

Praktikum Digitaltechnik SS 2011

Versuch 2

Stand: 26. 4. 11

Aufgabe 1: Bauen Sie einen 4-Bit-Asynchronezähler auf Grundlage von JK-Flipflops
Wir bauen zunächst einen Vorwärtszähler (Abb. 1). Erprobung:

1. Statisch mittels Schaltertafel 74 (Kippschalter, LEDs). Zähler zurücksetzen und dann Takte auslösen. Schalten der Anzeigen beobachten. Die einzelnen Belegungen notieren.
2. Dynamisch mittels Oszilloskop. Das Taktsignal kommt vom Funktionsgenerator. Darstellung des Taktsignals und der Flipflop-Ausgänge (einer nach dem anderen). Externe Synchronisation mittels Synchronsignal (SYNC). Das Gesamtverhalten zeichnerisch erfassen.
3. Dynamisch mittels Logikanalysator (sofern vorhanden). Alle vier FlipflopAusgänge anschließen. Triggerung auf Belegung 0000B. a) Zeitanalyse mit passendem Abtasttakt, b) Zustandsanalyse mit Taktsignal. Es muß sich ein gleichsam bilderbuchmäßiges Impulsdiagramm ergeben. Aus der Zustandsanzeige muß das Zählverhalten erkennbar sein.

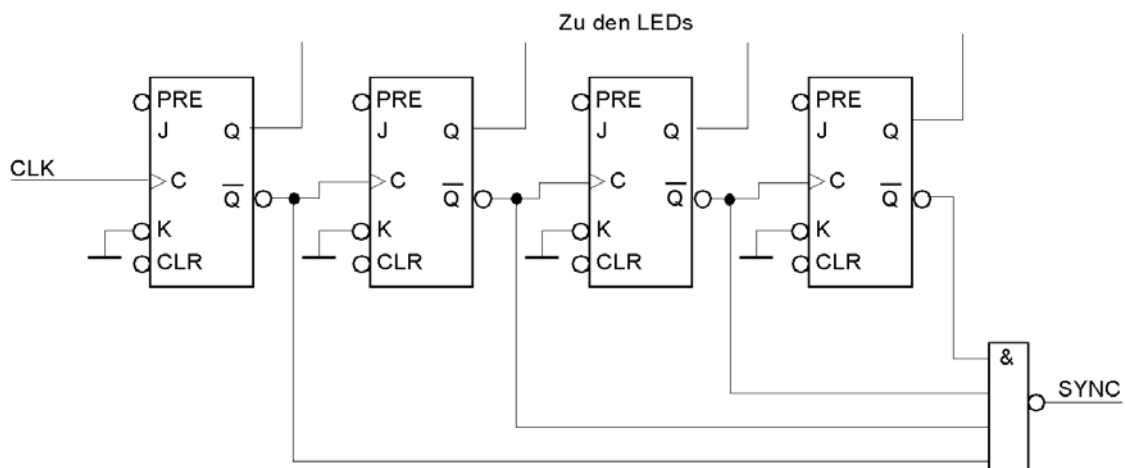


Abb. 1 Ein 4-Bit-Asynchronezähler (Vorwärtszähler).

Aufgabe 2: Umbau des 4-Bit-Asynchronezählers zum Rückwärtszähler

Wir lassen die Anordnung im Grunde so, wie sie ist und ändern lediglich die Polarität der Taktsignale (Abb. 2). Erprobung: zunächst statisch. Zähler löschen und dann Taktimpulse geben. Ein gelöschter Rückwärtszähler muß von 0H auf FH zählen.

Das Synchronsignal (SYNC)

Es ist erforderlich, um die Funktionsweise mittels Oszilloskop kontrollieren zu können. Das Oszilloskop zeigt periodische Signalverläufe. Aus solchen Darstellungen ist jedoch nicht ohne weiteres ersichtlich, an welcher Stelle das Zählen beginnt. Wir brauchen eine Art Start- oder Ablaufpunkt. Zu diesem Zweck wird das Synchronsignal gebildet. Es wird in jedem Zählumlauf genau einmal an jeweils gleicher Stelle abgegeben. Wir decodieren hierzu die Stellung 0H. Mit diesem Signal wird das Oszilloskop synchronisiert. Hierzu wird das Signal auf einem der Kanäle dargestellt oder als externes Synchronsignal zugeführt (Kabel mit Tastkopf).

