

# Elektronischer Zähler

oder: "Die magische Sieben!"

Auf der Suche nach interessanten Bastelprojekten half mir ein guter Funkfreund(DL9ZO, Prof. Dr.-Ing. W. Zschunke) mit der folgenden Idee weiter. Von ihm stammt der Vorschlag, einen elektronischen Zähler zu bauen, der langsam getaktet wird. Nach einer gewissen Anzahl von Taktimpulsen soll er dann den gewünschten Endstand signalisieren. Danach kann man den Wert wieder auf Null zurücksetzen.

Wir hatten ja schon mit Dualzahlen experimentiert und zuletzt eine Geheimsprache(Verschlüsselung des Alphabets) erfunden. Jeder hatte sein Alter mit bis zu vier Bit dargestellt. Der Wert(die Zahl) 7 setzt sich ja so zusammen:

$$7 = 1 \times 2^0 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^2$$

oder

$$= 1 + 2 + 4$$

Unser Zähler soll aber zusätzlich noch seinen Zustand anzeigen. Dafür schalten wir für jede Zählstufe eine LED. Sie leuchtet, wenn das Bit die Wertigkeit 1 hat. Sie bleibt dunkel, wenn die Wertigkeit 0 ist. Auf diese Weise sehen wir dann den Zustand des Zählergebnisses schon während des Zählens und können abschätzen, wann der Zähler seinen Endwert erreichen wird. Machen wir den Takt im Sekundenrhythmus, dann fällt es uns leicht, den Vorgang zu verfolgen. Also brauchen wir die folgenden elektronischen Einheiten:

- 1) drei Zählstufen
- 2) drei rote LEDs für den Schaltzustand
- 3) eine Dekodierschaltung für den Zählwert 7 und dazu eine grüne LED als Signalgeber
- 4) einen elektronischen Taktgeber mit Anzeige durch eine rote LED

Das sind auf den ersten Blick viele Einzelheiten und auch der Umfang des Bastelobjektes ist nicht gering. Wir werden also eine Weile beschäftigt sein. Aber am Schluss bringt uns die Kenntnis der Funktion viel für das Verständnis moderner Elektronik. Und wenn wir uns danach dennoch langweilen sollten, können wir zusätzlich einen Dekoder mit einer dezimalen Ziffernanzeige bauen. Damit kann man den Zählvorgang im "Klartext" durch Dezimalziffern anzeigen. Damit würden wir in die Geheimnisse der "Höheren Elektronik" eindringen und könnten stolz sein, so ein Meisterwerk selbst gebaut zu haben.

Doch nun zurück zur ersten Übung:

## Die Zählstufe

Das einzelne Bit einer Dualzahl wird durch die Zustände 1 oder 0 dargestellt. Eine Schaltung, die das macht, nennt man auch FlipFlop. Das Wort hat nichts mit den Pantoffeln von Papa zu tun. Wir nehmen dazu zwei Transistoren, die man speziell miteinander verschaltet. Mal leitet der eine, mal der andere. Diese Grundsaltung hat also zwei Zustände, womit wir 1 oder 0 elektronisch nachbilden.

Jeder ankommende Takt(Impuls) schaltet die einzelne Zählstufe um. Geben wir jede Sekunde auf die Erste Zählstufe einen Takt, so wird der Ausgang dieser Zäleinheit alle 2 Sekunden schalten. Dieses Umschalten soll dann der Takt für die folgende Stufe sein. An deren Ausgang erscheint also erst nach 4 Sekunden ein Schaltimpuls. Der ist nun der Takt für die dritte Stufe. Und diese schaltet dann nach 8 Sekunden. Erst nach 16 Sekunden wechselt die vierte Zählstufe den Zustand. Wir hätten dann bereits den Zählwert 15 überschritten. Soweit soll es aber nicht kommen.

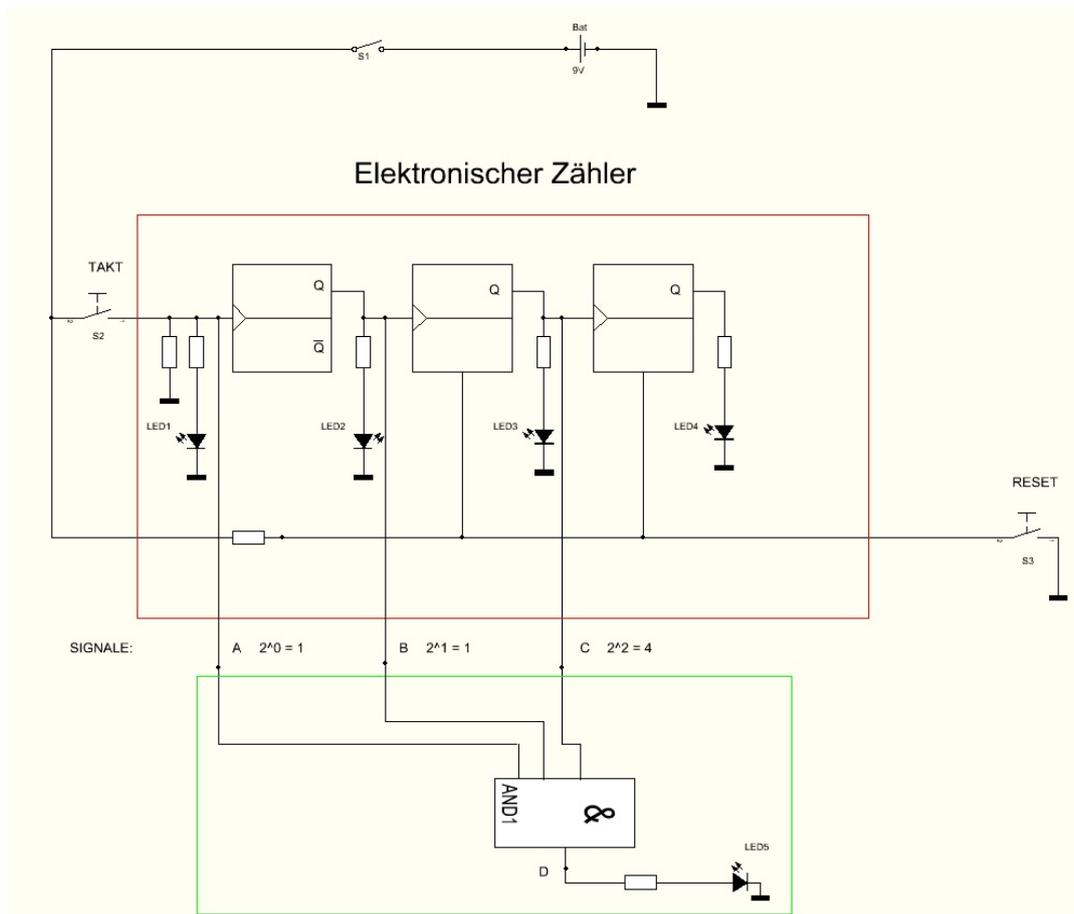
Wie erreichen wir nun, dass unsere Zähschaltung bei 7 endet?

