

Oszillatoren mit TTL-Schaltkreisen

Dieser Bericht beschreibt eine Reihe erprobter RC-Oszillatoren mit TTL-Schaltkreisen der Serie SN54/74 und SN75.

Inhalt

1.0 Einleitung

2.0 Freilaufende Oszillatoren

- 2.1 Oszillatoren mit dem Schmitt-Trigger SN7413N
 - 2.2 Oszillatoren mit dem retriggerbaren Monovibrator SN74122/123N
 - 2.3 Oszillatoren mit dem Schaltkreis SN75450N
-

3.0 Start-Stop-Oszillatoren

4.0 Zusammenfassung

5.0 Literatur



TEXAS INSTRUMENTS
Deutschland GmbH

Oszillatoren mit TTL-Schaltkreisen

1.0 EINLEITUNG

Zu praktisch allen digitalen Geräten werden Oszillatoren bzw. Taktgeneratoren zur Steuerung der Funktionsabläufe benötigt. Je nach Anwendungsfall werden unterschiedliche Anforderungen an die Frequenzkonstanz der Schaltungen gestellt. Während z.B. für ein Zeitnormal in Frequenzmessern nur hochstabile Quarzoszillatoren [1] in Frage kommen, ist in vielen anderen Fällen die Genauigkeit und Stabilität der Frequenz weniger kritisch. Abweichungen bis 10 % können oft zugelassen werden, ohne daß die Funktionsfähigkeit der Anlage beeinträchtigt wird. In allen diesen Fällen soll dieser Bericht helfen, eine dem Verwendungszweck optimal angepaßte Schaltung zu finden.

2.0 FREILAUFENDE OZILLATOREN

2.1 Oszillatoren mit dem Schmitt-Trigger SN7413

Der einfachste Oszillator läßt sich mit dem Schmitt-Trigger SN7413 aufbauen. Wenn auch die Frequenzkonstanz nicht sehr groß ist — Abweichungen von $\pm 20\%$ vom Sollwert können durch Bauelemente- und Schaltkreisstreuungen auftreten —, ist diese Schaltung doch auf Grund ihrer Preiswürdigkeit und Einfachheit zu empfehlen, wenn an die Genauigkeit der Ausgangsfrequenz keine hohen Anforderungen gestellt werden müssen. Hervorzuheben ist der große Frequenzbereich (0,1 Hz bis 10 MHz). Von Nachteil ist unter Umständen, daß das Tastverhältnis des Ausgangssignals nicht verändert werden kann.

Bild 1 zeigt die ausgeführte Schaltung. Das Ausgangssignal wird über einen 330- Ω -Widerstand zurückgekoppelt. Liegt am Ausgang eine log. '1', wird der Kondensator C aufgeladen, bis dessen Spannung die obere Schwelle des Schmitt-Triggers erreicht. In diesem Moment wird der Ausgang log. '0' und der Kondensator wird über den Widerstand bis zur unteren Schwellenspannung entladen, wo dann der Schaltkreis wieder umkippt. Dieser Vorgang wiederholt sich periodisch.

Da am Punkt A das Signal durch die große Belastung des RC-Gliedes stark verschliffen ist, ist es ratsam, den zweiten im Schaltkreis enthaltenen Schmitt-Trigger als Impulsformer nachzuschalten, um ein einwandfreies TTL-Signal zu erhalten.

Aus dem Diagramm in Bild 2 kann für alle gebräuchlichen Frequenzen die Größe des Zeitkondensators entnommen werden.

Es sei noch darauf hingewiesen, daß der Rückkopplungswiderstand nicht verändert werden darf.

