

Elektronika

XIX. Impulzustechnika Oscillátorok

19.1. Impulzus jellemzők

Impulzus

Ugrásszerűen változik a feszültség vagy áram

négyszög impulzus



háromszög impulzus

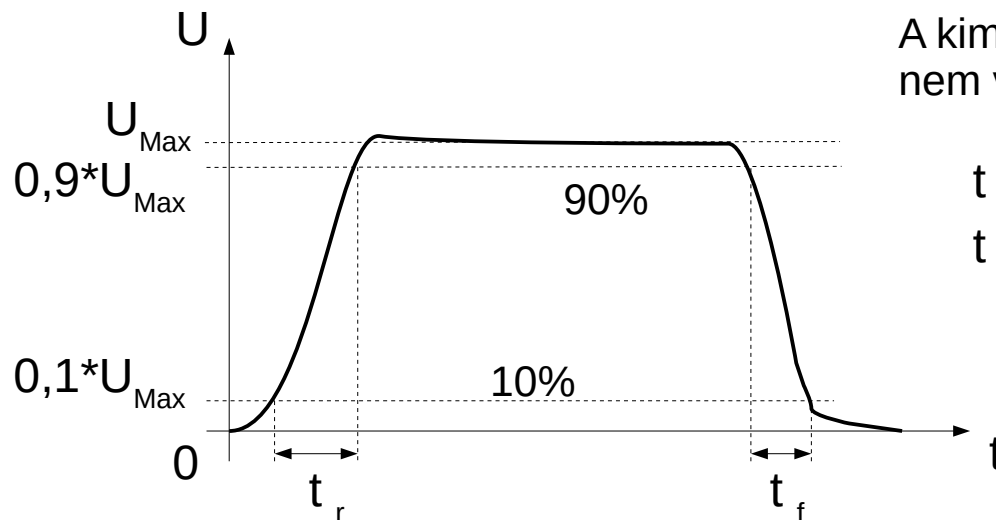


fűrészjel



Négyszög impulzus jellemzői

Amplitúdó, felfutási, lefutási idő



A kimenő jel változási sebessége
nem végtelen! \rightarrow idő

t_r rise time (felfutási idő, vagy T_r)

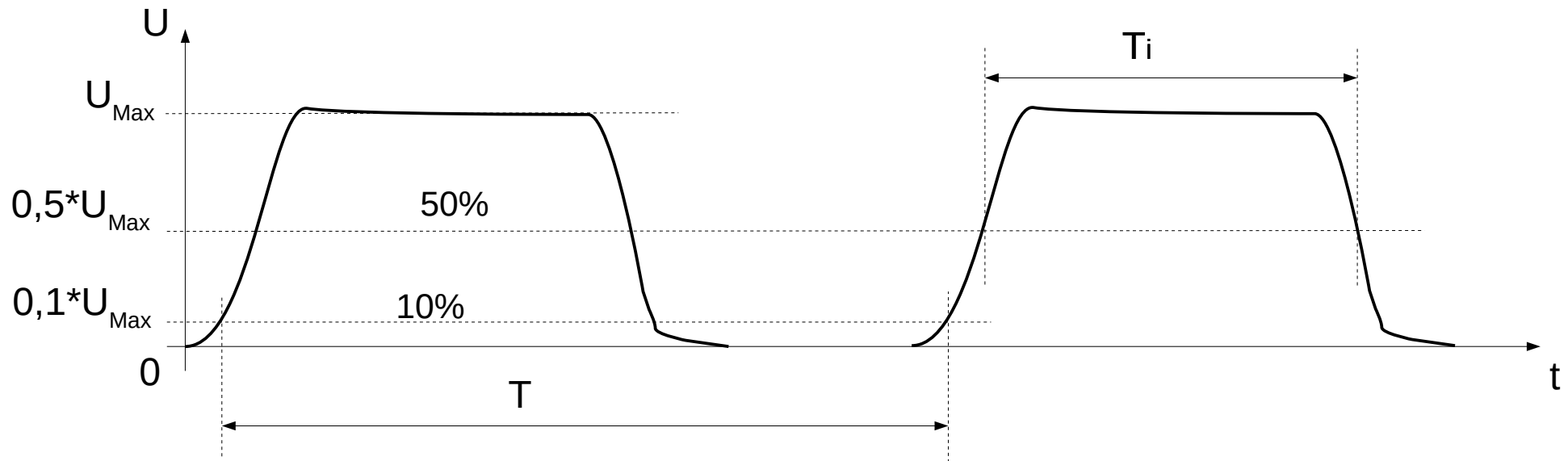
t_f fall time (lefutási idő, vagy T_f)

