

# Elektronische Bauelemente im Einsatz

In den letzten drei Ausgaben haben wir uns ausführlich mit den Grundlagen der Elektronik auseinandergesetzt. Nun wird es Zeit, die gewonnenen Erkenntnisse in die Praxis umzusetzen und den Lötcolben anzuheizen.

von Hans-Jürgen Humbert

Das Wichtigste an einer Schaltung ist die Stromversorgung. Ohne sie läuft absolut nichts. In einigen Fällen kann man eine bestehende Spannungsquelle anzapfen. Manchmal muß aber eine eigene Versorgung geschaffen werden.

Hier erfolgt schnell der Griff zum Dreibein-Stabilisator vom Typ 78XX, weil er ja so unproblematisch ist. In der Theorie mag dies stimmen, doch die Praxis sieht leider anders aus.

Dieser Baustein kann sich ganz schön gemein verhalten und den Hobbyisten zur Verzweiflung treiben, weil die vorher funktionierende Schaltung plötzlich Fehler aufweist, die sich einfach nicht lokalisieren lassen.

Der Grund liegt in der Schwingneigung des Stabis. Intern ist dieses Bauelement nämlich höchst kompliziert. Neben dem Leistungstransistor und einer Referenzspannungsquelle sind noch ein Operationsverstärker und eine Schutzschaltung integriert, die den IC bei Übertemperatur und -lastung abschaltet.

Wie jeder Operationsverstärker kann auch der im Baustein integrierte ins Schwingen kommen. Diese, in den meisten Fällen hochfrequenten Schwingungen, geraten über die Versorgungsleitungen in die Schaltung und bringen dort

die ICs durcheinander. Kurz gesagt: Die Schaltung spinnt.

Dabei läßt sich dieses Fehlverhalten des Stabis leicht verhindern.

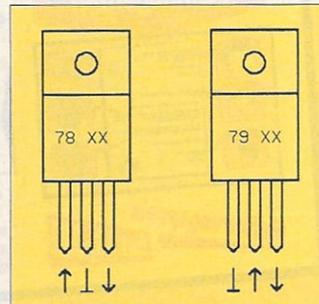
Direkt an seine Anschlüsse werden Keramik-Kondensatoren gegen Masse gelötet (Bild 1). Die Kondensatoren sind so nahe wie irgendmöglich an die Pins anzuschließen. Deren Werte sind relativ unkritisch. Es können hier Kondensatoren zwischen 100 nF bis 1 µF eingesetzt werden. Der minimale Wert darf allerdings nicht unterschritten werden: bei positiven Reglern sollte er 100 nF und bei negativen mindestens 220 nF betragen. Erst mit diesen Kondensatoren arbeitet die Regelung einwandfrei und man kann sich wirklich auf die Stromversorgung verlassen.

Stabis werden in mehreren Versionen hergestellt. Dabei gelten folgende Bezeichnungen:

positive Regler	Ausgangsstrom
78L XX	100 mA
78M XX	500 mA
78 XX	1 A
78KC XX	1,5 A
78S XX	2 A

Die beiden XX geben jeweils die Ausgangsspannung an. Die Festwerte reichen vom 7802 mit einer Ausgangsspannung von 2 V bis hin 7824 mit 24 V.

Negative Regler besitzen als Kennzeichnung eine 79 als erste Zahl. Die Anschlußbilder der posi-



Positive und negative Stabis haben unterschiedliche Anschlußfolgen

tiven und negativen Regler sind unterschiedlich (Bild 2).