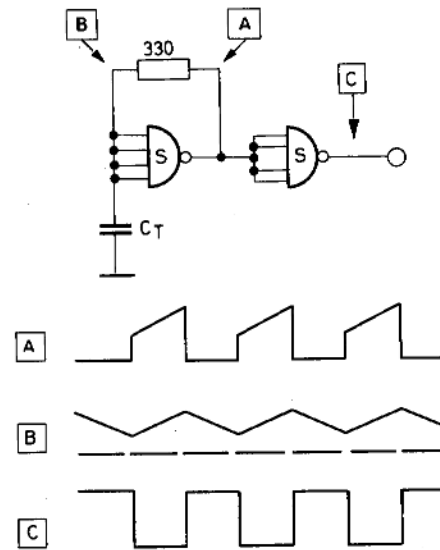


Bild 1 Oszillator mit dem Schmitt-Trigger

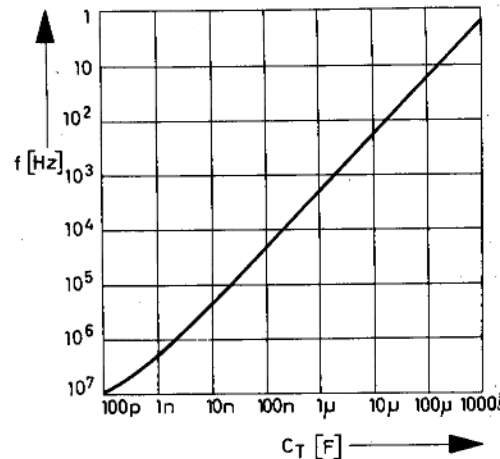


Bild 2 Diagramm zur Bestimmung des Zeitgliedes für den Oszillator in Bild 1

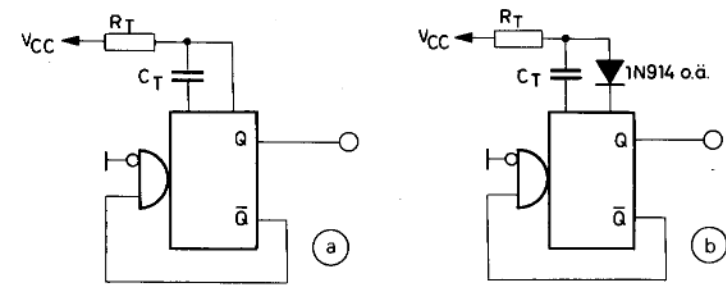


Bild 3 Oszillator mit dem Schaltkreis SN74122/123N

2.2 Oszillator mit dem retriggerbaren Monovibrator SN74122/123

Verbindet man — wie in Bild 3 gezeigt — beim Schaltkreis SN74122 oder SN74123 den Q-Ausgang mit dem Eingang, so erhält man einen sehr vielseitigen Oszillator. Im Gegensatz zu der oben gezeigten Schaltung läßt sich hier die Frequenz sowohl durch Änderung des Zeitkondensators C_T (100 pF bis einige 1000 μ F) als auch durch Änderung des Widerstandes R_T (5 bis 50 k Ω) variieren. Auch in diesem Fall läßt sich ein sehr großer Frequenzbereich überstreichen. (1 Hz bis 5 MHz). Zu beachten ist, daß bei Verwendung von Elektrolytkondensatoren die in Bild 3b eingezeichnete Diode eingefügt werden muß (siehe auch Datenblatt des 74123).

Am Ausgang des Generators steht jeweils ein positiver und ein negativer Impuls mit einer Breite von ca. 20 ns zur Verfügung (unabhängig von der Periodendauer!). Da dieses Signal von vielen TTL-Schaltkreisen nicht verarbeitet werden kann, muß noch ein zweites monostabiles Flipflop nachgeschaltet werden, mit dem dann die für die nachfolgende Schaltung günstige Impulsbreite erzeugt wird (Bild 4).

Die Periodendauer bzw. Impulsbreite errechnet sich nach der Formel:

$$= 0,32 C (R + 700 \Omega) [s] \quad (\text{Bild 3a})$$

$$\text{bzw.} = 0,28 C (R + 700 \Omega) [s] \quad (\text{Bild 3b})$$

$$R [\Omega]; \quad C [F]; \quad C > 1000 \text{ pF}$$

Werden Kondensatoren < 1000 pF verwendet, sind die entsprechenden Werte dem Diagramm in Bild 5 zu entnehmen.

