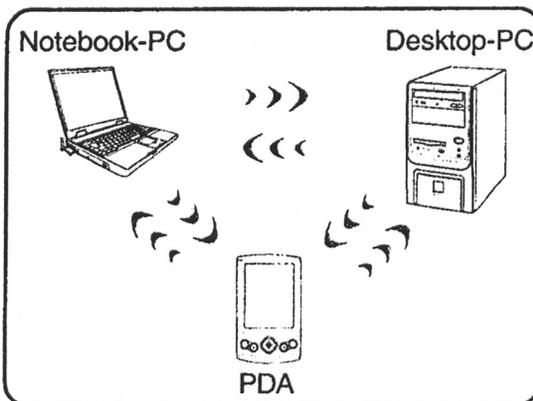


Abb. 14.17.3: Direkte drahtlose Verbindung

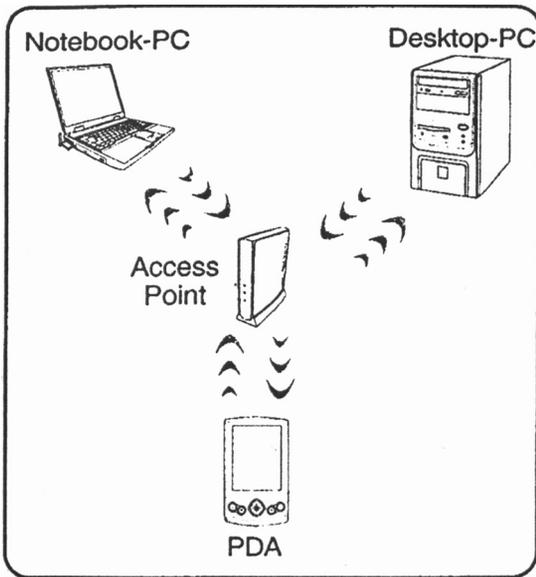


Abb. 14.17.4: Indirekte drahtlose Verbindung

## 14.18 Sensoren

Sensoren sind Geräte, die Informationen (Messgrößen) aus Prozessen erfassen und an Steuerungen weitergeben. Sensoren erfassen z. B. geometrische Größen wie Länge und Weg, die Annäherung von Objekten oder Füllstand von Behältern, Grenzwerte von Kraft, Druck, Feuchte oder Temperatur und bewegungsbezogene Größen wie Geschwindigkeit, Drehzahl oder Durchfluss und stellen diese Informationen in Form von elektrischen Signalen der Steuerung zur Verfügung. Folgende physikalische Effekte werden dabei hauptsächlich ausgenutzt:

- Widerstand (Potentiometer, Dehnungsmessstreifen (DMS), Widerstandsthermometer), Schaltzeichen im Anhang 14.1.5.
- Induktion (Induktiver Näherungsschalter, Druckmesser), Schaltzeichen im Anhang 14.1.6.
- Kapazität (kapazitiver Näherungsschalter, Druckmesser), Schaltzeichen im Anhang 14.1.7.
- Piezoeffekt (piezoelektrischer oder piezoresistiver Kraftmesser), Schaltzeichen im Anhang 14.1.7.
- Fotoleitfähigkeit (Fotowiderstand), Schaltzeichen im Anhang 14.1.8 und 14.1.9.
- Seebeck-Effekt (Thermoelement), Schaltzeichen im Anhang 14.1.5.
- Halleffekt (Hallgenerator), Schaltzeichen im Anhang 14.1.8.
- Magnetowiderstand (Feldplatte), Schaltzeichen im Anhang 14.1.6.

Bezeichnungen wie Geber, Aufnehmer, Generator, Wandler oder Zelle werden alle synonym als Bezeichnung für Sensoren verwendet.

Als Beispiel für Sensoren sind in Abb. 14.18.1 elektrische Näherungsschalter dargestellt, die auf Annäherung, also berührungsfrei arbeiten. Man unterscheidet meist zwischen induktiven Näherungsschaltern (reagieren auf Metall), kapazitiven Näherungsschaltern (reagieren auf nichtleitende Materialien, außer auf Luft), magnetischen Näherungsschaltern (reagieren auf ein Magnetfeld) und optischen Näherungsschaltern (reagieren auf Lichtreflektion).

