

Digitaltechnik - ganz einfach Teil 5

Unser erster Zähler ist aufgebaut, nun wollen wir ihn komfortabler gestalten und an unsere Wünsche anpassen, indem wir Rückstellmöglichkeiten, die Festlegung des Zählumfangs sowie die automatische Takterzeugung durch einen Impulsgenerator besprechen.

Zählen bis zehn

Nachdem wir einen kompletten Binärzähler aufgebaut und dessen Wirkungsweise ausführlich untersucht haben, wollen wir diesem Zähler nun „Manieren“ beibringen, denn das Zählen bis 16 benötigen wir womöglich gar nicht, wir wollen nur bis 10 oder gar nur bis 6 oder 2 zählen lassen, denken Sie nur an normale Ereigniszähler oder Uhren.

Takt	QA	QB	QC	QD
0	L	L	L	L
1	H	L	L	L
2	L	H	L	L
3	H	H	L	L
4	L	L	H	L
5	H	L	H	L
6	L	H	H	L
7	H	H	H	L
8	L	L	L	H
9	H	L	L	H
10	L	H	L	H
11	H	H	L	H
12	L	L	H	H
13	H	L	H	H
14	L	H	H	H
15	H	H	H	H

Bild 38: Noch einmal zur Erinnerung - die BCD-Wahrheitstabelle.

Also müssen wir den Zählumfang des Zählers verkürzen. Dazu ist an der Stelle der BCD-Tabelle (Abbildung 38), an der der Zähler von vorn beginnen soll, dieser wieder auf Null zurückzusetzen.

Wenn wir die BCD-Tabelle ansehen, stellen wir fest, daß der Zustand „0“ bedeutet, daß alle vier Zählerausgänge Low-Pegel führen.

Also liegt die Lösung eigentlich nahe: wir müssen an der Zählstelle, an der der Zähler wieder auf „0“ zurückkehren soll, die Ausgänge erfassen, die auf H liegen, um auch sie sofort auf L zu ziehen, d. h., einen „Reset“ auszuführen. Dies wären z. B. bei einer Zählumfangsbegrenzung auf 10 (Zählung von 0 bis 9) die Ausgänge B und D. Diese werden durch ein NAND-Gatter zusammengefaßt, einmal invertiert und mit diesem generierten Signal der bzw. die Rücksetzeingänge des Zählers kurz auf H gelegt - der Zähler springt auf Null zurück.

Und damit wir das Zählen auch jederzeit manuell unterbrechen

können, fügen wir hier gleich noch einen Reset-Taster ein und können so jederzeit manuell auf Null zurücksetzen. Die zugehörige Teilschaltung sehen Sie in Abbildung 39.

Die praktische Realisierung nehmen wir nach Abbildung 40 vor. Dazu trennen wir alle Reset-Eingänge der Flip-Flops ab (S muß an Masse bleiben!) und führen sie an einen gemeinsamen Punkt.

Dann setzen wir die zweite Hälfte des 4011 ein und verdrahten die beiden Gatter nach Abbildung 40. Die Eingänge des ersten Gatters werden schließlich an QB und QD unseres Zählers gelegt. Schalten wir nun unseren Zähler wieder durch, wird er

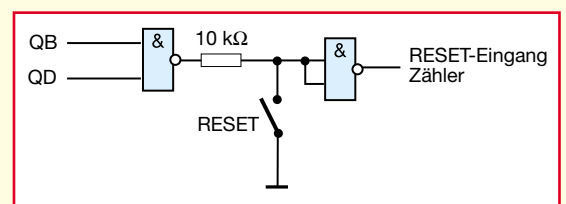


Bild 39: So entsteht eine komfortable Kombination aus Zählumfangsbegrenzung auf 10 und Reset auf 0.