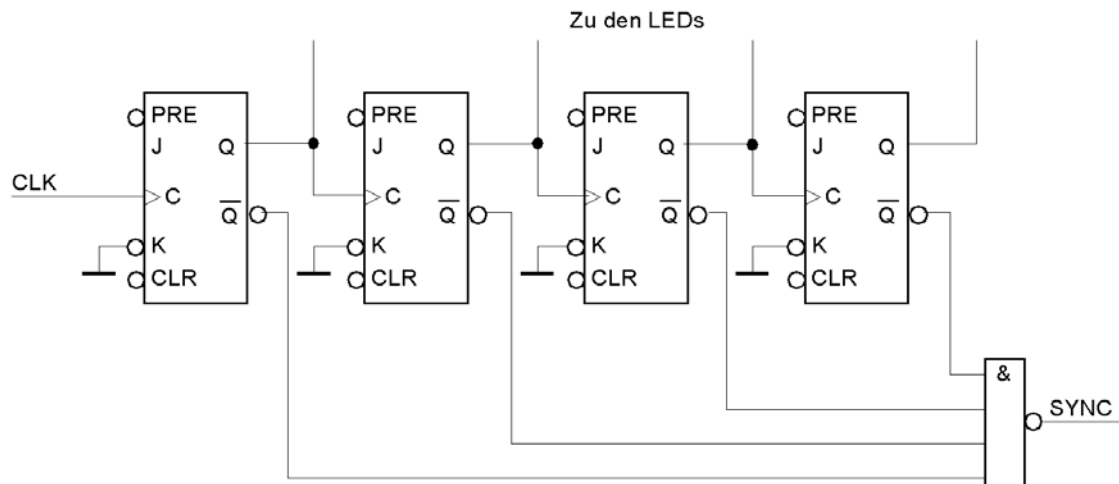


Abb. 2 Der zum Rückwärtszähler umgebaute Asynchronzähler.

Vorwärts und rückwärts zählen

Der Unterschied liegt darin, wie von unserem Ablaufpunkt, also der Stellung 0H (SYNC) weitergezählt wird. Man erkennt ihn besonders deutlich anhand der höchstwertigen Bitposition (Abb. 3).

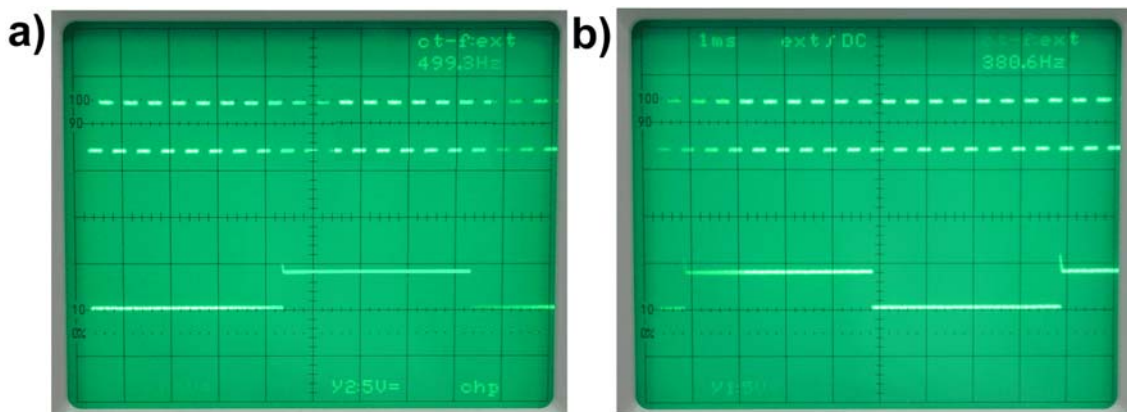


Abb. 3 Die höchstwertige Bitposition beim binären Zählen. Von Stellung 0H an gesehen. a) vorwärts, b) rückwärts.

Aufgabe 3: Bauen Sie einen 4-Bit-Ringzähler

Die Asynchronzählerschaltung komplett zerlegen und die erste Variante der Ringzählerschaltung stecken (Abb. 4 und 5). Es handelt sich im Grunde um ein Schieberegister, dessen Ausgang auf den Eingang zurückgeführt ist, so daß die jeweilige Belegung gleichsam im Kreis geschoben wird. Erprobung: statisch. Takte auslösen und Verhalten an den LEDs beobachten. Das offensichtliche Problem: wie kommen wir zu dem Bitmuster, das im Kreis zu schieben ist? Hierzu einen Schalter mit den Setz- oder Rücksetzeingängen der Flipflops nach eigener Wahl verbinden (z. B. erstes Flipflop setzen, die anderen löschen) und damit vor dem Schieben den Anfangszustand einstellen.

