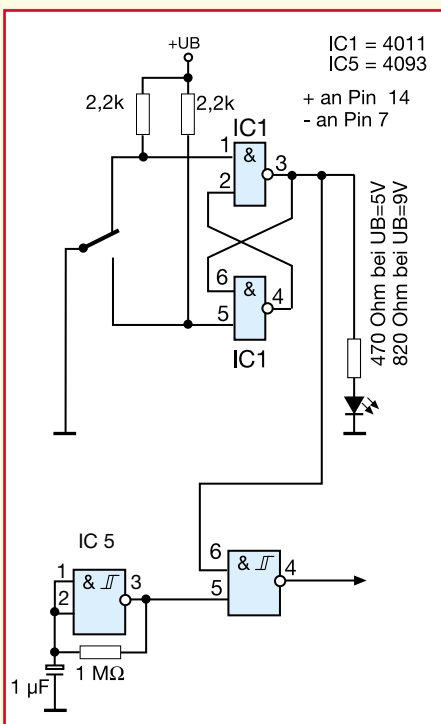


Digitaltechnik - ganz einfach Teil 6

Unser erster Zähler ist aufgebaut, nun wollen wir ihn komfortabler gestalten und an unsere Wünsche anpassen, indem wir Rückstellmöglichkeiten, die Festlegung des Zählumfangs, eine automatische Takterzeugung, den Schmitt-Trigger und die Torschaltung besprechen.



Stop and Go - die Torschaltung

Das geht aber auch noch komfortabler. Denn in der Praxis ist es eigentlich unerwünscht, daß ein Taktgenerator laufend

Bild 46: Tor auf, Tor zu - die Torschaltung regelt den Datenfluß zum Zähler.

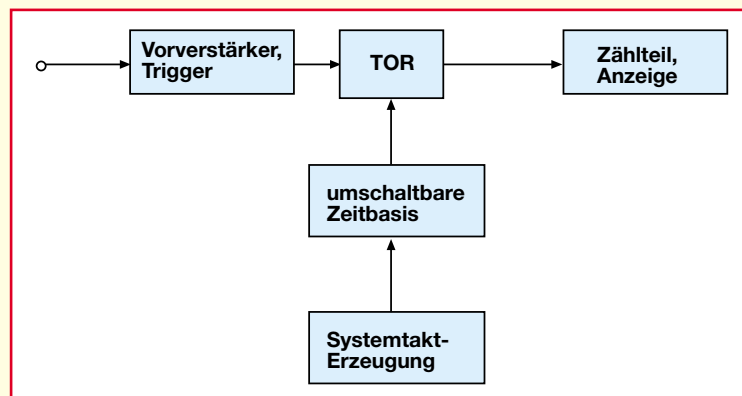


Bild 47: Die Torschaltung ist eines der zentralen Elemente eines Frequenzzählers.

gestoppt und wieder gestartet wird. Denn er benötigt eine gewisse Zeit, bis er stabil läuft - alles, wie gesagt, abhängig von Betriebsspannung, Bauteilequalität und sogar Umgebungstemperatur. Deshalb sollte man ihn, wenn es auf Genauigkeit ankommt, ständig durchlaufen lassen und nur bei Bedarf die Taktimpulse zum Zähler durchschalten.

Nichts einfacher als das! Wir kennen uns ja nun schon gut aus mit den Gatterfunktionen und wissen schon sehr gut, daß ein NAND-Gatter immer auf H geht, sobald einer der Eingänge auf L liegt. Diesen Umstand machen wir uns bei einer weiteren Ergänzung unseres Zählers zunutze, wir fügen eine Torschaltung ein (Abbildung 46). Verdrahten wir das Ganze auf unserem Experimentierbrett, so werden wir sehen, daß bei L an Pin 6 von IC 5 der Zählvorgang stoppt und bei H die Zählimpulse des Impulsgenerators am Zähler anliegen.