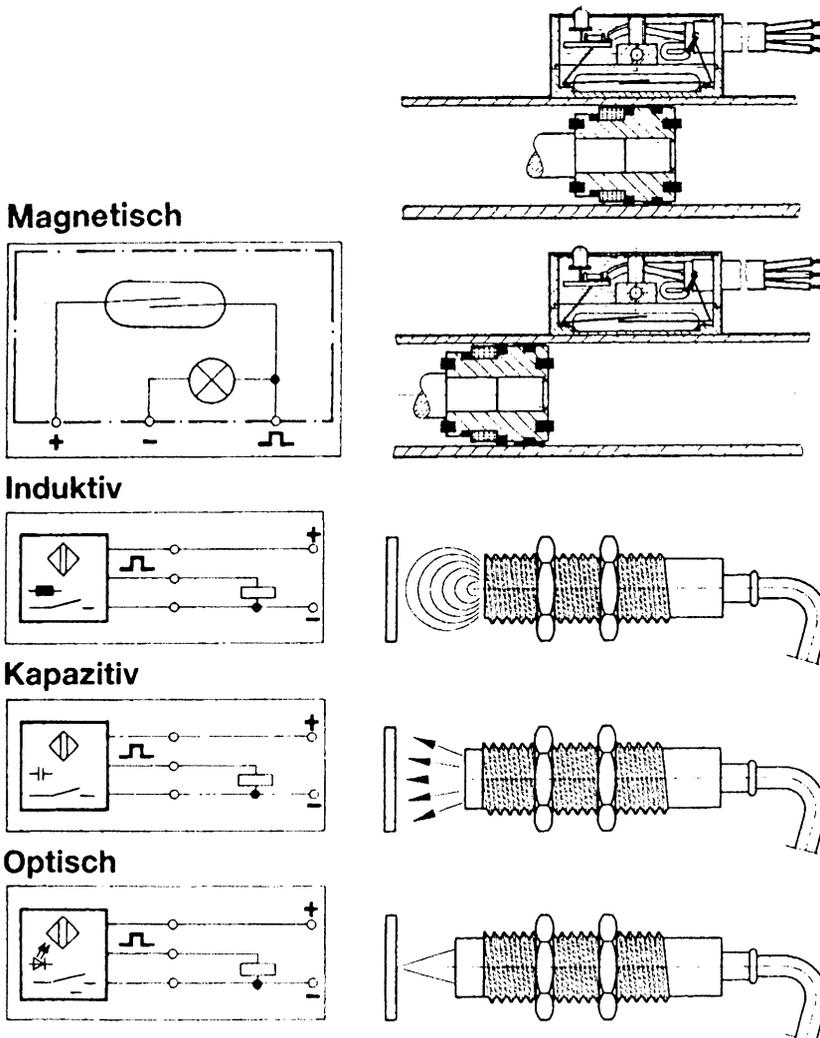


Abb. 14.18.1: Näherungsschalter

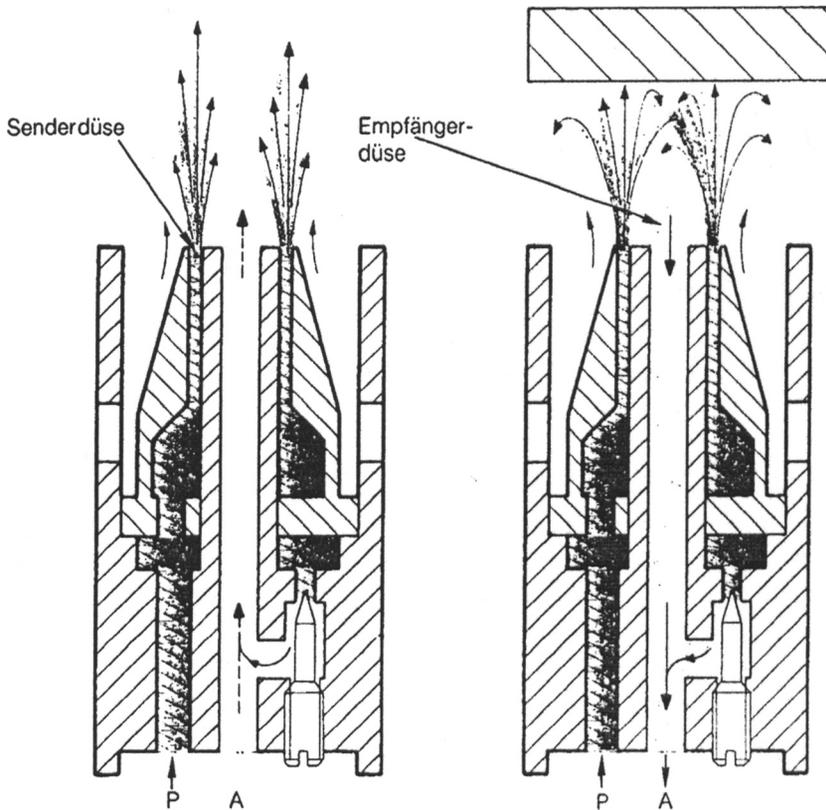


Abb. 14.18.2: Funktion eines Ringstrahlsensors

Näherungsschalter gibt es in 2- und 3-Draht-Ausführung. Bei 2-Draht-Ausführungen wird der Näherungsschalter zwischen Versorgungsspannung und Signalempfänger geschaltet. Bei 3-Draht-Ausführungen wird der Näherungsschalter an den positiven und negativen Anschluss der Versorgungsspannung sowie an den Signalempfänger angeschlossen.

Das Funktionsprinzip eines pneumatischen, berührungslosen Sensors ist in Abb. 14.18.2 dargestellt. Der Ringstrahlsensor besteht im wesentlichen aus einer Sender- und einer Empfängerdüse. Aus der Senderdüse strömt ständig ein Luftstrahl. Bei Annäherung eines Objektes wird diese Luftstrahl beeinflusst, es findet ein Rückstau (Reflex) statt, der über die Empfängerdüse als Signal ausgewertet werden kann.

# Lösung zu den Übungen

- 1.4.1 C
- 1.4.2 A
- 1.4.3 D
- 1.4.4 A und C
- 1.4.5 Siehe Anhang 14.1.9 Halbleiterdioden
- 1.4.6 Siehe Anhang 14.1.5 Widerstände
- 1.4.7 Siehe Anhang 14.1.9 Halbleiterdioden
- 1.4.8 C
- 1.4.9 B
- 2.5.1 Der Spannungsteiler, bestehend aus den Widerständen  $R_B$  und  $R_Q$ , liegt mit dem Eingang an der Versorgungsspannung  $+U_{cc}$ . Der Ausgang liegt an der Basis. Über das Teilverhältnis wird die Spannung des Arbeitspunktes für die Basis bestimmt.
- 2.5.2 Der Kondensator  $C$  leitet Wechselspannungen gegen das Bezugspotenzial (Masse) ab. Somit wird nur die Gleichspannung für den Arbeitspunkt der Basis wirksam.
- 2.5.3 Die Darlingtonstufe hat 3 Stromkreise:  
Den ersten Stromkreis im Eingang den Basisstromkreis über beide Basis-Emitter-Widerstände.  
Den zweiten Stromkreis über den Kollektorwiderstand und Kollektor-Emitter des ersten Transistors, weiter über Basis-Emitter des zweiten Transistors. Den dritten Stromkreis über den Ausgangstransistor Kollektor-Emitter.
- 2.5.4 Alle Dioden-Gleichrichter erzeugen am Ausgang die Halbwellen der sinusförmigen Eingangswechselspannung. Der Kondensator  $C_L$ , dessen Kapazität vom Laststrom abhängig ist, glättet diese Halbwellen zu Gleichspannung mit geringer Restwelligkeit.
- 2.5.5 An den Ausgängen würden die Halbwellen der sinusförmigen Wechselspannungen anstehen. Bei der 50-Hz-Netzfrequenz ergibt sich bei dem Einweg-Gleichrichter eine Ausgangsfrequenz von 50 Hz, bei den Zweiweg-Gleichrichtern eine Frequenz von 100 Hz.

- 2.5.6 Wenn an die Differenzverstärkerschaltung an beide Eingänge das gleiche Signal (Gleichtaktsignal) angelegt wird, wird am Ausgang kein Signal gemessen. Ein Operationsverstärker in Differenzverstärkerschaltung unterdrückt Eingangssignale mit gleicher Amplitude, Frequenz und Phasenlage.
- 2.5.7 Der bistabile Multivibrator braucht an jedem Eingang ein Signal, um einen Rechteckimpuls zu erzeugen.  
Der monostabile Multivibrator braucht nur ein Signal. Mit der Zeitkonstante des RC-Gliedes kippt er in die Ausgangslage selbsttätig zurück.
- 2.5.8 Die Emitterschaltung ist identisch mit dem invertierenden Operationsverstärker. Beide Schaltungen kehren das Eingangssignal in seiner Polarität am Ausgang um. Bei der Kollektorschaltung und dem nichtinvertierenden Verstärker wird das Eingangssignal in seiner Polarität nicht verändert.
- 2.5.9 Das Lämpchen H leuchtet, wenn kein Eingangssignal mit positiver Polarität an der Basis ansteht, der Transistor dadurch einen hohen Übergangswiderstand zwischen Kollektor und Emitter hat, also nichtleitend ist.
- 2.5.10 Eine positive Halbwelle am Eingang bewirkt eine negative Halbwelle am Ausgang der ersten Stufe. Diese negative Halbwelle am Eingang der zweiten Stufe wird nochmals umgekehrt und hat damit am Ausgang der zweiten Stufe wieder eine positive Halbwelle.
- 2.5.11 Wenn die Basisspannung zu  $U_b = 0 \text{ V}$  wird, dann wird auch der Basisstrom  $I_B = 0 \text{ mA}$ . Somit kann auch kein Kollektorstrom fließen. Der Übergangswiderstand Kollektor-Emitter wird hochohmig, in den Bereich Megaohm:  
 $R = 1 \text{ M}$  bis  $10 \text{ M}$ . Ist vom Transistortyp abhängig.  
Wenn der Übergangswiderstand Kollektor-Emitter im Bereich  $1 \text{ M}$  bis  $10 \text{ M}$  liegt, dann wird die Spannung an den Widerstand  $R = 1 \text{ k}$  zu  $U = 0 \text{ V}$  (Widerstandsverhältnis 1:1000, bzw. 10.000).
- 2.5.12 Bei drei gleich großen parallel geschalteten Widerstandswerten  $5 \text{ k}$ , beträgt der Gesamtwiderstand  $1/3$  des Einzelwiderstandes, also ca.  $R_{\text{ges}} = 1,5 \text{ k}$ .
- 2.5.13 Bei drei unterschiedlich parallel geschalteten Widerstandswerten, ist der Gesamtwiderstand  $R_{\text{ges}}$  kleiner als der kleinste Widerstand,  $R = 1 \text{ k}$ .  $R_{\text{ges}} = 0,74 \text{ k}$ .
- 3.3.1 Der Thermistor  $R_5$  ist ein temperaturabhängiger Widerstand. Über den Widerstand wird das sinusförmige Ausgangssignal in den Emitter der Stufe T1 zurückgekoppelt. Erhöht sich die Temperatur, wird der Widerstandswert kleiner, das zurückgekoppelte Signal wird größer. Dadurch wird das Differenzsignal zwischen Basis und Emitter der Verstärkerstufe T1 kleiner und somit auch das Ausgangssignal. Diese gegensinnige Wechselwirkung zwischen Temperatur und Ausgangssignal und den Regelmechanismus über den Thermistor hält die Amplitude des Oszillators konstant.
- 3.3.2 Die Reihenschaltung der Trimmwiderstände  $R_7$  und  $R_8$  liegt mit dem Eingang an der Versorgungsspannung und mit dem Ausgang über den Widerstand  $R_9$

