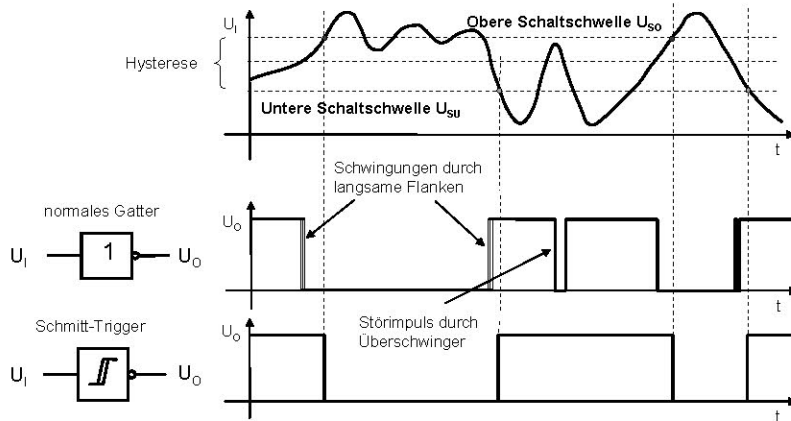
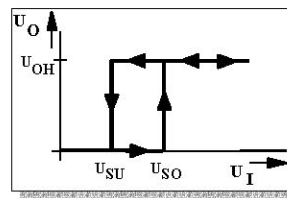
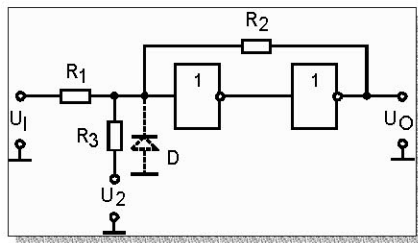


Schaltverhalten eines Schmitt-Triggers

Darstellung des Schaltverhaltens eines normalen Gatters und eines Schmitt - Triggers am Beispiel eines gestörten Eingangssignals



Grundsaltung eines Schmitt-Triggers



Transferkennlinie

Dimensionierung:

für TTL:

$$U_s = U_{Us} \left( 1 + \frac{R_1}{R_2} + \frac{R_1}{R_3} \right) - U_o \cdot \frac{R_1}{R_2} - U_2 \cdot \frac{R_1}{R_3} + I_{IL} \cdot R_1$$

$U_{Us} = 1,3 \dots 1,5V$   
 $100\Omega \leq R_2 \leq 2,2k\Omega$   
 $R_1; R_3 \geq 80\Omega$

für CMOS:

$$U_s = U_{Us} \left( 1 + \frac{R_1}{R_2} + \frac{R_1}{R_3} \right) - U_o \cdot \frac{R_1}{R_2} - U_2 \cdot \frac{R_1}{R_3}$$

$U_{Us} = \frac{U_{DD}}{2}; (1,5V)$   
 $R_1; R_2; R_3 \geq 10k\Omega; (1,5k\Omega)$

allgemein gilt:

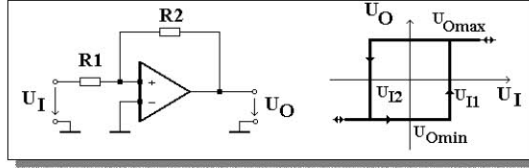
$U_s = U_{SU} \quad \text{für } U_o = U_{OH}$   
 $U_s = U_{SO} \quad \text{für } U_o = U_{OL}$

Hysteresis:

$$\Delta U \approx \frac{R_1}{R_2} U_{OH}$$

OPV Realisierungen von Schmitt-Triggern

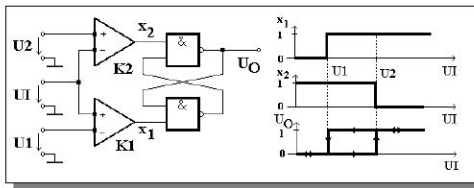
Nicht - invertierender Schmitt - Trigger mit OPV



Einschaltpegel:  $U_{I1} = -\frac{R1}{R2} * U_{Omin}$       Übertragungskennlinie

