

Joachim Arendt, Rolf-Dieter Klein

Mikroelektronik im Fernsehen Teil 2

Die derzeit von den Dritten Fernsehprogrammen ausgestrahlte Serie „Mikroelektronik“, das wurde schon im letzten Heft angekündigt, begleitet mc monatlich. Und hier steigen wir auch schon richtig in die Computertechnik ein. Mit den Grundlagen der Digitaltechnik geht's los.

Wenn Sie in München oder in der Nähe Münchens wohnen, sollten Sie häufiger das Deutsche Museum besuchen. Auch die Reise oder ein Umweg dorthin lohnen sich: Wo kann man die friedlich gestaltenden kreativen Kräfte des menschlichen Geistes besser erkennen und „begreifen“ als in technischen Museen, von denen Sie sicherlich eines auch in der Nähe Ihres Wohnortes finden. Im Deutschen Museum steht im Bereich Nachrichtentechnik/Informationsverarbeitung die Rekonstruktion der Zuse Z3, des ersten programmgesteuerten Relais-Rechners; in der Folge 2 der Fernsehserie wird dieser Computer vorgeführt.

Doch stellen wir zunächst zwei „Macher“ aus dem Team Mikroelektronik vor. In der Serie „Mikroelektronik im Fernsehen“ werden Sie uns im Laufe des nächsten Jahres alle kennenlernen; in den Titel-Sequenzen der Sendungen können Sie übrigens auch viele Men-

schen sehen, die sonst nur „hinter der Kamera“ zu finden sind.

Der Mann vor der Kamera...

Ein Fernshekurs, der Junge, Ältere und Alte in die Geheimnisse der Mikroelektronik einführen will, ist Sache von Profis. Eine elektronisch produzierte Sendung, in der Baugruppen aus der Mikroelektronik die „Hauptrolle“ spielen – da gibt es „Interferenzen“, schwierige und störende zumeist, die nur die Techniker und Ingenieure des Teams glätten können.

Aber auch der, der dieses Neuland dem Zuschauer vertraut machen soll, die „Bauelemente“ über den Bildschirm in die Schule, die Werkstatt oder in die häusliche Bastelstube bringen soll, muß ein Profi sein, einer, der mit Wort, Mimik und Gestik Appetit machen kann auf Schwieriges. Thomas Naumann, zu sehen in Bild 1, Schauspieler der Bühne und auch des Fernsehens: Viele werden

ihn aus „Tadellöser & Wolff“, von den „St.-Pauli-Landungsbrücken“ oder aus der WDR-Kindersendung „Spaß am Montag mit Thomas und Zini“ wiedererkennen, wenige Beispiele aus einer breiten Fernsehfahrung. Für die zwei-monatige Fernseh-Produktion „Mikroelektronik“ mußte er neben seinen vielen sportlichen Interessen auch mit „Mikros“ trainieren und eine neue Sprache lernen, den Computerjargon.

...und der Mann „dahinter“

Eigentlich steht er nur dann tatsächlich hinter der Kamera, wenn er zusammen mit einem der beiden Kameramänner den Bildausschnitt der Kamera berät. Martin Ulrich (Bild 2) ist der Regisseur der Sendereihe, und er hat zusammen mit Rolf-Dieter Klein die Drehbücher geschrieben. Drehbücher sind Arbeitsanweisungen für das Fernseherteam. Die Aufgabe des Regisseurs ist, die nüchternen Texte des Drehbuches zu einem interessanten und lehrreichen Bild zu verdichten, dem Sie – der Zuschauer – Wesentliches über die Mikroelektronik entnehmen können, lernen, wie die neue Technik „funktioniert“; und dann muß der Regisseur das Produktionsteam anleiten, dieses Bild in seinem Kopf zu einem Bild auf dem Fernsehschirm zu „machen“.