Der nächste Punkt betrifft die Eingangsspannung des Reglers. Sie muß mindestens drei Volt höher sein als die gewünschte Ausgangsspannung. Nun darf diese Spannung auch nicht beliebig hoch ansteigen. Ein 5-V-Regler z.B. kann eine maximale Eingangsspannung von 25 bis 35 V (je nach Hersteller) vertragen. Weiterhin kann der normale Stabi auch nur einen maximalen Strom von 1 A liefern. Dies gilt natürlich nur unter optimalen Bedingungen. Denn die Verluste setzt der Regler in Wärme um. Steigen diese nun allzu stark, spricht die Über-temperatur-Sicherung an und regelt den Strom zurück. Dazu ein Rechenbeispiel:

Speist man einen 5-V-Stabi mit 8 V und entnimmt ihm 1 A, beträgt die Verlustleistung  $1 A \cdot 3 V = 3 VA$ . Wird der gleiche Strom nun bei einer Eingangsspannung von 15 V entnommen, steigt die Verlustleistung auf

$1 A \cdot 10 V = 10 VA$  an. Ohne entsprechende Kühlung spricht hier die interne Über-tempe-

ratur-sicherung an und begrenzt den Strom auf einen für den Regler ungefährlichen Wert. Deshalb sind diese Regler immer nur mit ausreichend dimensionierten Kühlkörpern zu betreiben.

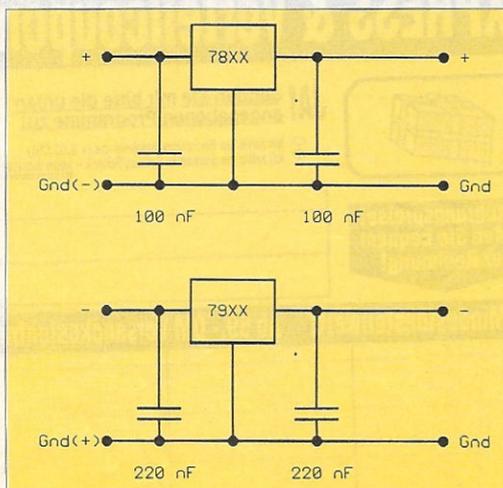
## Schalter, komplizierter als man denkt

Diesem einfachen Bauelement wird in der Digitaltechnik eigentlich viel zu wenig Aufmerksamkeit geschenkt. Das Schaltsymbol täuscht über das Verhalten dieses Elements hinweg. Denn im Prinzip kann ein Schalter nur zwei Zustände annehmen: offen oder geschlossen.

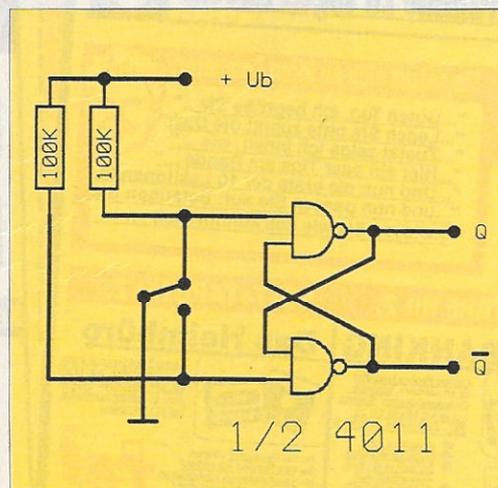
Aber leider nimmt der Kontakt beim Schalten Übergangszustände an. Wird er geschlossen oder geöffnet, federt der Kontakt ein paarmal hin und her, bevor ein definierter Zustand erreicht ist. Der Schalter liefert also im Umschalt-punkt Impulse. Eine nachfolgende Digital-schaltung interpretiert diese Impulse als Schaltsignale und reagiert darauf. Fehlschaltungen sind die Folge. In der Digital-Technik wird deshalb dem »Prellen« eines mechanischen Kontakts mit einigem Aufwand entgegengewirkt. Die Schaltung (Bild 3) verhindert diese unerwünschten Impulse. Hierbei handelt es sich um ein RS-Flip-Flop. Dieses reagiert nur nach vollständigem Umschalten. Der Ausgang liefert ein absolut prell-freies Signal. Nachteilig ist hier der Einsatz eines Umschalters.