Ausschaltpegel:  $U_{I2} = -\frac{R1}{R2} * U_{Omax}$

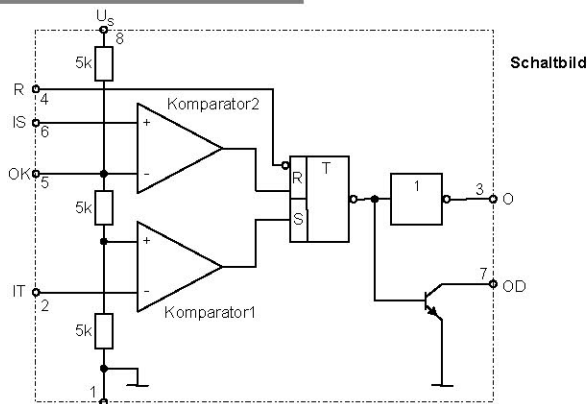
Schalthysteresese:  $\Delta U_{I1} = -\frac{R1}{R2} * (U_{Omax} - U_{Omin})$



Präzisions - Schmitt - Trigger



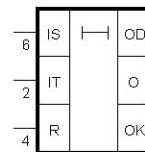
Timerschaltkreis NE 555



Anschlussbelegung

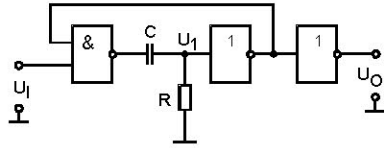
Kontrollspannung	OK	5	4	R	Rücksetzeingang
Schwellspannungs-	IS	6	3	O	Ausgang
Eingang					
Entlade-Ausgang	OD	7	2	IT	Triggereingang
Betriebsspannung	U <sub>s</sub>	8	1	M	Masse

Logiksymbol



Grundschialtung eines Univibrators

• Schaltung:



• Dimensionierung:

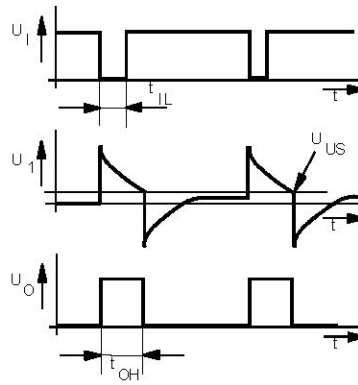
für TTL:

$$t_{OH} = R * C ; 120 \Omega < R < 2k\Omega$$

für CMOS:

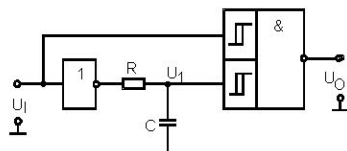
$$t_{OH} = R * C * \ln 2 ; 10 k\Omega < R < 1..2 M\Omega$$

• Signalverläufe:



Hazard-Schaltung

• Schaltung:



• Dimensionierung:

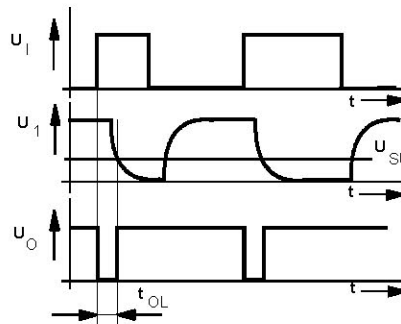
für TTL (74LS...):