„Achtung!“

Unter dieser Überschrift werden in der Artikelserie „Mikroelektronik im Fernsehen“ Änderungen der Hard- und Software des NDR-Klein-Computer-Systems veröffentlicht, die aufgrund von Modifikationen in Bauelementen notwendig werden. Vermittelt werden in dieser



Bild 1. Thomas Naumann ist Moderator der vom NDR produzierten Sendung „Mikroelektronik“



Bild 2. Martin Ulrich, Regisseur von „Mikroelektronik“

Spalte aber auch Empfehlungen aus der Praxis und Druckfehlerberichtigungen, die in dem variantenreichen Druckwerkangebot zum NDR-Kurs offensichtlich nicht völlig vermeidbar sind.

Erfahrungen mit den Bausteinen 7404 und 74 LS 04

In drei Schaltungen des NDR-Klein-Systems kann man Taktgeber finden, die mit NICHT-Gliedern (Invertiern) arbeiten:

- in der Baugruppe SBC2, die ab Folge 5 „Geschafft – er schwingt“ behandelt wird,
- in der Baugruppe GDP64, eingeführt in der elften Fernsehfolge „Schreiben lernen“, und
- in der Baugruppe CPU 68K, in der siebzehnten Folge „Mehr Bits“ vorgestellt.

Preiswerte NICHT-Glieder gibt es in drei unterschiedlichen Typen:

- den TTL-Grundtyp 7404,
- den Low-power-Typ 74 LS 04 und
- den Schottky-Baustein 74 S 04.

Diese drei Typen zeigen ein unterschiedliches Schwingverhalten; ihre Resonanzfrequenz ist unterschiedlich hoch. Den 74 S 04, also den Schottky-Typ, muß man für unsere Schaltungen völlig „vergessen“.

Der LS-Typ, also der 74 LS 04, ist bei 4 MHz optimal; er gehört in den Taktgeber der SBC2-Baugruppe. Der einfache TTL-Typ ist für höhere Frequenzen besser geeignet; den 7404 muß man also für die 14 MHz der Baugruppe GDP64 verwenden.

Einige Hersteller der Typen 7404 und 74 LS 04 haben in ihren Bausteinen Grenzwerte festgelegt, die sich offenbar mit den Werten unseres Systems nicht „vertragen“. Die besten Erfahrungen wurden mit den Bausteinen 7404 und 74 LS 04 von Texas Instruments gemacht.

Achtung – Druckfehler...

Leider blieb in dem Werk von Rolf-Dieter Klein „Mikrocomputer selbstgebaut und programmiert“ in der zweiten Auflage ein Fehler vor der Drucklegung unentdeckt; erst bei der Produktion der Fernsehreihe „stolperte“ das Produktionsteam Mikroelektronik des NDR darüber: Auf Seite 161 ist in Abb. 5.3.28., also in dem Bestückungsplan der Leiterplatte GDP64, die Polung des einzigen Tantal-Kondensators, Größe 10 μF , falsch eingedruckt. Man findet die Stelle oben links auf der schwachgedruckten Lötseite des Bestückungsplanes. Die Orientierung des Tantal-Kondensa-

tors muß beachtet werden: Man sollte sich dabei an die Leiterbahnführung halten (Bild 3).

Der Fehler ist deswegen besonders unangenehm, weil falsch gepolte Tantal-Kondensatoren (Bild 4) keineswegs immer sofort nach der Spannungszuführung, also nicht schon in der Prüfungsphase, „ihren Geist aufgeben“, sondern erst nach einiger Zeit aufquellen und oft mit einer Stichflamme verbrennen. Dabei können benachbarte Baugruppen beschädigt werden.

MKM-Kondensatoren auf der CAS-Leiterplatte

In unserer schnelllebigen Zeit ist man vor Überraschungen nie sicher – das gilt besonders für Computer. So wurde offenbar die Produktion von MKM-Kondensatoren mit dem Wert 0,12 μF aufgegeben. In dem Generator-Teil zum Erzeugen der Baudrate ist auf Seite 186 in Abb. 5.6.1., also in dem Schaltplan der Kassettenschnittstelle, dieser Kondensator gefordert. Er kann jedoch durch einen MKM-Kondensator mit 0,1 μF (Bild 5) ersetzt werden. Bitte aber beachten Sie: Der 1-k Ω -Trimmer muß dann durch einen 2-k Ω -Typ ersetzt werden.