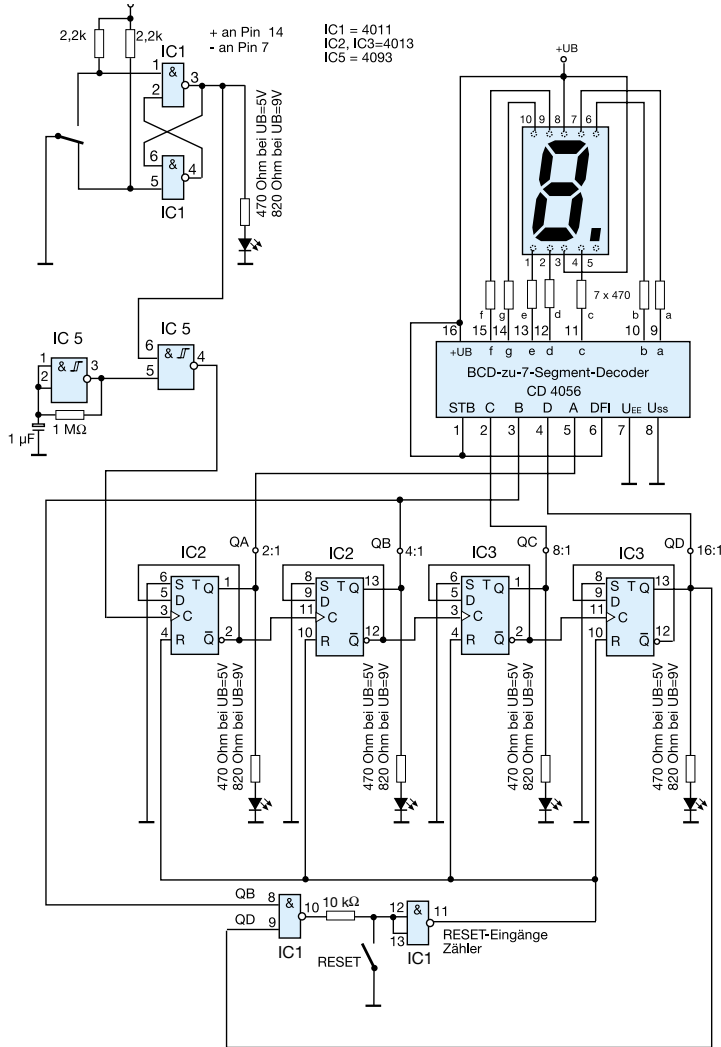
Daher auch der Name der Schaltung. Ist das Tor offen, so kann der „Impulsstrom“ hindurch, d. h., die Impulse werden gezählt. Ist es dagegen geschlossen, bleiben die Zählimpulse außen vor.

Übrigens kann hier auch direkt der Taster an den ersten Gattereingang geschaltet werden, unser Entpreller wurde nur zur Veranschaulichung der Zustände durch die Leuchtdiode eingesetzt.

Die Torschaltung finden wir in der Digitaltechnik in unendlich vielen Schaltungslösungen. Immer, wenn das Weiterreichen eines Signals in einer Schaltung temporär verhindert oder freigegeben werden soll, ist diese einfache Schaltung zu finden.

Sie ist z. B. eines der zentralen Elemente eines Frequenzzählers (Abbildung 47). Er macht in der Betriebsart Frequenzzählung stark vereinfacht eigentlich nichts anderes, als die aus der Meßfrequenz im Eingangskanal aufbereiteten, zu zählenden Eingangsimpulse für eine genau definierte Zeit, die von der Zeitbasis vorgegeben wird, zur Zählleinrichtung durchzulassen. Die in dieser definierten Zeit, z. B. 1 s, hindurchgelassenen Impulse werden dann angezeigt. Beispiel: Passieren in einer gewählten Tor-

Bild 48: Unser Zähler, mit allen bisher besprochenen Teilschaltungen ergänzt, ist nun sehr komfortabel - und auch schon recht komplex.



zeit von 1 s 16.250 Impulse das Tor, so zeigt uns unser Zähler (der dann entsprechend in der Stellenzahl ausgebaut werden muß) 16.250 Hz an.

Und genau diese Funktion führt unsere kleine Schaltung nun aus: Wir definieren quasi als Zeitnormal durch die Betätigung des Tasters die Torzeit, und der Zähler zeigt die in dieser Zeit hindurchgelassenen Impulse an. Einen echten Demonstrations-Frequenzzähler werden wir in dieser Reihe noch aufbauen, freilich mit komplexeren Schaltkreisen, denn langsam wird es auf unserem Experimentierboard doch recht eng, wie unsere Abbildung 48 mit Zähler, Zählumfangsverkürzung, Impulsgenerator und Torschaltung zeigt.