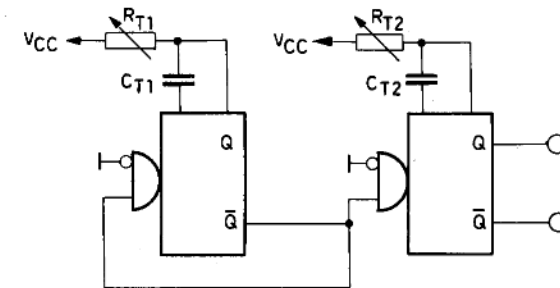


Bild 4 Oszillator mit variabler Frequenz und Impulsbreite

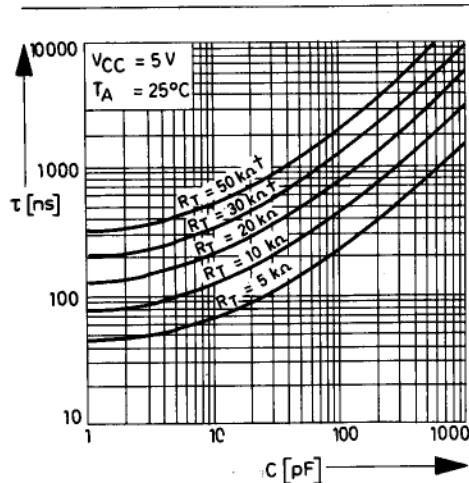


Bild 5
Diagramm zur Ermittlung der Zeitkonstanten in Bild 3 und 4

2.3 Oszillatoren mit dem Schaltkreis SN75450N

Da dieser Schaltkreis zwei getrennt herausgeführte Transistoren enthält, lassen sich hiermit normale Multivibratoren aufbauen (Bild 6). Weil die Ausgangsfrequenz dieser Schaltung weitgehend unabhängig von der Betriebsspannung ist und weiterhin Temperatureinflüsse von der Schaltung selbst kompensiert werden, erhält man sehr genaue Oszillatoren. Die Frequenzkonstanz ist über einen Temperaturbereich von 0 bis 70 °C besser als 1 %, wenn

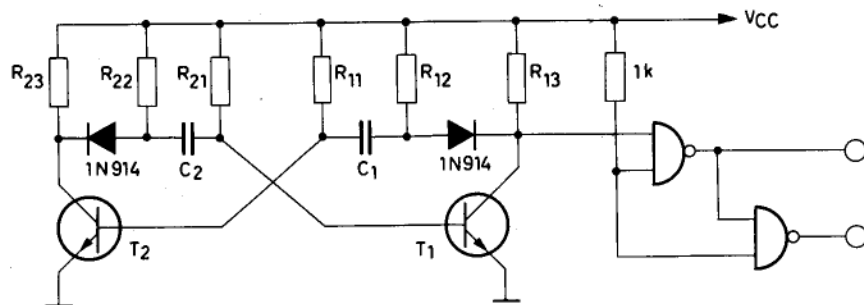


Bild 6 Multivibrator mit dem Schaltkreis SN75450N

Kondensatoren und Widerstände mit niedrigen Temperaturkoeffizienten verwendet werden. Messungen ergaben, daß letztere in erster Linie für Frequenzabweichungen verantwortlich sind.

Da der Anwender bei dieser Schaltung einen weiten Spielraum in der Dimensionierung der Bauelemente hat, soll kurz auf die Berechnung der einzelnen Elemente eingegangen werden. Der Widerstand R4 bestimmt die Anstiegszeit der positiven Flanke des Ausgangssignales. Bei einer Lastkapazität von 20 pF und einer geforderten Flankensteilheit < 50 ns ergibt sich:

$$\tau_r = R \cdot C$$

(berücksichtigt werden muß nur der Spannungshub von 0 bis 3 V!), oder

$$R_{13} = R_{23} = \frac{50 \text{ ns}}{20 \text{ pF}} \approx 2,2 \text{ k}$$

R12 und R21 wählt man etwa genauso groß wie R13. Bei einer TTL-Lasteinheit beträgt der Kollektorstrom bei leitendem Transistor:

$$I_C = \frac{V_{CC}}{R_{13}} + \frac{V_{CC} - U_D}{R_{12}} + 1,6 \text{ mA}$$

$$= \frac{5 \text{ V}}{2,2 \text{ k}} + \frac{5 \text{ V} - 0,7 \text{ V}}{2,2 \text{ k}} + 1,6 \text{ mA} = 5,8 \text{ mA}$$

Die minimale Stromverstärkung beträgt bei den im Schaltkreis enthaltenen Transistoren etwa 15 ($I_C = 1 \text{ bis } 10 \text{ mA}$).