Rechnen als Schalten

Steuerungs- und Regelaufgaben nehmen in dieser Sendereihe neben der Datenverarbeitung im engeren Sinne einen wesentlichen Platz ein. Das wird durch die Eingangssequenz der zweiten Folge der Sendereihe „Mikroelektronik“ mit dem „teach-in“ eines Schweißroboters signalisiert.

Für alle Arbeiten, bei denen ein Computer Meßdaten aufnehmen, rechnend verarbeiten und danach Geräte steuern soll, müssen Geräte mit dem Computer durch „Schnittstellen“ verknüpft werden. Das ist der tiefere Grund, warum in den beiden ersten Folgen Relais, Transistoren und Logik-Glieder der eigentlichen Mikroprozessor-Technik, die im Mittelpunkt der Mikroelektronik steht, „vorausgeschickt“ werden.

Für die Herstellung von Schnittstellen muß man eben etwas über diskrete Bauteile wie Widerstände, Kondensatoren und Transistoren und über Logik-Bausteine wissen. Zugleich erhält man in den ersten Folgen eine Vorstellung darüber, wie es etwa in den integrierten Schaltungen aussehen könnte. Im übrigen werden in der Sendereihe integrierte Bausteine (Integrated Circuits = ICs) als black boxes, „schwarze Kästen“, betrachtet:

Wir kümmern uns nur darum, was in diese „schwarzen Kästen“ – in die ICs

also – hineingeht und welche Signale dann wieder herauskommen. Wir untersuchen in der Sendereihe „Mikroelektronik“ des NDR grundsätzlich nur das Eingangs- und das Ausgangsverhalten der ICs; ihr Inneres interessiert uns nicht – das ist bei den moderneren ICs meistens auch ein Betriebsgeheimnis der Hersteller.

Zahlensysteme

Eine wichtige Rolle in der Computertechnik spielt der Umgang mit Dualzahlen. Die Sendung geht jedoch nicht auf das allgemeine Thema Zahlensysteme ein, stellt also weder das duale noch das sedezimale (hexadezimale) Zahlensystem vor, sondern führt sedezimal geschriebene Zahlen als verkürzte Darstellung dual geschriebener Zahlen ein. Beispiel für die Verwendung der sedezi-

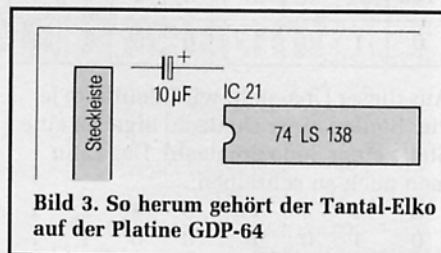


Bild 3. So herum gehört der Tantal-Elko auf der Platine GDP-64

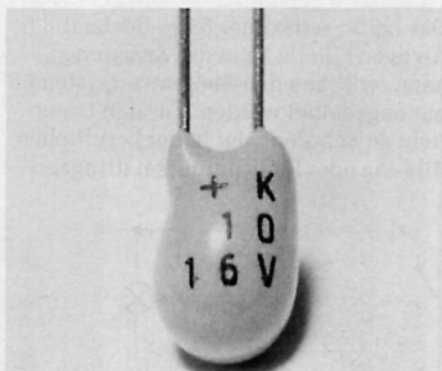


Bild 4. Die Plus-Seite ist bei Tantal-Elkos mehr oder weniger deutlich markiert

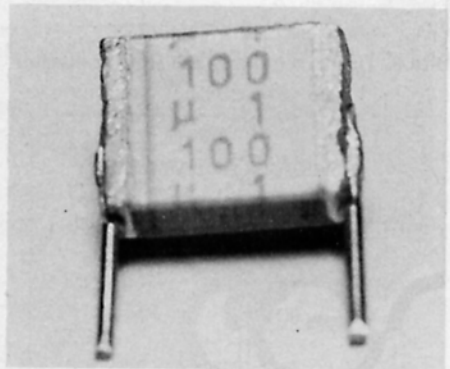


Bild 5. MKM-Kondensator: Statt 0,12 μF darf man auch 0,1 μF in der Kassettenschnittstelle verwenden