Stabiler Geselle - Schmitt-Trigger

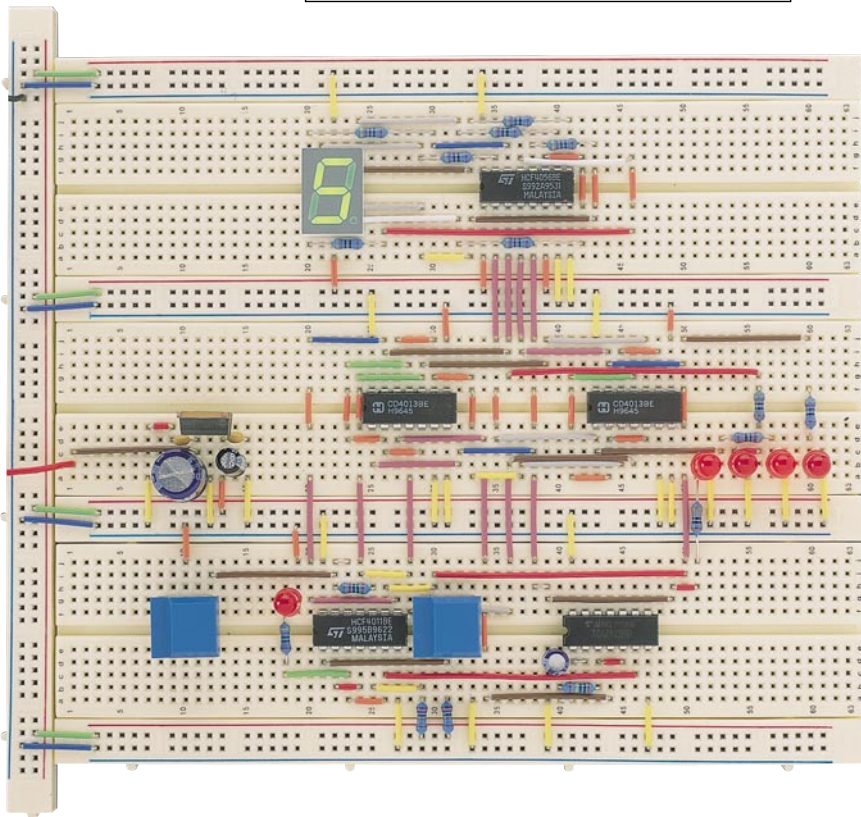
Wollen wir noch einmal hinter das steigen, was wir schon mehrfach gelobt haben, das Verhalten des 4093-Gatters als Schmitt-Trigger.

Der ist als Schwellwertschalter definiert, der vereinfacht gesagt, analoge Eingangssignale in digitale Ausgangssignale umwandeln kann. Wenn die Eingangsspannung eine bestimmte Schaltschwelle überschreitet, so kippt der Trigger schlagartig in einen neuen Zustand. Er folgt also in seinem Schaltverhalten nicht etwa der flachen Flanke eines Eingangssignals, sondern schaltet, sobald diese einen bestimmten Pegel erreicht hat und stellt somit am Ausgang stets exakt Low oder High zur Verfügung.

Ein Zurückkippen in den vorherigen Zustand erfolgt erst, wenn die Eingangsspannung eine zweite, wesentlich niedrigere Schaltschwelle unterschritten hat. So stellt der Schmitt-Trigger auch bei fallender Flanke stets ein exakt „digitales“ Ausgangssignal zur Verfügung.

Der Pegelabstand zwischen den beiden Schaltschwellen wird Hysterese genannt. Abbildung 49 zeigt zur Veranschaulichung das eben Beschriebene. Aus dem Pegeldiagramm hat man auch das Schaltzeichen abgeleitet.

Jetzt wird auch klar, warum wir für die Realisierung unseres Impulsgenerators einen 4093 eingesetzt haben. Der Kondensator wird durch den Gatterausgang über den Widerstand zwischen den beiden Schaltschwellen, d. h. innerhalb der Hysterese, ständig aufgeladen und entladen. Beim Erreichen der jeweiligen Schaltschwelle kippt dann der Gatter-Ausgang und die Laderichtung für den Kondensator kehrt sich um.