- an der Basis von T1. Über diesen Spannungsteiler wird der Arbeitspunkt der Verstärkerstufe von T1 eingestellt.
- 3.3.3 Mit dem Potentiometer wird der erste Schaltpunkt (Hysterese) des Schmitt-Trigger eingestellt.
- 3.3.4 Der Kondensator C10 liegt in Reihe mit dem Widerstand R12 zwischen Versorgungsspannung und der Basis des Transistors. Die Zeitkonstante dieser Reihenschaltung bildet den zweiten Schaltpunkt (Hysterese) des Schmitt-Trigger.
- 3.3.5 Der Kondensator C11 liegt parallel zu dem Koppelwiderstand R15 der Schmitt-Trigger-Stufen. Mit 100 Picofarad ist der Kondensator nur für sehr hohe Schaltfrequenzen ein wirksames Übertragungsglied und dient somit zur Verbesserung der Schaltflanken des Rechteckes.
- 3.3.6 Der Widerstand R126 (niedriger Ohmwert) dient zur Strombegrenzung für die Lampe La, damit diese nicht überlastet wird.
- 3.3.7 Der Kondensator C17 liegt parallel zum Emitterwiderstand R13. Mit zunehmender Frequenz des Steuersignals wird der Blindwiderstand des Kondensators kleiner und hebt somit die Gegenkopplungswirkung des Emitterwiderstandes auf. Somit wirkt der Kondensator für das Steuersignal als Hochpass. Der Kondensator C18 koppelt das Steuersignal mit umgekehrter Polarität vom Kollektor zur Basis zurück (Gegenkopplung). Die dadurch verursachte Verringerung des Eingangssignals an der Basis wird mit zunehmender Frequenz des Steuersignals immer größer. Dies entspricht einer Tiefpasswirkung.
- 3.3.8 Der Widerstand R115 bildet mit R114 einen einstellbaren Spannungsteiler zur Erzeugung des Arbeitspunktes für die Basis von T38.
- 3.3.9 Der Widerstand R118 bildet zusammen mit dem Kondensator C20 ein Zeitglied. Dieses Zeitglied bestimmt im Wesentlichen den Schaltzeitpunkt des Schmitt-Trigger.
- 3.3.10 Der Widerstand R125 entkoppelt den Impulsanfang vom Kollektor T41 und der Basis von T42.
- 4.5.1 Bei dieser Schaltung ist der Eingang an der Basis, der Ausgang am Kollektor. Daher entspricht diese Schaltung der Emitter-Schaltung in Tabelle 2.1.
- 4.5.2 Diese Schaltung entspricht dem bistabilen Multivibrator in Tabelle 2.1.
- 4.5.3 An der Transistorstufe T24 ist der Steuereingang an der Basis, der Ausgang am Emitter. Dies entspricht der Kollektor-Schaltung in Tabelle 2.1
- 4.5.4 Erste Zeile: Emitter-Schaltung.  
Zweite Zeile: Kollektor-Schaltung.  
Dritte Zeile: Basis-Schaltung.
- 4.5.5 Mit dem Kontakt an-4 wird der Eingang an der Basis von T3 und die Rückkopplung von T2 an das gemeinsame Emitterpotenzial gelegt. Damit wird der selbsttätige Kippvorgang blockiert.

- 5.5.1 Der Arbeitspunkt der Stufe T1 wird von den Spannungsteiler R7 und R8 bestimmt.  
Der Arbeitspunkt der Stufe T2 wird von R1 und die nachfolgende Reihenschaltung von T1, R2 und R3 bestimmt.  
Der Arbeitspunkt der Stufe T3 wird von Stufe T2, R4, R2 und R3 bestimmt.
- 5.5.2 Der Spannungsteiler R109 und R110 bestimmt den Arbeitspunkt der Verstärkerstufe T37.
- 5.5.3 Der Arbeitspunkt an der Basis von T22 wird durch den Widerstand R113 bestimmt.  
Der Arbeitspunkt an der Basis von T23 durch die Reihenschaltung von R114, R115, T22 (Emitter-Kollektor) und R116.  
Der Arbeitspunkt an der Basis von T24 wird durch R117 und die Reihenschaltung von T23 (Kollektor-Emitter), R118, R119 bestimmt.
- 5.5.4 Der gemeinsame Spannungsteiler R14 und R17.
- 5.5.5 Der Thermistor R5.
- 5.5.6 Der gemeinsame Emitterwiderstand R14.
- 5.5.7 Der Widerstand R115 ist am Kollektor und der Basis der Stufe T38 angeschlossen und bildet zusammen mit den Widerstand R114 den Spannungsteiler zur Erzeugung des Arbeitspunktes. Wenn die Temperatur am Transistor steigt (thermische Kopplung), wird der Innenwiderstand zwischen Kollektor und Emitter kleiner, die Folge ist ein Anstieg des Kollektorstromes. Dadurch wird die Spannung am Kollektor niedriger. Diese Reduzierung der Kollektorspannung verringert über den Widerstand R115 auch die Spannung an der Basis. Die Folge ist ein geringerer Basisstrom und damit auch ein geringerer Kollektorstrom. Der Transistor kühlt wieder ab.
- 5.5.8 Der hohe Widerstandswert von R111 bewirkt einen hohen Eingangswiderstand für das Eingangssignal und entkoppelt somit den Steuereingang von den relativ niedrigen Eingangswiderstand des Transistors.
- 5.5.9 Die Dioden D1 und D2 in Abb.4.5 liegen im Steuerstromkreis der Basisanschlüsse, die Diode D3 im Kollektor von T3. Die Dioden sind in Durchlassrichtung geschaltet. Durch die Abstiegsflanke des erzeugten Rechteckimpulses können hohe negative Spannungswerte auftreten, die zu einer Gefährdung der Transistoren führen können. Daher haben die Dioden D1 bis D3 Schutzfunktion.
- 5.5.10 Die Dioden G1, die in Sperrrichtung zwischen Basis und Emitter liegen, sind für Schaltimpulse und Störimpulse mit negativer Polarität leitend. Dadurch wird verhindert, dass die Basis-Emitter-Diode der Transistoren durch die

Schaltimpulse gefährdet ist. Bipolare Transistoren haben einen niedrigen Sperrspannungswert.

