



# Jelgenerátorok

ELEKTRONIKA\_2



# TEMATIKA

---

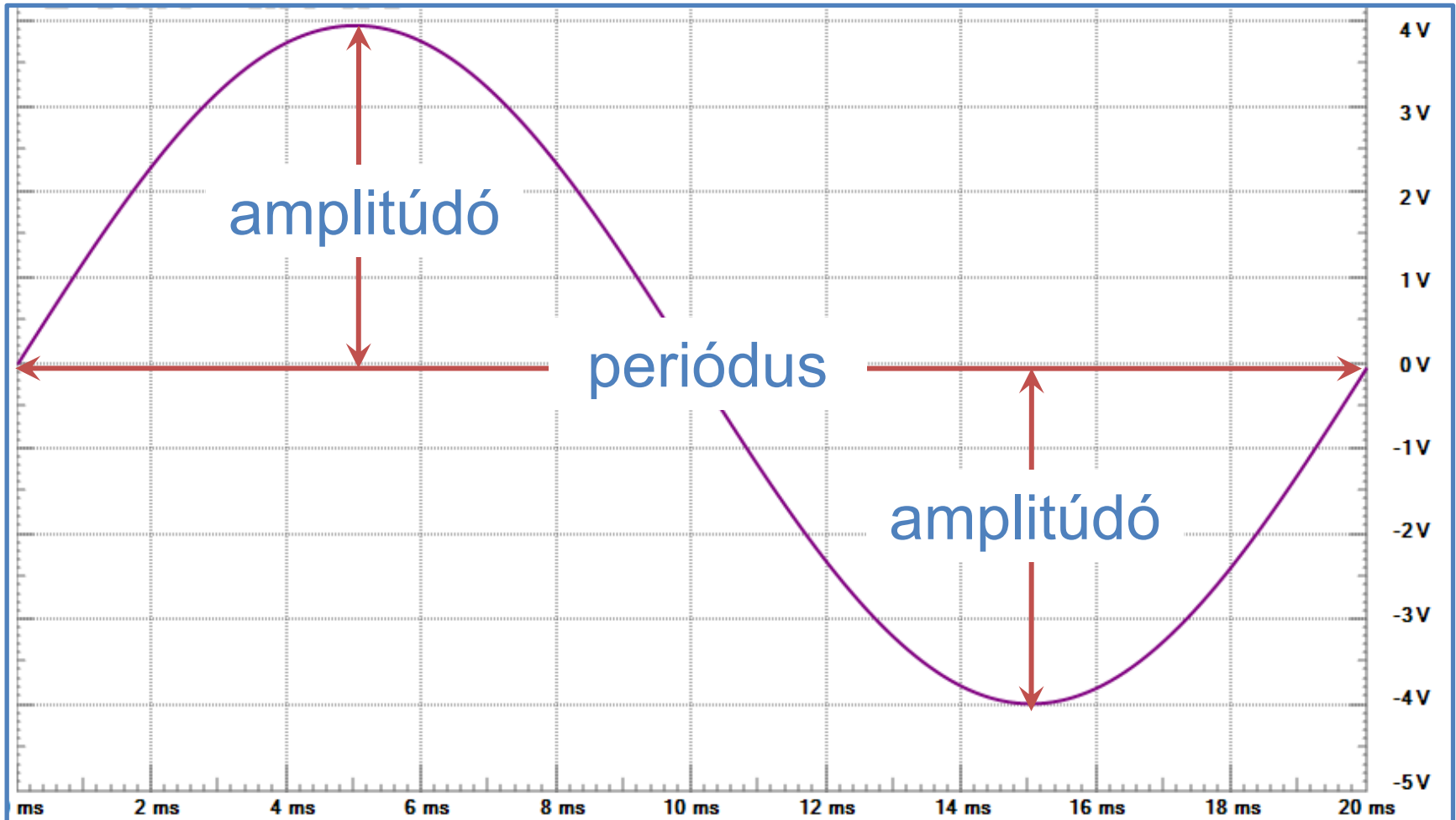
- Jelgenerátorok osztályozása.
- Túlvezérelt erősítők. Feszültségkomparátorok.
- Visszacsatolt komparátorok. Multivibrátor.
- Pozitív visszacsatolás. Oszcillátorok.
- RC oszcillátorok. Wien hidas kapcsolás.
- LC oszcillátorok. Kvarcoszcillátorok.

# Jelgenerátorok osztályozása

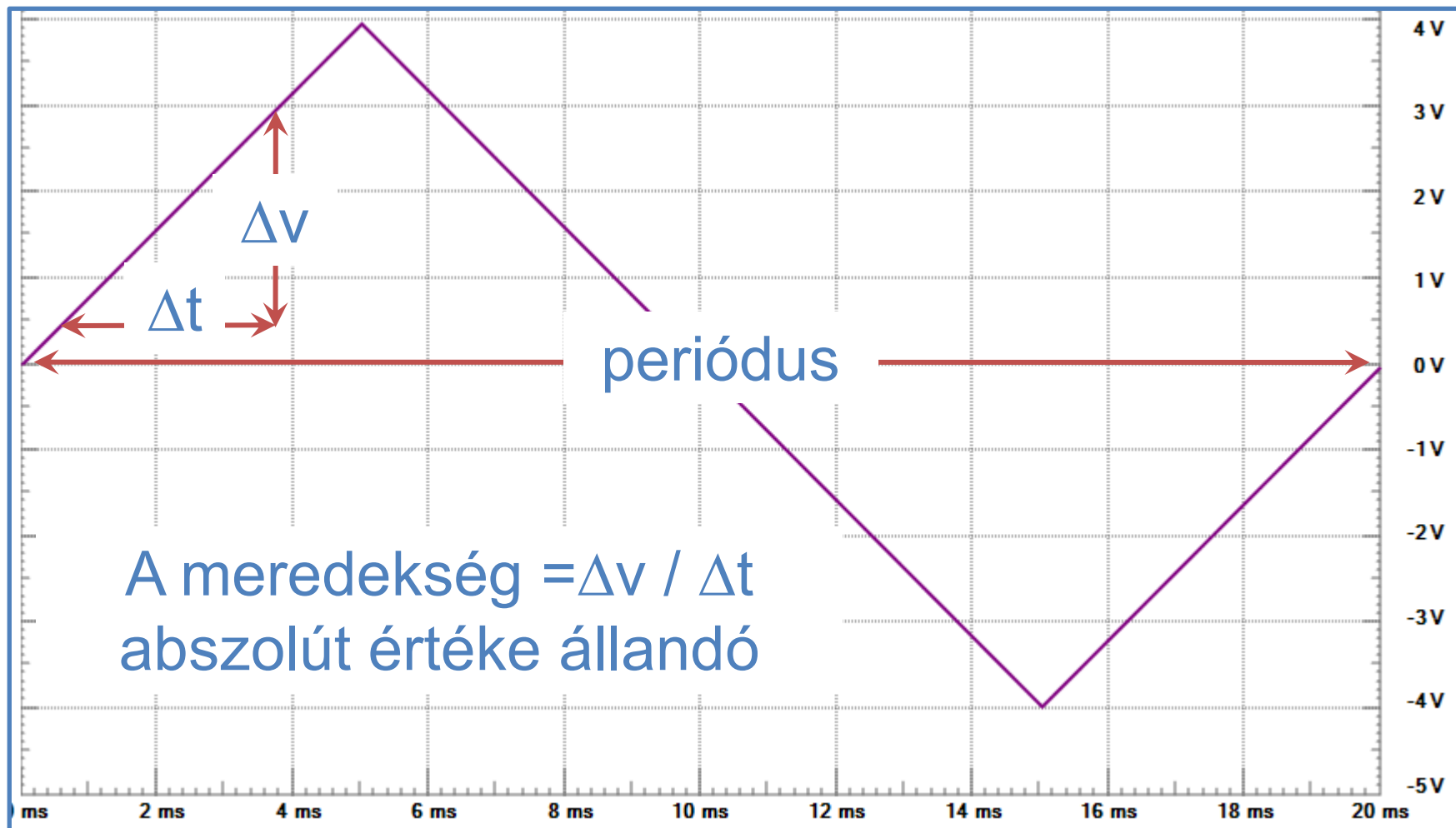
---

- Jelgenerátorok = olyan jelforrások, amelyek periodikus időfüggvényeket állítanak elő.
- Szinuszos jelgenerátorok (oszillátorok):
  - Hangfrekvenciás (RC) oszcillátorok
  - Rádiófrekvenciás (LC) oszcilátorok
- Nem szinuszos generátorok
  - Háromszögjel generátor
  - Fűrészfogjel generátor
  - Négyszögjel generátor
  - Impulzus generátor