Damit gilt:

$$R_{11} \text{ max} = \frac{(V_{CC} - U_{BE}) \cdot h_{FE \text{ min}}}{I_C}$$

$$= \frac{(5 \text{ V} - 0,7 \text{ V}) \cdot 15}{5,8 \text{ mA}} \approx 10 \text{ k}$$

Die Dioden D sollen während der positiven Flanke des Ausgangsimpulses den zeitbestimmenden Kondensator C vom Ausgang abschalten. Im anderen Falle würde die Anstiegszeit dieser Flanke durch die Zeitkonstante $R_{13} \cdot C_1$ bestimmt. Zugleich kompensieren sie bei Temperaturänderungen den Einfluß der Basis-Emitter-Strecke auf die Ausgangsfrequenz. Bei Frequenzen oberhalb 100 kHz können sie zusammen mit den Widerständen R12 und R22 entfallen.

Die Ausgangsfrequenz läßt sich auf folgende Weise berechnen: Ist T1 leitend, so liegt an dessen Basiswiderstand die Spannung $U_{R21} = V_{CC} - U_{BE}$. Schaltet nun T2 durch, entsteht an R22 ein Spannungssprung $U_{R22} = V_{CC} - U_D - U_{CE \text{ sat}}$. Dieser wird über den Kondensator C2 an die Basis von T1 übertragen. Damit liegt dann am Widerstand R11 die Spannung:

$$U_{R210} = U_{R21} + U_{R22}$$

$$= V_{CC} - U_{BE} + V_{CC} - U_D - U_{CE \text{ sat}}$$

Über den Widerstand R21 wird der Kondensator C2 bis auf den Wert U_{R21} entladen (T1 wird wieder leitend). Damit gilt:

$$U_{R21} = U_{R210} \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right)$$

$$V_{CC} - U_{BE} = (V_{CC} - U_{BE} + V_{CC} - U_D - U_{CE \text{ sat}}) \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right)$$

Mit $U_D \approx U_{BE}$ und $V_{CC} \gg U_{CE \text{ sat}}$ erhält man:

$$0,5 = \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right)$$

$$\text{oder } 0,7 = \frac{t}{\tau} \text{ mit } \tau = R_{21} \cdot C_2.$$

Wie man sieht, ist die Periodendauer der Schaltung in erster Näherung unabhängig von den Transistordaten und damit weitgehend unempfindlich gegen Temperatureinflüsse. Für die Frequenz gilt dann:

$$f = \frac{1}{0,7 (R_{21} \cdot C_2 + R_{11} \cdot C_1)}$$

3.0 START-STOP-OSZILLATOREN

In manchen Fällen werden Oszillatoren benötigt, die von einem fremden Signal gesteuert werden und nur solange laufen, wie das Steuersignal anliegt. Hierzu lassen sich die Schaltungen in Bild 1, 3 und 4 verwenden. Die preiswerteste Schaltung erhält man bei Verwendung des Schmitt-Triggers SN7413 (Bild 7).

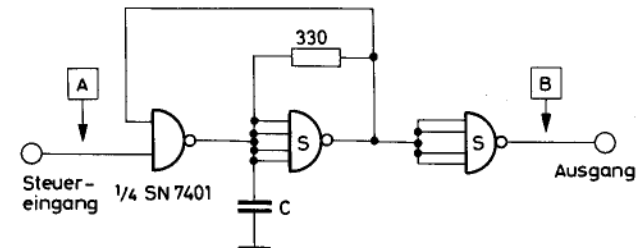


Bild 7 Start-Stop-Oszillator mit dem SN7413N

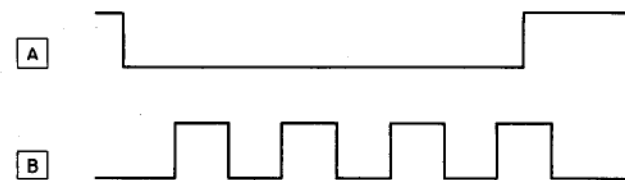


Bild 8 Impulsdiagramm des Oszillators nach Bild 7