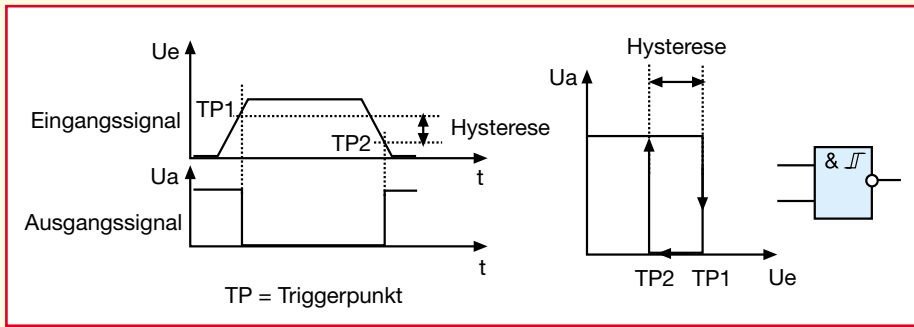


Bild 49: So funktioniert der Schmitt-Trigger, im Bild der Signalverlauf an Ein- und Ausgang, die Übertragungskennlinie und das Schaltzeichen des Schmitt-Triggers.

Solche Schmitt-Trigger finden wir überall in der Digitaltechnik, sei es die Umwandlung von analogen in digitale Signale (z. B. die Formung von Rechteckimpulsen aus einem Sinus-Eingangssignal beim be-

Umladevorgänge des Elkos generiert wird. Dem 4093 werden wir in der Folge noch in vielfältigsten Einsatzgebieten begegnen, er ist gewissermaßen der „Saubermann“ der Digitaltechnik.

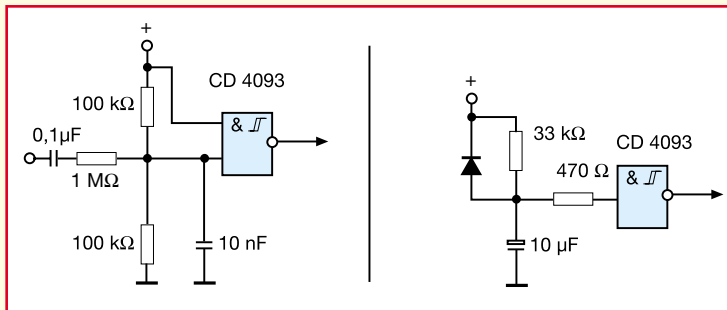


Bild 50: Zwei Anwendungsbeispiele für den Schmitt-Trigger: links Impulsformer und rechts Power-On-Reset-Impulsformer.

sprochenen Frequenzzähler, Beispiel siehe Abbildung 50).

Eine weitere interessante Möglichkeit ist der Einsatz für einen definierten Einschalt-Reset in Digitalschaltungen, wie ebenfalls in Abbildung 50 dargestellt. Solch ein Einschaltreset sorgt für ein definiertes Zurücksetzen z. B. von Zählern im Einschaltmoment oder etwa nach einem kurzen Stromausfall, um keine undefinierten Funktionen und Anzeigen herbeizuführen. Hier sorgt der 4093 für ein definiertes, kurzes Reset-Signal, das aus der relativ langsamen Reset-Signal-Erzeugung durch die

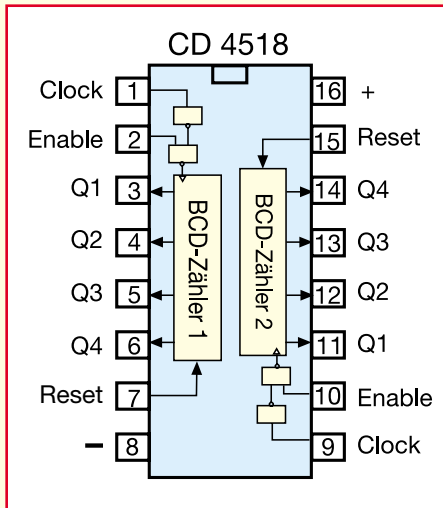


Bild 51: Die Anschlußbelegung des Doppel-Dezimalzählers CD 4518.

Ein Zähler - ein Chip

Unser Zähler nach Bild 48 ist recht komplex ausgefallen, wir erreichen schon fast die Grenzen des Experimentierboards.

Da wir jetzt aber schon sehr genau wissen, wie ein auch komplexer Zähler funktioniert, brauchen wir uns eigentlich nicht mehr mit der Verdrahtung einzelner Flip-Flops herumschlagen, sondern setzen ab sofort Schaltkreise ein, die auf einem Chip einen kompletten Zähler tragen.