# Szinuszos jel

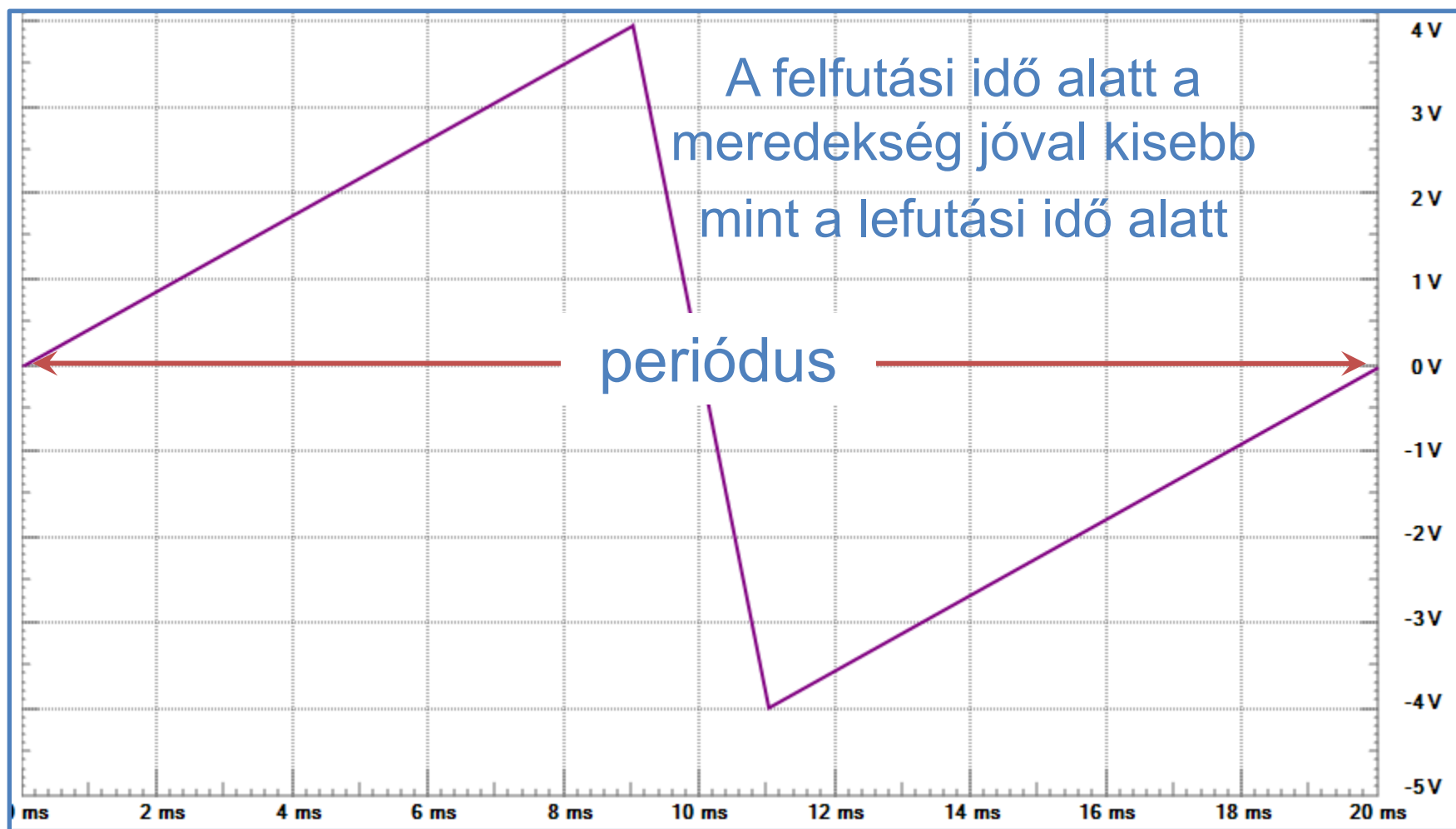


# Háromszög jel

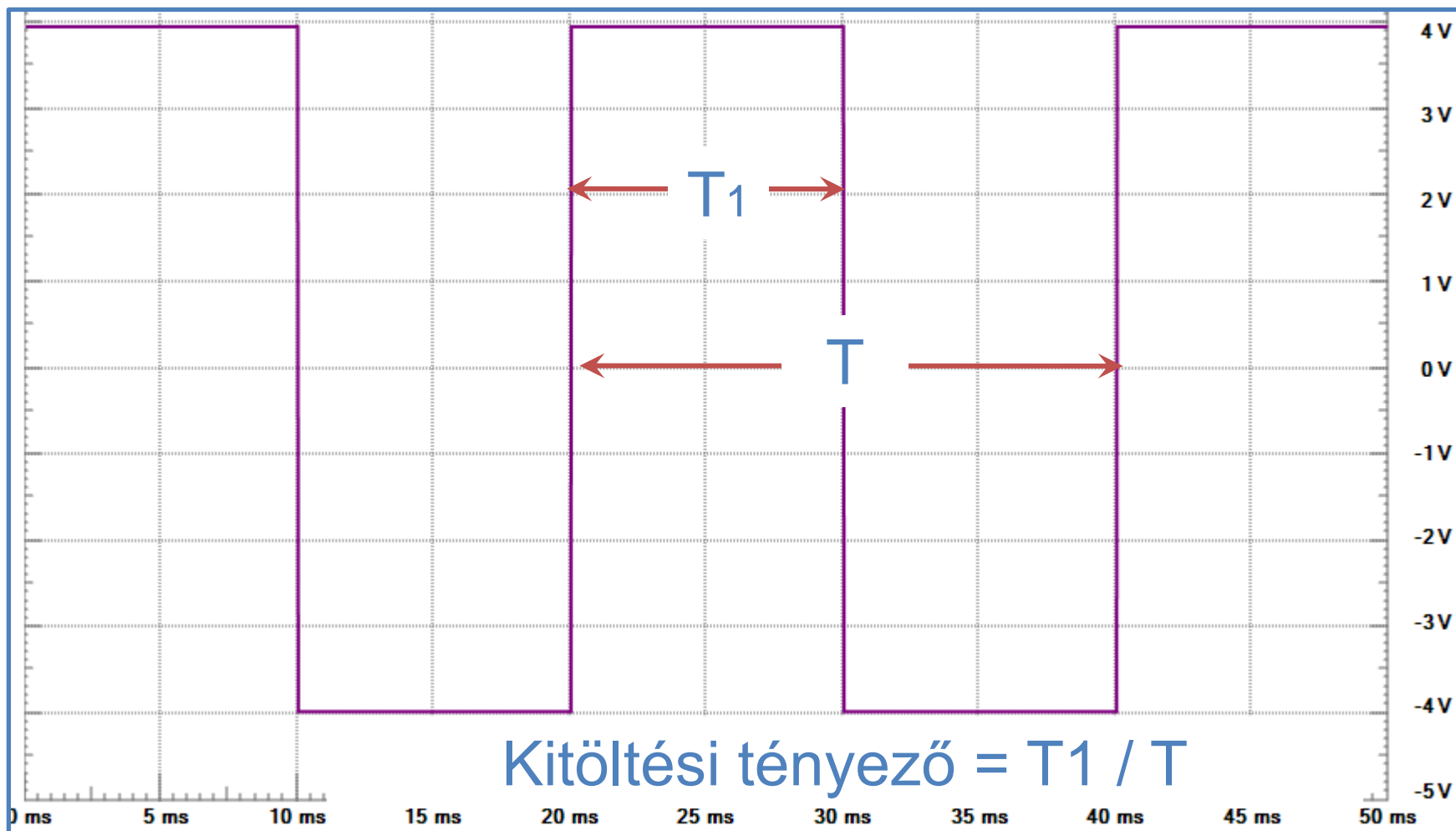


A meredekség =  $\Delta v / \Delta t$   
abszolút értéke állandó

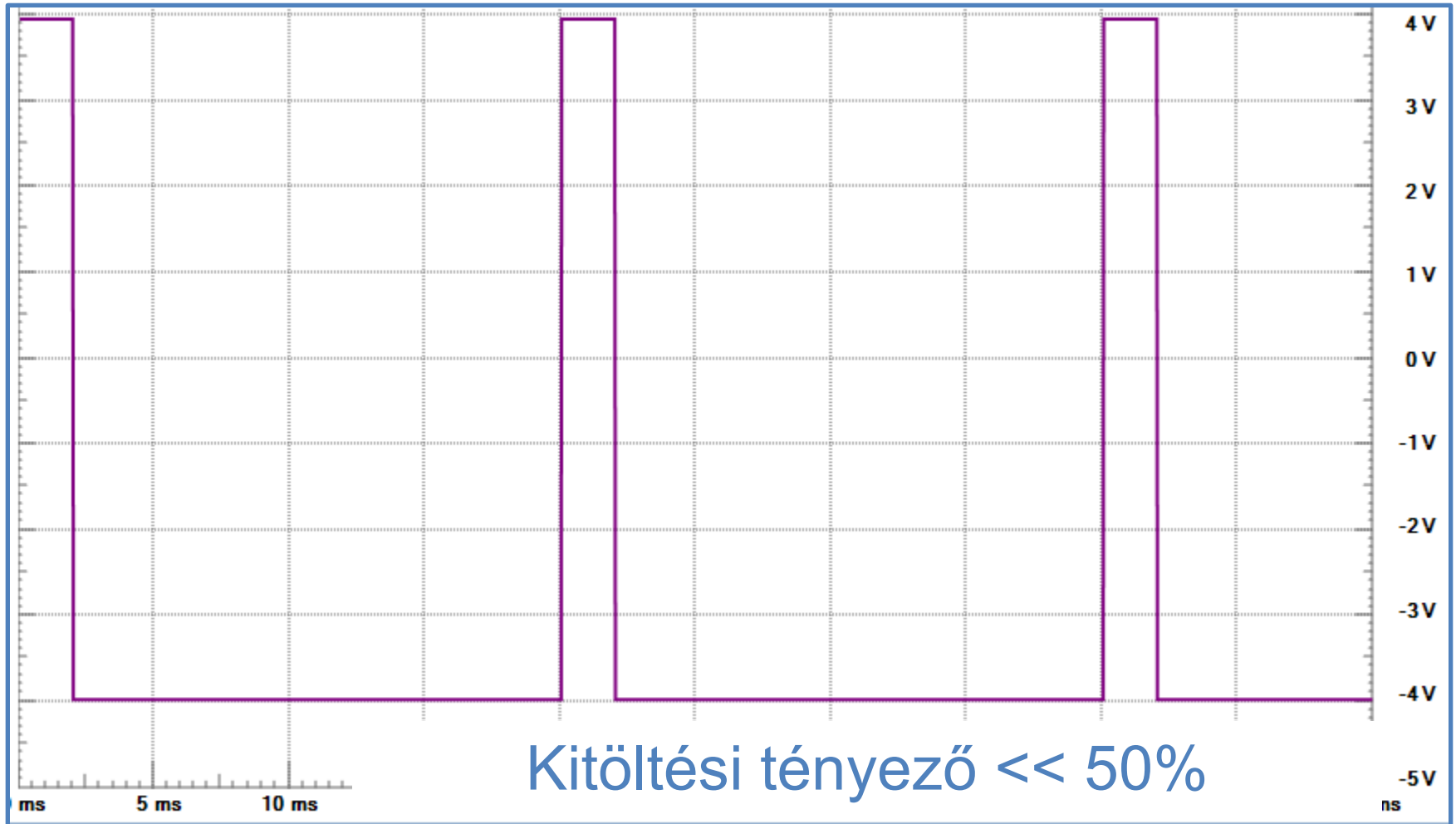
# Fűrészfog jel



# Négyszög jel



# Impulzus



# Megjegyzés

---

- A jelgenerátor áramkörök megvalósításához általában pozitív visszacsatolású erősítőket alkalmazunk.
- A pozitív visszacsatoló hálózat lehet:
  - Frekvenciafüggő (szinuszos jelgenerátorok esetében).
  - Frekvenciától független (más jelalakú generátorok esetében).
- A négyszögjel generátorok alapvető része a feszültségkomparátor. Ez nem más mint egy túlvezérelt feszültségerősítő.

# Túlvezérelt erősítők

---

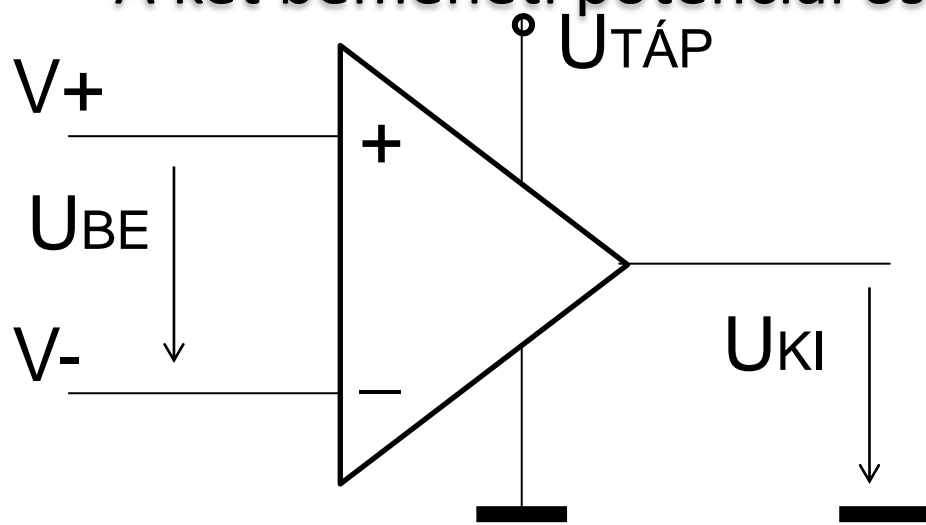
- Egy feszültségerősítő akkor túlvezérelt ha:

$$U_{BE} > \frac{U_{TÁP}}{a}$$

- $U_{BE}$  – a bemeneti feszültség
  - $U_{TÁP}$  – a tápfeszültség
  - $a$  – a feszültségerősítési tényező
- Minél nagyobb a feszültségerősítési tényező, annál kisebb bemeneti jel lehet az erősítőt túlvezérelni.