- 5.5.11 In Abb. 5.7 haben alle 3 Stufen Verstärkerfunktion, d.h. sie arbeiten in Source- (FET T8), bzw. in Emitter-Schaltung (T9,T10–T11, T12). Auch die Stufe T13 wirkt in dieser Funktion.  
In Abb. 5.8 wirken die Stufen T201 und T203 in Basisschaltung. Die Verstärkerstufe T202 hat die Funktion einer Emitter-Schaltung.
- 6.4.1 Die Verbindungskopplung besteht aus einer direkten Kopplung von Kollektor T1 zur Basis T2.
- 6.4.2 Die Verbindung besteht aus einer direkten Kopplung von Kollektor T9 zur Basis T10.
- 6.4.3 Die Verbindung besteht aus einer Widerstandskopplung von Emitter T15 über die Widerstände R108 und R111.
- 6.4.4 Der Kondensator C47 in Abb. 4.3 liegt zwischen Kollektor und Basis von T23 und hat somit frequenzabhängige Gegenkopplungswirkung. Die Kapazität von 27 pF ist gering und daher nur für hohe Frequenzen wirksam.
- 6.4.5 Gegenkopplung.
- 6.4.6 Die unregelte Gleichspannung wird über den Widerstand 5,1M (Widerstandskopplung als Regelspannung an die Basis des Transistors BC 107 geführt. Über den Widerstand 47k wird die unregelte Gleichspannung ebenfalls als Regelspannung an die Basis des zweiten Transistors geführt.
- 6.4.7 Der Emitterwiderstand bewirkt eine Stabilisierung des Arbeitspunktes durch seine Gegenkopplungswirkung, wenn die Basisspannung durch einen Vorwiderstand oder Spannungsteiler stabil gehalten wird. Erhöht sich der Emitterstrom, dann wird die Spannung am Emitterwiderstand größer. Die Spannungsdifferenz zwischen Basis und Emitter wird dadurch kleiner.
- 6.4.8 Bei einer Gegenkopplung wird eine Gegenspannung frequenzunabhängig über einen Widerstand zurückgeführt. Ist diesem Widerstand ein Kondensator parallel geschaltet, wird die Gegenkopplungswirkung frequenzabhängig und nimmt mit steigender Frequenz zu.
- 6.4.9 Durch eine Gegenkopplung.
- 6.4.10 Überhaupt nicht, weil ein Kondensator für Gleichspannung trennend wirkt.
- 7.3.1 Ausgang T1, direkte Verbindung zur Basis T2, weiter Kollektor T2. Direkte Verbindung zur Basis T3, Emitter T3 über C1, S2 und S3a zum Ausgang S4/AF.
- 7.3.2 Eingang, Kondensator C16, Widerstand R111, Basis T37, Kollektor T37, Kondensator C19, Basis T38, Kollektor T38, Basis T39, Kollektor T39, Diode

- D49, Widerstand R 118, Basis T40, (Koppelweg 1: Kollektor T40, Widerstand R123, Basis T41; Koppelweg 2: Emitter T41, T40) Kollektor T41, Basis T42, Emitter T42, Lampe La, oder Kollektor T41, Widerstand R125, Ausgang.
- 7.3.3 Widerstand R112, C44, Basis T22, Kollektor T22, Basis T23, Kollektor T23, Basis T24, Emitter T24, Kondensator C50.
- 7.3.4 Kollektor T99, Widerstand R239, Basis T98, Widerstand R241, Basis T97, Kollektor T97, Widerstand R244, Widerstand R243, D40 (parallel R246, R245, D41), R240, Basis T99.
- 7.3.5 Eingang A:  
Gate T8a, Drain T8a, Widerstand R33, Basis T9, Kollektor T9, Basis T10, Kollektor T10, Ausgang.  
Eingang B:  
Gate T8b, Drain T8b, Widerstand R39, Basis T12, Kollektor T12, Basis T11, Kollektor T11.
- 7.3.6 Antenne, Induktivität L201, Kondensator C203, Emitter T201, Kollektor T201, Kondensator C207, Basis T202, Induktivität L206, Induktivität L207, ZF-Verstärker.
- 7.3.7 Widerstand R65, Basis T9, Kollektor T9, Basis T10, Kollektor T10, Verzweigung: Basis T12, Kollektor T12, Diode BYY59, Sicherung Si 5. VDR-Widerstand R107, Basis T11, Kollektor T11, Stecker.
- 7.3.8 Anschluss +45 V, Widerstand 33 k, Widerstand 5 k, Basis BC107B unten, Kollektor BC107B unten, Widerstand 10 k, Basis BC 107B oben, Emitter BC 107B oben, Basis 2N5293.
- 7.3.9 Verbindung der Gatteranschlüsse 7400 und 7404 entsprechend der Schaltung (Abb. 7.3.9).
- 8.2.1 Sinus-Generator: Ausgang Kondensator C1.  
Rechteckformer: Eingang Kondensator C10. Ausgang Widerstand R18.  
Signalabschwächer: Eingang Schalter S2. Ausgang Schalter 3a.
- 8.2.2 Eingangsverstärker: Eingang Kondensator C16. Ausgang Kollektor T37.  
Amplitudenbegrenzer: Eingang C19. Ausgang T39.  
Rechteckformer: Eingang D49. Ausgang Kollektor T47.  
Ausgangsverstärker: Eingang Basis T42. Ausgang Emitter T42.
- 8.2.3 Die Zählstufen haben jeweils zwei Takteingänge über die Dioden G2 und die Widerstände R4 an die Kondensatoren C1 bis C3 und zwei Vorbereitungseingänge über die Widerstände R2 und R5 zu den Ausgängen von zwei Zählstufen.  
Die Ausgänge und Eingänge der Zählstufen sind wie folgt verkoppelt:  
Ausgang Kollektor T1 zu den Eingängen T2 über R2 und T3 über R5.  
Ausgang Kollektor T2 zu den Eingängen T1 über R5 und T3 über R2.  
Ausgang Kollektor T3 zu den Eingängen T1 über R2 und T2 über R5.  
Taktausgänge: T1 zu T2, T2 zu T3 und T3 zu T1.