Diese Zähler-ICs gibt es in nahezu allen denkbaren Variationen vom einfachen 4-Bit-(Ur-) Zähler 7490 bis zu komplexen Zählbausteinen, die mehrstufige Zähler inklusive Zwischenspeicher und Zeichendecoder enthalten. Zum Beispiel beinhaltet der CD 4026 sowohl den Zähler als auch den 7-Segment-Decoder in einem Baustein. Noch komplexer sind Zählerschaltkreise mit integrierten Datenwandlern, wie AD-Wandlern.

Diese bilden den Kern der modernen Digitalvoltmeter, wie etwa der legendäre ICL 7106, der einen AD-Wandler, einen 3,5stelligen Zähler und eine entsprechende Decodierung für die Ansteuerung einer LC-Anzeige enthält.

Wir gehen bei unserem nächsten Zähleraufbau gleich zwei Schritte weiter und setzen einen CMOS-Zähler des Typs CD 4518 ein.

Warum zwei Schritte? Wie das Innenschaltbild des CD 4518 (Abbildung 51) zeigt, beherbergt dieser Zählerbaustein in einem Gehäuse gleich zwei vierstufige BCD-Zähler, so daß ein Zähler-IC jeweils zwei Decoder mit nachfolgender Anzeige ansteuern kann.

Hinter dem unscheinbaren Feld „BCD-Zähler“ verbirgt sich genau unser bisheriger 4-Bit-BCD-Zähler, aus vier Flip-Flops bestehend, inklusive einer integrierten Zählumfangsverkürzung auf 10, was uns die bequeme Nutzung als Dezimalzähler ohne Zusatzmaßnahmen erlaubt.

Zusätzlich bietet dieser Zähler einen sogenannten Freigabe-Eingang (Enable) an, der den Zähler sperren kann, auch wenn der Zähltakt an „Clock“ anliegt (Stichwort Torschaltung). Je nach Ansteuerungsart sind hier Enable- und Takteingang (Clock) beliebig vertauschbar, man kann also die Negatorfunktion der beiden internen Gatter nach Belieben nutzen. Natürlich gibt es, wie bei unseren bisherigen Zähleraufbauten, einen Reset-Eingang für das Zurücksetzen des Zählers.

Auch hier ist über die Q-Ausgänge eine Zählumfangsverkürzung, wie im Teil 5 besprochen, möglich, um z. B. eine Uhr zu konfigurieren.

Bauen wir also gemäß Abbildung 52 zunächst einen einstufigen Zähler mit dem CD 4518 auf. Natürlich lassen wir auch den komfortabel mit Taktgenerator und Torschaltung ansteuern, auch eine Reset-Möglichkeit fehlt nicht. Da geht es also schon deutlich übersichtlicher auf unserem Experimentierboard zu. Wir können uns also einmal einer kleinen Anwendung widmen und dabei all unsere bisher erworbenen Kenntnisse anwenden.

Lottozahlen elektronisch

Sparen wir uns doch die Mühe, unsere Tipzahlen beim Lotto selbst auszu-denken, überlassen wir das der Elektronik und bauen einen kleinen Zufallsgenerator, schließlich ist Lotto ein Glücksspiel.

Dabei tun wir nichts anderes, als unsere bisherige Zählerschaltung einfach zu erweitern bzw. zu modifizieren.

Welche Aufgabe muß der Lottozahlen-generator lösen?

Er muß zunächst bis 49 zählen können, wir müssen also den maximal möglichen Zählumfang eines zweistelligen Zählers auf diesen Wert begrenzen. Zum Zweiten soll die Zahlenauswahl nicht vom Bediener manipulierbar sein. Also erhöhen wir einfach die Taktfrequenz unseres Taktgenerators durch Veränderung der zeitbestimmenden Glieder derart, daß man den eigentlichen Zählvorgang nicht mehr mit bloßem Auge verfolgen und auch durch Abschätzen nicht treffen kann.