U_{max} impulzus amplitúdó

19.1. Impulzus jellemzők

Négyszög impulzus jellemzői

Impulzusidő, kitöltési tényező idő



T_i impulzus idő (amikor „1” értékű az impulzus $\rightarrow 0,5U_{\text{max}} - 0,5U_{\text{max}}$)

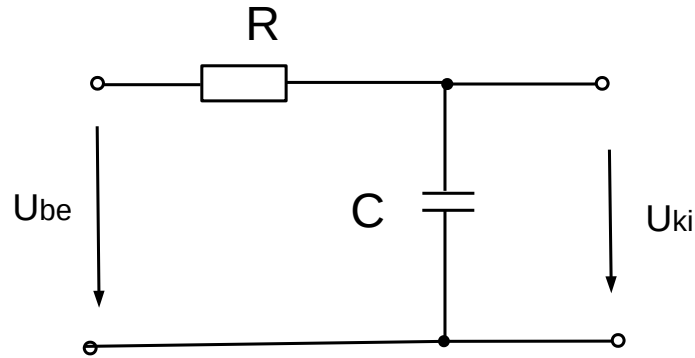
T impulzus periódus idő (ismétlődési idő)

Kitöltési tényező $\rightarrow k = \frac{T_i}{T}$

19.2. Impulzus formáló áramkörök

Integráló négypólus

alul áteresztő szűrő

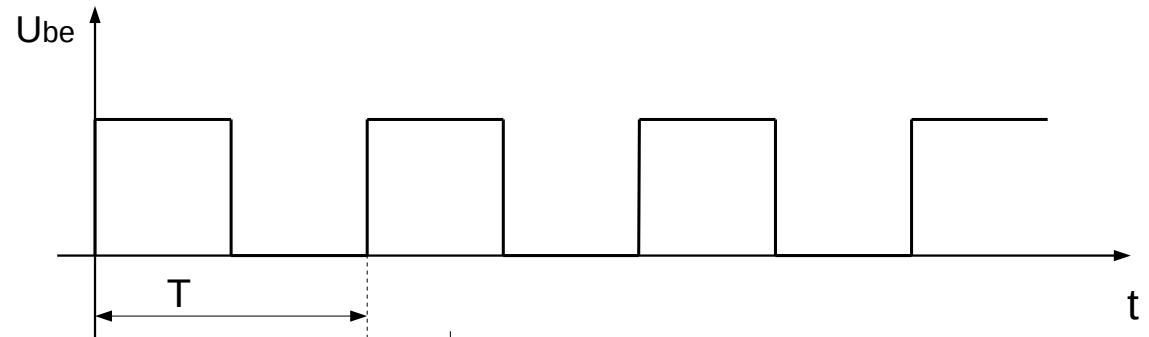


Időállandó $\rightarrow \tau = R \cdot C$

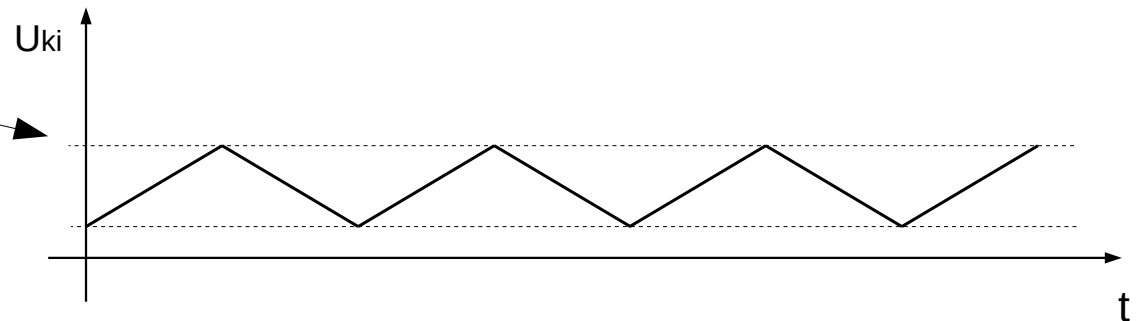
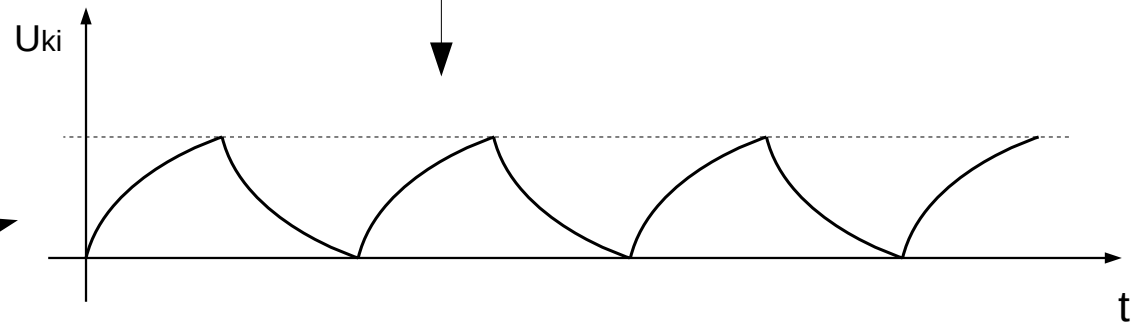
Határ frekvencia $\rightarrow f_h = \frac{1}{2\pi RC}$

Integráló tag \rightarrow ha
($f \gg f_h$)