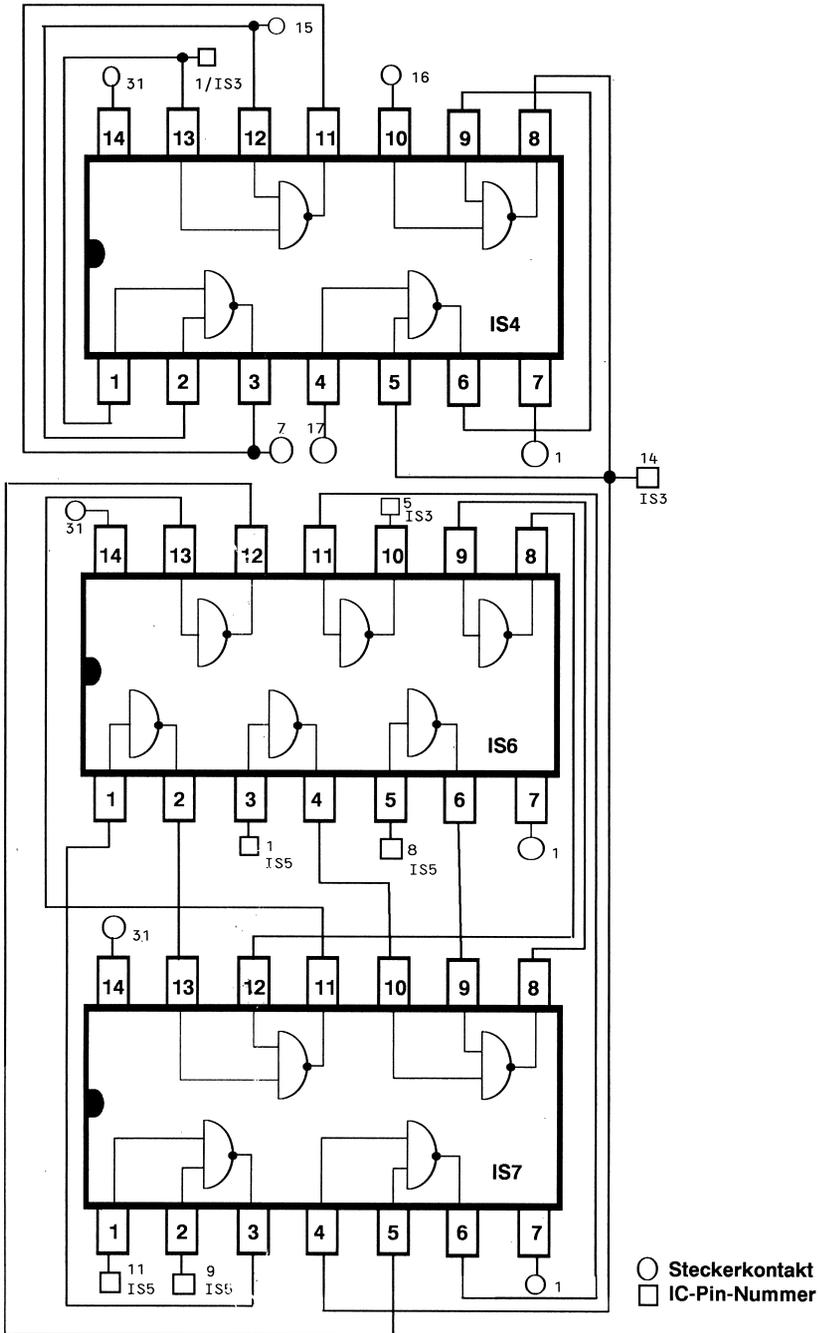


Abb. 7.3.9: Verbindungen der Logik-ICs (Aufgabe 7.3.9)

- 8.2.4 Eingangsstufe: Eingang C203, Ausgang C207  
 Mischstufe: Eingang Basis, Ausgang L206.  
 Oszillator: Ausgang L205.  
 Frequenzabstimmung: Über R208 an Eingangsstufe und R209 an Oszillator.
- 8.2.5 VCG Mirror: Eingang R33, Ausgang R47.  
 Integrator: Eingang D2, Ausgang IS4(6).  
 Hysterese-Switch: Eingang R63/R64, Ausgang D3/D4.  
 Q11: Eingang Basis T11, Ausgang Emitter T11.  
 Square-Wave: T12, T13, T14 und T15.  
 Sine-Converter: Eingang R61, Ausgang G11, G12 und G13.  
 Output-Amplifier: Eingang R58, Ausgang R56 und R59.
- 8.2.6 Binärzähler 7493: Takteingang EA (Pin 14), Binäre Ausgänge AA, AB, AC, AD, Rücksetzeingang R0(1).  
 BCD-Dezimal Dekoder 7442: Eingänge EA, EB, EC, ED, Ausgänge A0 bis A9.  
 Monoflop 74121: Takteingang S3, Ausgang Q (1).
- 8.2.7 Übersichtsplan der Schaltung Abb. 6.3, siehe Abb. 8.2.7.
- 8.2.8 Übersichtsplan der Schaltung Abb. 7.2, siehe Abb. 8.2.8.
- 8.2.9 Symbole der Grundsaltungen aus Tabelle 2.1, siehe Abb. 8.2.9.
- 8.2.10 Übersichtsplan der Schaltung Abb. 7.3, siehe Abb. 8.2.10.

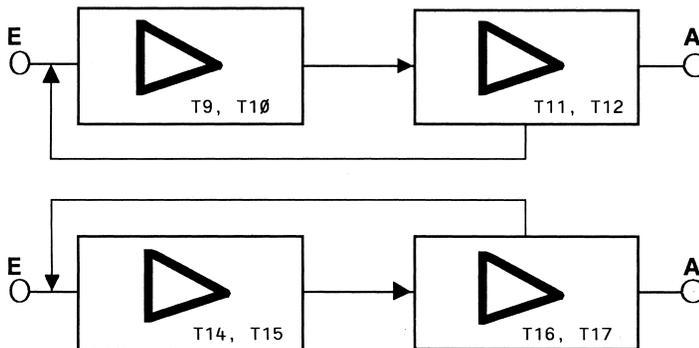


Abb. 8.2.7

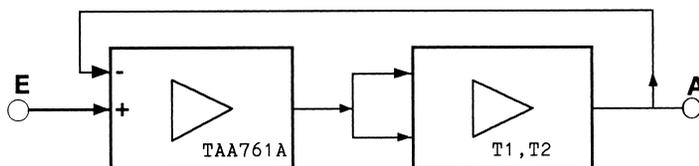
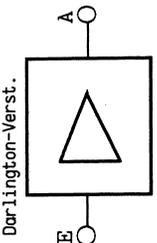
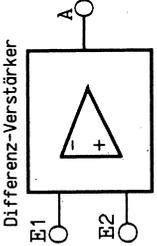


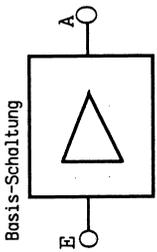
Abb. 8.2.8



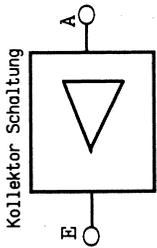
Darlington-Verst.