# Feszültségkomparátor

- A végtelen feszültségerősítési tényezője miatt a műveleti erősítő (negatív visszacsatolás híján), akár milyen csekély bemeneti feszültség esetében is túl lesz vezérelve.
- A kimenetnek csak két stabil állapota van: 0 és  $U_{TÁP}$
- A két bemeneti potenciál összehasonlítására alkalmas:



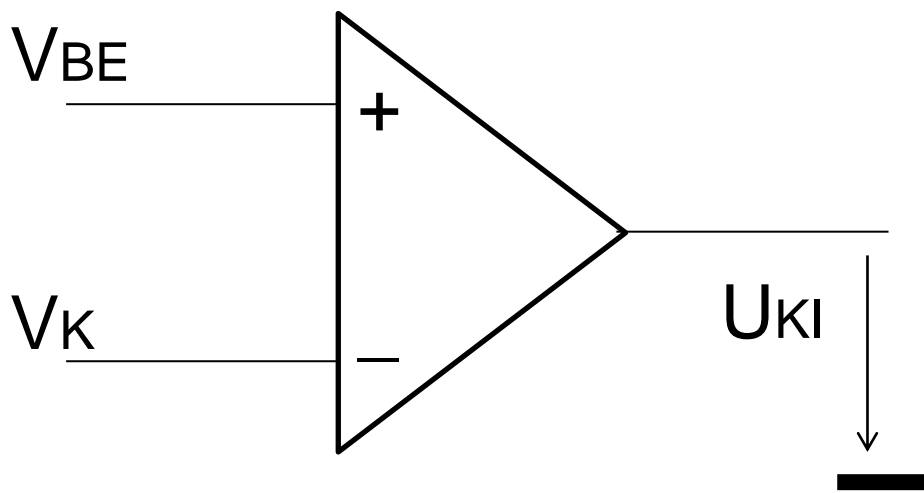
$$U_{KI} = \begin{cases} U_{TÁP}, & \text{ha } U_{BE} > 0 \\ 0, & \text{ha } U_{BE} \leq 0 \end{cases}$$

$$U_{BE} = (V+) - (V-)$$

$$U_{KI} = \begin{cases} U_{TÁP}, & \text{ha } (V+) > (V-) \\ 0, & \text{ha } (V+) \leq (V-) \end{cases}$$

# Non-invertáló komparátor

- $V_+$  az aktuális bemeneti jel,  $V_{BE}$
- $V_-$  egy állandó küszöbfeszültség,  $V_K$
- A kimeneten akkor mérünk feszültséget ha  $V_{BE} > V_K$

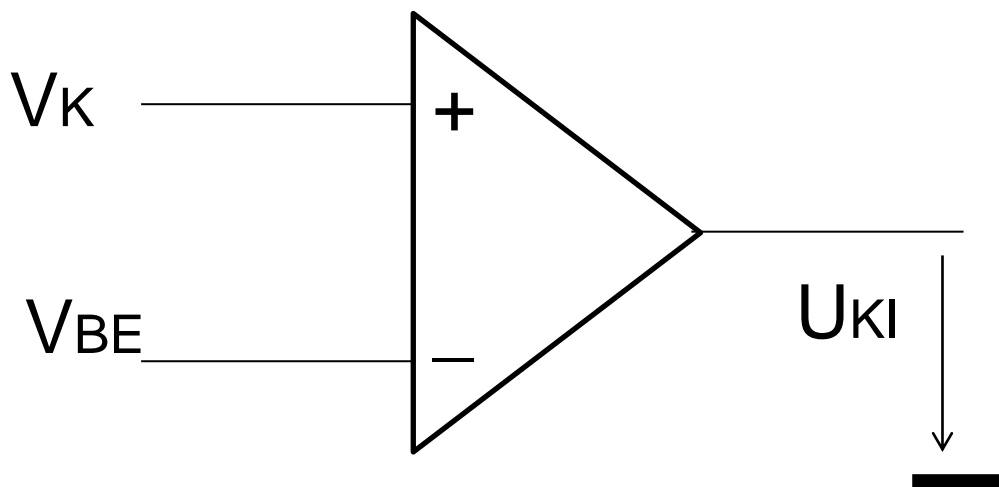


$$U_{KI} = \begin{cases} H, & \text{ha } V_{BE} > V_K \\ L, & \text{ha } V_{BE} \leq V_K \end{cases}$$

# Invertáló komparátor

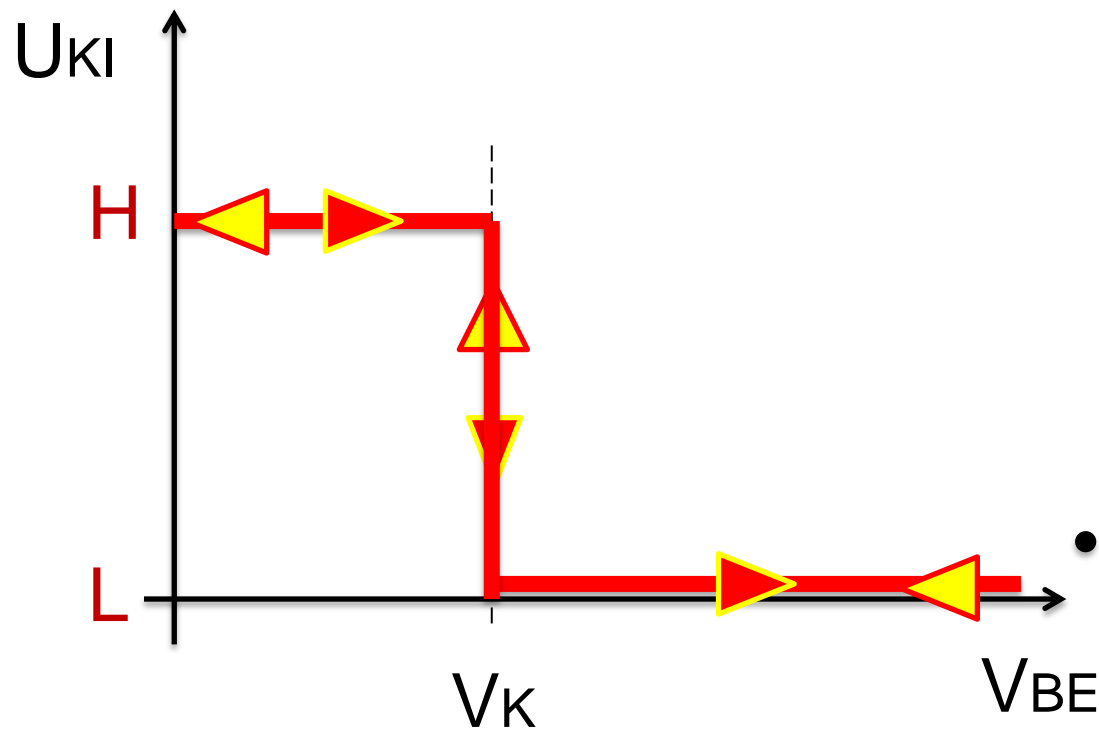
---

- $V_-$  az aktuális bemeneti jel,  $V_{BE}$
- $V_+$  egy állandó küszöbfeszültség,  $V_K$
- A kimeneten akkor mérünk feszültséget ha  $V_{BE} < V_K$



$$U_{KI} = \begin{cases} H, & \text{ha } V_{BE} < V_K \\ L, & \text{ha } V_{BE} \geq V_K \end{cases}$$

# Komparálási görbe

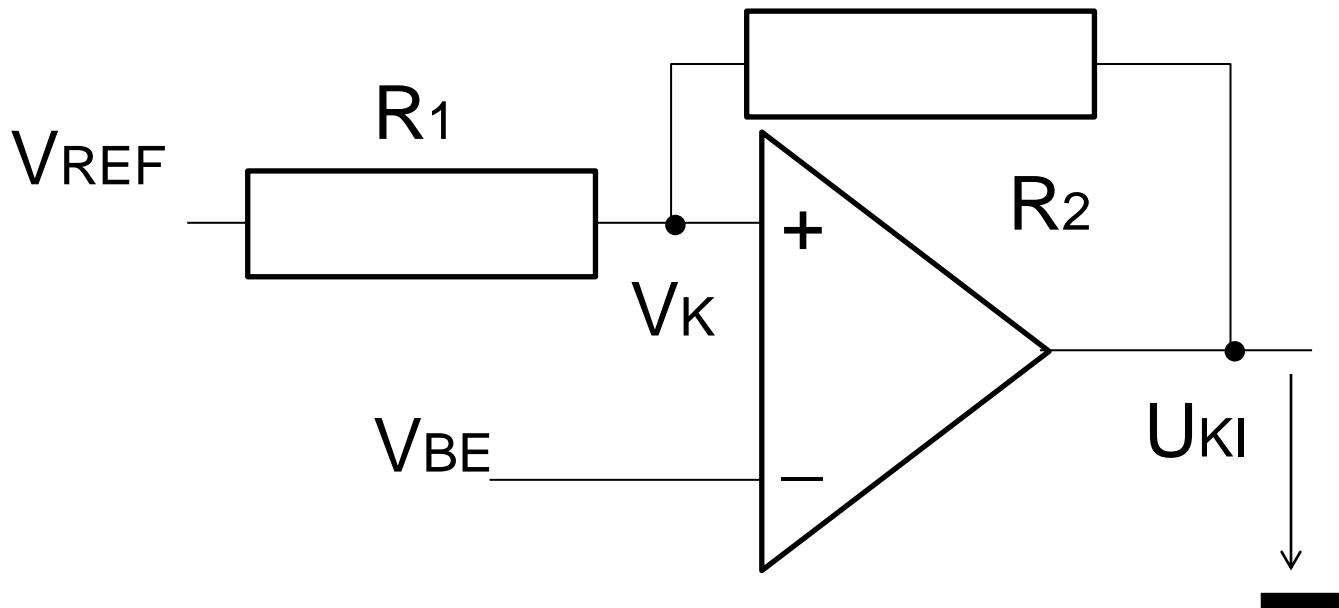


- Ha a bemeneti feszültség a küszöbfeszültségtől jóval eltér a kimenet L vagy H állapota stabil.
- Ha viszont  $V_{BE} \approx V_K$ , akkor a kimenet állapota nem stabilis.

# Visszacsatolt komparátor

- A visszacsatolás pozitív.
- A küszöbfeszültség a kimenet aktuális állapotától függ.