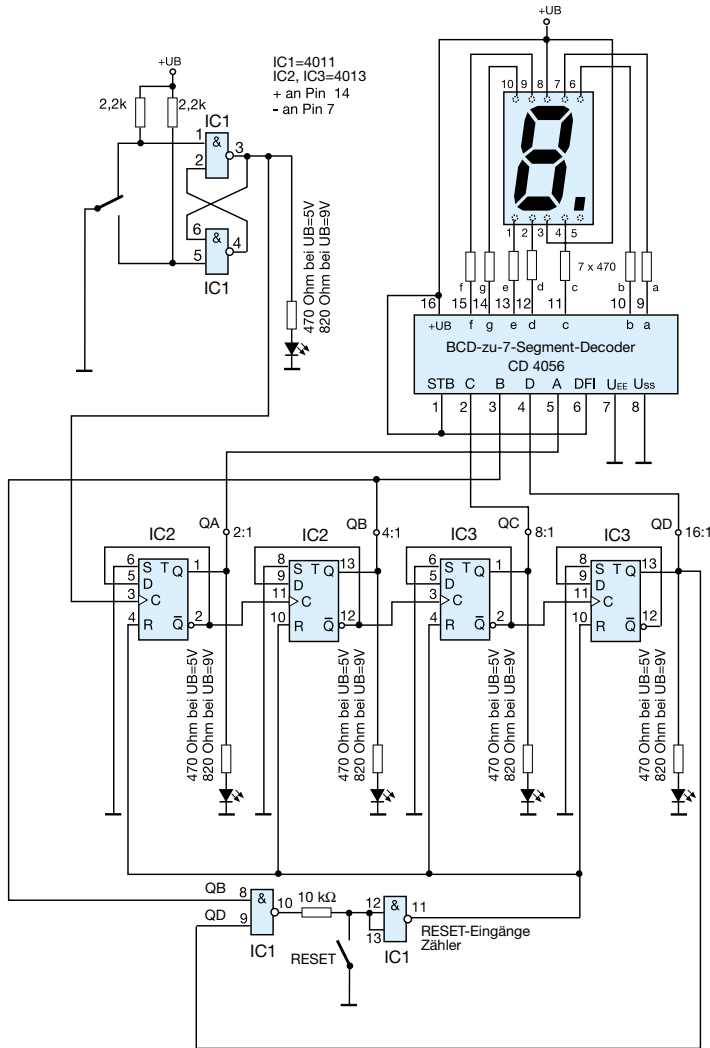


Bild 40: Unsere Zählerschaltung, erweitert um Zählumfangsbegrenzung auf 10 und Reset. Das Aufbaufoto zeigt schon die Bestückung mit dem Impulsgenerator nach Abbildung 45 und an den Pins 4,5 und 6 des CD 4093 die Torschaltung, die wir in der nächsten Folge beschreiben.

von 0 bis 9 zählen und danach wieder bei Null anfangen. Auch die Wirkung des Reset-Tasters können Sie jetzt testen.

Wer möchte, kann nach Abbildung 41 auch andere Zählumfangverkürzungen ausprobieren, etwa bis 6 (m =Zählumfang, z. B. $m=3$ entspricht Zählen von 0 bis 2).

Allerdings sind bei 7, 11, 13, 14 und 15 Gatter mit drei bzw. 4 Eingängen, z. B. die C-MOS-Typen 4023 und 4012, erforderlich. Diesen Aufwand spart man sich in der Praxis oft und ersetzt die Gatter durch einfache Diodenkombinationen, sogenannte vereinfachte Zählumfangverkürzungen (Abbildung 42 zeigt einige Beispiele). Bei relativ langsam arbeitenden Schaltungen ist eine solche Vereinfachung zulässig, bei höheren Arbeitsfrequenzen im MHz-Bereich versagt die Methode, dazu kommt ein verschlechterter statischer Störabstand.

