

Digitaltechnik - ganz einfach Teil 7

Wir bleiben noch ein wenig bei der Technik der Digitalzähler und betrachten dieses Mal die Ausgabeseite etwas näher - Decoder und Anzeigen. Danach bereitet es uns keine Mühe mehr, eine vierstellige Stoppuhr mit großem LC-Display aufzubauen.

Der Decoder - nur Codeumsetzer?

Praktisch eingesetzt haben wir ihn schon mehrmals, ohne uns Gedanken über sein Innenleben zu machen. Der in unseren Anwendungen inzwischen schon bewährte BCD- zu 7-Segment-Decoder setzt den Binärcode, den der 4-Bit-Zähler ausgibt, „mundgerecht“ für die 7-Segment-Anzeige um.

Er bereitet also kodiert ausgegebene Daten nach den Wünschen des Anwenders auf, so daß diese mit entsprechenden Anzeigeeinheiten optisch dargestellt werden können. Meist sind dies die uns bereits

bekannten 7-Segment-Zifferanzeigen in LED- oder LCD-Technik. Oft müssen Zählergebnisse jedoch auch direkt dezimal ausgegeben werden. Dies wiederum erfordert einen BCD-zu-Dezimal-Decoder.

Und natürlich gibt es eine Unzahl an weiteren Ausgabeforderungen von digitalen Informationen, dies beginnt bei der einfachen LED-Anzeige und hört beim Grafik-Bildschirm noch nicht auf.

Bleiben wir jedoch beim BCD-zu-7-Segment-Decoder, dieser ist der wohl am meisten eingesetzte Decoder.

Nachdem wir uns ausführlich erarbeitet haben, wie der BCD-Code entsteht, kann man wohl ahnen, mit welchem schaltungs-

technischem Aufwand dieser in einen Code umzuwandeln ist, der die sieben Segmente einer LED- oder LCD-Anzeige in der richtigen Kombination so anzusteuern vermag, daß tatsächlich eine Dezimalzahl auf der Anzeige erscheint.

Und richtig, ohne hier bis in die letzte Einzelheit einzusteigen, zeigt uns die in Einzelgatter aufgeteilte Innenschaltung eines solchen Decoders (Abbildung 54), welcher Aufwand für die Umwandlung von BCD- auf 7-Segment-Code erforderlich ist. Etwas durchsichtiger erscheint da die zugehörige Wahrheitstabelle (Abbildung 55). Anhand dieser Tabelle und der Grafik einer 7-Segment-Anzeige (s. Abbildung 58)