Aufgabe 4: Ringzähler so umbauen, daß er von selbst einschwingt

Die Rückführung gemäß Abb. 6 abändern. Probieren Sie sowohl ein NAND als auch ein NOR aus (wie bauen Sie ein NOR mit den vorhandenen Schaltkreisen?). Welche Impulsmuster ergeben sich? Erprobung: statisch und dynamisch (vgl. Aufgabe 1). Das Ausgangssignal des Gatters dient zugleich als Synchronsignals für das Oszilloskop. Ggf. den Zähler durch entsprechendes Anschließen von CLR- und PRE-Eingängen auf eine beliebige Anfangsbelegung setzen und beobachten, wie er in die korrekte Impulsfolge einläuft.

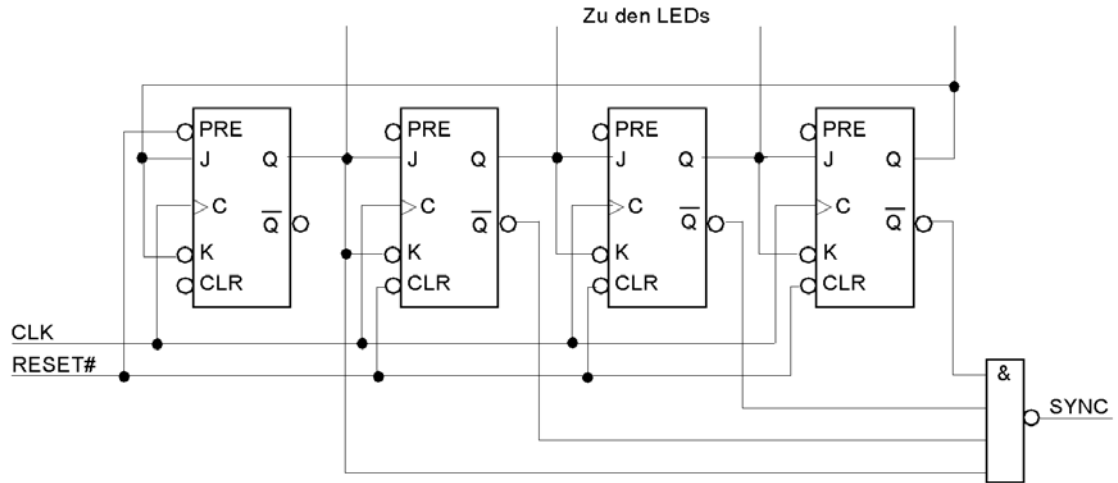


Abb. 4 Die einfachste Ringzählerschaltung.