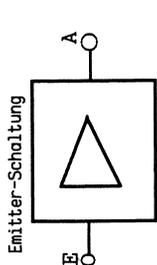
Differenz-Verstärker



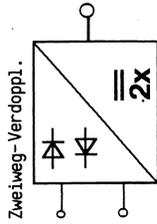
Basis-Schaltung



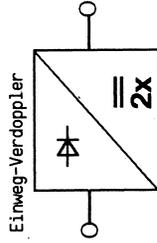
Kollektor Schaltung



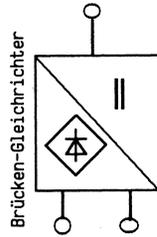
Emitter-Schaltung



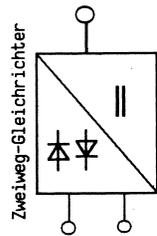
Zweigweg-Verdoppl.



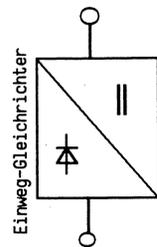
Einweg-Verdoppler



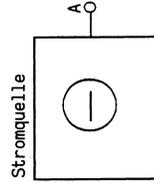
Brücken-Gleichrichter



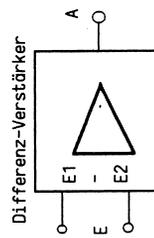
Zweigweg-Gleichrichter



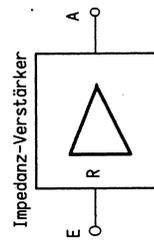
Einweg-Gleichrichter



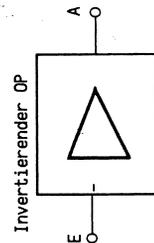
Stromquelle



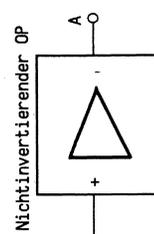
Differenz-Verstärker



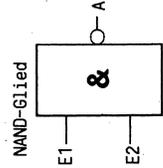
Impedanz-Verstärker



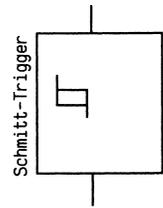
Invertierender OP



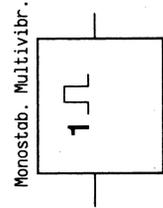
Nichtinvertierender OP



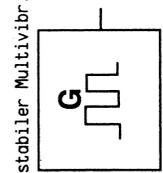
NAND-Glied



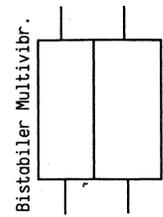
Schmitt-Trigger



Monostab. Multivibr.



Astabiler Multivibr.



Bistabiler Multivibr.

Abb. 8.2.9

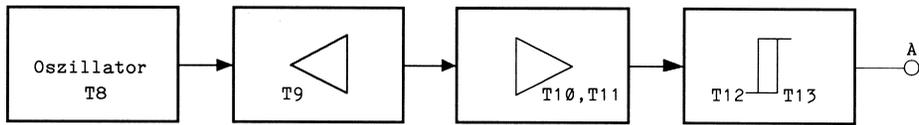


Abb. 8.2.10

Tabelle 9.1: Beispiel einer Teileliste zur Schaltung in Abb. 9.3

Ref. Bez.	Benennung und Kennwerte				firmenspezifische Bestellnr.
C60	Kondensator	0,1 $\mu$ F	$\pm 10\%$	250 V	903 198
C61	Kondensator (Elyt)	25 $\mu$ F	-10...+100%	25 V	903 193
C62	Kondensator	0,1 $\mu$ F	$\pm 10\%$	250 V	903 198
C63	Kondensator	200 pF	$\pm 1\%$	500 V	903 185
C64	Kondensator	0,33 $\mu$ F	$\pm 10\%$	160 V	903 201
C65	Kondensator	0,22 $\mu$ F	$\pm 10\%$	125 V	903 197
C66	Kondensator (Elyt)	25 $\mu$ F	-10...+100%	25 V	903 193
C67	Kondensator	4,7 $\mu$ F	$\pm 20\%$	63 V	903 218
C68	Kondensator	0,01 $\mu$ F	$\pm 1\%$	100 V	903 176
C69	Kondensator	0,1 $\mu$ F	$\pm 10\%$	250 V	903 198
D9	Diode	1N4148			904 610
D10	Diode	2AA135			904 549
D11	Diode	2AA135			904 549
D12	Diode	BAY31			904 536
D13	Diode	BAY31			904 536
M1	Stellmotor				918 061
M2	Stellmotor				918 061
R8	Potentiometer	20 k (m. Antrieb)			301 405
R21	Potentiometer	20 k (m. Antrieb)			301 405
R145	Widerstand	82 k $\Omega$	$\pm 10\%$	0,25 W	921 279
R164	Widerstand	12 k $\Omega$	$\pm 10\%$	0,5 W	921 222
R147	Trimpoti	25 k $\Omega$	linear	0,15 W	909 159
R148	Widerstand	1 k $\Omega$	$\pm 5\%$	0,25 W	921 135
R149	Widerstand	5,6 k $\Omega$	$\pm 10\%$	0,5 W	921 008
R150	Widerstand	39 k $\Omega$	$\pm 2\%$	0,25 W	921 242
R151	Widerstand	6,8 k $\Omega$	$\pm 2\%$	0,25 W	921 410
R152	Widerstand	22 k $\Omega$	$\pm 1\%$	0,2 W	921 379

9.3 Korrigierte Bauelementetabelle, siehe obenstehende Tabelle.

- 10.7.1 Über Ausgang 0(c) erfolgt die Freigabe an CS des USART.  
 Über Ausgang 1(d) erfolgt die Freigabe an CS des Timers.  
 Über Ausgang 5(e) wird REGISTER 8 getaktet.

- Über Ausgang 6(f) erfolgt die Freigabe an CE des RAM-I/O-Speichers.  
Über Ausgang 7(g) erfolgt die Freigabe an CS und über D9, D10, D11 an CE1 und CE2 des RAM-Speichers.
- 10.7.2 Das Vorzeichen IC (D1) wird direkt von den Ausgängen STATUS, POL und über IC1 gesteuert. Die Steuerung der Bausteine D2 bis D5 erfolgt über die Ausgänge B1 und B12 (IC1), das Steuerwortregister IC8 weiter über die I/O-Bausteine 8212 (IC2, IC3) und die BCD-7-Segmentdecoder IC4 bis IC7.
- 10.7.3 Übersichtsplan der Schaltung Abb. 10.9, siehe Abb. 10.7.3.
- 10.7.4 Programmablaufplan der Bilder aus Abb. 10.20, siehe Abb. 10.7.4
- 11.5.1 Transistor T2 liegt im Planquadrat B4.  
Der Kondensator C1 liegt im Planquadrat C3.  
Der Widerstand R12 liegt im Planquadrat D3.
- 11.5.2 Der Anschluss der Verbindungsleitung erfolgt über Nr. 44 an der Platine ZPS.
- 11.5.3 In Tabelle 11.1 werden die Aufgaben und Funktionen der Bauelemente erklärt.  
In der Tabelle 11.2 werden die Klemmenfunktionen definiert.
- 11.5.4 In der Abb. 11.7 wird eine Übersicht über die Bedienerführung gegeben. Im Gegensatz dazu zeigt die Abb. 11.9 eine detaillierte Programmablauffolge für die Änderung einer Druckerfunktion.
- 12.5.1 Logikplan zur Abb. 12.8, siehe Abb. 12.5.1.
- 12.5.2 Belegungsliste zur Abb. 12.8, siehe Abb. 12.5.2.
- 12.5.3 Anweisungsliste zur Abb. 12.8, siehe Abb. 12.5.3.