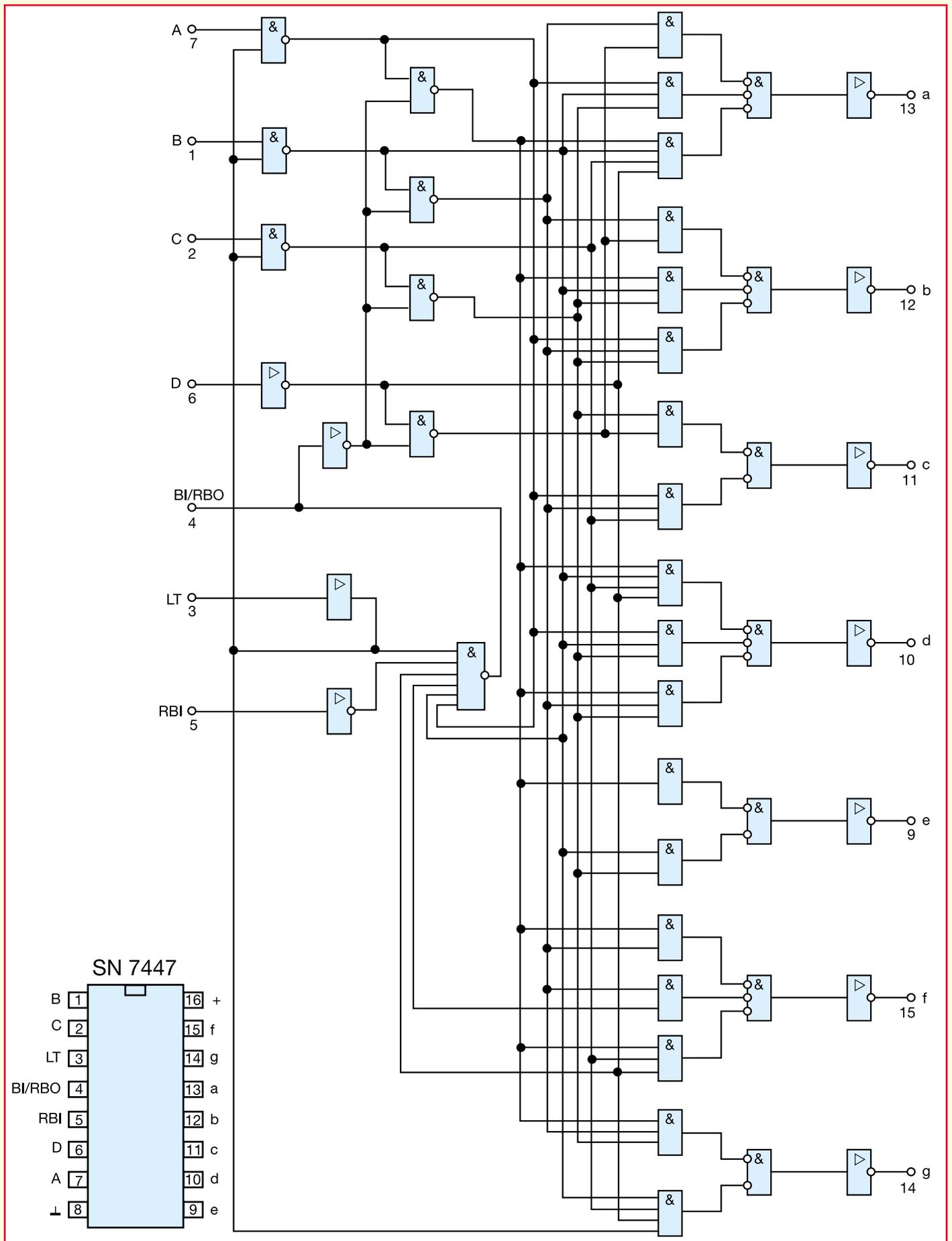


Bild 54: Mit Einzelgattern kaum noch nachzuvollziehen - die Innenschaltung des TTL-Decoder-Klassikers 7447, daneben dessen Pinbelegung

Anzeige/ Funktion	BCD-Code				7-Segment-Code							$\overline{\text{BI/RBO}}$	$\overline{\text{LT}}$	$\overline{\text{RBI}}$
	D	C	B	A	a	b	c	d	e	f	g			
0	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	H	H	H	X
1	L	L	L	H	H	L	L	H	H	H	H	H	H	X
2	L	L	H	L	L	L	H	L	L	H	L	H	H	X
3	L	L	H	H	L	L	L	L	H	H	L	H	H	X
4	L	H	L	L	H	L	L	H	H	L	L	H	H	X
5	L	H	L	H	L	H	L	L	H	L	L	H	H	X
6	L	H	H	L	L	H	L	L	L	L	L	H	H	X
7	L	H	H	H	L	L	L	H	H	H	H	H	H	X
8	H	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	H	H	X
9	H	L	L	H	L	L	L	L	H	L	L	H	H	X
BI	X	X	X	X	H	H	H	H	H	H	H	L	X	X
RBI	L	L	L	L	H	H	H	H	H	H	H	L	H	L
LT	X	X	X	X	L	L	L	L	L	L	L	H	L	X

Bild 55: Die Wahrheitstabelle für einen BCD-zu-7-Segment-Decoder macht die komplizierte „Arbeit“ des Decoders deutlich.

kann man sich die komplizierte Decodierung einfacher vergegenwärtigen.

Doch wir wollen uns nicht weiter mit den hier dargestellten Zusammenhängen beschäftigen, einen Decoder benutzen wir einfach als fertigen Baustein. Wichtiger für die Anwendung sind die vielfältigen Möglichkeiten, die ein solcher Decoder über die „einfache“ Codeumsetzung hinaus bietet.

Bereits einer der ersten Decoder in TTL-Technik, der 7447, dessen Innenschaltung wir in Abbildung 54 bereits kennengelernt haben, bietet einigen Zusatzkomfort. Denn die Pinbelegung (Abbildung 56) des 7447 zeigt einige uns noch unbekannte Pins, die wir exemplarisch für andere Decoder einmal genauer erläutern wollen.

So ermöglicht der Pin „LT“ („Lampen-

test“), an Low gelegt, das gleichzeitige Einschalten aller Segmente der Anzeige, um z. B. beim Einschalten eines Gerätes zu kontrollieren, ob alle Segmente der Anzeige intakt sind.