## Generatoren

Oft benötigt man einen Impuls-geber oder Generator für spezielle Zwecke. Kommt es nicht auf besondere Stabilität an, läßt sich einfach ein freilaufender RC-Oszillator einsetzen. Hierzu werden nur zwei Gatter benötigt. In der ersten Schaltung arbeiten zwei Inverter vom Typ 4069 (Bild 4). Der freilaufende Generator liefert mit dieser Dimensionierung eine Ausgangs-frequenz von ca. 1000 Hz. Dabei wird die Ausgangsfrequenz von der RC-Kombination  $680 k\Omega$  und  $1 nF$  bestimmt. Durch die hochohmigen Eingänge des CMOS-Schaltkreises können der frequenzbestimmende Widerstand sehr hoch und dementsprechend der Kondensator klein gewählt werden. Mit der zweiten Schaltung (Bild 5) läßt sich die Frequenz phasengenau ein- oder ausschalten. Je nach Pegel am Eingang  $U_s$  liefert die Schaltung am Ausgang Impulse. Ein High-Pegel an  $U_s$  startet den Oszillator. Da nun ein weiterer Ein-

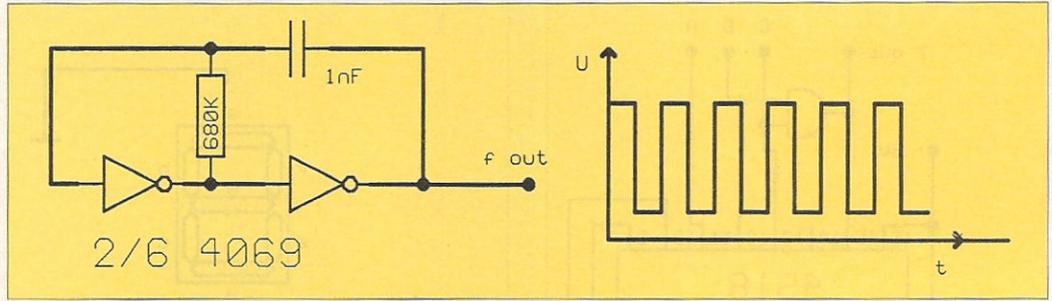


Zwei Kondensatoren unterdrücken wirkungsvoll die Schwingneigung des Stabis



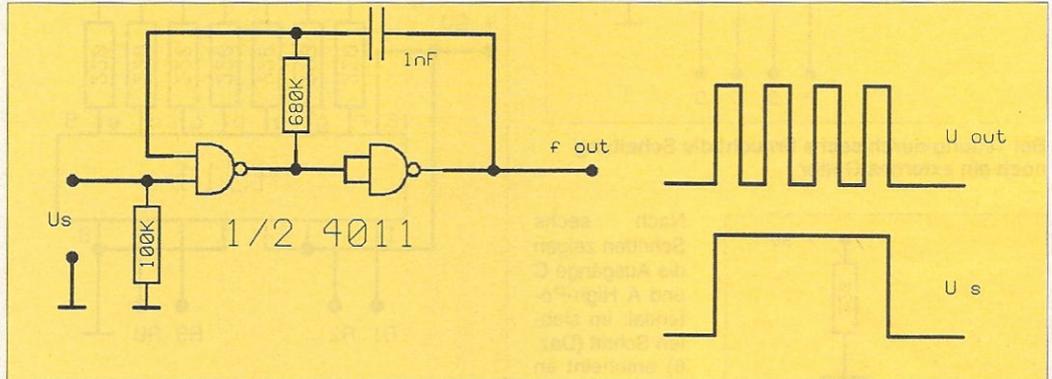
Ein RS-Flip-Flop unterdrückt sehr wirkungsvoll das unerwünschte Kontaktprellen eines Schalters

gang benötigt wird, läßt sich diese Grundschialtung nicht mehr mit einfachen Invertiern aufbauen. Hier kommen nun NAND-Gatter vom Typ 4011 zum Einsatz. Setzt man für den Widerstand einen Metallschichttyp und für den Kondensator einen hochwertigen Folientyp ein, ist die Ausgangsfrequenz für die meisten Anwendungen hinreichend stabil. Für höherwertige Anwendungen, wo Langzeitstabilität gefordert wird, reicht diese RC-Kombination nicht mehr aus. Hier muß ein weiteres Bauteil für stabile Verhältnisse sorgen: ein Quarz.