malen Schreibweise ist in der Sendung dezimal 83. Zunächst wird die Dezimalzahl 83 mit Hilfe des euklidischen Algorithmus in die entsprechende Dualzahl umgerechnet; die Zweierreste geben dabei die Stellenwerte der Dualzahl an:

$$\begin{array}{l|l} 83 : 2 = 41 \text{ Rest } 1 & 5 : 2 = 2 \text{ Rest } 1 \\ 41 : 2 = 20 \text{ Rest } 1 & 2 : 2 = 1 \text{ Rest } 0 \\ 20 : 2 = 10 \text{ Rest } 0 & 1 : 2 = 0 \text{ Rest } 1 \\ 10 : 2 = 5 \text{ Rest } 0 & 0 : 2 = 0 \text{ Rest } 0 \end{array}$$

Die Dualzahl heißt also, von unten nach oben als Divisionsrest gelesen: 0 1 0 1 0 0 1 1

Die einzelnen Stellen einer dual geschriebenen Zahl werden mit Potenzen von 2 multipliziert, wie die Stellen einer dezimal geschriebenen Zahl mit Potenzen von 10 multipliziert werden müssen:

128	64	32	16	8	4	2	1
0	1	0	1	0	0	1	1

Aus dieser Übersicht wird deutlich: Je vier Stellen einer Dualzahl ergeben eine Stelle einer Sedezimalzahl. Das kann man auch so schreiben:

$$\begin{array}{cccc|cccc} 8 & 4 & 2 & 1 & 8 & 4 & 2 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ \hline & 5 & & & & 3 & & \end{array}$$

Das heißt: sedezimal 53 = dezimal 83. An dieser Stelle kann der Zusammenhang zwischen den Stellenwertsystemen nur angedeutet werden. Für den Unterricht an Schulen oder in der beruflichen Bildung oder Fortbildung sei dringend

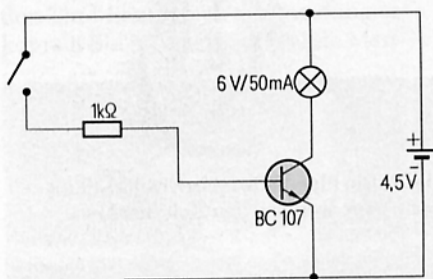


Bild 6. Treiberschaltung mit npn-Transistor

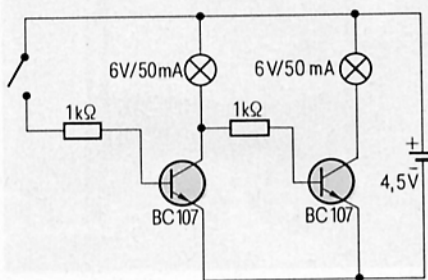


Bild 7. So entsteht ein NICHT-Glied aus einer Treiberschaltung

empfohlen, an den Beispielen der dualen, der sedezimalen und der dezimalen Schreibweise die Grundlagen des Stellenwertsystems noch einmal zu wiederholen.

Der Vollständigkeit halber sei darauf hingewiesen, daß man im „Computerslang“ sehr oft statt von „sedezimalen“ von „hexadezimalen“ Zahlen oder kurz von „Hex-Zahlen“ spricht.

Die Treiberschaltung

Sie bildet den Schwerpunkt der Sendung „Rechnen als Schalten“. Die Treiberschaltung in Bild 6 wird – nicht nur im Kurs – immer wieder gebraucht; sie dient der Verbindung von Computer und Außenwelt, und zwar insbesondere dann, wenn Motoren, Lampen usw. geschaltet werden sollen. Als Transistor wird bei uns der Typ BC 107 verwendet. Man kann aber auch andere npn-Transistoren nehmen. Den Typ TIP 120 (einen sogenannten Darlington-Transistor) empfehlen wir, wenn mehr Leistung erforderlich ist. Die Stromstärke des kleinen Lämpchens in der Treiberschaltung darf 50...100 mA betragen; verwendet man als Transistor den TIP 120, dürfen auch Glühlampen mit höherer Stromaufnahme verwendet werden.