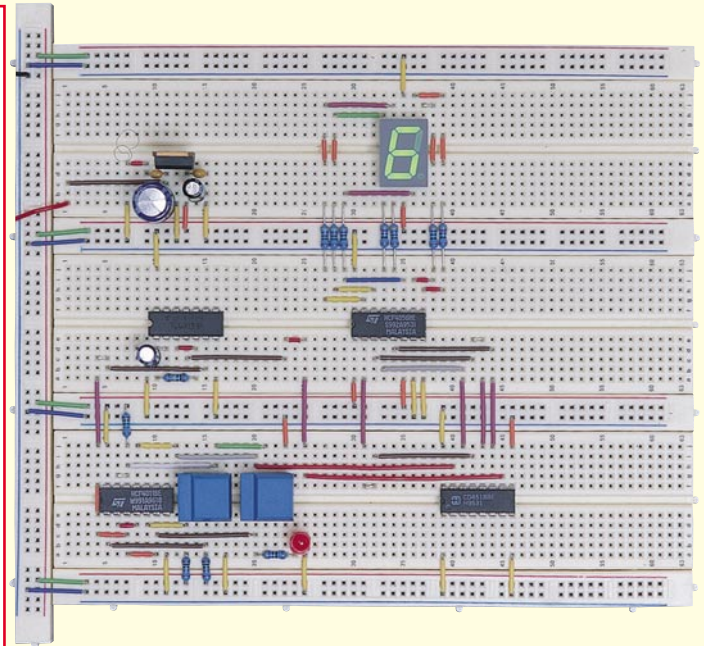
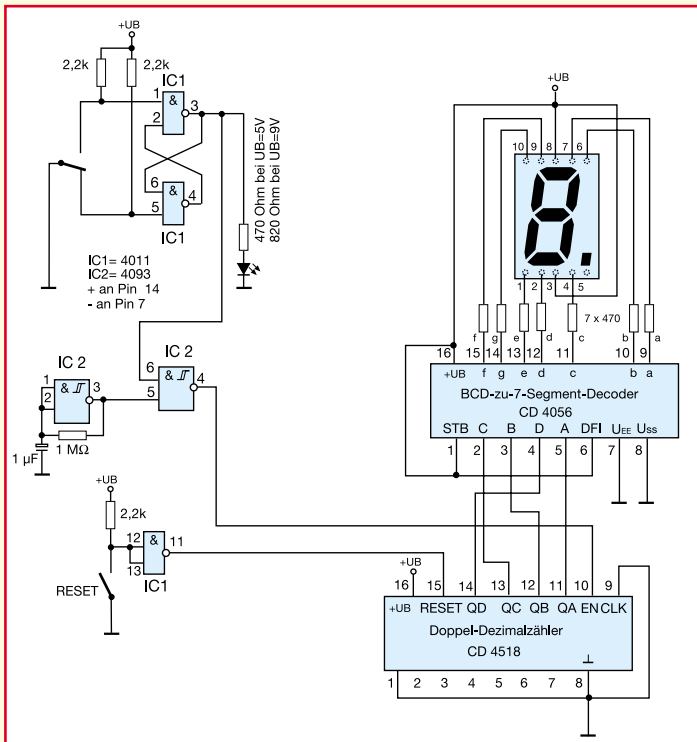


Bild 52: Einstelliger Zähler mit dem Zählerschaltkreis CD 4518.

Der komplette Lottozahlengenerator ist in Abbildung 53 dargestellt. Wir erkennen die bekannten Baugruppen Start-/Stop-Schaltung, Torschaltung, Taktgenerator (Achtung, geänderte Taktfrequenz durch 10nF-Kondensator!), Zählumfangverkürzung und Reset, wobei letztere Teilschaltung dem Löschen des Ergebnisses dient. Die zwei internen 4-Bit-Zähler des CD 4518 sind hintereinandergeschaltet, so daß die Übergabe bei Erreichen der zehnten Zählstufe des ersten Zählers (Einerstelle) an den zweiten Zähler (Zehnerstelle, Zählumfang auf 4 verkürzt) erfolgen kann.

Durch Druck auf die Freigabetaste beginnt der Zähler zu zählen. Die einzelnen

Zähl Schritte sind mit bloßem Auge nicht zu verfolgen. Läßt man die Freigabetaste nun los, steht die erste Zahl für den Tipschein im zweistelligen Display.