$$t_{OL} = R * C + t_{PHL} ; 120 \Omega < R < 2 k \Omega ; C < 1 nF$$

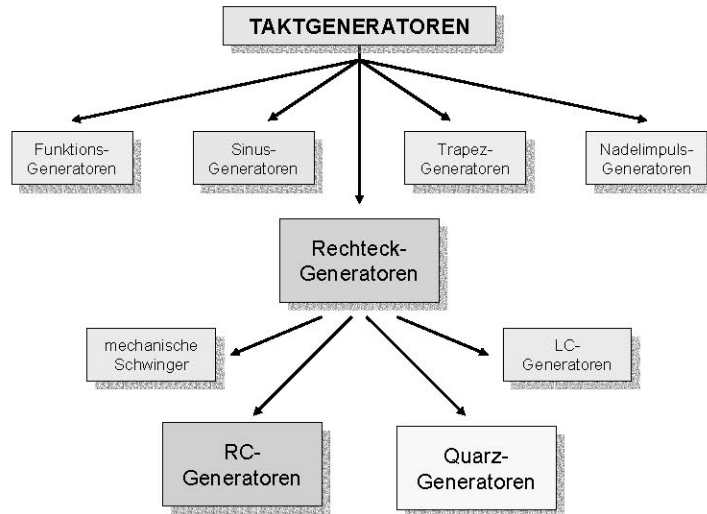
für CMOS:

$$t_{OL} = R * C * \ln 2 + t_{PHL} ; 10 k\Omega < R < 1 M\Omega C < 5 nF$$

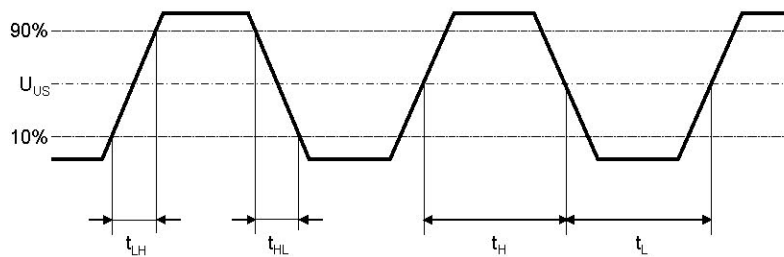
• Signalverläufe:



Übersicht zu Taktgeneratoren



Definitionen von Taktsignalen



- $t_{LH}$  - Anstiegszeit
- $t_{HL}$  - Abfallzeit
- $t_H$  - Impulsdauer (High)
- $t_L$  - Impulsdauer (Low)

$$\text{Taktfrequenz } f = \frac{1}{T} = \frac{1}{t_H + t_L}$$

$$\text{Tastverhältnis } k = \frac{t_H}{T}$$

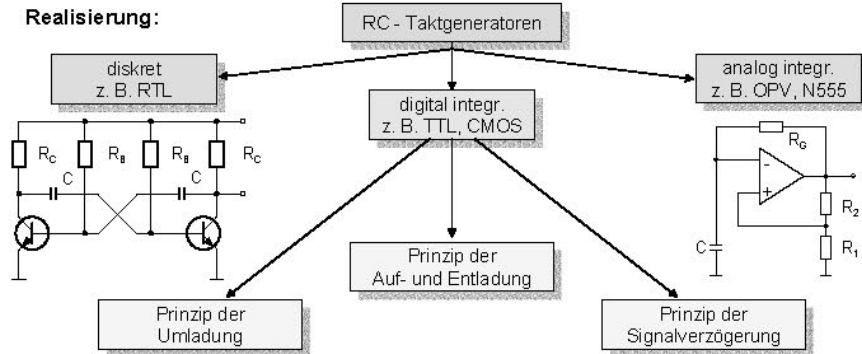


RC - Taktgeneratoren

Eigenschaften:

- tiefe bis mittlere Frequenzen
- geringe Frequenzstabilität
- Anwendung für zeitunkritische Taktsysteme
- leichte Variation von Frequenz und Tastverhältnis möglich

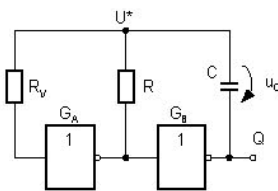
Realisierung:



RC - Taktgeneratoren

Prinzip der Umladung eines Kondensators

• Schaltung:



• Berechnung:

$$\tau = R \cdot C$$

$$t_H = \tau \ln \left( 1 + \frac{U_{OH}}{U_{OH} - U_{US}} \right)$$

$$t_L = \tau \ln \left( 1 + \frac{U_{OH}}{U_{US}} \right)$$

• Anwendung:

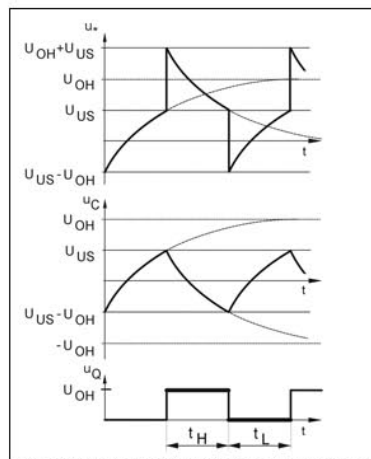
- für mittlere Frequenzen
- bei hohen Frequenzen sind Treiber erforderlich

Spezielle Lösung:

TTL:  $R_V = 0$   
 $T = 3 \cdot \tau$   
 $k > 0,5$

CMOS:  $R_V = 10 \cdot R$   
 $T = 2,2 \cdot \tau$   
 $k = 0,5$

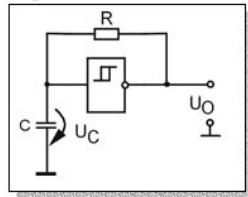
• Impulsverläufe



RC - Taktgeneratoren

Prinzip der Auf- und Entladung eines Kondensators

• Schaltung:



• Berechnung:

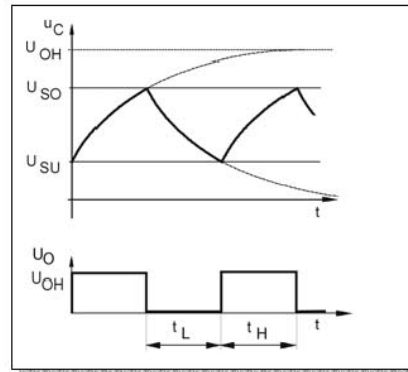
$$\tau = R \cdot C$$

$$t_H = \tau \ln \left( \frac{U_{OH} - U_{SU}}{U_{OH} - U_{SO}} \right)$$

$$t_L = \tau \ln \left( \frac{U_{SO}}{U_{SU}} \right)$$

Bei Betriebsspannungssymmetrie der Schwellwerte gilt:  $k = 0,5$

• Impulsverläufe:



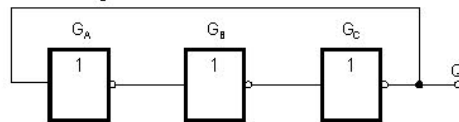
• Anwendung:

- großer Frequenzbereich
- Einsatz des Timer-Schaltkreises B555

RC - Taktgeneratoren

Prinzip der Signalverzögerung (Phasenschieber)

• Schaltung:



• Berechnung:

Schwingbedingung:

ungerade Zahl (z) von Invertiern

$$z = 2n + 1 \quad \text{mit } n = 1, 2, 3, \dots$$

$$T = 2 \sum t_{DXX}$$

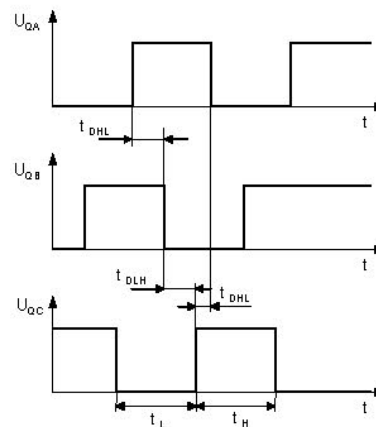
$$\text{für } t_{DHL} = t_{DLH} = t_D$$

$$T = 2(2n + 1) t_D \quad k = 0,5$$

• Anwendung:

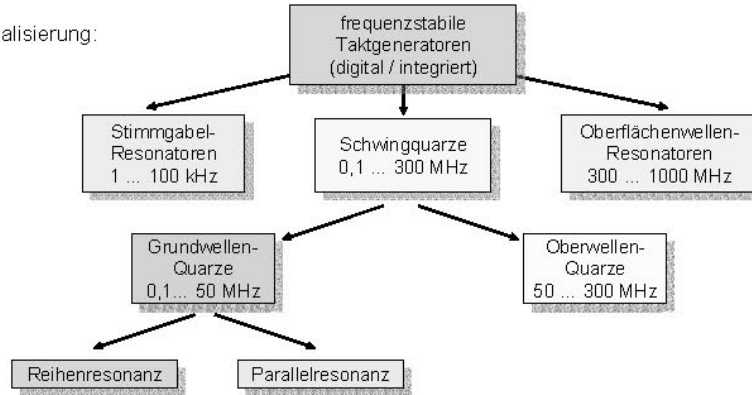
- für hohe Frequenzen
- durch Einsatz von Verzögerungsgliedern ist die Ausgangsfrequenz besser kalkulierbar und unabhängiger von der Temperatur

• Impulsverläufe



Quarz - Taktgeneratoren

• Realisierung:



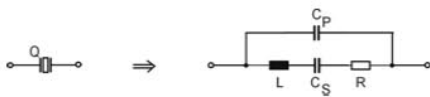
• Eigenschaften:

- > mittlere bis hohe Frequenzen
- > sehr hohe Frequenzstabilität
- > Anwendung für Taktsysteme, Frequenz- und Zeitnormale
- > Variation von Frequenz und Tastverhältnis nur mit großem Aufwand möglich



Verhalten eines Schwingquarzes

Symbol und Ersatzschaltung eines Schwingquarzes



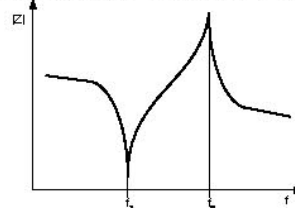
Berechnung der Serien- und Parallelresonanzfrequenz

$$f_s = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC_s}} \quad f_p = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC_s // C_p}}$$

Berechnung der Frequenzänderung und der Güte

$$\frac{\Delta f}{f} = \frac{C_s}{2C_p} \quad Q = \frac{1}{2\pi f_s R C_s}$$

typischer Impedanzverlauf eines Schwingquarzes als Funktion der Frequenz:



Typische Werte der Ersatzschaltelemente

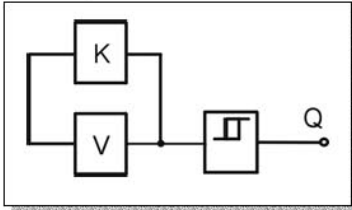
- $C_p = 2 \dots 7 \text{ pF}$
- $C_s = 0,1 \dots 20 \text{ fF}$
- $L = 2 \dots 4000 \text{ mH}$
- $R = 5 \dots 200 \text{ } \Omega$
- $Q = 10^4 \dots 10^7$

$$\frac{\Delta f}{f_s} \approx 10^{-3}$$

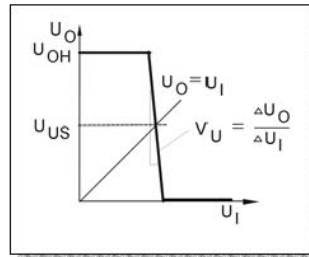


Quarz - Taktgeneratoren

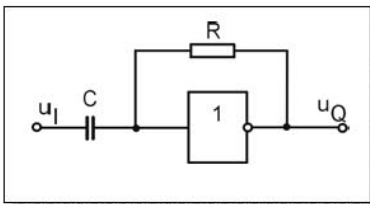
- Prinzip:



Amplitudenbilanz:  $|K| \cdot |V| = 1$   
 Phasenbilanz:  $\varphi_K + \varphi_V = 0^\circ + / - n \cdot 360^\circ$



- Verstärker:

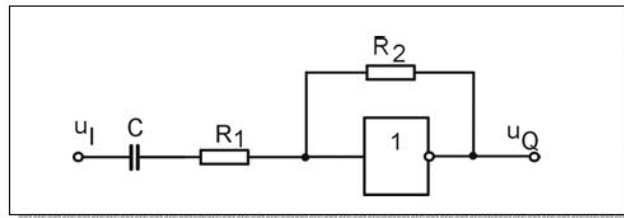


typische Werte für:  
 TTL:  $R = 1 \dots 3 \text{ k}\Omega$   $V_U \approx -20$   
 CMOS:  $R = 1 \dots 10 \text{ M}\Omega$   $V_U \approx -10 \text{ 000}$