Der RBI-Eingang bietet uns den Komfort, eine in einer mehrstelligen Anzeige immer störende, führende Null auszublenden, z. B. an der Stunden-Zehnerstelle einer Digitaluhr. Liegt dieser Eingang auf Low-Pegel und trifft die Bedingung zu, daß alle vier BCD-Eingänge A-D ebenfalls Low-Pegel führen, was nach einem Blick in unsere BCD-Tabelle die Anzeige „Null“ bedeutet, so erfolgt ein Ausblenden der gesamten Stelle.

Der Anschluß $\overline{\text{BI/RBO}}$ arbeitet gleichzeitig als Eingang und Ausgang. Legt man ihn auf Low-Pegel, so sind alle Segmente der angeschlossenen Anzeige erloschen. Dieser Eingang ist z. B. sehr nützlich für bestimmte Ausfallmeldungen. Steuert man ihn mit einem Taktgeber an, so blinkt die gesamte Anzeige. Ebenso ist hierüber eine Helligkeitsmodulation durch die Ansteuerung mit einer im Tastverhältnis variablen Frequenz möglich - wir können die Helligkeit der Anzeige bequem einstellen. Ist diese Frequenz ausreichend hoch, z. B.

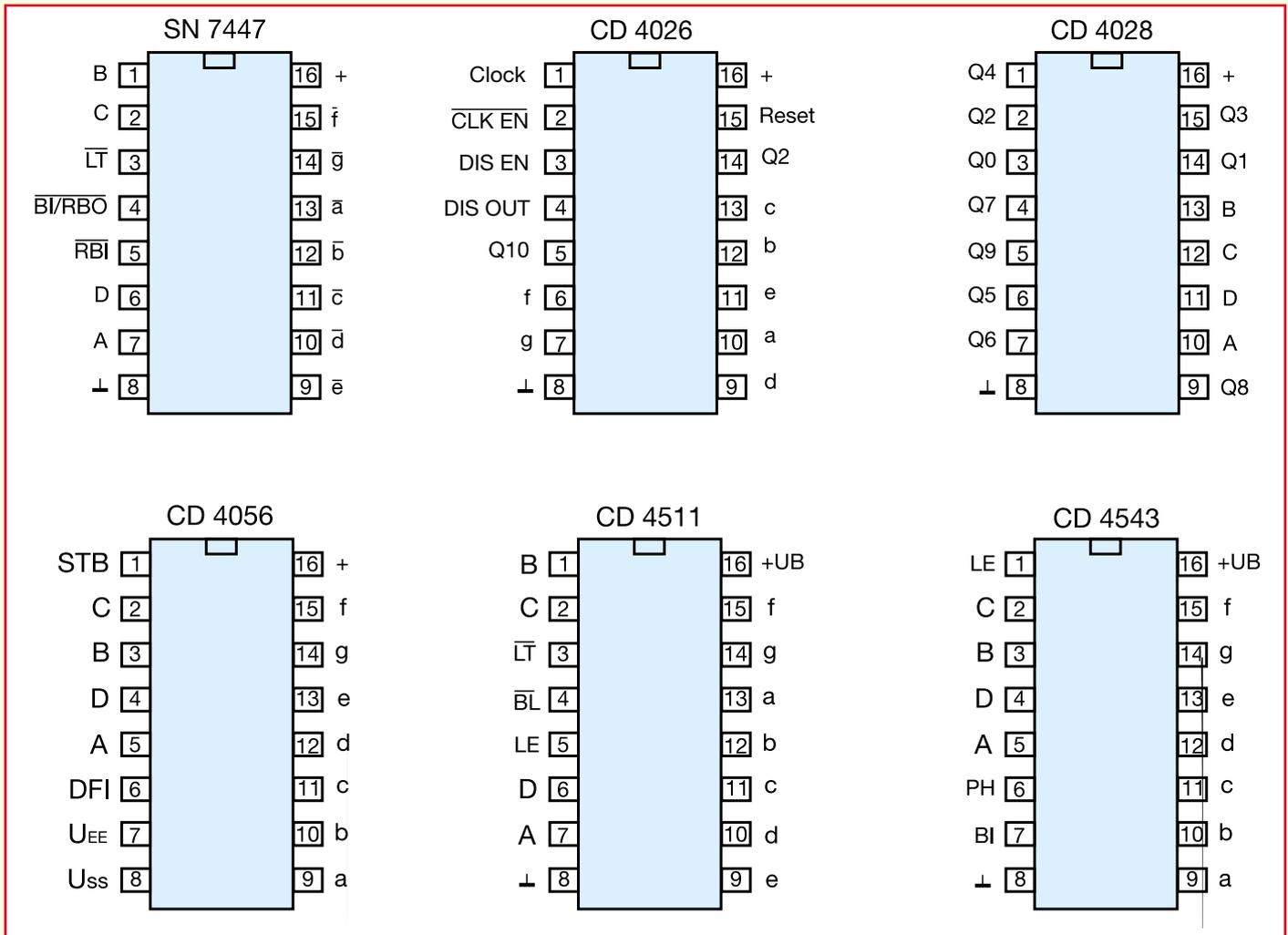


Bild 56: Pinbelegungen einiger ausgewählter Decoder

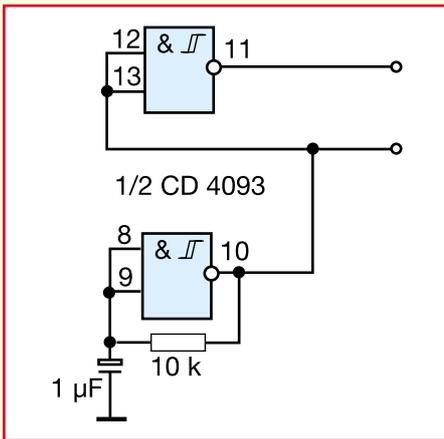


Bild 57: Stellt die erforderliche Wechselspannung zur dynamischen LCD-Ansteuerung bereit - der Backplane-Oszillator

1 kHz, nimmt unser Auge den stetigen Wechsel zwischen Aus- und Einschalten der Anzeige nicht mehr wahr. Verschiebt man das Tastverhältnis des ansteuernden Generators, so wird die Anzeige scheinbar dunkler oder heller, obgleich man sie nur mehr oder weniger lange ein- und ausschaltet.

Bei Betrieb als Ausgang ist hier stets

Low-Pegel vorhanden, wenn \overline{RBI} und gleichzeitig die BCD-Eingänge A-D Low-Pegel führen, also der steuernden Schaltung irgendwo signalisiert werden soll, daß

eine führende Null unterdrückt wird. Andere Decoder, wie z. B. der weitverbreitete CMOS-Typ CD 4511 oder unser CD 4056, verfügen über einen internen