$$U_{ki} = \frac{1}{R \cdot C} * \int U_{be} dt$$



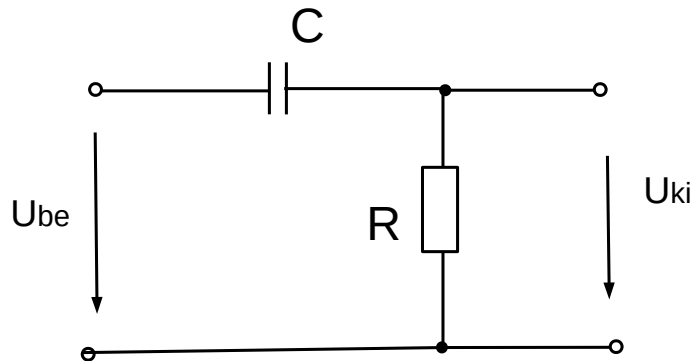
Kondenzátor
feltöltése, kisütése



19.2. Impulzus formáló áramkörök

Differenciáló négypólus

felül áteresztő szűrő



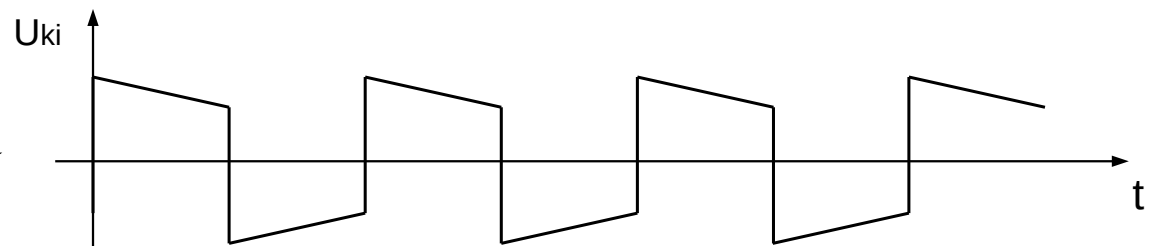
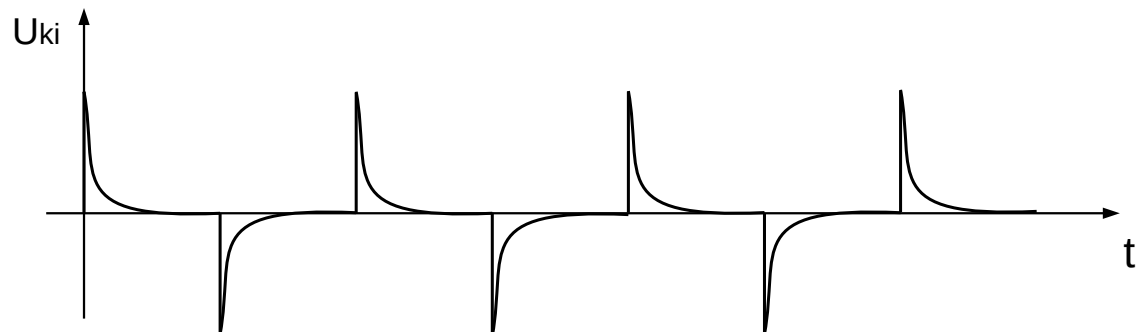
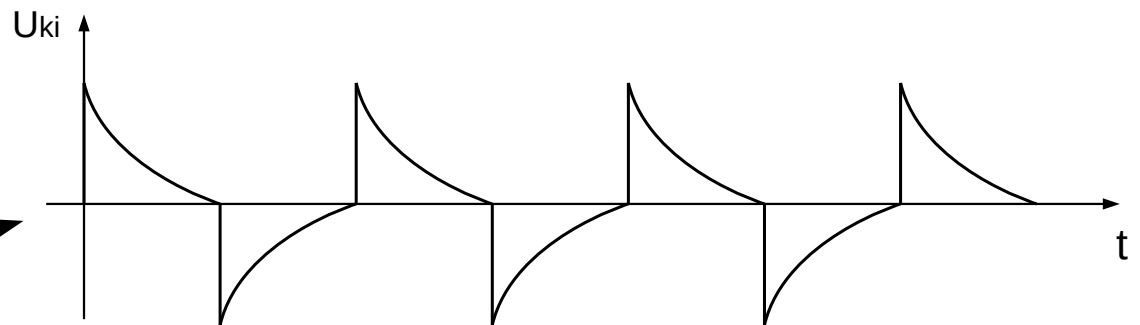
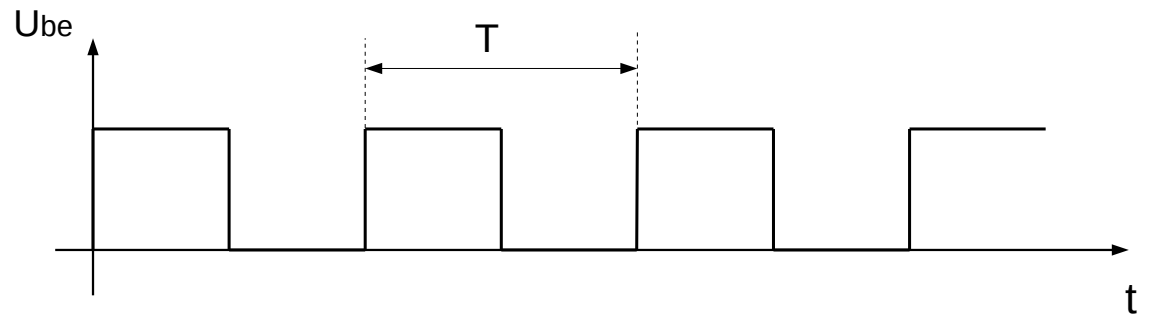
Időállandó $\rightarrow \tau = R \cdot C$