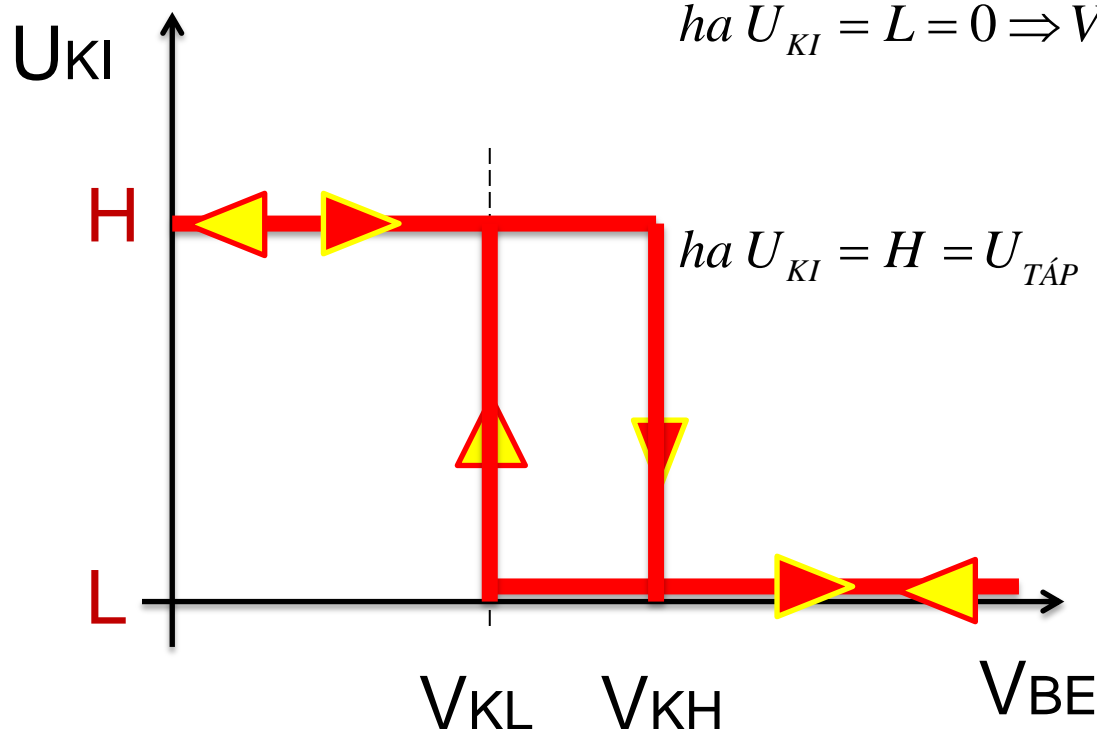
$$V_K = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot V_{REF} + \frac{R_1}{R_1 + R_2} \cdot U_{KI}$$



# Hiszterézises komparálási görbe

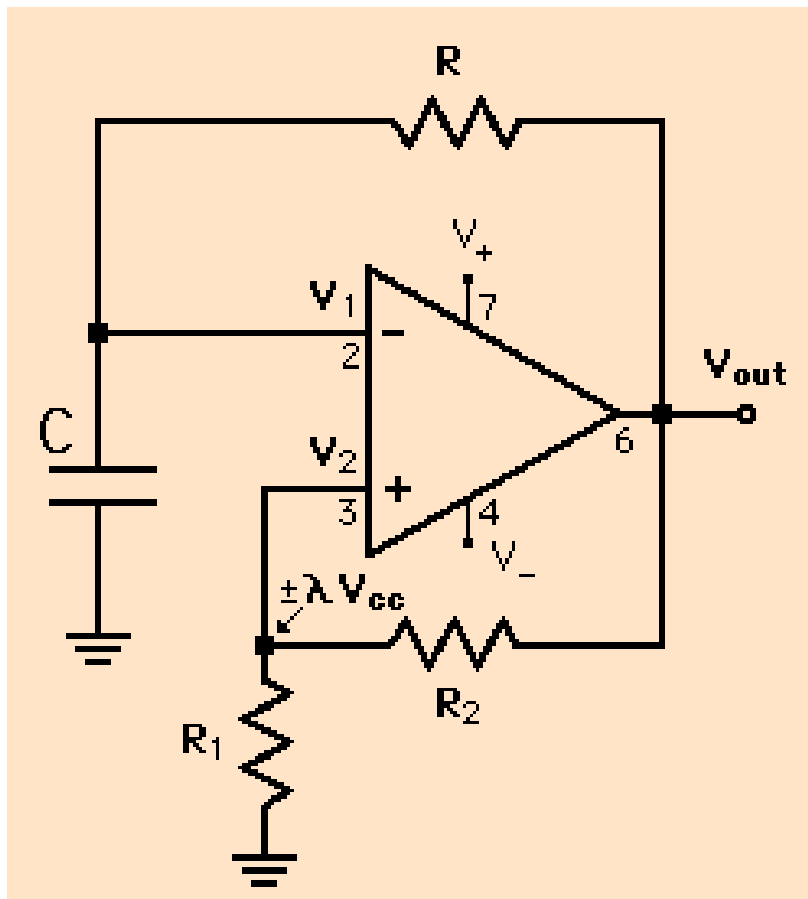
$$V_K = \frac{R2}{R1 + R2} \cdot V_{REF} + \frac{R1}{R1 + R2} \cdot U_{KI}$$

$$ha U_{KI} = L = 0 \Rightarrow V_K = \frac{R2}{R1 + R2} \cdot V_{REF} = V_{KL}$$



$$ha U_{KI} = H = U_{TÁP} \Rightarrow V_K = V_{KL} + \frac{R1}{R1 + R2} \cdot U_{TÁP} = V_{KH}$$

# Alkalmazási példa: négyszögjel generátor



$$\lambda = \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

$$T = 2RC \ln \left[ \frac{1 + \lambda}{1 - \lambda} \right]$$

## ●Példaként:

$$R_1 = R_2 = R = 20k\Omega$$

$$C = 1\mu F$$

$$\lambda = 0.5$$

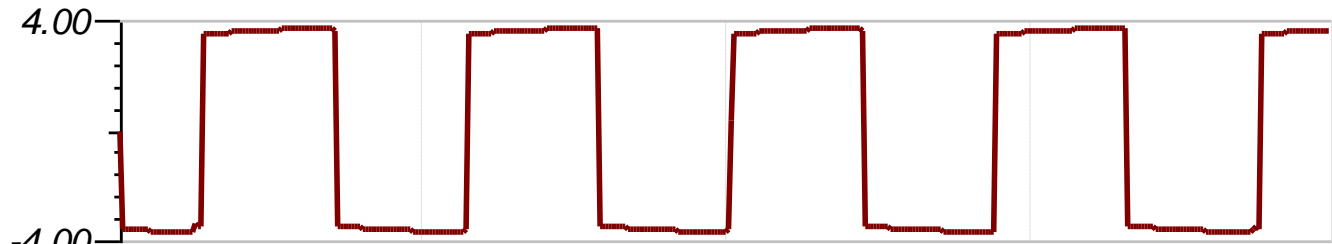
$$\ln \left( \frac{1 + \lambda}{1 - \lambda} \right) = \ln(3) = 1,1$$

$$T = 2,2RC = 44ms \Rightarrow f = \frac{1}{T} = 22,7Hz$$

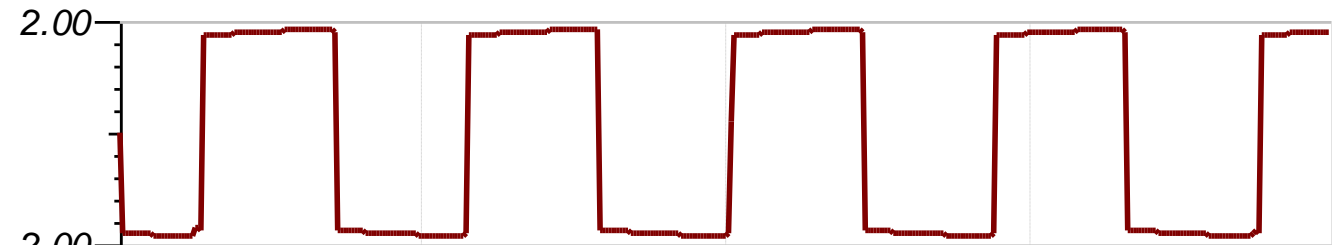
# Működés szimulálása (TINA)