### Der Dekoder

Wir benötigen eine elektronische Schaltung, die einen bestimmten Schaltzustand unseres Zählers erkennt. Wir müssen die Zustände 1, 2 und 4 so erfassen, dass wir daraus ableiten können, dass der Zähler bis 7 gezählt hat. Also fragen wir die einzelnen Zählstufen auf ihren augenblicklichen Schaltzustand ab. Wir haben deshalb drei Eingangssignale an unsere Erkennungsschaltung zu legen. Nur ein Zustand, nämlich 7, soll dann signalisiert werden. Wird der von unserem Dekoder erkannt, soll eine rote LED6 leuchten.

Und schließlich wollen wir ja, dass sich der ganze Vorgang wiederholt. Wir benötigen einen Schalter, der alle Zählstufen in einen definierten Ausgangszustand zurücksetzt. So ein Schalter ist uns vom Computer her bekannt. Man nennt ihn Reset-Taster. Wenn wir ihn kurzzeitig drücken, werden alle Zählstufen in den Zustand 0 versetzt.

So, das war sicherlich sehr viel aufeinmal! Gehen wir also schrittweise vor und studieren mal das Schema unseres Zählers:



In der Übersicht erkennen wir zwei Rahmen. Im roten Kasten ist der Zähler, im grünen Kasten der Dekoder gezeichnet. Zur Realisierung der FlipFlops verwenden wir moderne Digitalbausteine der sog. C-MOS-Technik. Wir können diese Elemente mit 9V aus unserer Batterie mit Strom versorgen. Mit dem Schalter S1 setzen wir alles in Betrieb. S2 und S3 sind Taster, die wir nur einen Augenblick lang betätigen.

Die FlipFlops(FF) haben Takteingänge, die durch ein kleines Dreieck dargestellt sind. Immer dann, wenn ein positiver Spannungssprung auf diesen Eingang kommt, schaltet das FF in den anderen Zustand. Das linke FF erhält den Takt vom S2, den wir mit der Hand schalten. So ist es uns möglich, den Takt selbst zu bestimmen. Wir können also in aller Ruhe den Zustand des Zählers betrachten oder weiter verändern. Die Pausen bestimmen wir selbst, wenn wir S2 nicht drücken. Bei jeder Tastung entsteht nur ein Zählimpuls, weil wir einen sog. prellfreien Taster verwenden. Den habe ich hier nicht erkennbar auch aus digitalen Gatterbausteinen realisiert.

Wir verwenden in unserer Elektronik die Logikbausteine der C-MOS-Technik. Sie brauchen nicht viel Strom und unsere Batterie gewährleistet uns einige Stunden lang einen ordentlichen Betrieb, weil der Strom für die LEDs auf einen Mindestwert reduziert ist. Das erreichen wir durch die Reihenschaltung der LEDs mit einem relativ hohen Widerstand.

Für den Zähler setzen wir den Baustein CD4013 ein. Er enthält jeweils zwei FFs. Das letzte FF brauchen wir für die Signalisierung des Wertes 7 nicht. Wir können auch weiterzählen, wenn wir den RESET nicht betätigen.

Der im grünen Kasten dargestellte Dekoder ist ein sog. UND-Gatter(engl. AND). Hier werden die logischen Signale A bis C verknüpft, so sagt man. A und B und C bewirken, dass am Ausgang D dieses AND-Gatters ein Signal entsteht, wenn alle Eingangssignale log. 1 sind. Wir müssen also die entsprechenden Ausgangssignale der FF an diese Eingänge legen und so ein eindeutiges "digitales Wort" abfragen.

Es ist:  $A \text{ und } B \text{ und } C$

Welche LEDs leuchten also, wenn der Zählwert 7 erreicht wurde?

Natürlich LED2, LED3 und LED4.

Für Messzwecke und zur weiteren Verwendung(Dezimalanzeige) werden die Signale A bis C an die kleinen Messingnägeln gelegt, um sie hier mit Leitungen an ein anderes Brett weiter zu führen.