Doch keine Angst, wir werden im nächsten Teil eine Reihe von speziellen, z. T. hochintegrierten Zählern kennenlernen, die bereits an die Aufgabe angepaßte Zählumfänge besitzen bzw. sich direkt programmieren lassen.

Für die Herleitung der Reset-Impulse, etwa für andere Schaltungsteile, ist die Kenntnis über das „Wie“ der Zählumfangverkürzung dennoch eine wichtige Sache.

Im Takt gezählt

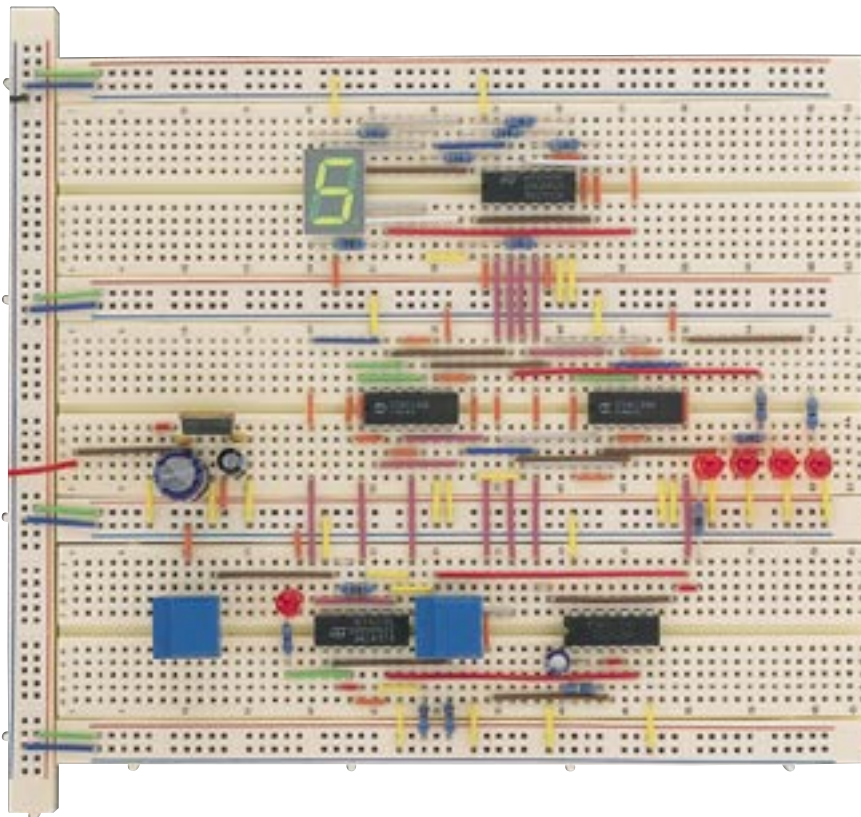
Sind Sie es nicht auch langsam leid, jeden Zählimpuls per Hand einzugeben? Richtig - ein automatisch arbeitender Impulsgeber muß her!

Dieser muß gar nicht aufwendig ausgeführt sein oder besonders stabil arbeiten, wichtig ist für uns, daß die Impulsfrequenz ca. 1 Hz beträgt, d. h. 1 Impuls pro Sekunde - schon haben wir einen Sekundenzähler.

Solche Schaltungsanordnungen nennt man Impulsgenerator, sie sind durch eine weitere Spezies der Multivibratoren (wir erinnern uns, unsere Flip-Flops heißen auch bistabile Multivibratoren), den astabilen Multivibrator gekennzeichnet.

Ohne hier allzu tief in die Theorie einzudringen, nur ein paar Worte zum Funktionsverständnis.

Eigentlich wollen wir unsere digitalen Schaltungen ja vor der Erzeugung ungewollter Schwingungen schützen, weshalb



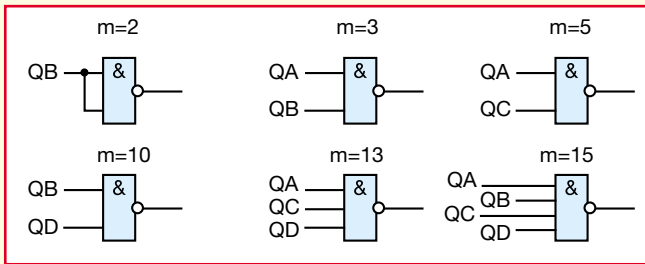


Bild 41: Beispiele für verschiedene Zählumfangverkürzungen von Binärzählern mit Gattern.

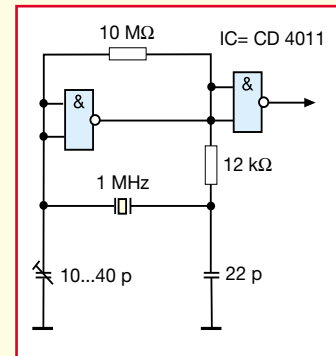


Bild 44: Ein Quarzoszillator erfordert einen etwas höheren Aufwand, bietet aber sehr stabile Ausgangssequenzen.

wir stets alle offenen Eingänge definiert abschließen.

Beim astabilen Multivibrator ist dies ganz anders: wir wollen ihn gezielt ins Schwingen versetzen. Dies erfolgt durch Einfügung von RC-Gliedern in den Rückkopplungszweig der NAND-Gatter. Das Prinzip beruht auf dem Grundsatz, daß jedes genügend verzögerte Ausgangssignal eines invertierenden Gatters, auf den Eingang zurückgeführt, ein gegenteiliges Ausgangssignal ergibt.

Dabei wird die Periodendauer der erzeugten Schwingung von der Zeitkonstante des eingefügten RC-Gliedes und den Schaltschwellen (die vom eingesetzten Schaltkreissystem abhängen) bestimmt. Dies gilt prinzipiell für alle astabilen Multivibratoren, wenn auch mit unterschiedlichem Aufwand.

Die Minimalvariante wollen wir praktisch einsetzen, sie besteht nämlich tatsächlich nur aus einem Gatter, wenn auch aus einem besonderen, wie wir noch erfahren werden, und den beiden frequenzbestimmenden Elementen Widerstand und Kondensator.

Das Ganze heißt Impulsgenerator mit Schmitt-Trigger (um diesen Begriff kümmern wir uns noch) und ist in Abbildung 43 dargestellt. Einfache Berechnungsformeln stellen die Beziehung zwischen erzeugter Frequenz und den Werten für das RC-Glied je nach eingesetzter IC-Technologie dar. Drei Beispiele für gängige Frequenzen: unseren Sekundentakt erzeugen wir mit der Kombination 1 MΩ/1 µF; 100 Hz entstehen bei 100 kΩ/100 nF und 1 kHz bei 1 MΩ/1 nF.

Diese Grundschaltung läßt sich bis 1 MHz einsetzen und ist damit schon recht leistungsfähig. Allerdings ist die Frequenz auch stark von den Bauteiltoleranzen und der Betriebsspannung abhängig, weshalb man bei höheren Anforderungen an die Genauigkeit zum Quarzoszillator greift, wie er in Abbildung 44 dargestellt ist. Wir

erkennen das Funktionsprinzip des astabilen Multivibrators wieder. Auch hier genügt zur Schwingungserzeugung ein Gatter, das zweite Gatter dient hier nur zur Entkopplung und zur Flankenversteigerung der Ausgangsimpulse. Das frequenzbestimmende Element ist der Quarz, ein bekanntermaßen äußerst stabiler Schwinger. Das Ganze kann durch einen kleinen Trimmer noch leicht in der Frequenz beeinflusst (gezogen) werden. Solche Grundschaltungen liegen z. B. Frequenzzählern, Uhren oder hochgenauen Takterzeugern zugrunde, bei denen es auf höchste Stabilität einer Referenzfrequenz ankommt.

