

Elektronika alapjai képletgyűjtemény

Tartalomjegyzék

1. Hálózati alapok	3
1.1. Ohm-törvény	3
1.2. Teljesítmény	3
1.3. Kapcsolások	3
1.3.1. Soros	3
1.3.2. Párhuzamos	3
1.4. Kapacitás (kondenzátor)	4
1.4.1. Alapok	4
1.4.2. Soros kapcsolás	4
1.4.3. Párhuzamos kapcsolás	4
1.5. Induktivitás (tekerces)	4
1.5.1. Alapok	4
1.5.2. Soros kapcsolás	4
1.5.3. Párhuzamos kapcsolás	4
2. RC hálózat	5
2.1. Alapok	5
2.2. Időfüggvény feltöltésnél (bekapcsolás)	5
2.3. Időfüggvény kisütésnél (kikapcsolás)	5
2.4. Állandósult állapotól történő eltérés	5
2.4.1. Abszolút eltérés	5
2.4.2. Százalékos eltérés	5
3. Dióda	6
4. CMOS	6
4.1. Késleltetés	6
4.2. Töltéspumpálás	6
4.3. Teljesítmény (fogyasztás)	6
4.4. DRAM	7
4.4.1. Bitvonal feszültségváltozása	7
4.4.2. Töltésmennyiség, szivárgás	7
4.4.3. Szivárgási áram	7
5. Analóg elektronika	8
5.1. Valós feszültségforrás	8
5.2. Thévenin-tétel	8
5.2.1. Üresjárás feszültség	8
5.2.2. Rövidzárási áram	8
5.2.3. Belső ellenállás	8
5.3. Erősítő	8
5.3.1. Feszültségérsítés	8
5.3.2. Terhelés (kimenet) feszültsége	8
5.4. dB skála	9
5.5. dB-erősítés	9
5.6. dB-milliwatt (dBm)	9
5.7. Műveleti erősítő	9
5.7.1. Alapok	9
5.7.2. Neminvertáló alapkapsolás	9
5.7.3. Invertáló alapkapsolás	9
5.7.4. Invertáló összeadó erősítő	9
5.7.5. Differenciálerősítő (kivonó)	10

5.7.6.	Mérőerősítő	10
5.7.7.	RC-integrátor	10
5.8.	Oscillátor	10
5.8.1.	Pontosság	10
5.8.2.	Maximális késés	10
5.8.3.	Maximális eltérés	10

1. Hálózati alapok

1.1. Ohm-törvény

$$R = \frac{U}{I} \text{ [}\Omega\text{]} \quad I = \frac{U}{R} \text{ [A]} \quad U = IR \text{ [V]}$$

1.2. Teljesítmény

$$P = UI = I^2R = \frac{U^2}{R} \text{ [W]}$$

$$R = \frac{P}{I^2} = \frac{U^2}{P} \quad I = \frac{P}{U} = \sqrt{\frac{P}{R}} \quad U = \frac{P}{I} = \sqrt{PR}$$

1.3. Kapcsolások

1.3.1. Soros

- A sorba kapcsolt ellenállások **árama megegyezik**.
- A **bemenő feszültség** az egyes ellenállásokon **megoszlik** azok arányában:

$$U_i = U_{\text{in}} \frac{R_i}{\sum_i R_i}$$

- Az **eredő** ellenállás a sorba kapcsolt **ellenállások összege**:

$$R = \sum_i R_i$$

1.3.2. Párhuzamos

- A párhuzamosan kapcsolt ellenállásokba **befolyó áram** a **vezetések** ($G = \frac{1}{R}$) arányában oszlik meg:

$$I_i = I_{\text{in}} \frac{G_i}{\sum_i G_i} = I_{\text{in}} \frac{1}{R_i \sum_i \frac{1}{R_i}}$$

- A párhuzamosan kapcsolt ellenállások **feszültsége megegyezik**.
- Párhuzamos ellenállások **eredője**:

$$R = \frac{1}{\sum_i \frac{1}{R_i}} \quad 2 \text{ ellenállásra: } R = R_1 \times R_2 = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

1.4. Kapacitás (kondenzátor)

1.4.1. Alapok

$$Q = CU \text{ [C]} \quad C = \frac{Q}{U} \text{ [F]} \quad U = \frac{Q}{C} \text{ [V]}$$
$$I = \frac{CU}{t} = \frac{Q}{t} \text{ [A]} \quad W_C = \frac{1}{2}CU^2 \text{ [J]}$$

1.4.2. Soros kapcsolás

Sorba kapcsolt kapacitások eredője a **reciprokösszeg reciproka**:

$$C = \frac{1}{\sum_i \frac{1}{C_i}}$$

1.4.3. Párhuzamos kapcsolás

Párhuzamosan kapcsolt kapacitások eredője **összeadódik**:

$$C = \sum_i C_i$$

1.5. Induktivitás (tekercs)

1.5.1. Alapok

$$U = L \frac{dI}{dt} \text{ [V]} \quad L = \frac{1}{U} \frac{dI}{dt} \text{ [H]}$$