Határ frekvencia

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

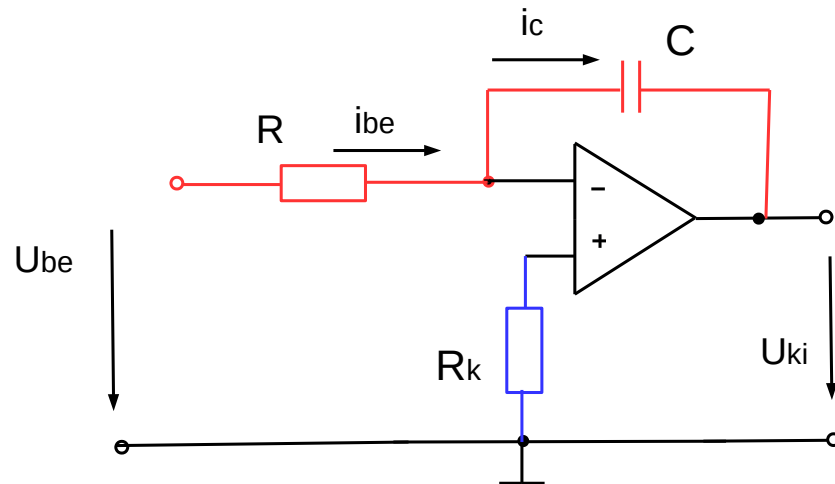
Differenciáló tag \rightarrow ha $(f \ll f_h)$

$$U_{ki} = -R \cdot C \cdot \frac{dU_{be}}{dt}$$



19.2. Impulzus formáló áramkörök

Integráló áramkör műveleti erősítővel



$$i_c \sim i_{be} \quad i_{be} = \frac{U_{be}}{R}$$

$$U_C = \frac{1}{C} * \int i_c dt$$

$$U_{ki} = - \frac{1}{R * C} * \int U_{be} dt$$

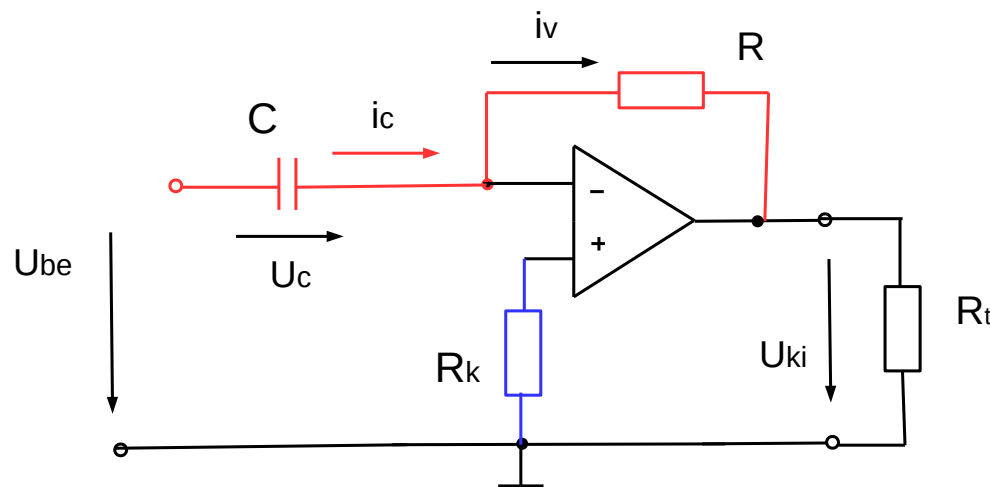
Szinuszos bemenet esetén $\rightarrow A_{uv} = - \frac{1}{j * \omega * R * C}$

$$|A_{uv}| = \frac{1}{\omega * R * C}$$

Frekvencia függő erősítés !!
(aluláteresztő szűrő)

19.2. Impulzus formáló áramkörök

Differenciáló áramkör műveleti erősítővel



$$U_c \sim U_{be} \text{ és } i_c \sim i_v$$

$$i_c = C * \frac{dU_c}{dt}$$

$$i_v = - \frac{U_{ki}}{R}$$

$$U_{ki} = -R * C * \frac{dU_{be}}{dt}$$

Szinuszos bemenet
esetén $\rightarrow A_{uv} = -j * \omega * R * C$

$$|A_{uv}| = \omega * R * C$$

Frekvencia függő erősítés !!
(felül áteresztő szűrő)