Ein freilaufender RC-Oszillator mit einer Ausgangsfrequenz von ca. 1 kHz

Ein Quarz besteht aus einem Stückchen geschliffenen Bergkristall. An zwei Seiten mit metallisierten Flächen versehen, kann er elektrisch angeregt werden. Je nach Größe und Schlifftechnik begünstigt er bei der Anregung eine bestimmte Frequenz. Anstelle eines Kondensators wird der Quarz in den Rückkopplungsweig eines Oszillators eingeschleift. Aufgrund seiner Eigenschaften bestimmt er die Ausgangsfrequenz. Diese hält er sehr stabil und genau ein. Diese Frequenz kann nun zur Ansteuerung einer Uhr eingesetzt werden.



In dieser Schaltung arbeiten zwei NAND-Gatter als spannungsgesteuerter Oszillator. Die Ausgangsfrequenz beträgt 1 kHz.

Beim Schwingvorgang wird der Kristall mechanisch verformt. Nun gibt es aber keine idealen Kristalle. Jeder auch noch so schön geformte Kristall besitzt im atomaren Bereich Fehler. Durch die ständige Verformung bei der elektrischen Anregung wandern diese Fehlstellen im Kristall. Fremdatome können z.B. ihre Plätze mit anderen Atomen wechseln.

Eine Prinzipschialtung mit drei Invertiern ist im Bild unten links dargestellt. Zwei dieser Gatter sorgen für die Oszillation, das dritte kopiert das Nutzsignal aus.

faktor von vier. Drei ergeben einen Faktor von acht, usw. Mit Hilfe einiger externer Gatter lassen sich die internen Flip-Flops bei einer beliebigen Stellung zurücksetzen, so daß sich auch beliebige Teilungsfaktoren ergeben.

**Teiler und Consorten**

Die Wanderung erfolgt immer in Richtung des geringsten Widerstands. Deshalb kann der Quarz immer leichter angeregt werden. Die Frequenz erhöht sich also im Lauf der Zeit. Diese Änderung ist in den ersten Betriebsstunden am größten. Deshalb werden diese Quarze nur vorgealtert ausgeliefert. Aber trotzdem steigt im Laufe der Zeit die Resonanzfrequenz geringfügig an.

In vielen Fällen ist die vom Quarz gelieferte Frequenz zu hoch. Sie muß deshalb noch geteilt werden. Dazu gibt es spezielle Bausteine, die dies komfortabel erledigen. Intern bestehen diese ICs aus vielen Flip-Flops und eventuell einigen Gattern. Der Teilungsfaktor ist hierbei unterschiedlich. Mit einem Flip-Flop kann man die Eingangsfrequenz durch zwei teilen. Zwei hintereinander geschaltete Flip-Flops ergeben einen Teilungs-

Teiler oder Zähler werden in verschiedenen Versionen gefertigt. Die reinen Binärteiler bestehen intern aus einer Reihe hintereinander geschalteter Flip-Flops, deren Ausgänge auf die einzelnen Pins geführt werden. Dann gibt es die Dezimalzähler, deren Ausgänge gleich im BCD-Code das Signal herausführen. Der BCD-Code ist ein spezielles Verfahren, welches zur Anzeige von Daten verwendet wird. Er entspricht dem Binärcode bis zur Stelle 9.

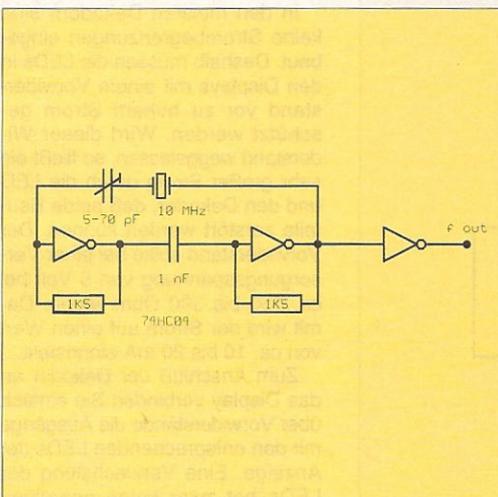
Die Zähler-ICs lassen sich beliebig kaskadieren, so daß auch größte Teilungen möglich sind. In unserem Beispiel haben wir zwei Dezimalzähler von Typ 7490 hintereinander geschaltet (Bild 7). Die Kombination kann bis 99 zählen. An den Ausgängen A bis D liegt der Zählerstand im BCD-Code an.