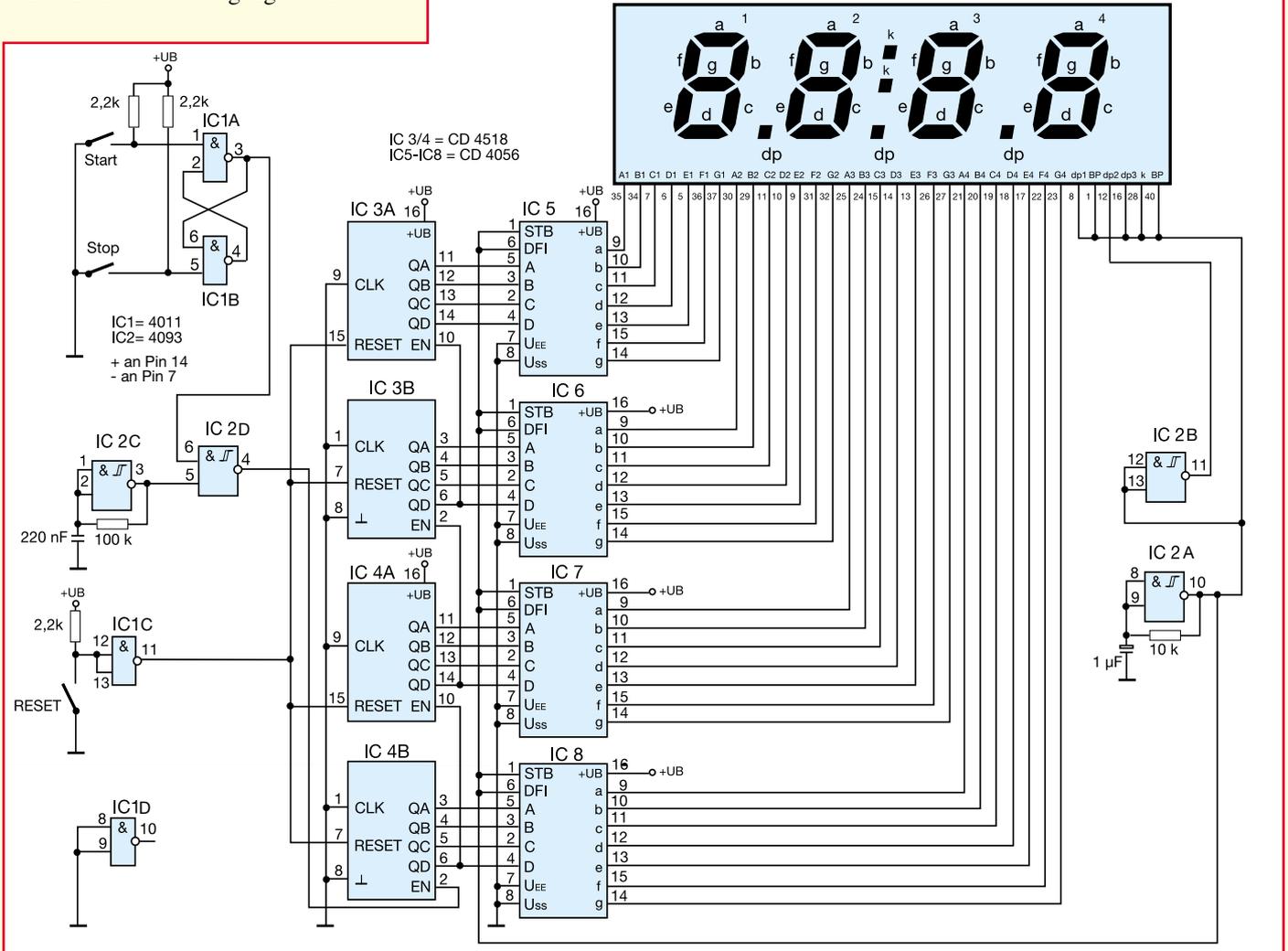
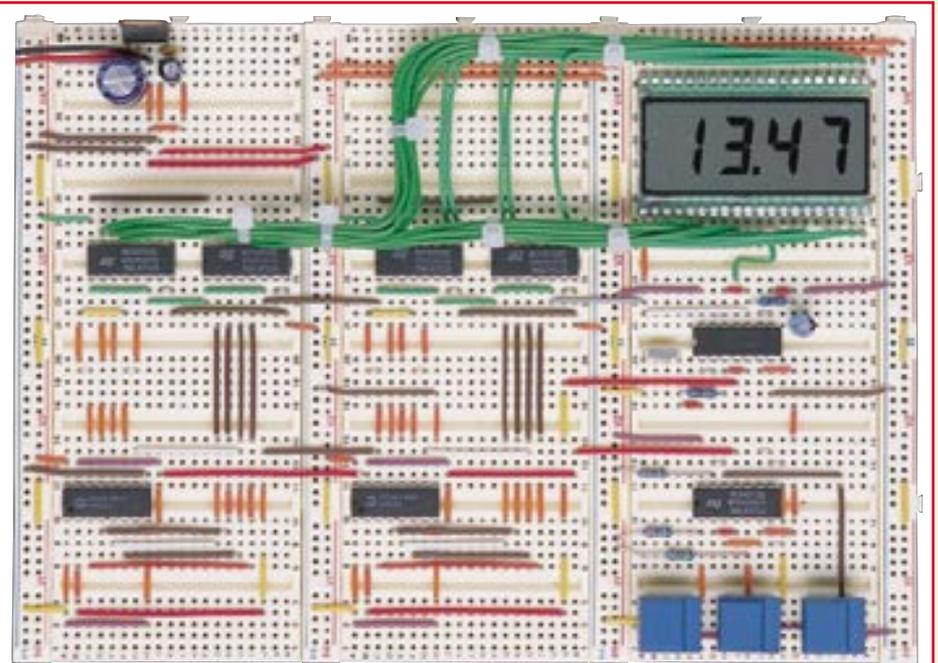


Bild 58: Die komplette Schaltung unserer LCD-Stoppuhr

Zwischenspeicher, der erst auf Befehl über einen Auswahleingang (heißt meist LE; Latch Enable) den vom Zähler angebotenen Wert in die Anzeige übernimmt. Dies ist z. B. für die Anwendung in Multiplexerschaltungen, die wir im nächsten Teil der Serie kennenlernen werden, interessant.

Zahlreiche Decoder zeigen die „Pseudotetraden“ genannten Zählergebnisse an, die sich in der Anzeige als Buchstaben äußern (Sie erinnern sich an Teil 4, als bei den Zehlschritten 10-15 Buchstaben und Zeichen auf der Anzeige erschienen). Andere Decoder, wie etwa der CD 4511, sind nur zur Darstellung der Ziffern 0 - 9 geeignet.

Und schließlich hat man die Auswahl zwischen Decodern, die Anzeigen mit gemeinsamer Katode oder aber gemeinsamer Anode treiben, manche benötigen Vorwiderstände zur Strombegrenzung, andere verfügen über Konstantstromausgänge, legen den LED-Strom intern fest, wieder andere können sowohl LED- als auch LCD-Anzeigen ansteuern.

Sie sehen also, Decoder sind nicht nur schnöde Codewandler, obwohl dies ihre Hauptaufgabe ist, sie sind heute Allround-Dienstleister in Sachen Anzeige - man muß nur den für die eigenen Zwecke geeigneten Typ aussuchen. Abbildung 56 zeigt einige Pinbelegungen.

Eine Besonderheit ist sicher der CD4026. Er ist eigentlich kein Decoder, sondern ein Zähler mit integriertem 7-Segment-Decoder. Er treibt Anzeigen mit gemeinsamer Katode und es ist statt sieben nur ein Vorwiderstand zur LED-Stromeinstellung erforderlich.

Ein Vertreter der BCD-zu-Dezimal-Decoder ist der CD 4028, der z. B. eine LED-Reihe steuern kann.

Doch genug für dieses Mal mit der Theorie, wenden wir uns wieder der Praxis zu. Wir wollen unseren Decoder des Typs CD 4056 in wiederum einer anderen interessanten Applikation praktisch einsetzen - er steuert ein LC-Display als Anzeigeeinheit an.

LCD-Ansteuerung

Zwar haben LED-Anzeigen nach wie vor ihre Berechtigung, doch zeigen sie sich

als wahre Stromfresser, was sie für viele portable Anwendungen, die mit Batterien betrieben werden, nicht gerade prädestiniert. Doch die allermeisten Anzeigeaufgaben kann man heute auch als Hobbyelektroniker komfortabel per LCD lösen. Diese Flüssigkristallanzeigen (engl. LCD-Liquid Crystal Display) arbeiten extrem ökonomisch, sie erfordern nur vernachlässigbar geringe Betriebsströme. Ihr Arbeitsprinzip erfordert jedoch gegenüber den LED-Anzeigen die zusätzliche Bereitstellung einer Wechsellspannung. Diese verhindert die dauernde Polarisierung der Flüssigkristall-Elemente (Veränderung der nematischen Eigenschaften), die bei einer Gleichspannungsansteuerung auftreten würde und zur Zerstörung des Flüssigkristalls führt.

Wer übrigens genaueres über den Aufbau und die Wirkungsweise von LCDs nachlesen will, dem sei die Lektüre der „ELVjournale“ 5 und 6/96 und 1/97 („Die Flachmänner kommen“) empfohlen.

Diese Wechsellspannung, in der Praxis eine Rechteckspannung, in der Frequenz auf das Display abgestimmt, wird an die Gegenelektrode (Backplane, BP) gelegt.

Wie man so etwas erzeugt, wissen wir ja seit Teil 4, man nehme ein CD4093-Gatter, beschalte es mit einer passenden RC-Kombination und fertig ist der Backplane-Oszillator (Abbildung 57) mit hier ca. 130 Hz. Das invertierte Oszillatorsignal erweist sich in unserer späteren Applikation als nützlich für die Ansteuerung ständig anzeigender Elemente wie z. B. der Dezimalpunkte.

Die dynamische Ansteuerung der einzelnen LCD-Segmente erfolgt durch unseren CMOS-BCD-zu-7-Segment-Decoder CD 4056. Für jede Anzeigestelle ist natürlich ein Decoder erforderlich. Auch der CD 4543 ist für diese Aufgabe prädestiniert.

Segment-Vorwiderstände, wie bei der LED-Ansteuerung, können hier aufgrund der quasi leistungslosen Ansteuerung des Displays entfallen.

Unsere LCD-Stoppuhr entsteht

Mit diesen Erkenntnissen ausgerüstet,

wollen wir uns an ein neues Zählerprojekt wagen - wir realisieren eine vierstellige LCD-Stoppuhr auf unserem Experimentierboard. Die komplette Schaltung ist in Abbildung 58 zu sehen. Sie sieht, um das Schaltbild übersichtlicher zu gestalten, etwas anders aus als bisher üblich, wir haben funktionelle Teile jeweils zusammengefaßt, ungeachtet der tatsächlichen Lage der Pins. So ist die Schaltung einfacher zu verstehen, übersichtlicher und auch etwas gefälliger anzusehen als die bisherigen „Drahtverhaue“ der vergangenen Folgen. Achten Sie beim Nachbau nun lediglich darauf, daß Sie Pin für Pin entsprechend den Pinbezeichnungen im Schaltplan verdrahten.