---

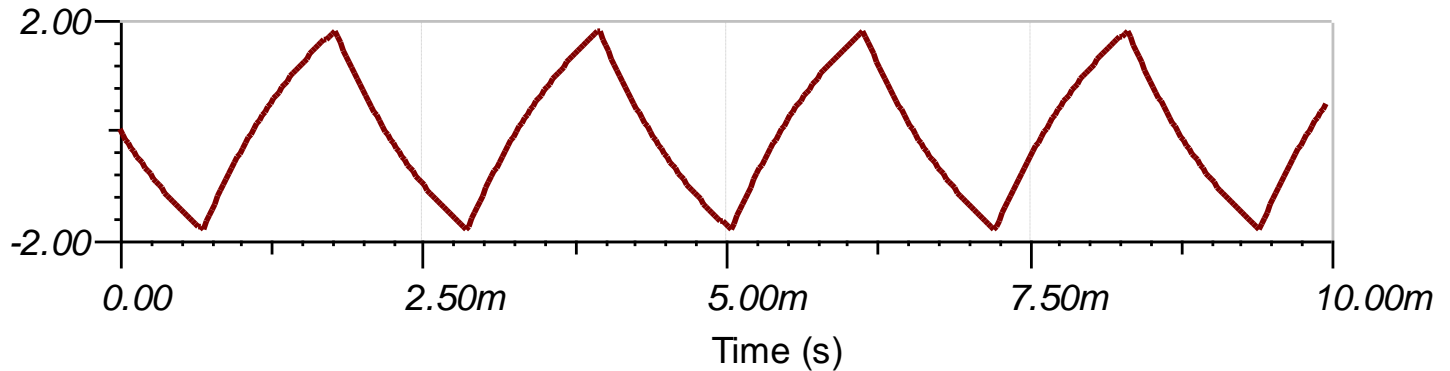
kimenet



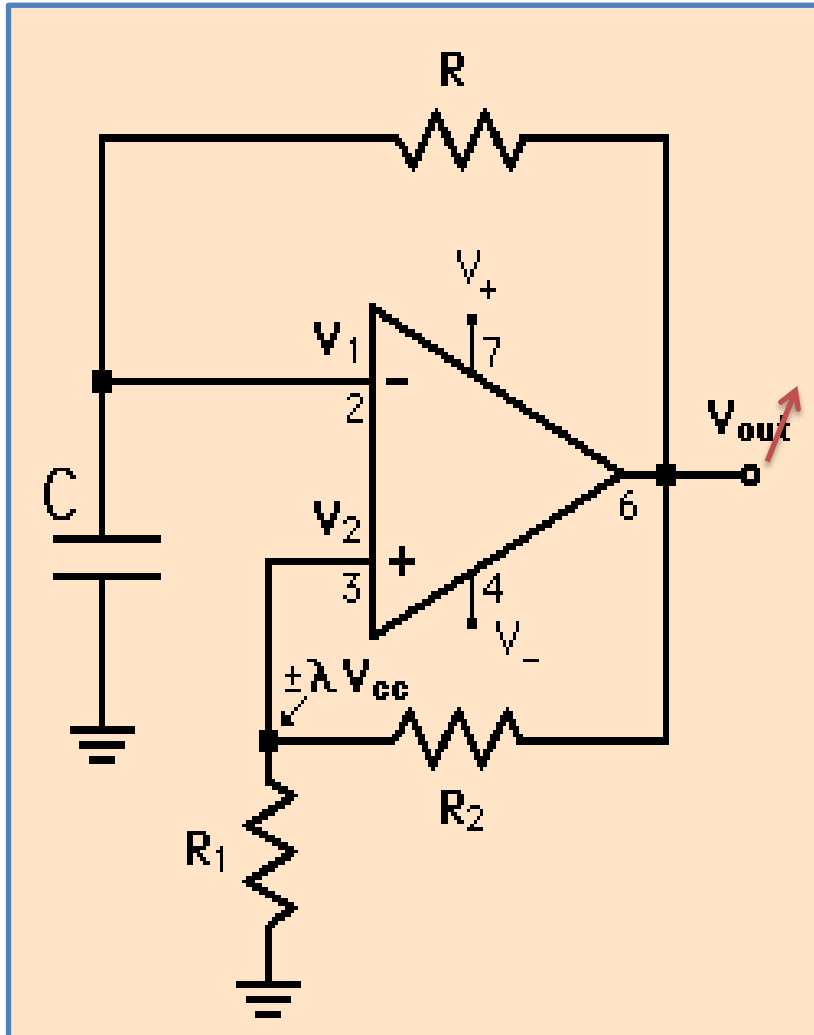
+ be



- be

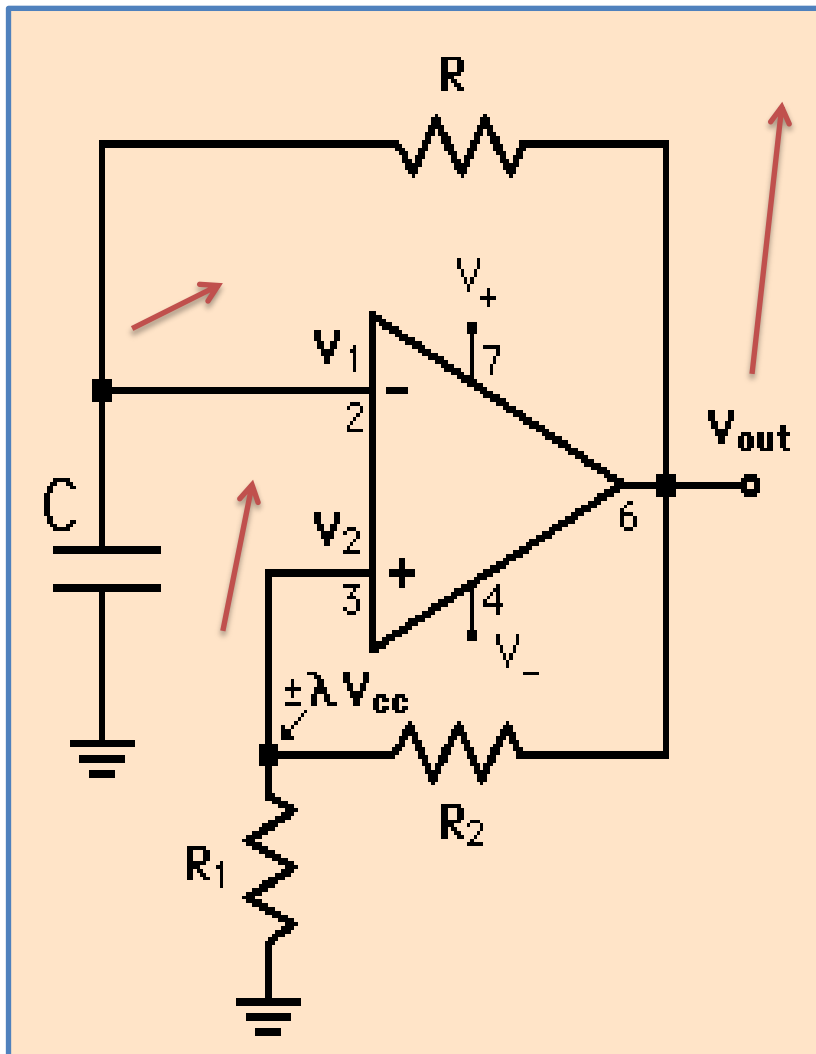


# Működési elv (1)



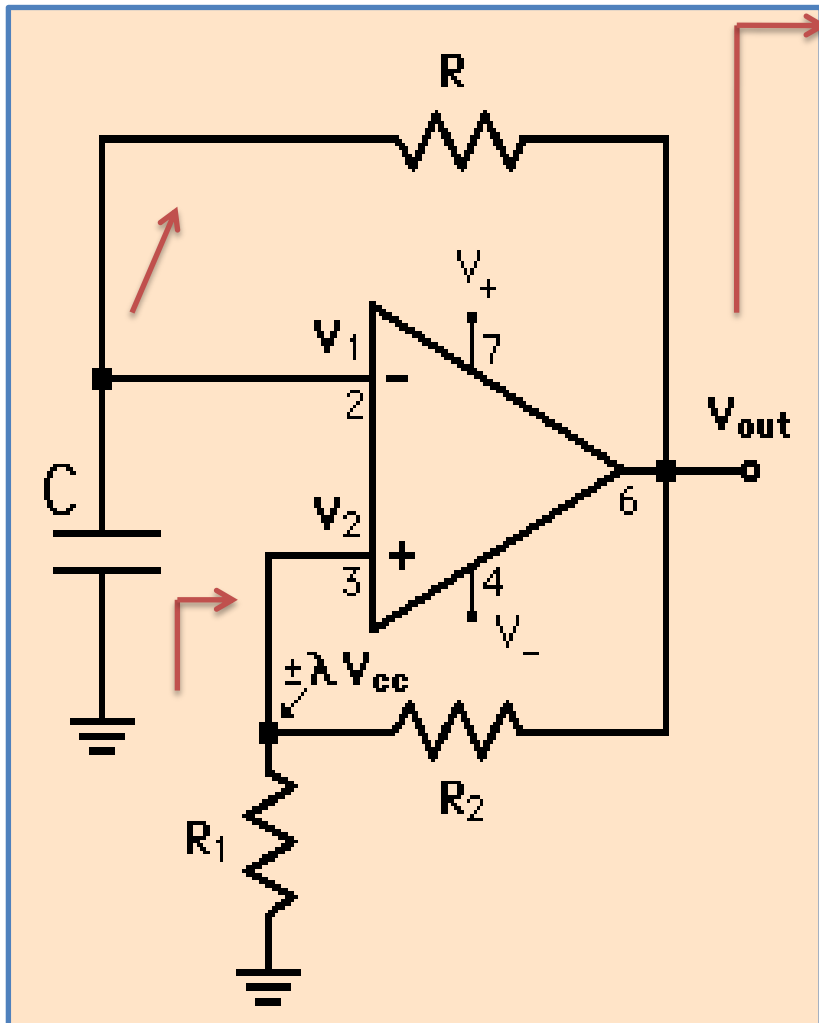
1. Az áramkor bekapcsolásakor a két bemenet csak véletlenül és átmenetileg lehet egyforma potenciálú.
2. Mindig létezik zaj tehát  $V_2 \neq V_1$
3. Legyen  $V_2 > V_1$  a bekapcsolás utáni állapot

# Működési elv (2)



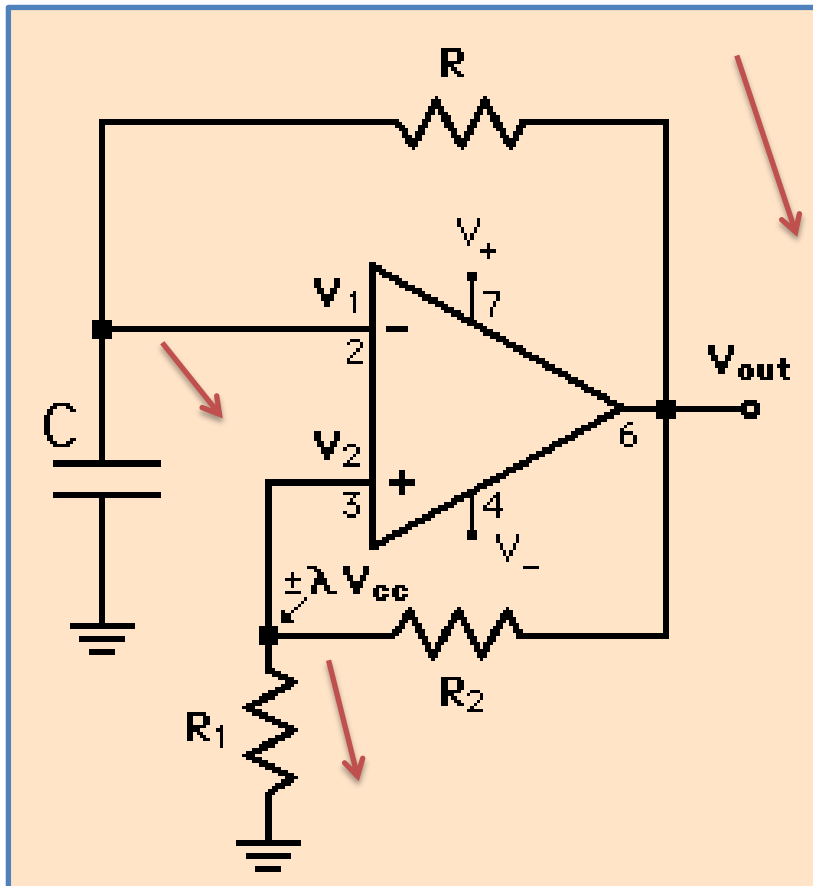
4.  $V_2 > V_1$  a kimenet növekedését eredményezi.
5. A pozitív visszacsatolás hatására  $V_2$  a kimenettel arányosan növekszik.
6.  $V_1$  növekedését a kondenzátor késlelteti.

# Működési elv (3)



7.  $V_2$  gyorsabban emelkedik mint  $V_1 \rightarrow V_{out}$  eléri a pozitív telítési szintjét ( $V_{out}=V_+$ ).
8. Ha  $V_{out}$  nem növekszik akkor  $V_2$  sem ( $V_2=\lambda \cdot V_+$ ).
9.  $C$  viszont továbbra is töltődik tehát  $V_1$  növekszik.

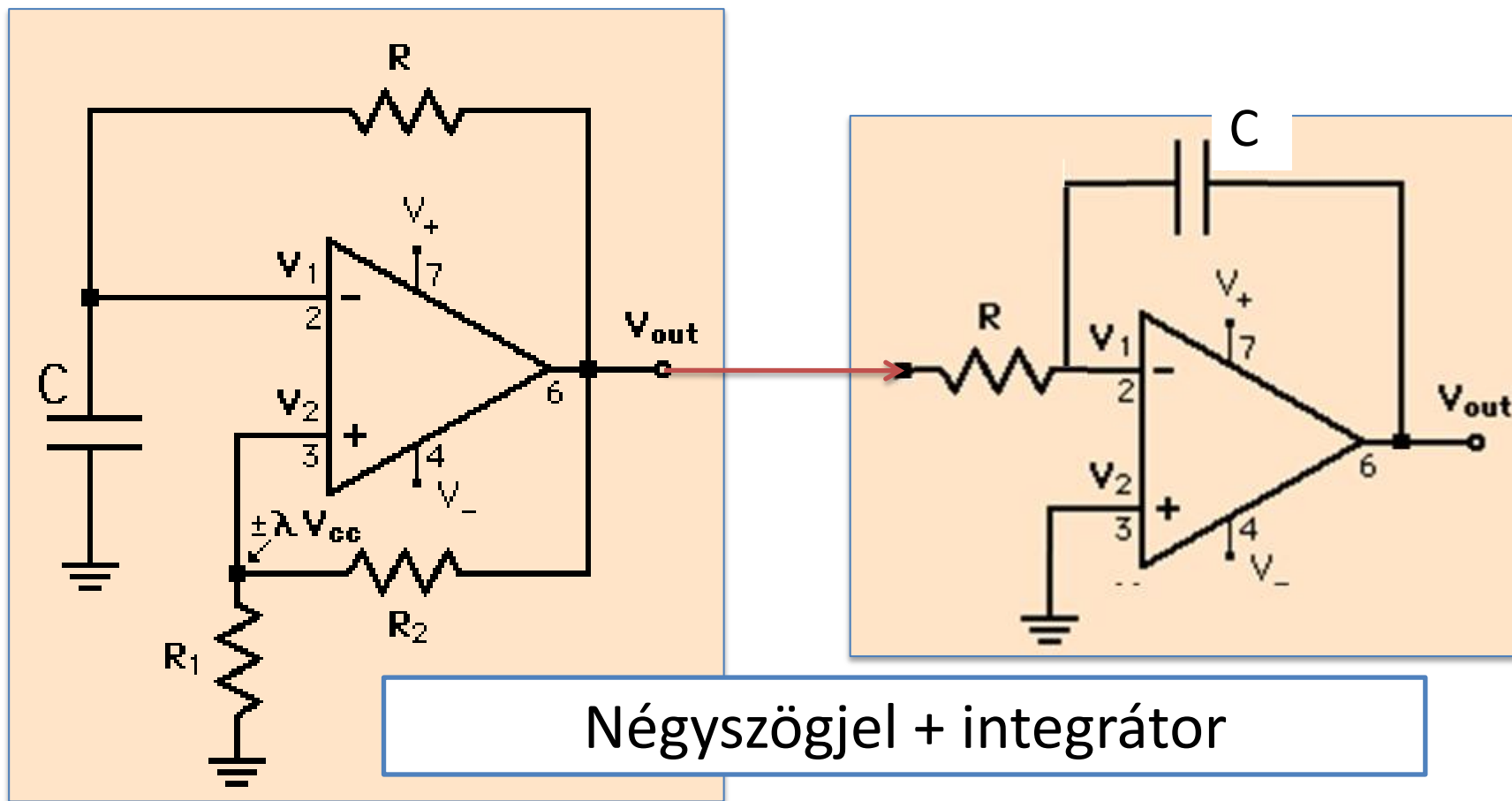
# Működési elv (4)