Können Sie löten?

Die Löttechnik steht in dem NDR-Kurs zwar nicht im Vordergrund, spielt aber dann eine bedeutende Rolle, wenn man sich einen Computer selbst bauen will

oder seinen Rechner vielseitig nutzen möchte und dafür speziell angepaßte Schnittstellen braucht. Viele technische Kniffe – wie für das Löten – und konkrete Hilfen findet man in dem vielseitigen Werk:

Dieter Nährmann,
Das große Werkbuch Elektronik.
Franzis-Verlag, München,
4. Aufl., 1984.

Dieses sehr nützliche Buch ist zwar nicht billig; in der Handbibliothek einer Schulwerkstätte aber sollte es nicht fehlen.

Verknüpfungen

Die Treiberschaltung aus Bild 6 kann zu einer logischen Verknüpfung ausgebaut werden: dem NICHT-Glied (Bild 7). Die Treiberstufe kann beliebig oft hintereinander geschaltet werden. Die Lampen von zwei aufeinanderfolgenden Stufen zeigen jeweils den komplementären Zustand an.

Das NICHT-Glied ist die einfachste logische Verknüpfung. Da sie sehr wichtig ist, werden wir ihr noch oft begegnen. Hier gleich ein paar Worte zur Darstellung von Schaltsymbolen. In der Sendereihe werden ausnahmslos die Schaltzeichen der neuen Norm verwendet (Bild 8). In der Fachliteratur werden jedoch noch sehr häufig die Symbole der alten Norm gebraucht – so auch in dem Begleitbuch zur Sendung „Mikrocomputer selbstgebaut und programmiert“. Auf Seite 35 der 2. Auflage findet man eine

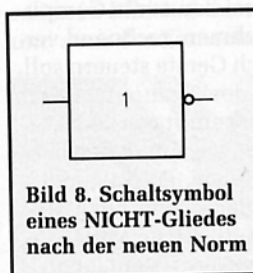


Bild 8. Schaltsymbol eines NICHT-Gliedes nach der neuen Norm

Neue Norm	Alte Norm	Beispiel	Wahrheitstafel																
		7404	<table border="1"> <tr><td>E</td><td>A</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td></tr> </table>	E	A	0	1	1	0	Nicht-Glied									
E	A																		
0	1																		
1	0																		
		7408	<table border="1"> <tr><td>E</td><td>E</td><td>A</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> </table>	E	E	A	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	1	Und-Glied
E	E	A																	
0	0	0																	
0	1	0																	
1	0	0																	
1	1	1																	
		7432	<table border="1"> <tr><td>E</td><td>E</td><td>A</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> </table>	E	E	A	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	Oder-Glied
E	E	A																	
0	0	0																	
0	1	1																	
1	0	1																	
1	1	1																	
		7486	<table border="1"> <tr><td>E</td><td>E</td><td>A</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr> </table>	E	E	A	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0	Exklusiv-Oder-Glied
E	E	A																	
0	0	0																	
0	1	1																	
1	0	1																	
1	1	0																	
		7400	<table border="1"> <tr><td>E</td><td>E</td><td>A</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr> </table>	E	E	A	0	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	Nand-Glied (Nicht-Und)
E	E	A																	
0	0	1																	
0	1	1																	
1	0	1																	
1	1	0																	
		7402	<table border="1"> <tr><td>E₁</td><td>E₂</td><td>A</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr> </table>	E ₁	E ₂	A	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1	0	Nor-Glied (Nicht-Oder)
E ₁	E ₂	A																	
0	0	1																	
0	1	0																	
1	0	0																	
1	1	0																	

Bild 9. Einige Logik-Glieder und ihre Wahrheitstafeln

Vergleichstabelle alter und neuer Symbole für einige im Buch häufig vorkommende Logik-Glieder. Die Veröffentlichungen zum NDR-Kurs, die in mc erscheinen, und auch die weitere Literatur zum Kurs „Mikroelektronik“ aber werden grundsätzlich unter Verwendung der neuen DIN-Norm für Schaltzeichen geschrieben.