Doch zurück zu unserem kleinen Im-

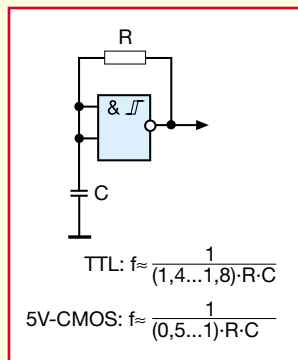


Bild 43: Eine der einfachsten Impulsgeneratorschaltungen überhaupt mit nur drei Bauelementen ist ein astabiler Multivibrator mit einem Schmitt-Trigger-Gatter des 4093.

pulsgenerator nach Abbildung 43. Wir finden ihn für 1 Hz dimensioniert in Abbildung 45 wieder. Dazu ist etwas Komfort gekommen, indem man die Gatterfunktion noch weiter ausnutzt. Legen wir nämlich den zweiten Gattereingang an H, so beginnt der Generator zu schwingen. Ist der Eingang hingegen auf L gelegt, so ist das Gatter eingangsseitig gesperrt, es kommt keine Rückkopplung mehr über den RC-Zweig zustande, der Generator stoppt.

Wir wählen für den Aufbau einen

Schmitt-Trigger-Gatterschaltkreis 4093. Er enthält 4 NAND-Gatter und entspricht damit prinzipiell dem uns bereits bekannten 4011, jedoch mit Schmitt-Trigger-Charakteristik, die wir gleich noch besprechen wollen.

Also einen 4093 besorgt und nach Abbildung 45 bzw. dem Musteraufbau Abbildung 40 unten rechts auf dem Experimentierbrett verdrahtet - fertig ist unser Impulsgenerator.

Als Taster kommt wieder unser beim entprellten Eingabetaster eingesetztes Exemplar mit Umschaltung zum Einsatz.

Verbindet man den Ausgang des Impulsgenerators nun mit dem Zählengang des Zählers (Pin 3 von IC 2), zählt unser Zähler los - oder auch nicht! In diesem Falle drücken Sie doch einmal auf den Taster, jetzt sollte der Zähler aber loslaufen! Man kann also, je nach Polung des Tasters (Anschlüsse des Tasters vertauschen), den Generator im Ruhezustand des Tasters starten oder anhalten.

Wer jetzt möchte, kann mit der Dimensionierung der frequenzbestimmenden Bauteile experimentieren, sich so z. B.

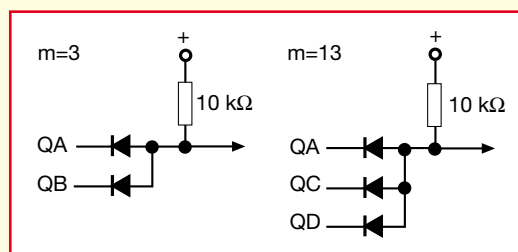
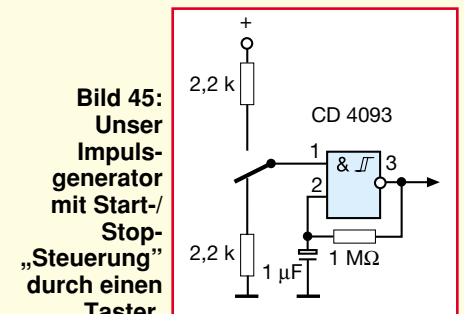


Bild 42: Vereinfachte Zählumfangverkürzung mit Diodengattern.



einen kleinen „Reaktionstester“ bauen, der innerhalb einer Sekunde bis 10 zählt und mittels der Start/Stop-Taste gestartet und gestoppt wird.

Im nächsten Teil geht es weiter mit dem komfortablen Ausbau unseres Zählers, wir lernen die Torschaltung, den Schmitt-Trigger in seiner Funktion und komplexere Zählschaltungen kennen.