10. Egy idő múlva  $V_1 > V_2$
11. Következés képen  $V_{out}$  csökken
12. Ez  $V_2$  csökkenését eredményezi
13. Ehhez képest  $V_1$  csökkenését a  $C$  késlelteti



# Háromszögjel generátor



# Működési elv

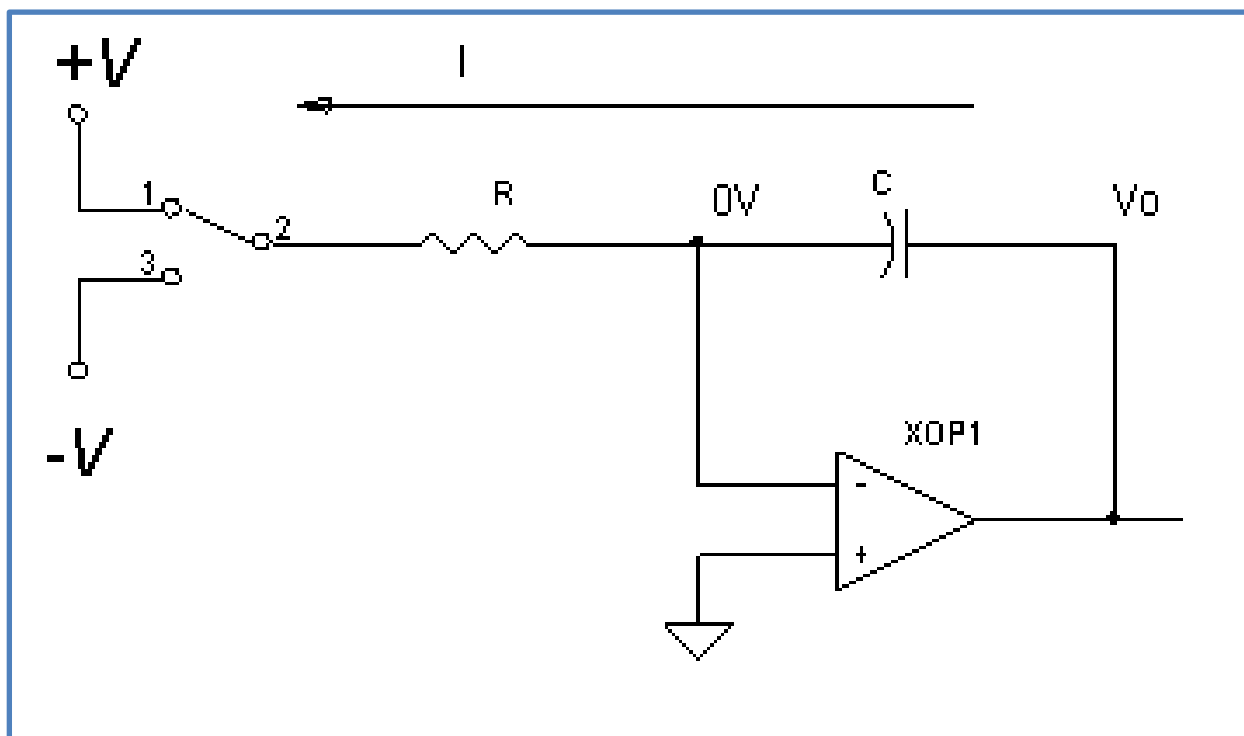
$$I = C \cdot \frac{dU_C}{dt}$$

$$U_C = V_0$$

$$I = \pm \frac{V}{R}$$

$$\left| \frac{dV_0}{dt} \right| = \frac{V}{RC} = \text{állandó}$$

tehát  $V_0 = \text{háromszögjel}$



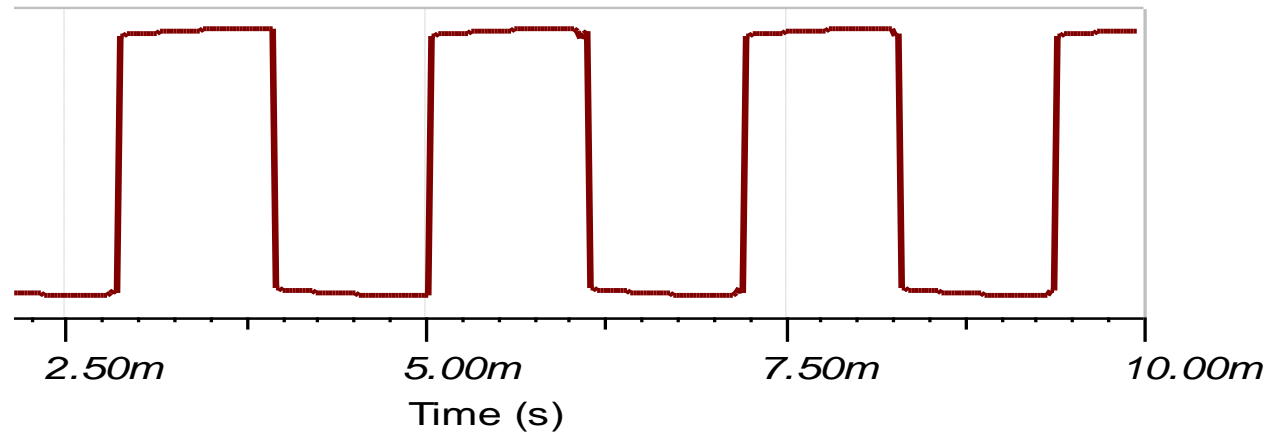
# Szimuláció

---

- Integrátor ki



- Integrátor be



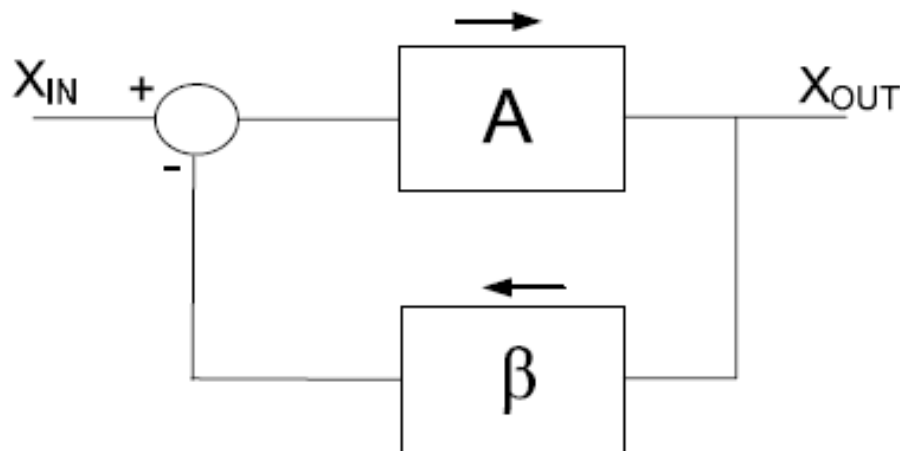
# Oscillátorok

---

- Olyan kapcsolások, amelyek szinuszos rezgéseket állítanak elő.
- Pozitív visszacsatolású erősítők.
- A visszacsatoló hálózat frekvenciafüggő tagokat tartalmaz
  - LC
  - RC
  - Kvarc kristály
  - Kerámia rezonátor

# Barkhausen kritériuma (1)

---

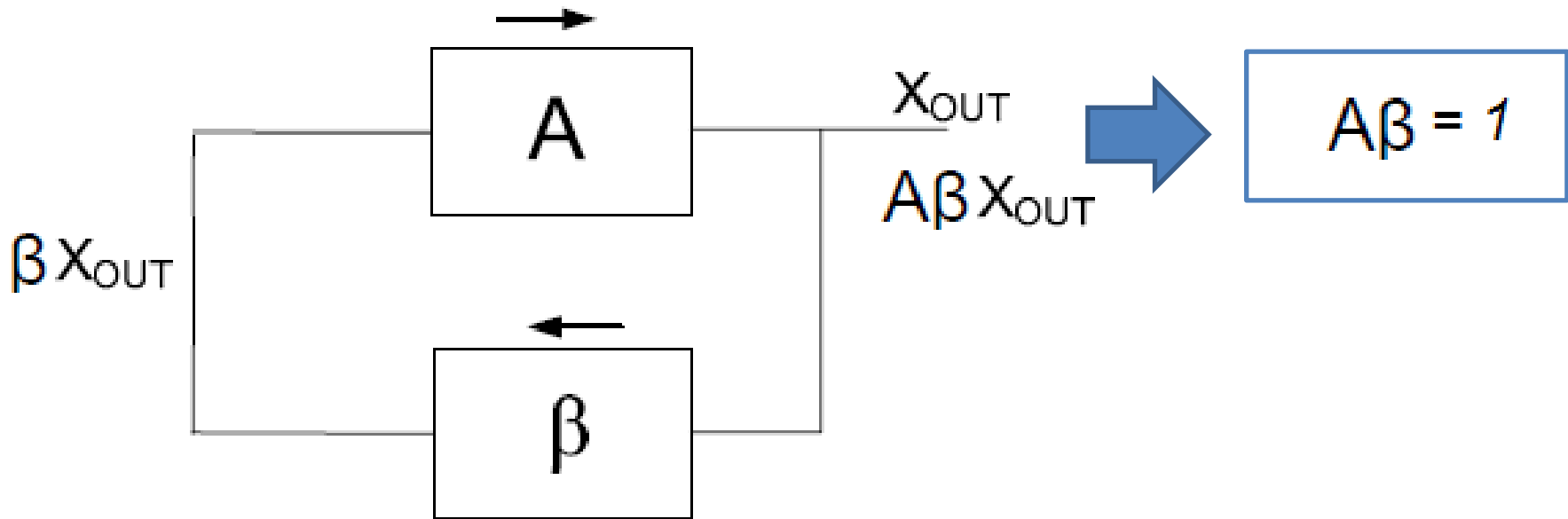


$$\frac{X_{OUT}}{X_{IN}} = \frac{A}{1+A\beta}$$

- Milyen körülmények között viselkedik oszcillátorként egy visszacsatolt erősítő?

# Barkhausen kritériuma (2)

---



- Oszcillátor üzemmódban bemeneti jel nélkül is van kimeneti jel !

# Barkhausen kritériuma (3)

---

$$A = |A|e^{j\alpha}$$

$$\beta = |\beta|e^{j\theta}$$

$$A\beta = 1 \Rightarrow \begin{cases} |A| \cdot |\beta| = 1 \\ \alpha + \theta = 0 \end{cases}$$

- A komplex mennyiség mert az erősítés általában fáziseltolással is jár.
- B komplex mennyiség mert a visszacsatoló hálózatban frekvenciafüggő elemeket alkalmazunk

# Amplitúdó feltétel $|A| \cdot |\beta| = 1$

---

- Az erősítőnek, a visszacsatoló hálózat csillapítását, kompenzálnia kell.
- E feltétel beteljesülése biztosítja a rezgések fenntartását.
- Sajnos egyáltalán nem garantálja a rezgés beindulását.
- Ezért a gyakorlatban túlteszítjük:

$$|A| \cdot |\beta| > 1$$

# Fázis feltétel $\alpha + \theta = 0$

---

- A visszacsatoló hálózat pontosan kompenzálja az erősítő fáziseltolását.
- A visszacsatoló hálózat úgy van kialakítva hogy e feltétel csak egy adott frekvencián teljesül.
- Ez lesz a rezgési frekvencia.

# Megjegyzés

---

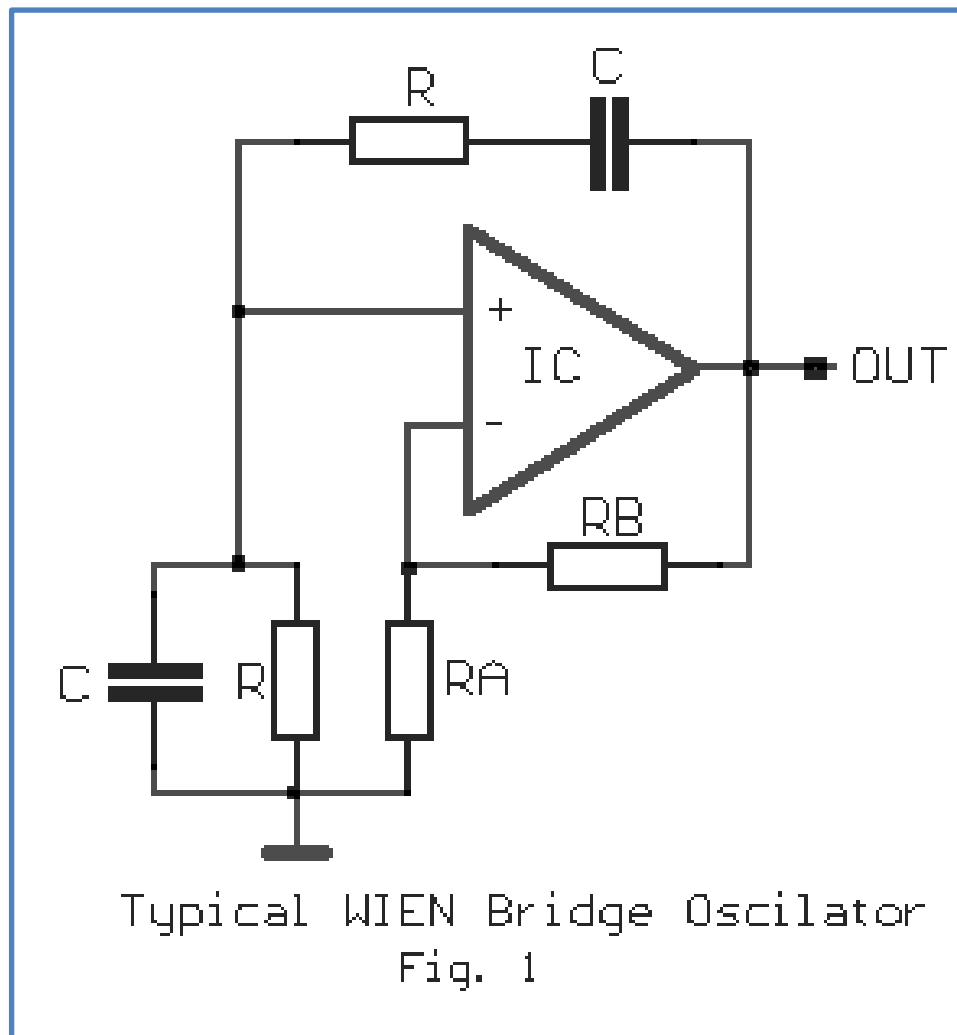
- Barkhausen kritériuma =
  - Amplitúdó feltétel → rezgések fenntartását biztosítja
  - Fázis feltétel → rezgés frekvenciáját határozza meg.
- Mekkora lesz az eredő rezgések amplitúdója ?
- **Nincs meghatározva !!!!!!!**

# Példa: Wien hidas oszcillátor

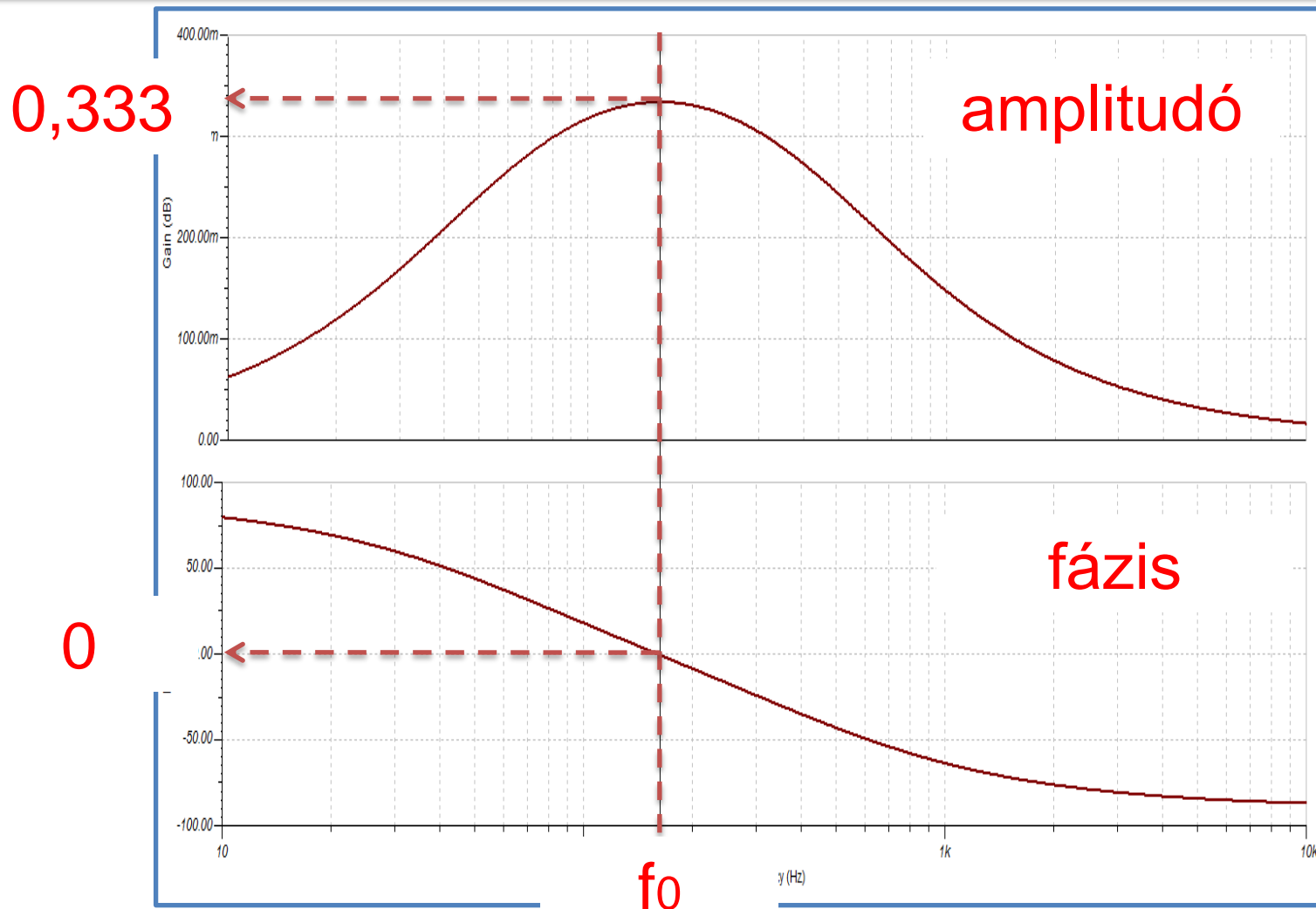
- IC + RB + RA = erősítő

- R + C + R || C = visszacsatoló hálózat

$$f_0 = \frac{1}{2\pi RC}$$



# Visszacsatoló hálózat átviteli függvénye

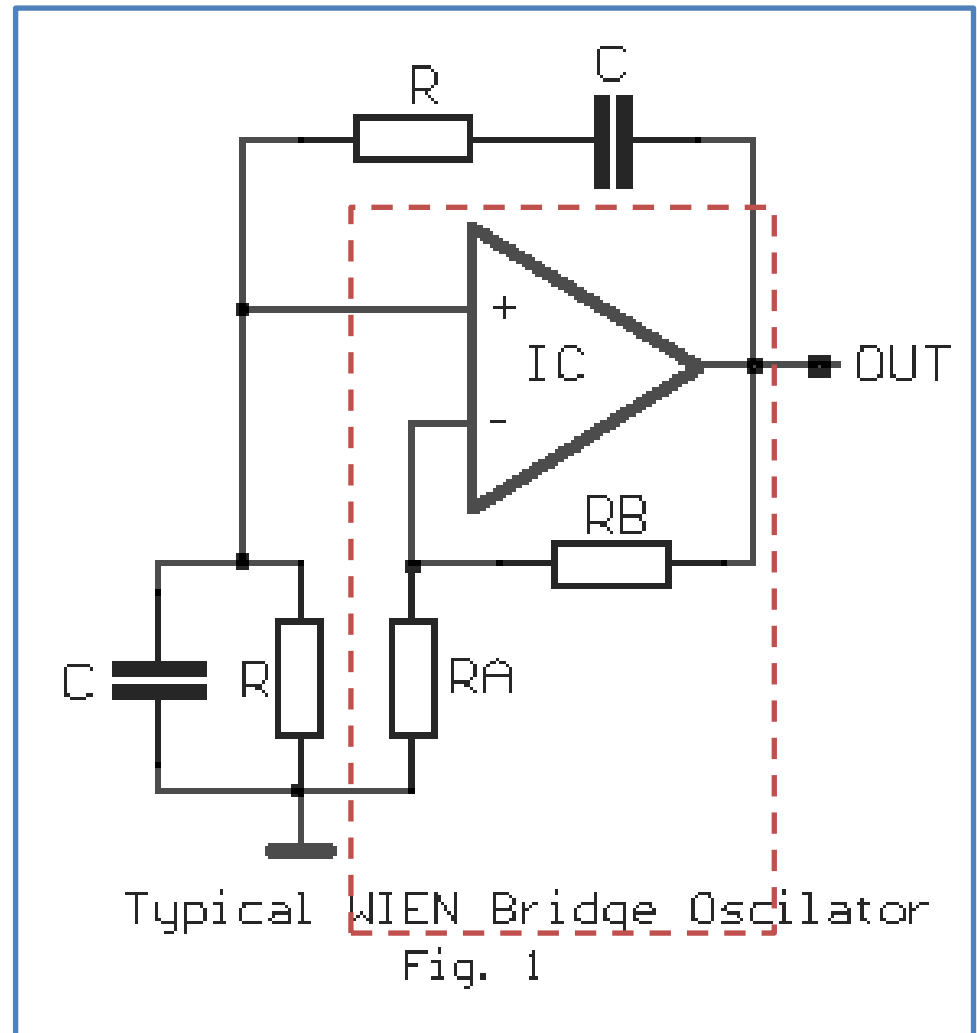


# Következtetés

- Az amplitúdó feltétel teljesítéséhez minimum háromszoros erősítés szükséges.

$$A = 1 + \frac{R_B}{R_A} \geq 3$$

- A fázis feltétel teljesítéséhez egy non invertáló erősítő kell.



# Párhuzamos LC oszcillátor működési elve

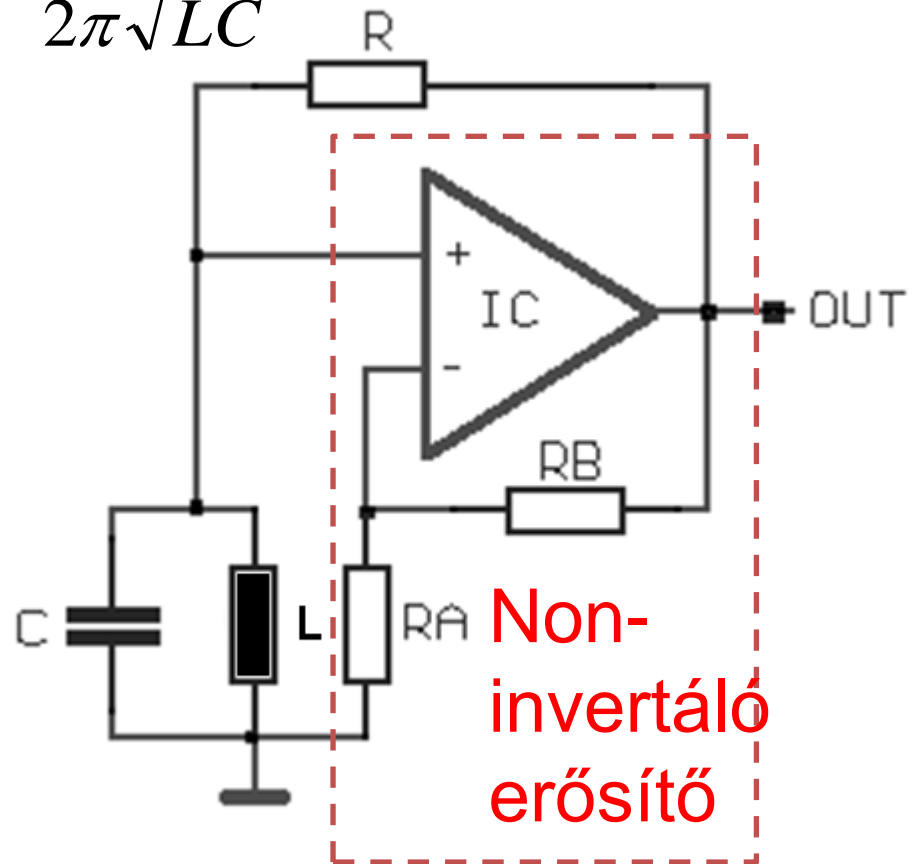
- $f_0$  frekvencián az ideális LC rezgőkör impedanciája végtelenül nagy és fáziseltolása 0.

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

- A fázis feltétel teljesítéséhez egy non invertáló erősítő szükséges.

- Az erősítési tényező

$$A = 1 + \frac{R_B}{R_A} \geq 1$$



# Soros LC oszcillátor működési elve

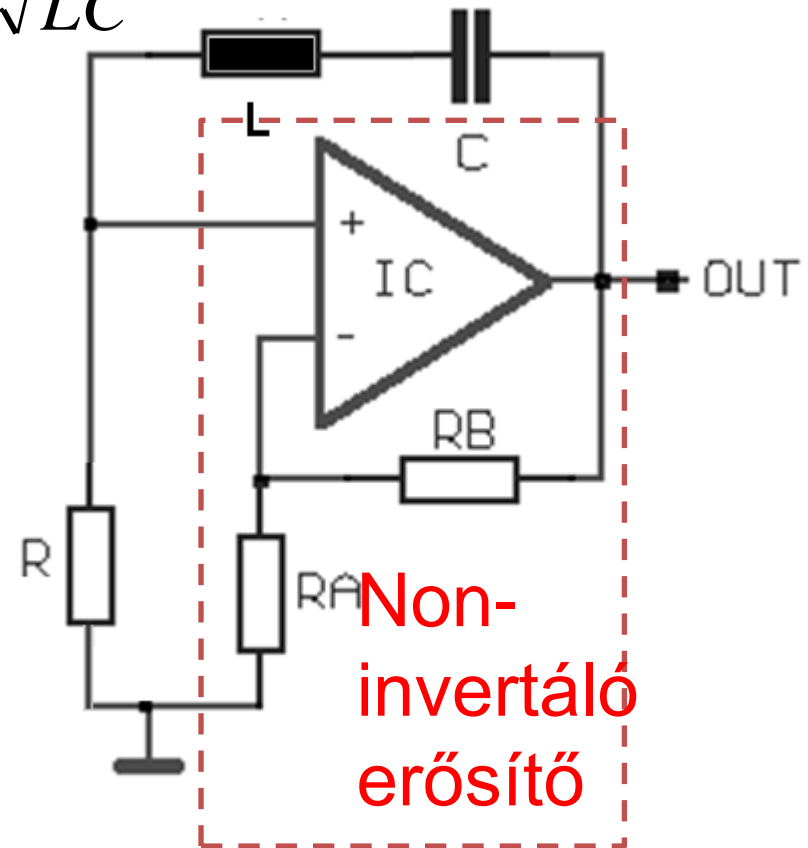
- $f_0$  frekvencián az ideális soros LC rezgőkör impedanciája és fáziseltolása egyaránt 0.

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

- A fázis feltétel teljesítéséhez egy non invertáló erősítő szükséges.

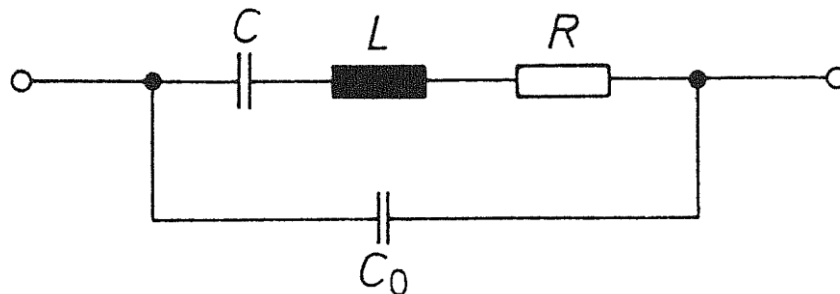
- Az erősítési tényező

$$A = 1 + \frac{R_B}{R_A} \geq 1$$



# Kvarc oszcillátor

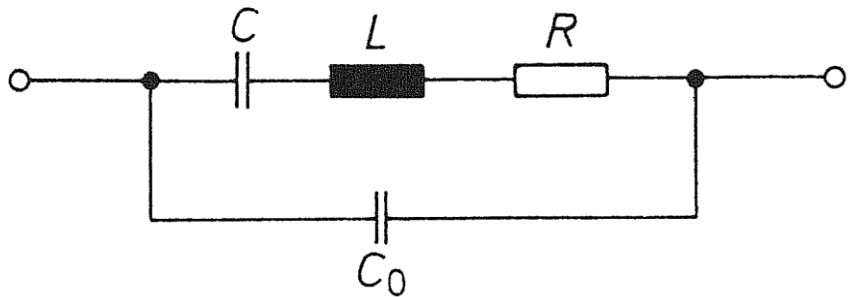
- Az eddig ismertetett LC oszcillátorok frekvenciastabilitása sok esetben nem kielégítő.
- A frekvenciastabilitás függ a rezgőköri kapacitás és induktivitás hőmérsékleti tényezőjétől.
- Rezgőkvarccal lényegesen jobb stabilitás érhető el.
- A fegyverzetekkel ellátott kvarckristály elektromos szempontból úgy viselkedik, mint egy nagy jósági tényezőjű rezgőkör.



# Rezonanciák

- A rezgőkvarc komplex impedanciája (R ellenállás elhanyagolásával):

$$\mathbf{Z} = \frac{j}{\omega} \frac{\omega^2 LC - 1}{C_0 + C - \omega^2 L C C_0}$$



- Látható, hogy van egy olyan frekvencia (**f<sub>s</sub>** - soros rezonancia frekvencia), amelynél  $Z = 0$ .

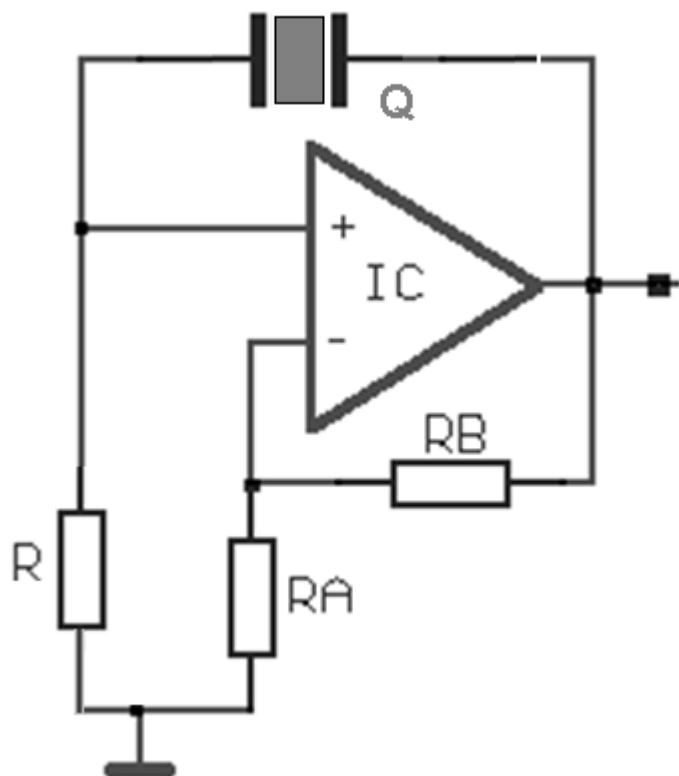
$$f_s = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

- És van egy olyan frekvencia (**f<sub>p</sub>** - párhúzasos rezonancia frekvencia), amelynél  $Z$  végtelen.

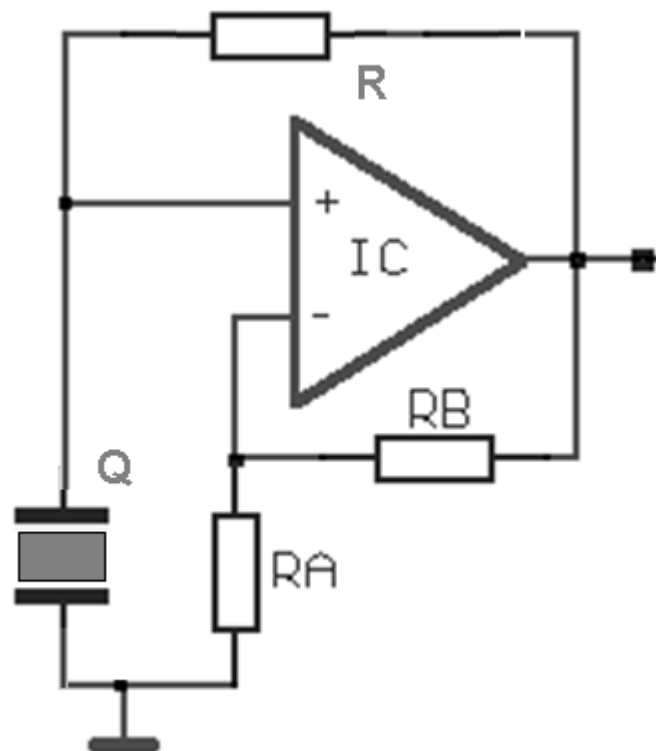
$$f_p = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \sqrt{1 + \frac{C}{C_0}}$$

# Alapkapcsolások

- Soros rezonancia frekvencián működő kvarcoszcillátor



- Párhuzamos rezonancia frekvencián működő kvarcoszcillátor



# Köszönöm a figyelmet !