Mit diesem Bauprojekt haben wir uns nun in die Welt der komplexen Zähler eingearbeitet und beherrschen deren wichtigste Steuerungsmöglichkeiten. Wer mag, kann solch einen Zähler weiter zu einem vierstelligen Zähler ausbauen und per Zähl-

umfangsverkürzung so etwa eine Uhrzeit-anzeige realisieren. Stellt man den Taktgenerator z. B. auf 1/10-Sekunden-Takt um, kann man so schon eine kleine Stoppuhr realisieren.

Im nächsten Teil der Serie wollen wir, wie bereits angekündigt, die Technik der Decoder näher beleuchten und lernen die interessante Ansteuerung von LCD-Anzeigebau-elementen kennen. **ELV**

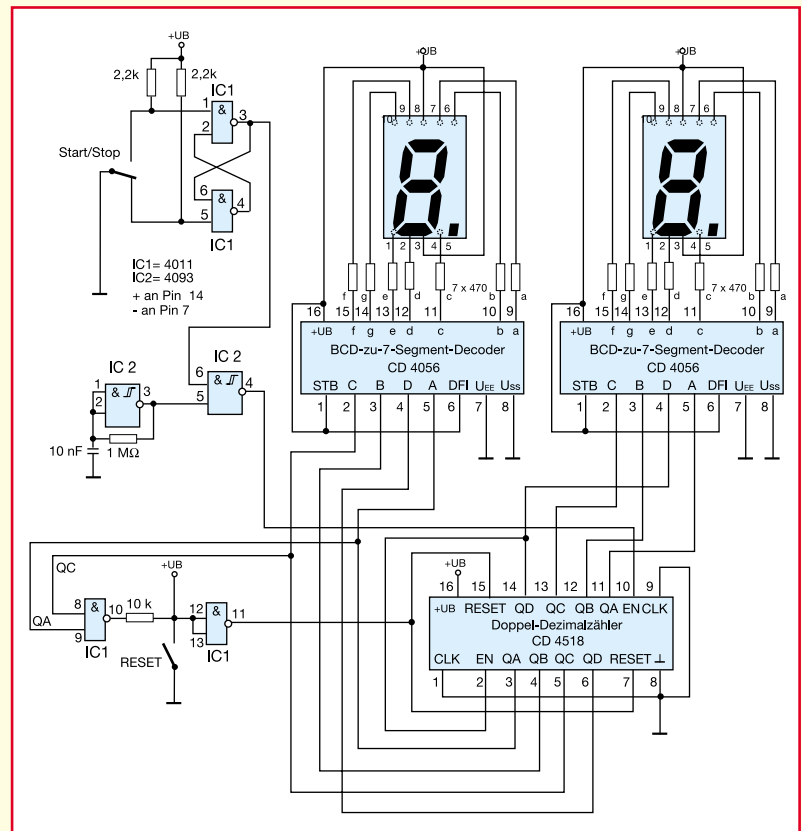
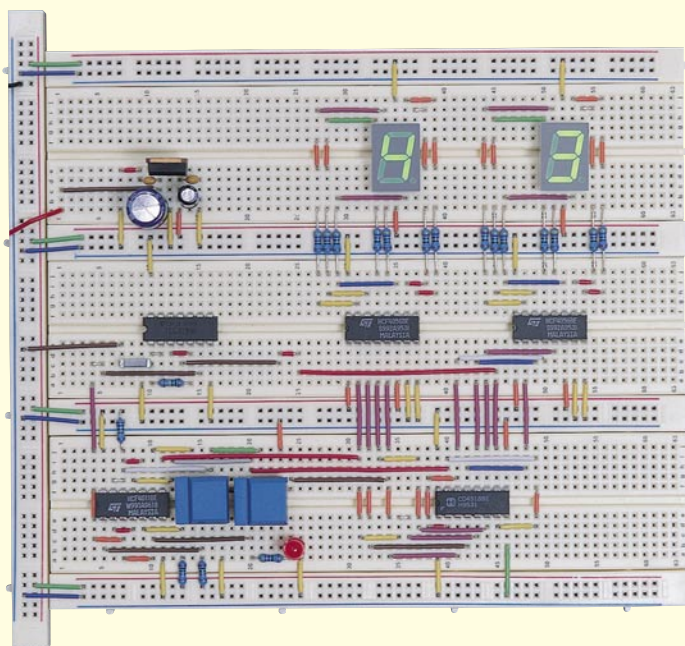


Bild 53: Praktische Zähleranwendung - unser Lottozahlengenerator.