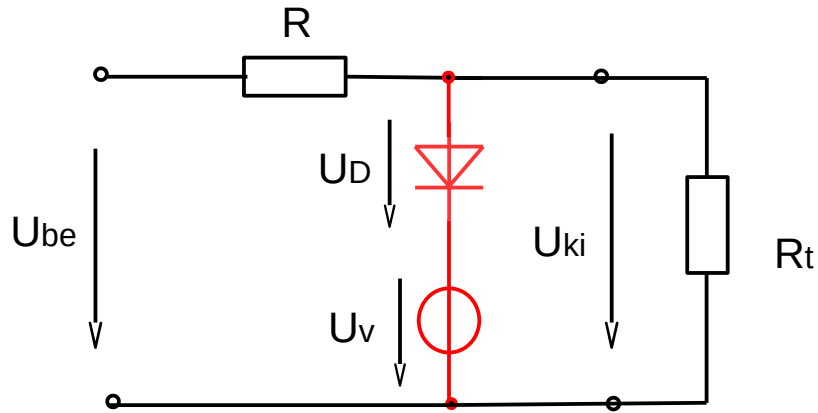
19.3. Vágó áramkörök

vágó áramkör

Feladata: az áramkör valamely pontján megakadályozni a feszültség adott érték fölé növekedését.

Működési elve: a kinyitott dióda feszültsége csak nagyon kismértékben változik.

Felhasználása: áramkörök bemenetének védelme a túl nagy pozitív illetve negatív feszültségtől



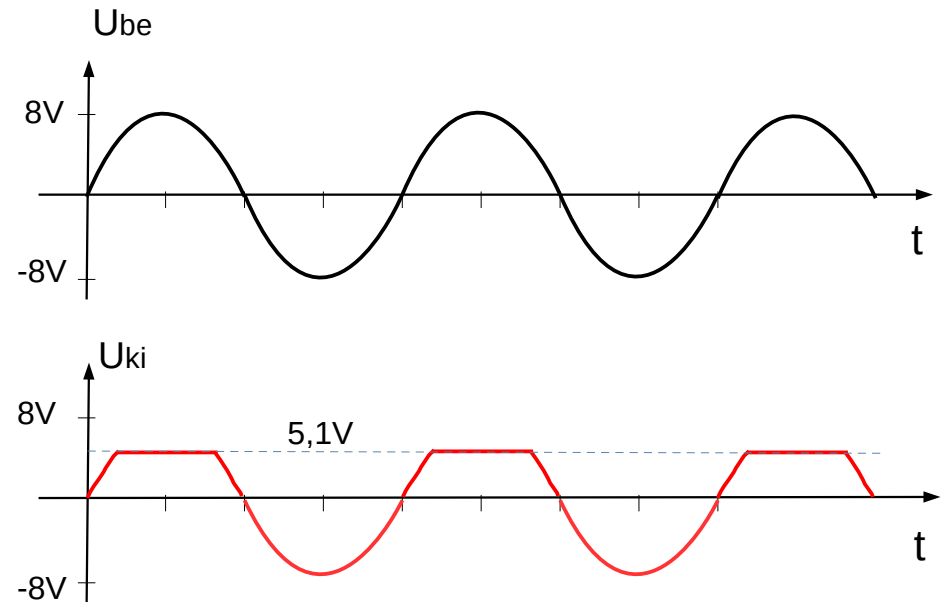
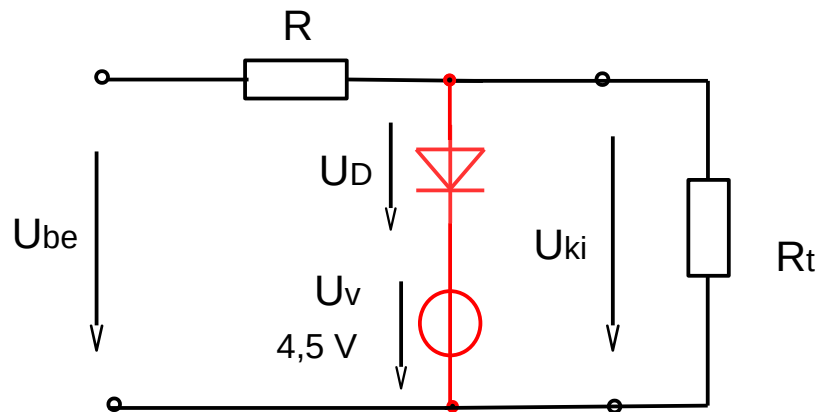
- ha $U_{be} < U_v + 0,6 \text{ V} \rightarrow$ dióda zárva $\rightarrow U_{ki} = U_{be}$