**Beliebige Teilverhältnisse**

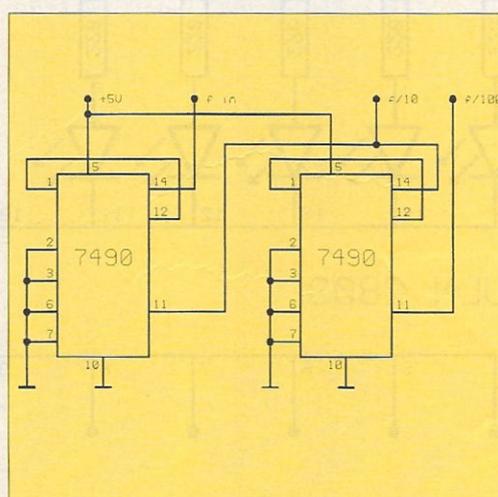
Um nun ein anderes Teilverhältnis als 1:10 zu bekommen, läßt sich auch ein Dezimalzähler einsetzen. Als Beispiel dient uns der Zähler 4518. Intern besteht er aus zwei Teilschaltungen, die völlig unabhängig voneinander genutzt werden können. Beide teilen das Eingangssignal jeweils durch 10. Mit einem externen Gatter läßt sich auch ein anderes Teilverhältnis einstellen. Jeder der beiden Dezimalzähler besitzt einen Zähl- und Enable-Eingang sowie einen eigenen Reset. Im normalen Zählbetrieb müssen die Eingänge Enable auf High- und Reset auf Low-Potential liegen. Geht der Reset-Eingang auf High, wird der Zähler zurückgesetzt.

Die Ausgänge des Zählers folgen nun dieser Tabelle:

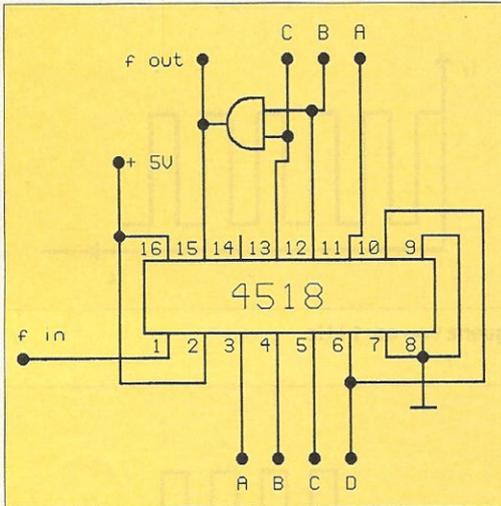
D	C	B	A	Dez.
0	0	0	0	0
0	0	0	1	1
0	0	1	0	2
0	0	1	1	3
0	1	0	0	4
0	1	0	1	5
0	1	1	0	6
0	1	1	1	7
1	0	0	0	8
1	0	0	1	9



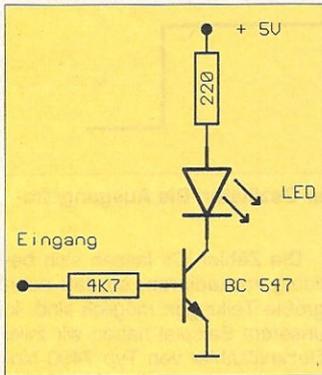
Mit drei Invertiern, zwei Widerständen, zwei Kondensatoren und einem Quarz läßt sich ein stabiler 10-MHz-Oszillator aufbauen



Zwei hintereinander geschaltete Dezimalzähler vom Typ 7490 teilen die Eingangsfrequenz durch 100