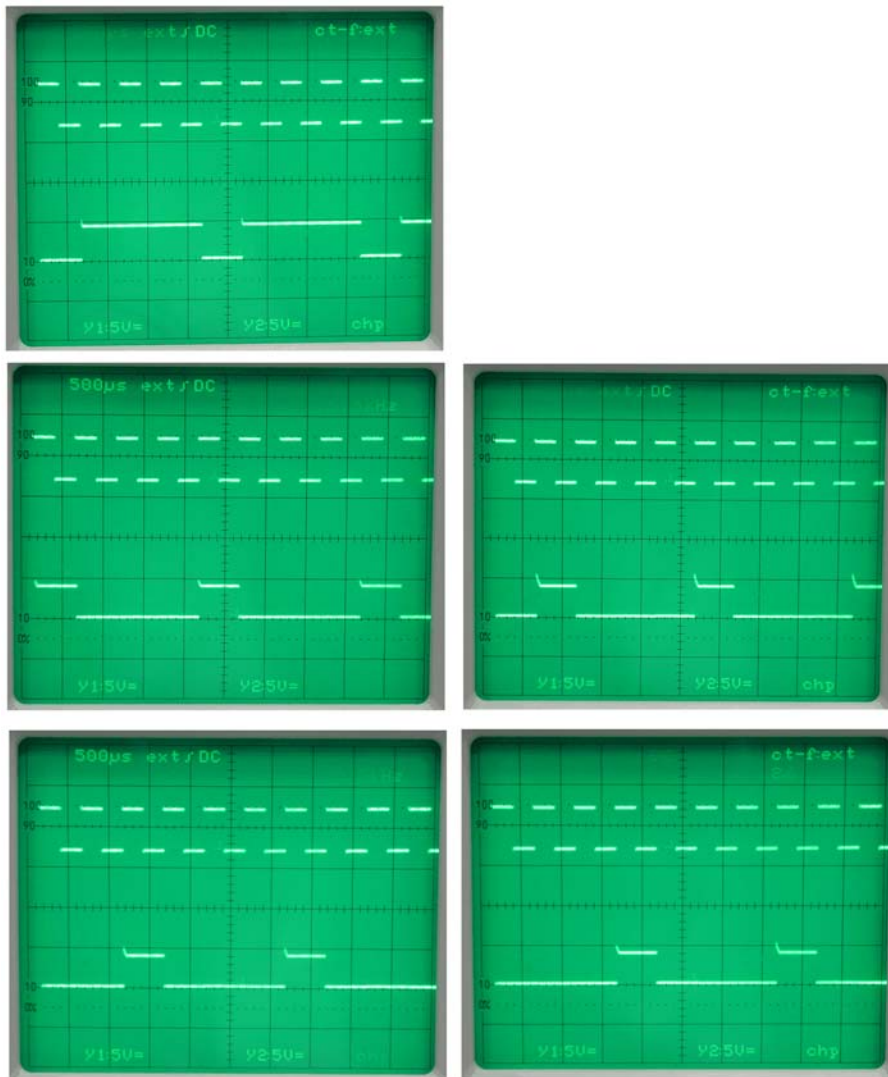


Abb. 5 So funktioniert der Ringzähler. Oben das Synchronsignal, darunter die Ausgänge der vier Flipflops.

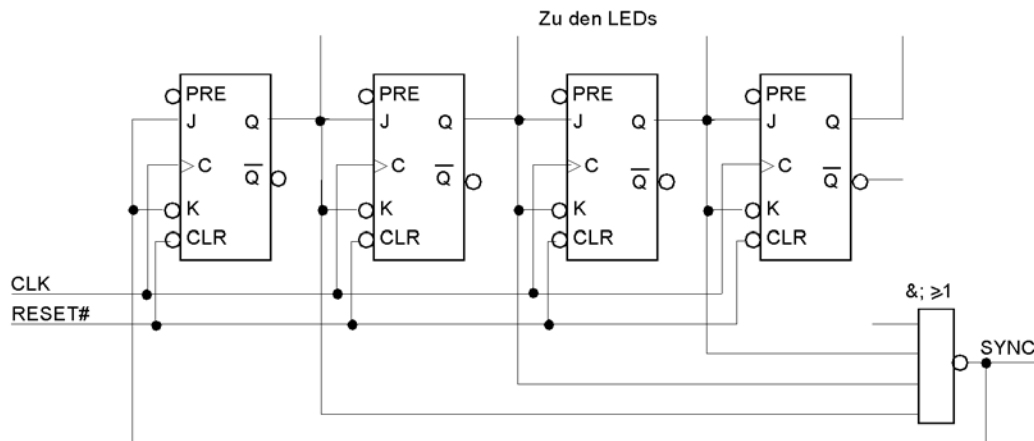


Abb. 6 Ein selbsteinschwingender Ringzähler. Das RESET-Signal ist eigentlich unnötig.

Aufgabe 5: Bauen Sie einen Johnson-Zähler mit vier Flipflops

Es genügt, im Aufbau gemäß Abb. 4 die Rückführung abzuändern (Abb. 7 und 8). Das Gatter kann angeschlossen bleiben (Synchronsignal). Es ist allerdings erforderlich, die Flipflops anfänglich zu löschen (man kann den Johnson-Zähler auch selbsteinschwingend auslegen; das wäre hier aber zuviel Stöpslei). Welche Zählweite wird jetzt erreicht? Erprobung: statisch und dynamisch (vgl. Aufgabe 1).