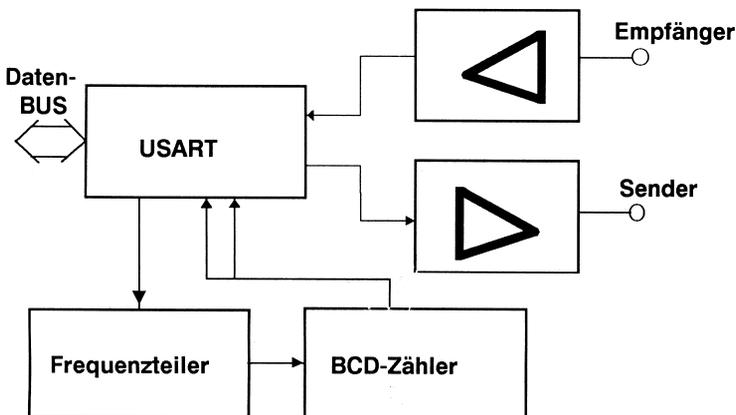


Abb. 10.7.3



“Eingabe”



“Verarbeitung”



“Ausgabe”

Abb. 10.7.4

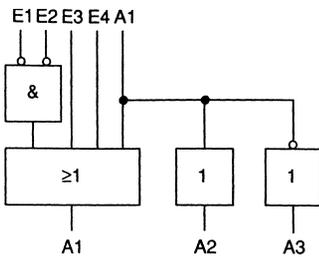


Abb. 12.5.1

**Belegungsliste**

Funktionsteil	Kennzeichnung im Stromlaufplan	Operanden- zuordnung
Taster (Öffner)	S1	E1
Taster (Öffner)	S2	E2
Taster (Schließer)	S3	E3
Taster (Schließer)	S4	E4
Schütz	K1	A1
Meldeleuchte für Betrieb	H1	A2
Meldeleuchte für Bereitschaft	H2	A3

Abb. 12.5.2

**Anweisungsliste**

Adr.	Anweisung	Kommentar
1	U E3	UND-Eingang 3
2	O E4	ODER-Eingang 4
3	O A1	ODER-Ausgang 1
4	U E1	UND-Eingang 1
5	U E2	UND-Eingang 2
6	= A1	ist Ausgang 1
7	U A1	UND-Ausgang 1
8	= A2	ist Ausgang 2
9	UN A1	NAND-Ausgang 1
10	= A3	ist Ausgang 3
11	PE	Programmende

Abb. 12.5.3

13.7.1 Folgende Klemmen müssen verbunden werden:

78102	8X1
P	P1
M	M1
A	I413

13.7.2 Mit den Bezeichnungen X70, X71, X72 werden Kabelstecker vom Schaltschrank zur Maschine bezeichnet.

13.7.3 Mit den Bezeichnungen  $4 \times 2,5$  und  $2 \times 1,5$  werden Kabelleitungen wie folgt definiert: Zu der Kabelverbindung gehören 4 Leitungen mit 2,5 mm Durchmesser und 2 Leitungen mit 1,5 mm Durchmesser.

13.7.4 Die Not-Aus-Kette in Abb. 13.10 ist von oben nach unten wie folgt beschrieben:

„7S 108:13(P1)“	Hinweis auf Gerätebezeichnung
„21.0“	Seite 21, Strompfad 0
„7S 556“	Tastenbezeichnung, Kontakte 21 und 22
„7X2.1“	Steckverbinder, Klemme 1
„7X2.2“	Steckverbinder, Klemme 2
„7X1“	Klemmleiste, Kontakt 5 an P1
„7X1“	Klemmleiste, Kontakt 556
„7X1.5“	Steckverbinder, Klemme 43
„1X1.5“	Steckverbinder, Klemme 43
„1X1.2“	Steckverbinder, Klemme 14

13.7.5 Alle Schalter sind eingeschaltet. Daher ergibt sich der sechsstellige Dualcode wie folgt: 11 1111 entspricht 3F im Hex.-Code.

# Sachverzeichnis

## A

Ablaufdiagramm 132  
 Adernquerschnitt 162  
 Aktiver Klangeinsteller 71  
 Amplitudeneinstellung 34  
 Anschlussverbindungen 89  
 Anweisungsliste 145  
 Arbeitsspeicher (RAM)-Fach 228  
 Arbeitswiderstand 25  
 Assemblerprogramm 117  
 astabile Kippstufe 32  
 Aufbaupläne 151  
 Aufnehmer 235

## B

Basis-Schaltung 30  
 Baugruppe 89, 170  
 Bauelement 18  
 Bauelemente 12  
 Bedienerführung 140  
 Befehlssatz 116  
 Begrenzerschaltung 26  
 Begrenzerwiderstand 54  
 Belegungsplan 89  
 Betriebssoftwaresysteme 116  
 Bezugspotenzial 18  
 bidirektionaler Bus 100  
 Binarzähler 72  
 bipolarer Betrieb 121  
 bistabile Kippstufe 32  
 Blockkondensatoren 56  
 Blockschemata 77  
 Brücken-Gleichrichter 32  
 Brückenast 48  
 Bus 95

## C

Clamping-Diode 54  
 Codeadresse 170  
 Codierung 170  
 Controller 220

## D

Darlington-Verstärker 30  
 Datenquelle 98  
 Datenterminal 145  
 Datenziel 98  
 Destination 98  
 Differenz-Verstärker 32  
 Differenz-Verstärkerstufe 30  
 Diode 14  
 direkte Kopplung 40  
 Display (Monitor)-Ausgang 228  
 Dreieckfunktion 67  
 Dreistufiger Verstärker 42  
 Druckmessbrücke 47  
 Druckvorverstärker 87  
 Durchlassrichtung 22  
 DVI-D-Ausgang 229  
 dynamische Kopplung 67  
 dynamischer Takteingang 47

## E

Einbau-Ort 172  
 Einweg-Gleichrichter 32  
 Einweg-Spannungsverdoppler 32  
 Einzelfunktionen 27  
 Emitterfolger 35  
 Emitter-Schaltung 30  
 Endgeräte 221  
 Endstelleneinrichtung 221

Entkopplung 59  
Entprellschaltung 81  
Ersatztypen 134  
Explosionszeichnungen 86  
ExpressCard 229

**F**

Fernschreiberrelais 115  
Flash-Speicher-Schacht 229  
Flipflopschaltung 40  
Flussdiagramm 116  
Fotoleitfähigkeit 234  
Frequenzeinstellung 34  
Funktion 135  
Funktionseinheiten 12  
Funktionsgenerator 36, 67  
Funktionsgruppen 36  
Funktionsplan 148