- freie Eingänge auf High (UND) oder Low (ODER) legen
- keine anderen Gleichstromwege zulassen
- nicht bei HCT- oder Leistungsgattern erlaubt

Quarz - Taktgeneratoren

- Beispiel eines CMOS – Inverters als Wechselspannungsverstärker:

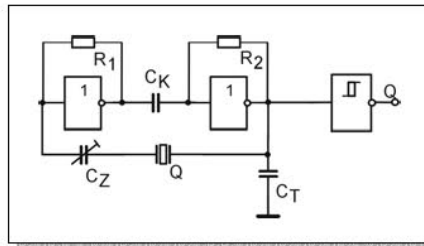


$$V_U = \frac{u_Q}{u_I} = -\frac{1}{\frac{R_1}{R_2} - \frac{1}{V_U} \left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right)} \approx -\frac{R_2}{R_1}$$



Quarz - Taktgeneratoren

- Grundwellenoszillator mit Quarz in Reihenresonanz:



$$R_{1,2} = 1 \dots 3,3 \text{ k}\Omega$$

$$C_K = 1 \dots 47 \text{ nF}$$

$$C_T \approx 220 \text{ pF} / f [\text{MHz}]$$

**Eigenschaften:**

- hohe Belastung des Quarzes
- Anwendung mit TTL-Gattern

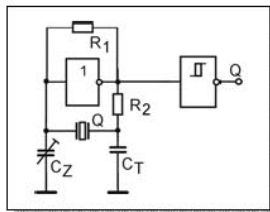
**Ziehen:**

$$\Delta f_S \approx \frac{C_S}{2(C_P + C_Z)} * f_S$$



Quarz - Taktgeneratoren

- Grundwellenoszillator mit Quarz in Parallelresonanz:



$$C_T = 10 \dots 50 \text{ pF}$$

$$C_Z = 20 \dots 50 \text{ pF}$$

$$R_1 = 1 \dots 10 \text{ M}\Omega$$

$$R_2 = 10 \dots 30 \text{ k}\Omega$$

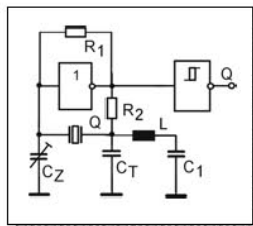
**Eigenschaften:**

- geringe Belastung des Quarzes
- Anwendung mit CMOS-Gattern

**Ziehen:**

$$\Delta f_P \approx \frac{C_S}{2(C_P + C_Z)} * \frac{C_Z}{C_P} f_P$$

- Oberwellenoszillator:



$$L = 1 \dots 10 \mu\text{H}$$

$$C_1 = 100 \dots 300 \text{ nF}$$

$$f_S \approx f_P$$

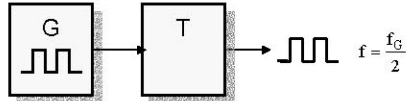
**Eigenschaften:**

- geringe Belastung des Quarzes
- Anwendung mit CMOS-Gattern
- kein „Ziehen“ möglich

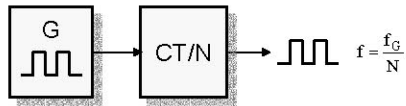


Einsatzbeispiele

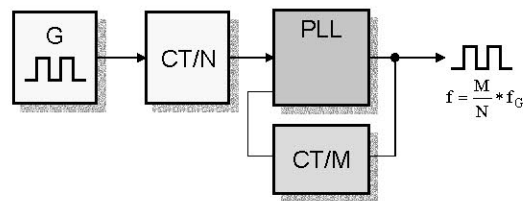
- perfekte Symmetrie (  $k = 0,5$  ):



- Erzeugung tiefer Frequenzen:



- Frequenzsynthese:



- Start / Stop:

