**Ohmscher Trik:** $R = \frac{U}{I}$ $[R] = 1\Omega\frac{V}{A}$

**Leitwert:** $G = \frac{1}{R}$ $[G] = 1S$

**Reihe Widerstände:** I konst,

$U_{ges} = U_1 + U_2 + ... + U_n$

*Spannungsteiler:* $\frac{U_1}{U_2} = \frac{R_1}{R_2}$ oder

$U_2 = U * \frac{R_2}{R_1+R_2}$

**Parallel Widerstände:**

$I_{ges} = I_1 + I_2 + ... + I_n$, U konstant

$\frac{1}{R_{ges}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + ... + \frac{1}{R_n}$

*Stromteiler:* $\frac{I_1}{I_2} = \frac{R_2}{R_1}$, $I_2 = I * \frac{R_1}{R_1+R_2}$

Gesamtwiderstand kleiner dem kleinsten Einzelwiderstand!

**Elektrische Leistung:** $P = U * I$,

$P = \frac{W_{gs}}{T}$, $[P] = 1W = 1VA$

**Elektrische Arbeit:** $W_{el} = U * I * t$,

$W_{el} = U * Q$ (weil $Q = I * t$)

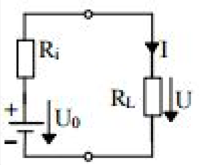
**Maschensaas:** Die Summe der Spannungen einer Masche ist 0

**Knotensaas:** Die Summe der Ströme in einem Knoten ist 0

**Maschenstromverfahren:** Maschen wählen, sodass gesuchtes nur in einer Masche ist, dann LGS lösen.

$Ax = B$ mit $x$ als Vektor mit I und B als Vektor mit den Maschenspannungen

**Grundstromk.:** Klemmspannung $U_0$, passiver Zweipol ist Verbraucher, aktiver ist Quelle.




**Leitungen:**

$U_h(0,t) = k_o * U_{q1}(t)$ (0 Anfang der Leitung)

$U_1(t) = k_a * U_1(s1,t)$ (nach dem auskoppeln, zb vor Gatter)

$U_h(s1,t) = U_h(0, t-\Delta t) = k_0 * U_{q1}(t-\Delta t)$ (Ende der Leitung)

**Elektrisches Feeeef:**

$E = \frac{U}{d}$ (homogenes Feld)

$F = Q * E$ (homog. Kraft auf Ladung)

$E = \frac{D}{\varepsilon} = \frac{Q}{\varepsilon A}$

Feldlinien pos->neg, E bestimmt Dichte

$E = \frac{Q}{4\pi\varepsilon r^2}$ (Feld um Punktladung)

$U_{AB} = \int_A^B E * ds = \frac{W_{AB}}{Q}$ (Spannung, el. Potential)

**Strömungsfeld:**

$D = \varepsilon * E$ (Verschiebungsflussdichte)

Feldlinien pos->neg, abh. von Q und A

$S = \kappa E$ (Stromdichte), $\kappa$ Leitfähigkeit

$S = \frac{I}{A}$

$v = \frac{S}{P} = \frac{1}{\rho * A}$ (Elektronen im Leiter)

**Magnetfeld:**

$H = \frac{I}{2\cdot\pi\cdot r}$ (Eindrahtleitung, Feldstärke)

$B = \mu * H$ (Magnetische Flussdichte)

$[B] = 1\frac{kg}{As^2} = 1\frac{N}{Am} = 1\frac{Vs}{m^2} = 1T$

$B = \mu * N * \frac{I}{l}$ (Spulenflussdichte)

$\frac{U_2}{U_1} = \frac{N_2}{N_1}$ (Trafo)

$Q = \rho * V$ (Ladung pro Volumen)

$F = Q * v * B$ (Kraft auf Leiter)

**Schwingkreis:**

$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ (Spule und Kondensator)

**Wellenwiderstand:**

Verhältnis Strom-/ Spannungsausbreitung, $R_W = \sqrt{\frac{L'}{C'}}$

**Koaxialkabel:**

$D = \frac{Q}{2\cdot\pi\cdot r\cdot l}$

$C' = \frac{C}{S} = \frac{2\pi\varepsilon_0\varepsilon_r}{ln(\frac{d_a}{d_i})}$ $L' = \frac{L}{a}$

$c_m = \frac{1}{\sqrt{L'C'}} = \frac{c_0}{\sqrt{\varepsilon_R\mu_R}} \Rightarrow \sqrt{L'} = \frac{\sqrt{\varepsilon_R\mu_R}}{c_0\sqrt{C'}}$

$R_W = \frac{\sqrt{\varepsilon_R\mu_R}}{c_0\cdot C'} = \frac{\sqrt{\mu_R}\cdot ln(\frac{d_a}{d_i})}{2c_0\cdot\pi\cdot\varepsilon_0\cdot\sqrt{\varepsilon_R}}$

$E(r) = \frac{Q}{2\cdot\pi\cdot r\cdot l\cdot\varepsilon}$

$U = \frac{Q}{2\cdot\pi\cdot l\cdot\varepsilon}ln\frac{r_2}{r1}, \varepsilon = \varepsilon_0\varepsilon_r$

**Matrix invertieren:**

$A^{-1} = \frac{1}{det(A)} * A^T$

**Kondensator:**

*Kapazität:*

$C = \frac{Q}{U}$, $[C] = F = \frac{1As}{1V}$

*Feld:* $E = \frac{1}{2} * C * U^2$ (Plattenkond.)

$Q = D * A$ (Für eine Platte mit Q, A )

*Strom:* $I = C * \frac{dUc}{dt}$

Wenn eingeschwungen: $I_c = 0$

$U_c(t) = K_1 + K_2 * e^{\frac{-(t-t_0)}{\tau}}$

$U_c(t_0) = K_1 + K_2$

$U_c(\infty) = K_1$

*Bei konstantem Strom (Stromquelle)*:

$U_c(t) = \frac{1}{C} * I * (t-t_0) + U_c(t_0)$;

$t \sim 3\tau$ (~ Auflade / Entladezeit)

$\tau = R * C$

$W_R = \int P_R(t)dt$ mit $P_r(t) = U_R^2/R$

Auf-/ Entladung über $R1$ :

$R_{1,U_{R1}}(t) = U_b * e^{-t/\tau}$

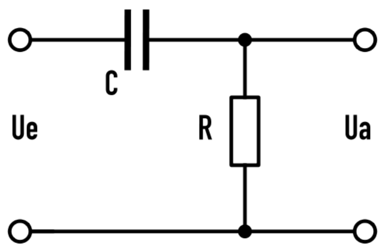
$W_{R1} = \int_0^\infty \frac{U^2_{R1(t)}}{R_1}dt = \frac{1}{2}C * U^2_b$

Zyklus (Auf UND Entladung) dann das * 2, d. h. $W_{ges} = C * U^2_b$

Verlustleistung:

$\overline{P} = W_{ges}/T = C * U^2_b * f$

**Hochpass:**




Bei Tiefpass R und C vertaushiit

| | $A$ | $A$ | $\overline{A}$ | $\overline{A}$ | |
|---|---|---|---|---|---|
| $B$ | | | | | $D$ |
| $B$ | | | | | $\overline{D}$ |
| $\overline{B}$ | | | | | $\overline{D}$ |
| $\overline{B}$ | | | | | $D$ |
| | $C$ | $\overline{C}$ | $\overline{C}$ | $C$ | |

**Optische Leitung:**

$c = \lambda * f$, Lichtleistung:

$L_p(\lambda) = 10 * lg(\frac{P_e}{P_a})(dB)$

$L_u(\lambda) = 20 * lg(\frac{Ue}{Ua})(dB)$

$P_a = \frac{P_e}{10^{(\frac{Lp(\lambda)}{10dB})}}$, $L_p(\lambda) = \alpha * s$

**Elektrische Leitung:**

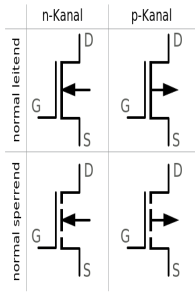
Leitungseinkopplung:

$k_0 = \frac{R_w}{R_w+R_i}$ - Anpassung: $R_i = R_w$

Leitungsauskopplung:

$k_a = 1 + r_a = 1 + \frac{R_a - R_w}{R_a + R_w}$

**Mosfeef:**




N-Kanal sperrt bei: $U_{GS} < U_t$,

P-Kanal sperrt bei: $U_{GS} > U_t$

N-Kanal: T. Stromrichtung Drain -> Source, $U_{SD} < 0$

P-Kanal: Source -> Drain, $U_{SD} > 0$

$I_E$ (Eingangsstrom am Gate) IMMER 0!

Subthreshold / Sperrbereich (n):

$I_D = 0,\ U_{GS} < U_t$

Aktiver Bereich (n-Kanal):

$I_D = \beta * ((U_{GS} - U_t) * U_{DS} - \frac{1}{2} * U^2_{DS})$

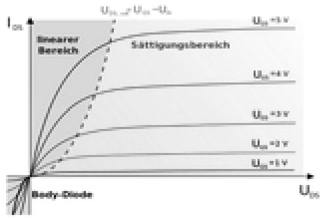
$U_{DS} \le U_{GS} - U_t$

Pinch-off-Bereich (Einschnürbereich, N-Kanal):

$I_D = \frac{1}{2} * \beta * (U_{GS} - U_t)^2$, $U_{DS} > U_{GS} - U_t$

Bei P-Mos Negativ davor.

Erst Pinch-Off testen! Sperrend n-Kanal:

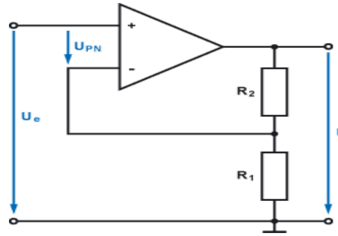



Konstante: $\beta = \frac{b}{l}$ (Kanalbreite / Läng)

Periodendauer: $T = 2 * (t_1 - t_0)$

**Mealey-Automat:** Mit Ein- und Ausgabe pro Kante, **Moore-Automat:** Nur Eingabezeichen pro Kante, Ausgabe hängt nur vom Zustand ab **sonst Autonomer Autom.**

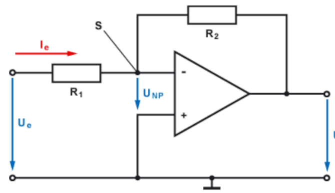
**Nichtinvertierender OPV:**




$V_u = \frac{R_1+R_2}{R_1} = 1 + \frac{R_2}{R_1}$

$V_u = \frac{U_a}{U_E} \ge 1$; $R_i \sim \infty$, $R_a = 0$

**Invertierender OPV:**




Impedanzwandler bei $R_2 = R_1 = 0\Omega$

S = virtuelle Masse; $U_s = 0V$

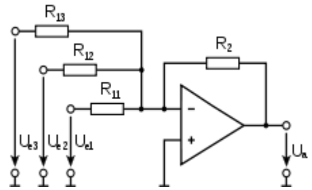
Ideal: $V_D = \infty$, $V_G = 0$, $R_a = 0$

$V_u = \frac{U_a}{U_e} = -(\frac{R_2}{R_1})$

Eingangswiderstand: $R_e = \frac{U_e}{I_e} = R_1$

(ideal: unendlich)

**Addierer:**




$U_a = -R_2 * (\frac{U_{e1}}{R_{11}} + \frac{U_{e2}}{R_{12}} + \frac{U_{e3}}{R_{13}})$

**Schmitt-Trigger:**

Entgegenwirken von Dispersion, Entprellen von Schaltern

**De-Morgan:**

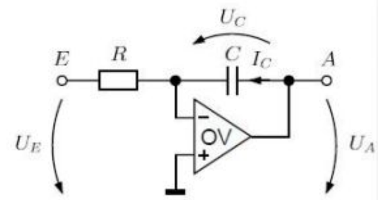
$\overline{AB} = \overline{A} + \overline{B}$, $\overline{A+B} = \overline{A} * \overline{B}$

$ab = \overline{\overline{A} + \overline{B}}$, $a + b = \overline{\overline{A} * \overline{B}}$

DNF zu KNF durch ablesen der Terme bei y = 0 und einmalige Negation

Bei KV Diagramm Potenzen von 2 zusammenfassen

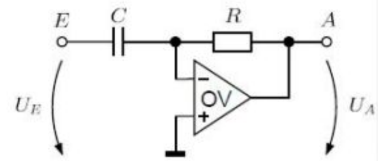
## Integrier-Schaltung (invertierend)




$$I_C(t) = C\,\frac{dU_C(t)}{dt}$$

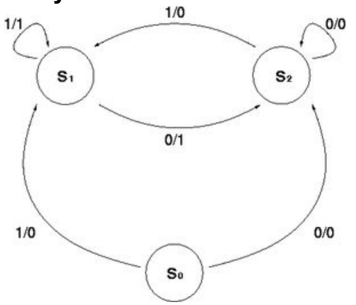
$$U_A(t) = U_A(t_0) - \frac{1}{R\cdot C}\int_{t_0}^{t} U_E(\tau)\,d\tau$$

## Differenzier-Schaltung (invertierend)

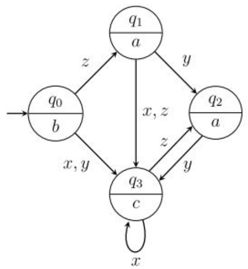



$$U_A(t) = -R\cdot C\,\frac{dU_E(t)}{dt}$$

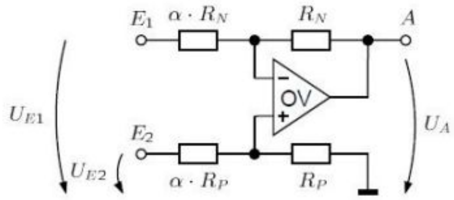
## Mealy-Automat:




## Moore-Automat:

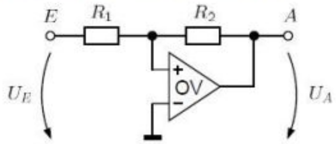



## Substrahier-Schaltung



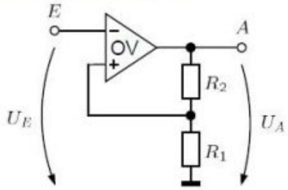

$$U_A = \frac{1}{\alpha}\cdot(U_{E2} - U_{E1})$$

## Schmitt-Trigger (nichtinvertierend)




$$U_A = \begin{cases} U_{Amax} & für\ U_E > U_{SL} = -\frac{R_1}{R_2}\cdot U_{Amin} \\ U_{Amin} & für\ U_E < U_{SH} = -\frac{R_1}{R_2}\cdot U_{Amax} \end{cases}$$

## Schmitt-Trigger (invertierend)




$$U_A = \begin{cases} U_{Amax} & für\ U_E < U_{SL} = \frac{R_1}{R_1+R_2}\cdot U_{Amin} \\ U_{Amin} & für\ U_E > U_{SH} = \frac{R_1}{R_1+R_2}\cdot U_{Amax} \end{cases}$$

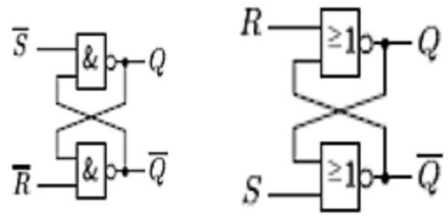
Aufladung Kondensator:

$U_a(t) = k_1 + k_2(1 - e^{\frac{-t-t_0}{R*C}})$ k1 start, k2 d(max)

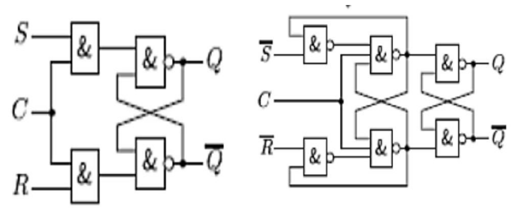
$U_a(t) = (e^{\frac{-t-t_0}{R*C}})$ k2 Startzustand

| Übergang | | SR-FF | | JK-FF | | D-FF | T-FF |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $Q \rightarrow Q^+$ | | $S$ | $R$ | $J$ | $K$ | $D$ | $T$ |
| 0 | 0 | 0 | X | 0 | X | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | X | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 0 | 1 | X | 1 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | X | 0 | X | 0 | 1 | 0 |

## RS-Basisflipflop (NAND, NOR), Asynchron:




## Taktzustandsgesteuert / -1-Flanken:



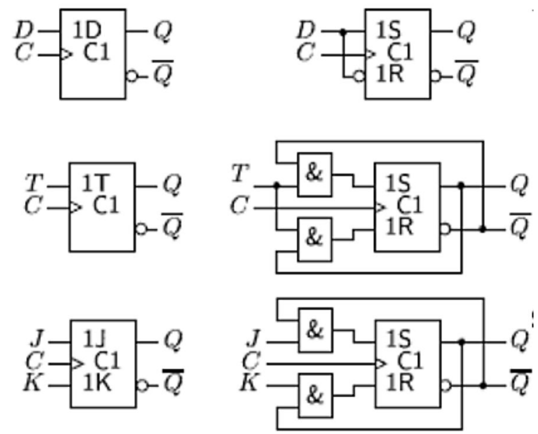

### Wahrheitstabelle (taktflankengesteuertes JK-Flip-Flop)

| C | K | J | $Q_1$ | $Q_2$ | Funktion |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 > 1 | 0 | 0 | n | n | Speichern |
| 0 > 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | Setzen |
| 0 > 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | Rücksetzen |
| 0 > 1 | 1 | 1 | X | X | Wechseln (Toggeln) |

**Dispersion:** Zerstreuung - Wellen unterschiedlicher Wellenlängen breiten sich auf Leitungen unterschiedlich schnell aus (hohe Frequenz -> langsamer). Rechtecksignal - Zusammengesetzt aus Sinussignalen -> Bei Dispersion unterschiedlich schnell

**Dämpfung:** Minderung der Signalenergie beim Durchlaufen der Leitung (hohe f -> hohe Dämpfung)

| Kurzzeichen | Name | Potenz |
|---|---|---|
| G | Giga | $10^9$ |
| M | Mega | $10^6$ |
| k | Kilo | $10^3$ |
| d | Dezi | $10^{-1}$ |
| c | Centi | $10^{-2}$ |
| m | Milli | $10^{-3}$ |
| μ | Mikro | $10^{-6}$ |
| n | Nano | $10^{-9}$ |
| p | Pico | $10^{-12}$ |




*Dreieck am Clock:* Taktflankengesteuert
*Schalttabelle:* Eingabe, FlipFlop-Werte und FlipFlop-Parameter links, rechts Ausgabe und neue FlipFlop-Zustände

## Maßeinheiten:

| Physikalische Größe | Formelzeichen | Maßeinheit | |
|---|---|---|---|
| Frequenz | $f, \nu$ | $\frac{1}{s} = Hz$ | Hertz |
| Kreisfrequenz | $\omega$ | $\frac{rad}{s}$ | |
| Geschwindigkeit | $v$ | $\frac{m}{s}$ | |
| Beschleunigung | $a$ | $\frac{m}{s^2}$ | |
| Kraft | $F$ | $kg\cdot\frac{m}{s^2} = N$ | Newton |
| Druck | $p$ | $\frac{kg}{ms^2} = \frac{N}{m^2} = Pa$ | Pascal |
| Arbeit, Energie | $W, E$ | $kg\cdot\frac{m^2}{s^2} = Nm = J$ | Joule |
| Leistung | $P$ | $kg\cdot\frac{m^2}{s^3} = W$ | Watt |
| Wärme | $Q$ | $kg\cdot\frac{m^2}{s^2} = Nm = J$ | Joule |
| elektrische Ladung | $Q_e$ | $A\cdot s = C$ | Coulomb |
| elektrische Spannung | $U$ | $\frac{kgm^2}{As^3} = \frac{W}{A} = V$ | Volt |
| elektrischer Widerstand | $R$ | $\frac{kgm^2}{A^2s^3} = \frac{V}{A} = \Omega$ | Ohm |
| Kapazität | $C$ | $\frac{s^4A^2}{kgm^2} = \frac{C}{V} = F$ | Farad |
| magnetische Induktion | $B$ | $\frac{kg}{As^2} = T$ | Tesla |
| Induktivität | $L$ | $\frac{kgm^2}{s^2A^2} = H$ | Henry |
| Lichtstärke | $L$ | $cd$ | Candela |
| Energiedosis | $D$ | $\frac{m^2}{s^2} = Gy$ | Gray |
| Aktivität | $A$ | $\frac{1}{s} = Bq$ | Bequerel |

## Konstanten:

$c = 2,998 * 10^8\frac{m}{s}$ (Vakuum, Leitung ca. 2*...)

$e = 1,602 * 10^{-19} As$ (Elementarladung)

$h = 6,626 * 10^{-34} Js$ (Plancksches Quantum)

$\varepsilon_0 = 8,854 * 10^{-12}\frac{As}{Vm}$ (Elektrische Feldk.)

$\mu_0 = 4 * \pi * 10^{-7}\frac{Vs}{Am}$ (Magnetische Feldk.)