Bei Teilung durch sechs braucht die Schaltung noch ein externes Gatter



Die Eintransistor-Lösung zur LED-Steuerung

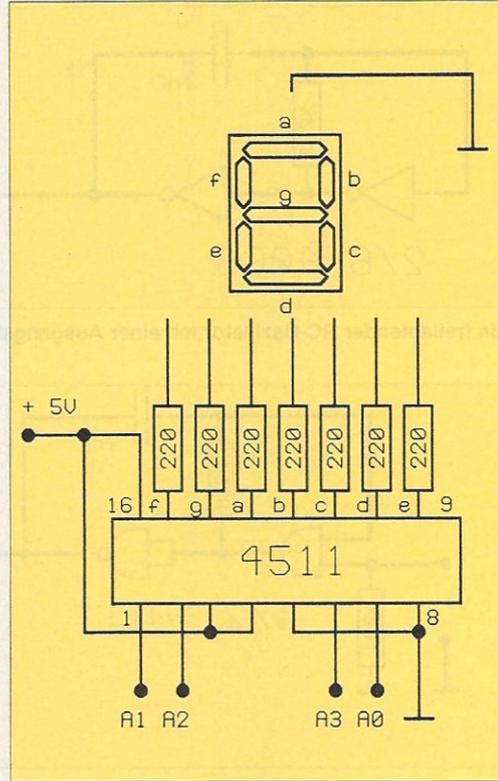
Nach dem letzte Schritt springt der Zähler wieder auf 0 zurück.

Um den Teiler zu veranlassen, nach z.B sechs Zählritten wieder von vorne anzufangen, muß er mit einem externen Gatter versehen werden. Dazu nehmen wir die vorherige Tabelle zu Hilfe.

Nach sechs Schritten zeigen die Ausgänge C und A High-Potential. Im siebten Schritt (Dez. 6) erscheint an den Ausgängen C und B High-Potential. Also wird ein Und-Gatter mit den Eingängen C und B verbunden. Dessen Ausgang geht auf High, wenn beide Eingänge auch High-Potential besitzen. Der Ausgang wird nun mit dem Reset-Eingang der Zählerstufe verbunden. Nach jeweils sechs Impulsen am Eingang wird der Zähler zurückgesetzt. Damit ist unser Teiler durch sechs einsatzbereit (Bild 8).

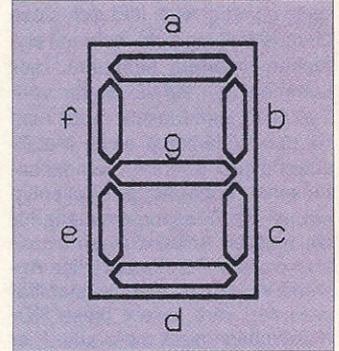
Displays

Nun sollen die Zähler ja nicht nur still vor sich hinwerkeln, son-



Der 4511 ist ein BCD zu Dezimal-Dekoder für Siebensegment Anzeigen mit gemeinsamer Kathode

dern wir wollen auch sehen, was sie gerade machen. Zur Anzeige des Zählerstandes bieten sich LEDs an. Die Standard-TTL-Ausgänge können gerade eine LED treiben. Bei den CMOS-ICs sieht es da schon anders aus. Deshalb muß ein Verstärker her. Dieser bringt den minimalen Strom der Ausgänge auf Trab. Als Verstärker für eine LED ist die Ein-Transistor-Lösung die beste Alternative (Bild 9). Sollen jedoch mehr als drei LEDs als Anzeige-Elemente fungieren, ist der Einsatz eines speziellen Treibers kostengünstiger (Bild



Die LEDs im Display werden mit a bis g bezeichnet

10). Dieser wird in zwei Varianten gefertigt: mit sieben oder acht Treiberstufen.