Nun gibt es eine Vielzahl von logischen Verknüpfungen, die fast gleich bedeutend für den praktischen Einsatz sind. In Bild 9 sind für eine Auswahl der Logik-Glieder Schaltsymbole, ein IC-Beispiel und die Wahrheitstafel dargestellt. Beim Ansteuern von integrierten Schaltkreisen der Bauart 74xx gibt es ein paar Dinge zu beachten. Offene Eingänge der ICs wirken wie mit einem 1-Signal beschaltet, d. h. als lägen daran +5 V. Ein 0-Signal kann man durch die Schaltung in Bild 10 gewinnen.

Wird die Taste in der Eingabeschaltung Bild 10a nicht betätigt, so liegt am Ausgang der Schaltung ein Null-Signal an; der Widerstand sollte dabei nicht größer als 330Ω sein. Wird ein Umtaster verwendet, so kann die Schaltung gemäß Bild 10b verwendet werden. Eine vollständige Versuchsschaltung findet man in Bild 11. Da die Lampe nicht direkt an den Ausgang des ICs 7408 angeschlossen werden kann, wird eine Treiberstufe verwendet, die wir schon kennen. TTL-ICs arbeiten normalerweise mit +5 V; wir können aber für Versuche die-

ser Art ausnahmsweise eine Batterie mit +4,5 V verwenden. Die einfachen TTL-ICs arbeiten bei dieser Spannung gerade noch einwandfrei.

Gleich riecht er

In dieser Folge wird die Spannungsversorgung des Computers aufgebaut. Der Computer braucht 5 V Gleichspannung. Zuerst muß die Netz-Wechselspannung von 220 V transformiert werden. Dazu wird ein fertiger Transformator verwendet. Er sollte eine Ausgangsspannung von etwa $8 \dots 10 \text{ V}$ und eine Leistung von etwa 30 VA haben.

Man unterscheidet bei der Spannungsangabe zwischen der Spitzenspannung und der Effektivwertspannung. Normalerweise wird bei Trafos die Effektivwertspannung angegeben. Sie läßt sich in den Wert der Spitzenspannung umrechnen, indem man sie mit $1,41421 = \sqrt{2}$ multipliziert. Die Spitzenspannung wird auf dem Oszilloskop von der Spannungsnulllinie zum Amplitudenmaximum abgelesen.

Nach der Gleichrichtung auf der POW-Leiterplatte wird die Spannung geglättet. Dazu wird ein Elektrolytkondensator verwendet. Bei diesem Kondensator ist beim Einlöten unbedingt auf die richtige Polung zu achten (Bild 12). Auch der Spannungsbereich ist wichtig; wir verwenden einen Kondensator mit (mindestens) 16 V Nennspannung.

Bei der Messung der Spannung am Kondensator zeigt sich erst dann eine wellenförmige Wechselspannung, wenn die Schaltung belastet, also z. B. eine Lampe angeschlossen wird.

Hinter dem Stabilisator darf sich keine wellenförmige Spannung mehr zeigen; ist noch eine Welligkeit erkennbar, könnte es am Transformator liegen: Er liefert gegebenenfalls eine zu niedrige Ausgangsspannung.

Die POW-Baugruppe testet man am besten, indem man sie mit einem Widerstand belastet. Die Baugruppe sollte mindestens für eine Stromstärke von 2 A ausgelegt sein, könnte also mit einem Widerstand von $5 \text{ V} / 2 \text{ A} = 2,5 \Omega$ und einer Leistung von $5 \text{ V} \times 2 \text{ A} = 10 \text{ W}$ belastet werden.