Wie man sieht, ist die Schaltung recht komplex geworden, wir haben dennoch nichts weiter getan, als unseren Lottozahlengenerator aus Folge 6 etwas zu modifizieren bzw. zu erweitern.

Deutlich ist zunächst der Anzeigeteil mit der vierstelligen LC-Anzeige zu erkennen. Hier kann man eine vierstellige, steckbare Standard-Anzeige verwenden, die Pinbelegung dieser Anzeige finden Sie in Abbildung 59. Auch ihre Anschlüsse wurden im Schaltplan zwecks besserer Übersichtlichkeit an eine Seite gezeichnet.

Ganz rechts ist der beschriebene Backplane-Oszillator zu sehen. Über den invertierten Ausgang (IC 2 B, Pin 11) wird der zweite Dezimalpunkt über Pin 12 angesteuert. Wenn Sie einen Doppelpunkt in der Anzeige wünschen, muß das Signal an Pin 28 (Anschluß „k“) geführt werden. Durch das ständig anliegende, gegenüber dem Backplane-Signal invertierte Wechsellspannungssignal erfolgt eine scheinbar statische Ansteuerung des Dezimal- bzw. Doppelpunkts. In Wahrheit kann unser Auge den schnellen Polaritätswechseln nicht mehr folgen und nimmt so das Symbol als statisch, also dauernd eingeschaltet, an.

Die eigentliche Zähler- und Decoder-schaltung entspricht im wesentlichen der Schaltung unseres Lottozahlengenerators aus Teil 6. Lediglich die Zwischenspeichersteuerung der Decoder wird durch den Backplane-Oszillator aktiviert, um die Anzeige dynamisch ansteuern zu können, wie bereits diskutiert.

Neben zwei CD 4056 ist nun auch noch ein Doppelzähler CD 4518 hinzugekommen, schließlich sind jetzt vier Anzeigestellen anzusteuern.

Der Rest ist bekannt: RESET-Schaltung zum Nullstellen (IC 1 C), verbunden mit allen vier RESET-Eingängen der Zähler, Taktgenerator (IC 2 C), für 100 Hz dimensioniert (1/100-Sekunden-Anzeige der Stoppuhr, im nächsten Teil folgt eine noch genauere, quartzgesteuerte Zeitbasis), Torschaltung (IC 2 D) und eine leicht modifizierte Start-/Stop-Schaltung (IC 1A/B). Die

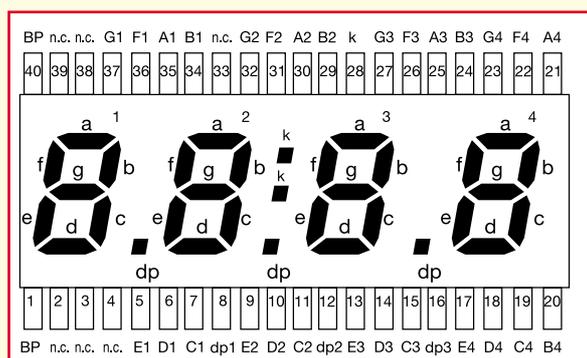


Bild 59: Die Pinbelegung des eingesetzten 4stelligen Standard-LCDs



Bild 60: Unentbehrliches Testgerät - Logikpegeltester ALT 3

Modifikation erlaubt die bequeme Bedienung mit zwei Tastern, je einer für das Starten und Stoppen des Zählers.

Das Aufbaufoto zeigt es, auf unserem Steckboard wird es eng.

Deshalb sollten Sie baugruppenweise in folgender Reihenfolge verdrahten:

Stromversorgung (sollte ja schon vorhanden sein, sonst in Teil 1 nachschlagen), Start-/Stop-Schaltung, Taktgenerator, Torschaltung, Backplane-Oszillator, RESET-Schaltung, Zähler, Dekoder/Anzeige.

Mit unserer LED-Anzeigeschaltung (siehe Abbildung 52 in Teil 6) können Sie die Funktion der einzelnen Schaltungsteile provisorisch kontrollieren.

Aber eigentlich ist es jetzt an der Zeit, an ein äußerst nützliches Testinstrument zu denken - einen Logikpegeltester.