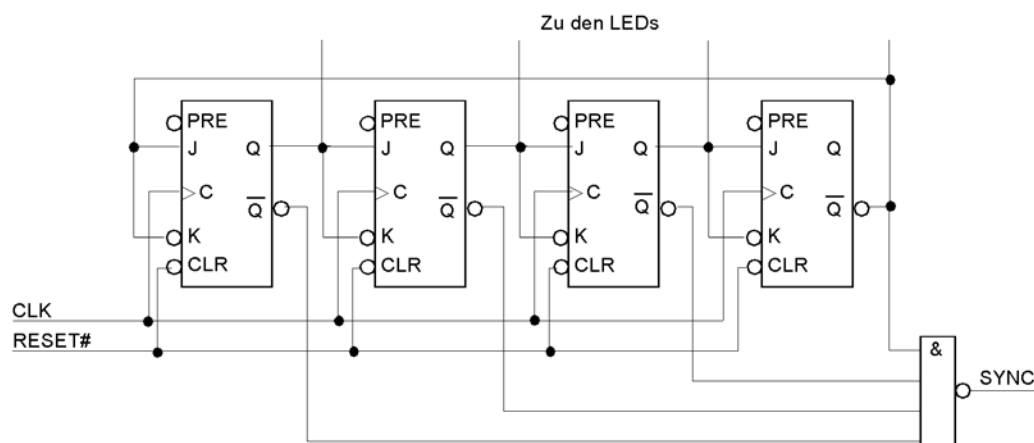


Abb. 7 Ein 4-Bit-Johnsonzähler

Aufgabe 6: Bauen Sie ein lineares rückgekoppeltes Schieberegister mit maximaler Zykluslänge

Ein Schieberegister heißt rückgekoppelt, wenn Flipflop-Ausgänge über kombinatorische Netzwerke auf Eingänge zurückgeführt sind. Die Rückkopplung heißt linear, wenn die Rückführungen nur Antivalenzverknüpfungen enthalten. Linear rückgekoppelte Schieberegister (Linear Feedback Shift Registers; LFSRs) sind anwendungspraktisch wichtige Schaltungsstrukturen. Sie werden vor allem in der Fehlererkennungs-, Prüf- und Verschlüsselungstechnik eingesetzt.

Die für den Johnsonzähler aufgebaute Struktur wird entsprechend abgewandelt (Abb. 9). Es ist eine neue Rückführung erforderlich, die u. a. durch Antivalenzverknüpfung der Flipflop-Ausgänge C und D gebildet werden kann. Schaltung zunächst statisch erproben. Was passiert, wenn wir nach dem Löschen Takte auslösen? Nichts – wie zu erwarten war (wenn an den Eingängen einer Antivalenzverknüpfung keine Eins auftritt, kann auch keine herauskommen, so daß im Schieberegister lediglich Nullen umlaufen). Abhilfe: wenigstens ein Flipflop setzen (RESET-Leitung vom CLR-Eingang an den PRE-Eingang verlegen). Erprobung: statisch und dynamisch (vgl. Aufgabe 1).

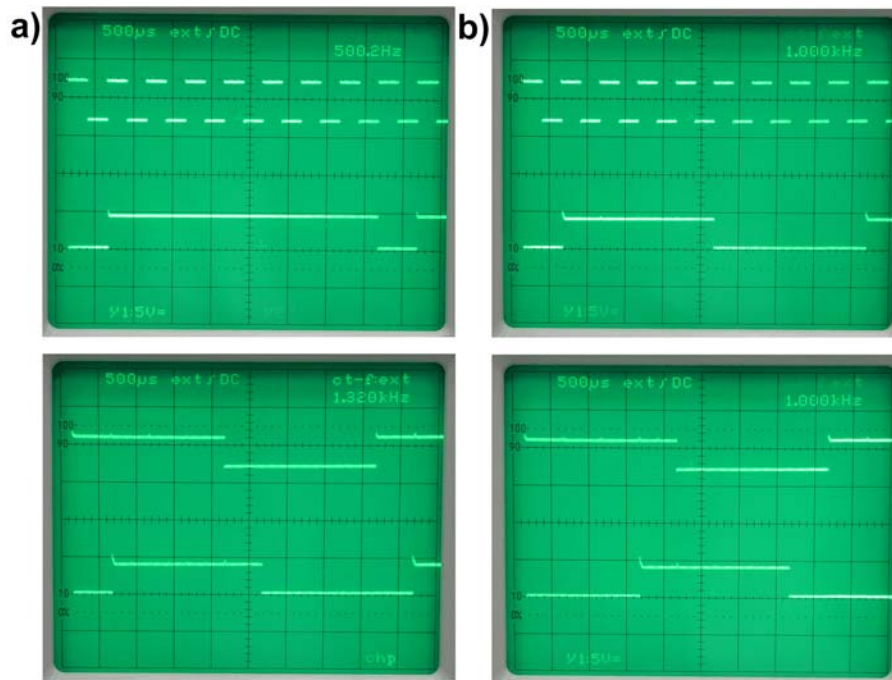


Abb. 8 Der Johnsonzähler. a) Synchronimpulse; b) ein Flipflopoutput in Bezug auf den Takt; b) das zeitversetzte Schalten der Flipflopoutputs (zwei Beispiele).