Geschafft, er schwingt

Ohne Anstoß beginnt der Rechner nicht zu schwingen; man braucht dazu eine „Startlogik“: Thema der fünften Folge. Die SBC2-Baugruppe wird in dem Begleitbuch von Rolf-Dieter Klein ab Seite 80 behandelt. Die sogenannte Reset-Logik, die den Rechner in den Anfangszustand versetzt, wird ausführlicher in dem Kapitel 4.6 „Vollausbau-CPU“ auf Seite 85, 4. Absatz, beschrieben. Der als „Monoflop“ gekennzeichnete Baustein 74121 ist eine integrierte Schaltung, die einen sogenannten Schmitt-Trigger und ein Monoflop vereinigt: Bei Erreichen eines bestimmten Schwellwertes schaltet der Schmitt-Trigger im 74121 und löst das Monoflop aus, das einen kurzen Impuls liefert. Weitere Einzelheiten über den Schmitt-Trigger finden Sie ab Seite 31 und über das Monoflop ab Seite 32 des Begleitbuches.

Fortsetzung folgt

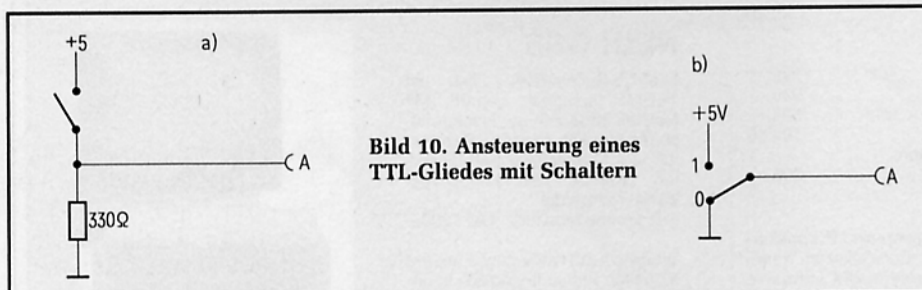


Bild 10. Ansteuerung eines TTL-Gliedes mit Schaltern

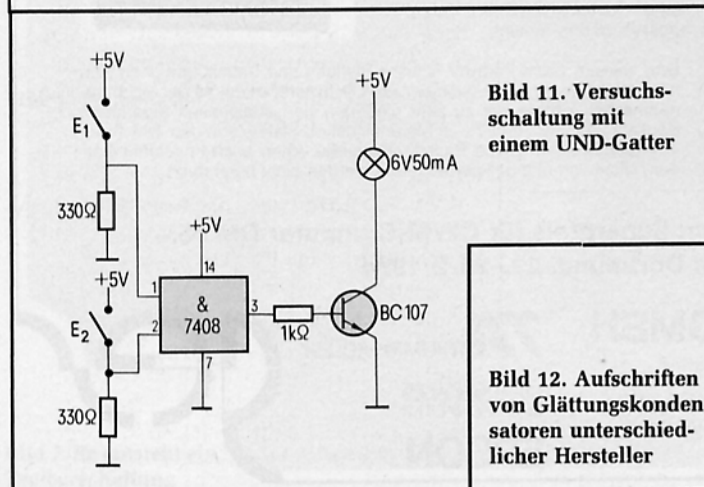


Bild 11. Versuchsschaltung mit einem UND-Gatter

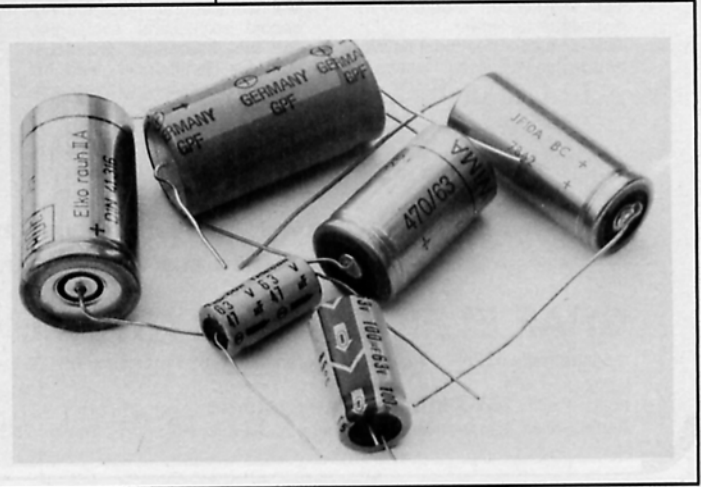


Bild 12. Aufschriften von Glättungskondensatoren unterschiedlicher Hersteller