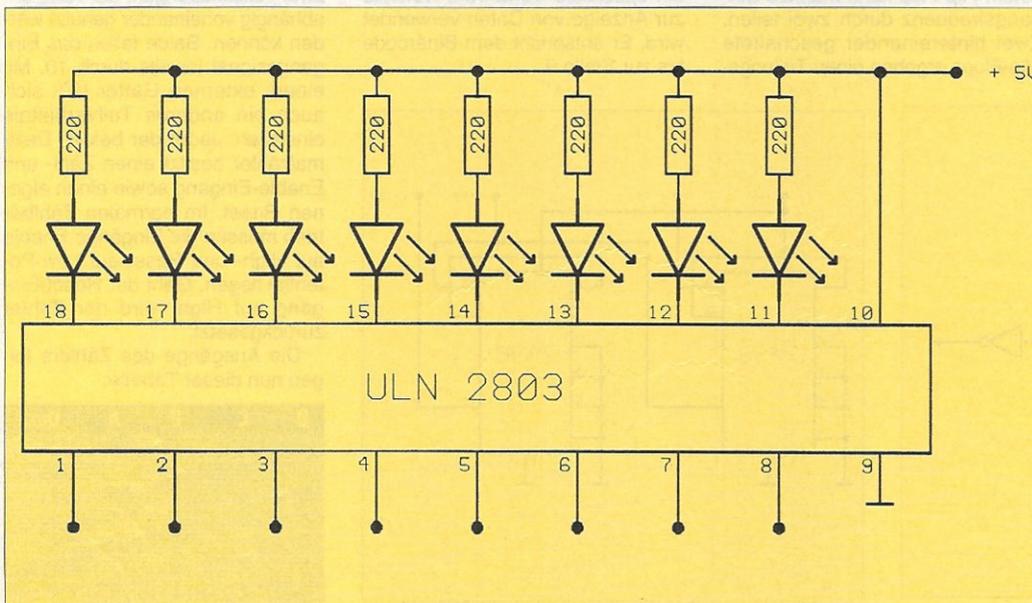
Gerade BCD-Ausgänge bieten sich an, um sie direkt mit einer 7-Segment-Anzeige darzustellen. Dafür gibt es eigene Dekoder mit eingebautem Treiber (Bild 11). Über diese läßt sich direkt eine solche Anzeige ansteuern. Wie bei den LED-Einzelanzeigen darf auch hier der Vorwiderstand auf keinen Fall vergessen werden. Er begrenzt den Strom auf ein für die LED erträgliches Maß. Er sollte mit dem Widerstand ungefähr auf 10 mA eingestellt werden.

Der Dekoder setzt nun den eingehenden BCD-Code in den 7-Segment-Code um. Die LEDs in der Anzeige werden mit a bis g bezeichnet (Bild 12).

Diese Anzeigen werden mit gemeinsamer Kathode oder gemeinsamer Anode hergestellt. Achten Sie beim Kauf der Anzeigen darauf, daß Sie auch gleich den passenden Dekoder dazu bekommen. Displays mit gemeinsamer Anode werden an die positive Versorgungsspannung angeschlossen, während die einzeln herausgeführten Segmentanschlüsse mit dem Dekoder verbunden sind. Solche mit gemeinsamer Kathode bekommen die positive Spannung über den Dekoder und der gemeinsame Anschluß wird mit Masse verbunden.

In den meisten Dekodern sind keine Strombegrenzungen eingebaut. Deshalb müssen die LEDs in den Displays mit einem Vorwiderstand vor zu hohem Strom geschützt werden. Wird dieser Widerstand weggelassen, so fließt ein sehr großer Strom durch die LED und den Dekoder, daß beide Bauteile zerstört werden können. Der Vorwiderstand sollte bei einer Versorgungsspannung von 5 Volt bei ca. 150 bis 390 Ohm liegen. Damit wird der Strom auf einen Wert von ca. 10 bis 20 mA eingestellt.

Zum Anschluß der Dekoder an das Display verbinden Sie einfach über Vorwiderstände die Ausgänge mit den entsprechenden LEDs der Anzeige. Eine Verwechslung der LEDs hat zwar keine negativen Folgen für die Bauteile, aber die angezeigten Zahlen sehen sehr merkwürdig aus.



Der Treiberbaustein ULN 2803 beinhaltet 8 Darlington-Transistoren, die jeweils bis zu 50 Volt sperren und einen maximalen Strom von 500 mA liefern können