1.5.2. Soros kapcsolás

Sorba kapcsolt induktivitások eredője **összeadódik**:

$$L = \sum_i L_i$$

1.5.3. Párhuzamos kapcsolás

Párhuzamosan kapcsolt induktivitások eredője a **reciprokösszeg reciproka**:

$$L = \frac{1}{\sum_i \frac{1}{L_i}}$$

2. RC hálózat

2.1. Alapok

$$\tau = RC \text{ [s]} \quad 5\tau \implies \Delta U < 1\% \quad \text{DE: } C \frac{dU_C}{dt} = \frac{U_0 - U_C}{R}$$

2.2. Időfüggvény feltöltésnél (bekapcsolás)

$$U_C(t) = U_0 \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right) \quad I_C(t) = \frac{U_0}{R} e^{-\frac{t}{\tau}}$$

$$t = -\tau \cdot \ln \left(1 - \frac{U_C(t)}{U_0}\right) \quad \tau = -\frac{t}{\ln \left(1 - \frac{U_C(t)}{U_0}\right)}$$

2.3. Időfüggvény kisütésnél (kikapcsolás)

$$U_C(t) = U_C(0) e^{-\frac{t}{\tau}} \quad I_C(t) = -\frac{U_C(0)}{R} e^{-\frac{t}{\tau}}$$

$$t = \tau \cdot \ln \left(\frac{U_C(0)}{U_C(t)}\right) \quad \tau = \frac{t}{\ln \left(\frac{U_C(0)}{U_C(t)}\right)}$$

2.4. Állandósult állapottól történő eltérés

2.4.1. Abszolút eltérés

$$\Delta U = U_0 - U_C(t) = U_0 \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$$

$$\Delta U|_{t=\tau} = U_0 \cdot e^{-\frac{\tau}{\tau}} = U_0 \cdot e^{-1} \approx 0.37U_0 \quad \Delta U|_{t=5\tau} = U_0 \cdot e^{-\frac{5\tau}{\tau}} = U_0 \cdot e^{-5} \approx 0.0067U_0$$

2.4.2. Százalékos eltérés

$$\frac{\Delta U}{U_0} = e^{-\frac{t}{\tau}}$$

$$\frac{\Delta U}{U_0} \Big|_{t=\tau} = e^{-\frac{\tau}{\tau}} = e^{-1} \approx 37\% \quad \frac{\Delta U}{U_0} \Big|_{t=5\tau} = e^{-\frac{5\tau}{\tau}} = e^{-5} \approx 0.67\%$$

3. Dióda

$$I_D = I_0 \left(e^{\frac{V}{nV_{TH}}} - 1 \right) \quad I_D = \frac{V_0 - V_D}{R_t}$$

$$V_0 = IR_t + V_D \quad R_t = \frac{V_0 - V_D}{I_D}$$

$$10^{-14} < I_0 < 10^{-15} \quad 1 < n < 2$$

$$V_{TH} = 26 \text{ mV} \quad V_{D_{Si}} \approx 0.7 \text{ V} \quad V_{D_{Ge}} \approx 0.3 \text{ V}$$

4. CMOS

4.1. Késleltetés

$$t_{pd} \sim \frac{CV_{dd}}{I} \quad Q = CV_{dd} \quad I \sim V_{dd}^2$$

4.2. Töltéspumpálás

$$E_C = \frac{1}{2} C_L V_{dd}^2 \quad E = CV_{dd}^2 \quad P = \frac{E}{T} = fCV_{dd}^2$$

$$P \sim fV_{dd}^2 \quad W \sim V_{dd}^2$$

A kimenet megváltozási valószínűsége: $P(\text{megváltozik}) = p - \frac{p^2}{2}$

$$0 < p < 1 : P = pfCV_{dd}^2 \quad (\text{teljesítmény valószínűséggel})$$

4.3. Teljesítmény (fogyasztás)

$$E = P \cdot t \quad P = \frac{E}{t} \quad t = \frac{E}{P}$$

$$P|_{\text{kWh}} = \frac{P|_W}{1000}$$

4.4. DRAM

4.4.1. Bitvonal feszültégváltozása

$$V_{\text{dd}} \rightarrow \alpha V_{\text{dd}} : \Delta V = \alpha V_{\text{dd}} \frac{C_S}{C_S + C_{BL}} \quad (0 < \alpha < 1)$$

4.4.2. Töltésmennyiség, szivárgás

$$V = \frac{\alpha V_{\text{dd}} C_{BL} + V_S C_S}{C_{BL} + C_S}$$

$$q = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ (töltés)} \implies n = \frac{CV}{q} \text{ (elektronok száma)}$$

4.4.3. Szivárgási áram

$$C \rightarrow \beta C : t = \frac{Q}{I} = \beta \frac{CV}{I} \quad (0 < \beta < 1)$$

$$\Delta T : T_0 \rightarrow T_1 \text{ [}^\circ\text{C]} \implies I_{\Delta T} = I \cdot 10^{\frac{T_1 - T_0}{30}}$$

5. Analóg elektronika

5.1. Valós feszültségforrás

$$V_{cc} = V_G - IR_G$$

5.2. Thévenin-tétel

5.2.1. Üresjárási feszültség

$$V_{out} = V_{cc} \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

5.2.2. Rövidzárási áram

$$I_S = \frac{V_{cc}}{R_1}$$

5.2.3. Belső ellenállás

$$R_G = \frac{V_G}{I_S} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = R_1 \times R_2$$

5.3. Erősítő

5.3.1. Feszültségerősítés

$$A = \frac{V_{out}}{V_{in}}$$

5.3.2. Terhelés (kimenet) feszültsége

$$V_L = V_G \frac{R_{in}}{R_{in} + R_G} \cdot A \frac{R_L}{R_L + R_{out}}$$

- V_G : Generátorfeszültség
- A : Erősítés
- R_{in} : Bemeneti ellenállás
- R_G : Generátor belső ellenállása
- R_{out} : Kimeneti ellenállás
- R_L : Terhelő ellenállás

5.4. dB skála

5.5. dB-erősítés

$$A|_{\text{dB}} = 20 \cdot \lg \left(A \cdot \frac{R_{\text{in}}}{R_{\text{in}} + R_G} \cdot \frac{R_L}{R_L + R_{\text{out}}} \right)$$

5.6. dB-milliwatt (dBm)

$$P|_{\text{dBm}} = 10 \cdot \lg \left(\frac{P|_{\text{mW}}}{1 \text{ mW}} \right) \iff P|_{\text{mW}} = 1 \text{ mW} \cdot 10^{\frac{P|_{\text{dBm}}}{10}}$$

$$A|_{\text{dBm}} = 20 \cdot \lg \left| \frac{V_2}{V_1} \right|$$

5.7. Műveleti erősítő

5.7.1. Alapok

$$A_D = \infty \quad R_{\text{in}} = \infty \quad R_{\text{out}} = 0 \quad (\text{ideális})$$
$$V_{\text{out}} = A_D(V_+ - V_-)$$

5.7.2. Neminvertáló alapkapsolás

$$R_{\text{in}} \rightarrow \infty \quad R_{\text{out}} \rightarrow 0$$

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

5.7.3. Invertáló alapkapsolás

$$R_{\text{in}} = R_1 \quad R_{\text{out}} \rightarrow 0$$

$$A = -\frac{R_2}{R_1}$$

5.7.4. Invertáló összeadó erősítő

$$\forall i : V_i \rightarrow A_i = -\frac{R}{R_i} \quad (R: \text{ visszacsatoló ellenállás})$$

$$V_{\text{out}} = -\sum_i \frac{R}{R_i} V_i \quad (\text{szuperpozíció})$$

5.7.5. Differenciálerősítő (kivonó)

$$V_+ = \frac{R_2}{R_1} V_1 \quad V_- = -\frac{R_2}{R_1} V_2$$

$$V_{\text{out}} = \frac{R_2}{R_1} (V_+ - V_-)$$

5.7.6. Mérőerősítő

$$I_{R_G} = \frac{V_+ - V_-}{R_G} \quad A_D = 1 + \frac{2R_1}{R_G}$$

$$V_{\text{out}} = A_D \frac{R_3}{R_2} (V_+ - V_-)$$

5.7.7. RC-integrátor

$$V_{\text{out}}(t) = V_{\text{out}}(0) - \frac{V_{\text{in}} \cdot t}{RC}$$

$$t = \frac{V_{\text{max}} RC}{V_{\text{in}}} \text{ [s]} \quad (\text{integrálhatóság hiba nélkül})$$

5.8. Oszcillátor

5.8.1. Pontosság

$$p = 10^{-6} \text{ [ppm]}$$

5.8.2. Maximális késés

$$\Delta T|_s = p \quad \Delta T|_m = 60p$$

$$\Delta T|_h = 3600p \quad \Delta T|_{\text{nap}} = 86400p$$

5.8.3. Maximális eltérés

$$\Delta t|_s = \frac{1}{\Delta T|_s} = \frac{1}{p} \quad \Delta t|_m = \frac{1}{\Delta T|_m} = \frac{1}{60p}$$

$$\Delta t|_h = \frac{1}{\Delta T|_h} = \frac{1}{3600p} \quad \Delta t|_{\text{nap}} = \frac{1}{\Delta T|_{\text{nap}}} = \frac{1}{86400p}$$