Achten Sie auf die Periode des Umlaufs (nach wievielen Takten sich das anfänglich eingestellte Muster wiederholt) und auf die Zählweise (Abb. 10) – es geht bunt durcheinander (Pseudo-Zufallsfolge). Probieren Sie (durch Umstecken des RESET-Signals) verschiedene Anfangswerte (Seed Values) durch. Notieren Sie die einzelnen Belegungen, um die Folge der Bitmuster zu erkennen. Es werden immer alle Muster (außer 0H) auftreten. Beim zyklischen Umlauf wiederholen sich die Muster immer wieder in gleicher Folge; im Verlauf des Schiebens wird sich irgendwann die anfängliche Belegung wieder einstellen. Die Anzahl der Takte, die dafür notwendig ist, heißt die Zykluslänge des Schieberegisters. Der Anfangswert bestimmt lediglich, an welcher Stelle die Bitmustererzeugung nach dem Rücksetzen beginnt. Wie sieht die Bitmusterfolge aus, wenn anstelle des letzten Flipflops das erste Flipflop in die Antivalenzverknüpfung einbezogen wird?

Die Schaltung sieht einfach aus, hat aber interessante Eigenschaften:

- Die maximale Zykluslänge eines Schieberegisters mit n Flipflops ist $2^n - 1$ (alle 2^n möglichen Belegungen abzüglich der Belegung 00...0, die nicht vorkommen darf).
- Es werden alle Bitmuster außer 00...0 auftreten. Beim zyklischen Umlauf wiederholen sie sich immer wieder in gleicher Folge. Der Anfangswert (Seed Value) bestimmt lediglich, an welcher Stelle die Bitmustererzeugung beginnt.
- Die Bitmuster kann man als Binärzahlen interpretieren. Die Folge der Binärzahlen sieht wie eine Folge von Zufallswerten aus (Pseudo-Zufallszahlen).
- Die Anzahl der Einsen in der gesamten Folge ist um Eins größer als die Anzahl der Nullen (beide Binärwerte kommen also näherungsweise gleich häufig vor).
- Eine Folge von n Einsen kommt genau einmal im Zyklus vor, eine Folge von $n/2$ Einsen zweimal usw. Sinngemäß gilt das für Folgen von $(n-1)$ Nullen, $n/2$ Nullen usw.

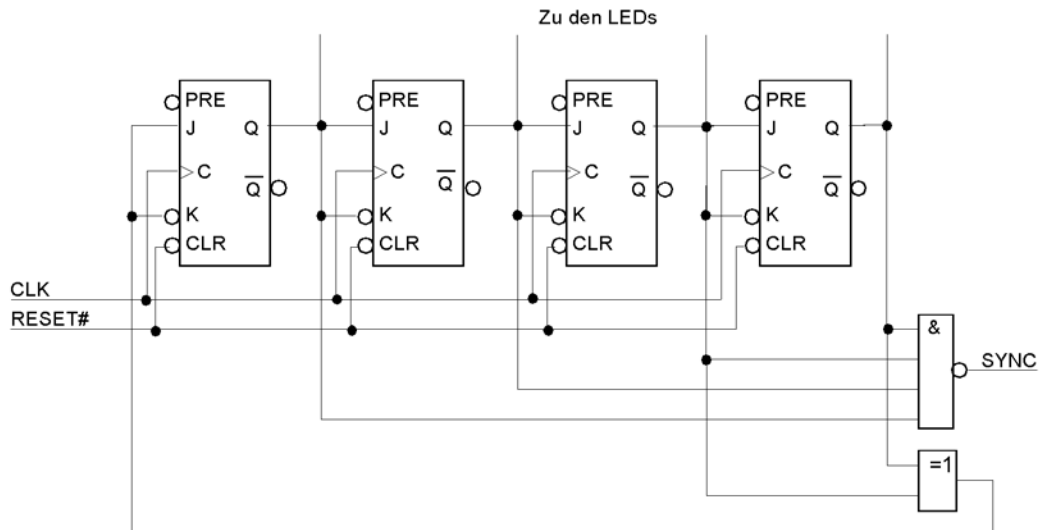


Abb. 9 Ein Schieberegister mit maximaler Zykluslänge. Damit es anschwingt, ist die RESET-Leitung bei wenigstens einem Flipflop auf den S-Eingang umzulegen. Da die Belegung 0H (alles Nullen) nicht vorkommt, wird das SYNC-Signal bei Belegung FH (alles Einsen) abgegeben.

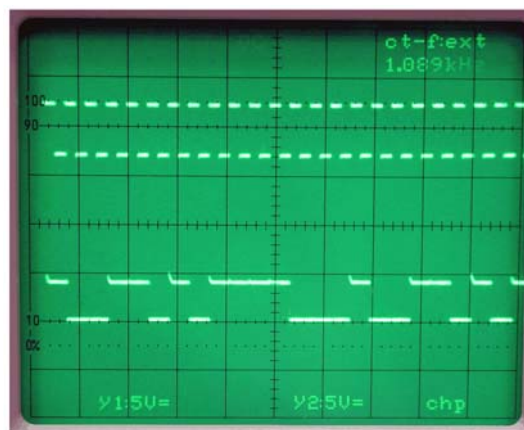


Abb. 10 So funktioniert das Schieberegister. Oben der Takt, darunter einer der Flipflopausträge.

Aufgabe 7: Bauen Sie einen Binärzähler, der modulo 5 zählt

Hierzu verwenden wir die Zählerschaltkreise 74ALS161 und 163. Schließen Sie zunächst einen Zählerschaltkreis an die Schaltertafel 74 an (Abb. 11). Wir beginnen mit dem 161. Er muß um Eins weiterzählen, wenn ein Taktimpuls ausgelöst wird. Nach dieser Funktionserprobung erzwingen wir eine bestimmte Zählweite dadurch, daß wir den Zähler mit einem Anfangswert laden und bis zum Ende durchzählen lassen (Abb. 12).

- Welchen Eingangswert müssen Sie einstellen, damit die Schaltung modulo 5 zählt (also nach 5 Takten wieder ihren Anfangszustand erreicht)?
- Wie lautet die allgemeine Regel zum Einstellen des Anfangswertes? Probieren Sie einige Zählweiten aus.
- Erweitern Sie die Schaltung so, daß sie von Anfang an (Einschaltrücksetzen) korrekt zählt. Als Quelle des Rücksetzsignals einen weiteren Kippschalter einsetzen.

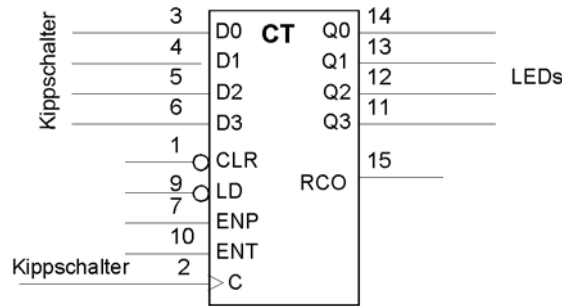


Abb. 11 Vorerprobung eines Binärzählers.

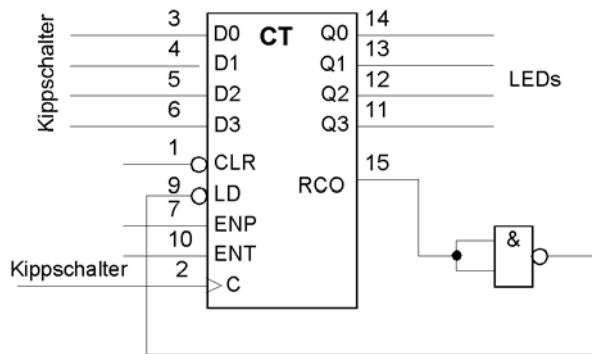


Abb. 12 Die Zählweite dieser Schaltung hängt vom Bitmuster an den Dateneingängen ab.

Nun bauen wir die Zählschaltung gemäß Abb. 13 um.

- Welche Zählweite weist diese Schaltung auf?
- Wir wechseln den Zählerschaltkreis gegen den 163 aus. Welche Zählweite ergibt sich jetzt? Weshalb? Wie müssen wir die Schaltung abwandeln, damit sich die gewünschte Zählweite ergibt? (Ausprobieren.)
- Erweitern Sie die Schaltung so, daß sie von Anfang an (Einschaltrücksetzen) korrekt zählt. Als Quelle des Rücksetzsignals einen weiteren Kippschalter einsetzen.

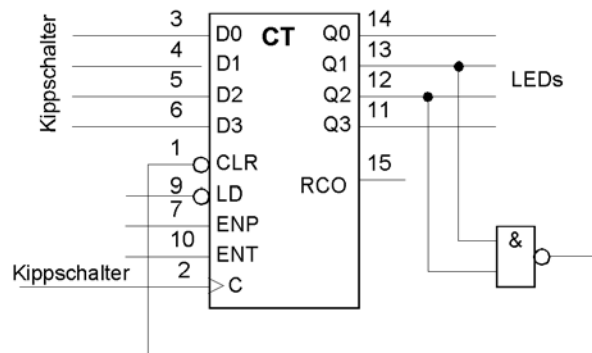


Abb. 13 Eine andere Methode, um eine bestimmte Zählweite zu erzwingen. Jetzt wird von Null an gezählt.

Aufgabe 8: Bauen Sie einen Impulsmustergenerator

An der Schaltertafel 74 soll ein beliebiges Bitmuster eingestellt werden, das dann zyklisch ausgegeben wird. Eine naheliegende, einfache Lösung beruht auf einem Multiplexer mit vorgeschaltetem Auswählzähler (Abb. 14 und 15). Erprobung: dynamisch (Abb. 16).

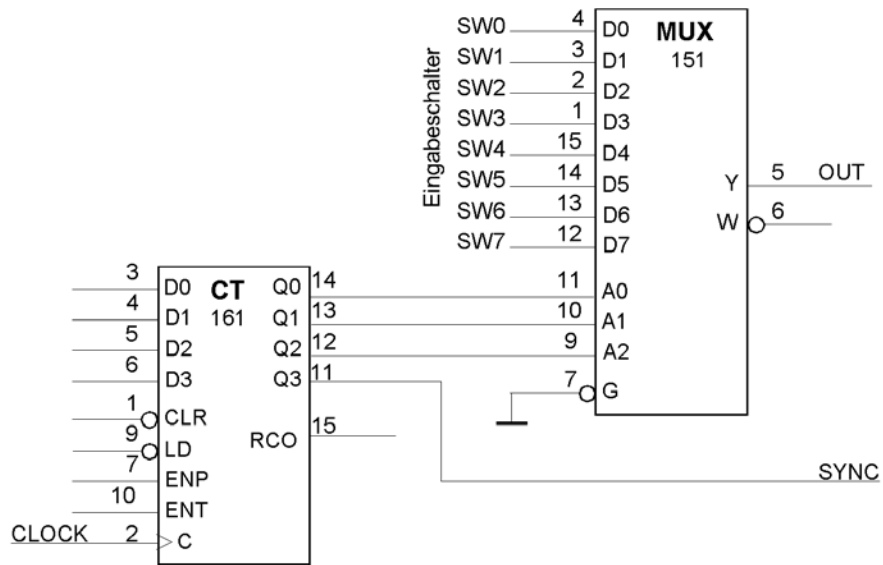


Abb. 14 Impulsmustergenerator.

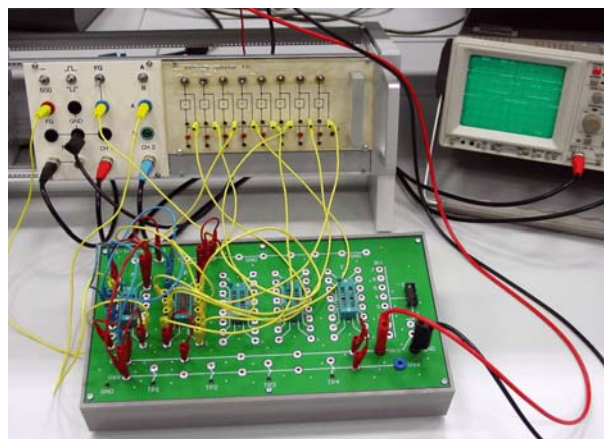


Abb. 15 Der Versuchsaufbau. Mit den Kippschaltern wird das Impulsmuster eingestellt.

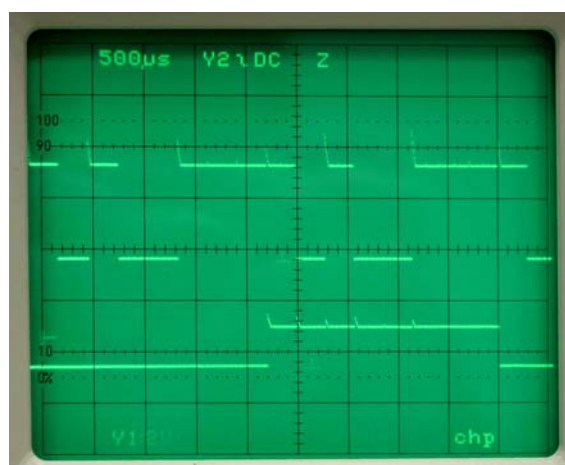


Abb. 16 Dynamische Erprobung. Oben das Ausgangssignal, darunter das Synchronsignal. Das Impulsmuster muß den Stellungen der Kippschalter entsprechen.