Pegel erkannt - der Logik-Tester

Er gehört eigentlich in jedes (Digital-) Elektroniklabor. Der Logik-Tester signalisiert in der Mindestausstattung durch farbige Leuchtdioden den High- oder Low-Pegel am angetasteten Meßpunkt. Leuchten beide LEDs zugleich, so zeigt dies eine schnelle Impulsfolge an, deren Frequenz unser Auge nicht mehr folgen kann. Eine Stufe komfortabler ist eine integrierte Impulserkennung, die eindeutig durch eine weitere Leuchtdiode anliegende Impulse anzeigt.

Und das Non-plus-Ultra eines solchen Gerätes ist eine akustische Kontrolle, die mit unterschiedlichen Tönen Low- und High-Pegel und Impulse signalisiert. So kann man sich voll auf die zu untersuchende Schaltung konzentrieren, die ja meist, wie nun unser Experimentierboard, dicht bestückt ist.

Solch ein mit o. g. Features komplett ausgestattetes Gerät ist der ELV-Akustik-Logik-Tester ALT 3 (Abbildung 60). Er zeigt die Logikzustände nicht nur optisch, sondern wahlweise auch akustisch an, läßt sich für TTL- und CMOS-Schaltungen einsetzen und hat einen für uns angenehmen Nebeneffekt: Er ist selbst eine digitale Schaltung mit solchen Baugruppen wie

Flip-Flop, Trigger, Monoflop usw. Da er als Bausatz geliefert wird, stellt er einen echten Grund dar, in dieser Serie erstmals den Lötcolben anzuheizen - ein hervorragendes und nützliches Übungsobjekt!

Aber auch manche Multimeter (Abbildung 61) bieten die Option „Logiktester“ und können so ein wertvoller Helfer beim Aufbau von und der Fehlersuche in Digitalschaltungen sein.

Uhr läuft...

Hat man, ob mit oder ohne Logik-Tester, eine Baugruppe nach der anderen in Betrieb genommen, sollte die Gesamtschaltung jetzt auf Antrieb funktionieren.

Also Netzteil oder Batterie angeschlossen und...? Im Idealfall sollte nun das Display „00.00“ anzeigen. Erfolgt keine zufriedenstellende Anzeige, so könnte es sein, daß die Backplane-Impulse nicht am Display ankommen. Man kontrolliere also das Anliegen der Impulse an den Backplane-Pins 1 und 40 des Displays sowie, ob man tatsächlich die Original Backplane-Impulse aus dem Backplane-Oszillator entnommen hat und nicht etwa die invertierten Impulse oder gar den Taktimpuls des Taktgenerators.

Zeigt das Display jedoch „88.88“ an, so ist ein Fehler bei der Verdrahtung der Zwischenspeicher-Anschlüsse gemacht worden, auch hier sollte man die Pins 1 und 6 der Decoder (IC 5 bis IC 8) auf Anliegen des Backplane-Signals überprüfen.

Zählt der Zähler zwar, doch vielleicht zeigt eine Stelle statt ordentlicher Ziffern undefinierbares an, so ist die BCD-Verdrahtung zwischen betreffendem Zähler und die Display-Verdrahtung der betreffenden Stelle zu kontrollieren.

Ach, übrigens, bei diesem Zähler lohnt sich einmal der Anschluß einer 9V-Blockbatterie statt eines Netzteils. Sie werden erstaunt sein, wie wenig Strom dieser große Zähler aufnimmt. Mehr als max. 5 mA werden Sie kaum messen, dabei entfällt der größte Bedarf noch auf den Spannungsregler, die Schaltung selbst nimmt nicht einmal 2 mA auf! Hier kommen die Vorzüge der stromsparenden CMOS-Technik und der quasi leistungslosen LCD-Ansteuerung voll zum Tragen!

So, ist die Verdrahtung perfekt, kann man nun den Zähler mit der START-Taste starten, mit der STOP-Taste anhalten und mit der RESET-Taste auf Null zurücksetzen. Er zählt Hundertstel-Sekunden, Zehntel-Sekunden und volle Sekunden bis 99.

Viel Spaß am Erfolgserlebnis!

Lassen Sie Ihren Zähler bis zum nächsten Mal aufgebaut, wir erweitern ihn zur quartzesteuerten Uhr und werden uns mit der Technik von Schieberegistern und Multiplexerschaltungen beschäftigen. **ELV**



Bild 61: Multimeter mit integriertem Logikpegeltester