**G**

Geber 235  
Gegenkopplung 60  
Generator 235  
Geräteabbildungen 86  
Gesamtschaltbild 36  
Gesamtwiderstandswert 22  
gesperrt 18  
Gleichrichtung 25  
Gleichspannung 13  
Gleichspannungsverstärker 56  
Grenzwerte 134

**H**

Halleffekt 234  
Hauptsignale 137  
Hilfssignale 137  
Hochpass 27

**I**

Identifikationsnummer 135  
Impedanz-Verstärker 32  
Impedanzwandler 34, 35  
Impulsformerschaltung 37  
Impulsspannungen 13

Indizienkette 34  
Induktion 234  
induktiver Blindwiderstand 50  
Industrieschaltungen 39  
Infrarot-Anschluss (IrDA) 230  
Input-Output-Port 106  
Installation 151  
Installationsplan 157  
Interface-Schaltungen 54  
invertierenden Verstärker 32

**K**

Kabelbezeichnungen 162  
Kabelbezeichnungsliste 162  
Kapazität 234  
kapazitive Kopplung 40  
Kennwerte 134  
Klemme 18  
Klemmenbezeichnung 137, 157  
Klemmendarstellung 157  
Klemmenleiste 157  
Knoten 18  
Kollektor-Schaltung 30  
Kommandoart 140  
Kommandoausführung 140  
Kondensator 14  
Konstantstromquelle 51  
Kontaktfunktionen 135  
Kontaktbezeichnungen 166  
Kopfhörerbuchse 230  
Koppelemente 59  
Kopplungen 46

**L**

LAN-Port 230  
Lastwiderstand 29  
Leiterplatte 17  
Linearisierung 60  
Linearverstärker 60  
Listener 220  
Listenform 116  
Lötleisten 17  
Lötstützpunkte 89  
LSB 120

**M**

Magnetowiderstand 234  
Maschinensprache 116  
Mikrocomputer 95  
Mikrofoneingang (Mic-In) 231  
Miniatursteckverbinder 224  
Minuspol 17  
Mischspannung 13  
Mitkopplung 60  
Modem-Port 231  
Monoflop 74  
monostabile Kippstufe 32  
Motorenanschlüsse 89  
MSB 120

**N**

NAND-Gatter 74  
NAND-Logik 33  
Netzabschlusseinheit 221  
Netzwerk 18  
nichtinvertierender Verstärker 32  
nichtleitend 18  
Nullpunkt 119

**O**

Optokoppler 114  
Oszillator-Netzwerk 36

**P**

Parallelschaltung 21  
Pegelangaben 72  
Piezoeffekt 234  
Planquadrat 130, 135  
Pluspol 17  
Pol 18  
Polaritätsangabe 17  
Programmablaufplan 116, 142  
Programmfunktion 140  
Prozessor (CPU) 231  
Prüfsteuerung 101

**Q**

Querverweise 151

**R**

Rechteck-/Sinusfunktion 34  
Rechteckgenerator 55, 72  
Ref.-Bez. 94  
Referenzbezeichnung 130  
Referenznummern 94  
Referenzplan 91  
Regelschaltung 65  
Reihenschaltung 21  
Relaisschaltungen 114  
Ringverstärker 66  
Rückstellung 72

**S**

Schaltelement 18  
Schaltung 18  
Schleifenwiderstand 227  
Schlossbuchse 232  
Schmitt-Trigger 33  
Schützkontakt-Bezeichnung 167  
Seebeck-Effekt 234  
Seite/Pfad 173  
Signalflussdiagramme 139  
Signalgenerator 44  
Signalzustände 129  
sinusförmige Wechselfspannung 13  
Skalenendwert 119  
Skalenfaktorabgleich 119  
Source 98  
Source-Anschlüsse 56  
Spannungsteiler 25  
Spannungsverhältnis 20  
SPDIF-Ausgangsbuchse 232  
Speicherfunktionen 148  
Sperrbereich 22  
Spule 14  
Stabilisierungsschaltung 26  
Stellmotoren 87  
Stereo-Endstufe 64  
Steuerbus 100  
Steuerschrank 156  
Störsignale 114  
straight-binär 119

Stromgegenkopplungen 62  
Stromkreis 18  
Strompfad 166  
Stromquelle 32  
Stromrichtung 17  
Stromzweigen 166  
Stufe 18  
Systembeschreibungen 86

**T**

TAE-Anschlusseinheit 224  
TAE-Steckdose 221  
Takteingänge 41  
Taktzahl 73  
Talker 220  
TEIL 172  
Teileliste 92  
Temperaturbereich 134  
TF-Messverstärker 43  
Tiefpass 27  
Trägerfrequenz 87  
Transistor 14  
Trimpotentiometer 36  
TV-Ausgangsanschluss 232  
Typengruppen 134

**U**

Übergangswiderstand 23  
Überlastschutz 54  
Überspannungsableiter 54  
Übertrager 48  
Übertragerkopplung 50

Übertragungsgeschwindigkeiten 109  
UKW-Eingangsstufe 57  
Umsetzerprogramm 116  
UND-Diodengatter 33  
unidirektionaler Bus 100  
USART 108  
USB Port (2.0/1.1) 232

**V**

V24-Empfängerkennwerte 217  
V24-Senderkennwerte 217  
Verstärkerstufen 34  
Vorwiderstand 53

**W**

Wandler 235  
Wechselstromgegenkopplung 62  
Western-Steckverbinder 224  
Widerstand 234  
Widerstandskopplung 40  
Widerstandsverhältnis 20  
Wien-Robinson-Brücke 36  
Wireless LAN-Verbindung 233

**Z**

Zählerschaltung 72  
Z-Diode 25  
Zelle 235  
Zweiweg-Gleichrichter 32  
Zweiweg-Spannungsverdoppler 32  
Bluetooth-Wireless-Verbindung 228  
IEEE 1394-Port 229

# Elektronik

**Dietmar Benda**

## Wie liest man eine Schaltung?

Das Buch zeigt ganz systematisch – anhand praktischen Beispielen von Industrieschaltungen aus allen Bereichen der Elektronik – sichere Wege auf, diese Schaltpläne zu deuten, zu lesen und zu verstehen.

Das Auswerten von teilweise computererstellten Schaltungen aus der Elektronikindustrie ist eine wichtige Vorarbeit für die Konstruktion und den Service. Besonders Berufsanfängern und Schulabgängern wird zielgerichtet das nötige Industriewissen vermittelt und der Übergang von der „abstrakten“ Lehrbuchschaltung in die Industrieschaltung erleichtert.

### Aus dem Inhalt:

- Grundregeln für die erfolgreiche Instandhaltung
- Schaltbeispiele aus der Praxis: Verstärken, Regeln und Schalten
- Stabilisierungen
- Kopplungsarten
- Signalwege
- Bezeichnungs- und Orientierungssysteme von Industrieanlagen
- Darstellungshilfen für speicherprogrammierbare Steuerungen
- Genormte und internationale Schaltzeichen
- CAD-Dokumentation

ISBN 3-7723-4355-4



9 783772 343551

Euro 19,95 [D]

Besuchen Sie uns im Internet: [www.franzis.de](http://www.franzis.de)

**FRANZIS**