- ha $U_{be} > U_v + 0,6 \text{ V} \rightarrow$ dióda kinyit \rightarrow

$U_{ki} = U_v + 0,6 \text{ V} !!$

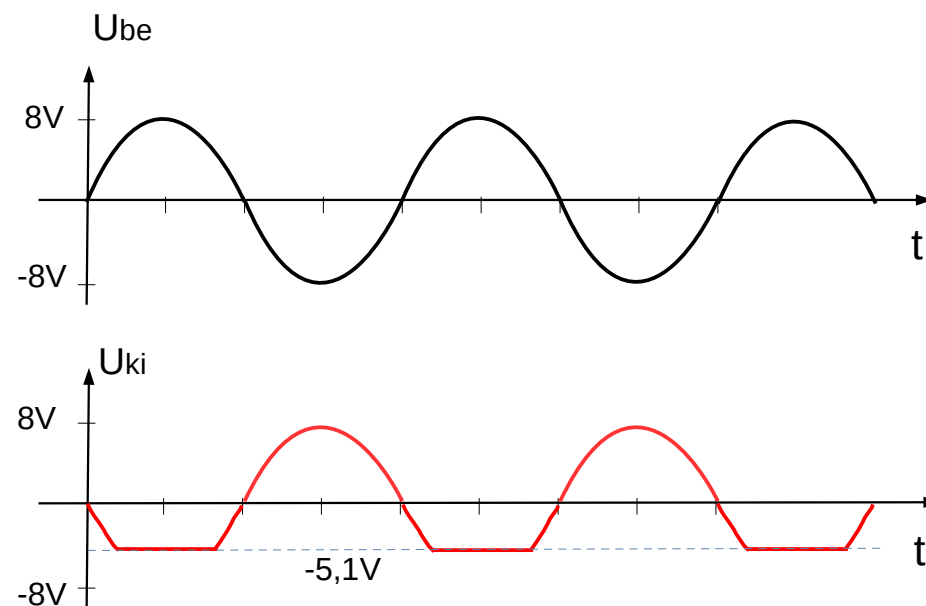
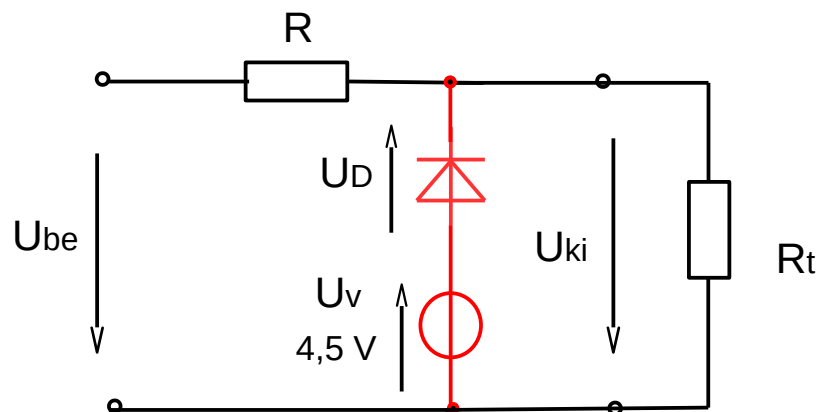
U_{ki} e fölé nem nagyon megy,
csak minimálisan (0,1-0,2 V)

1. minta áramkör

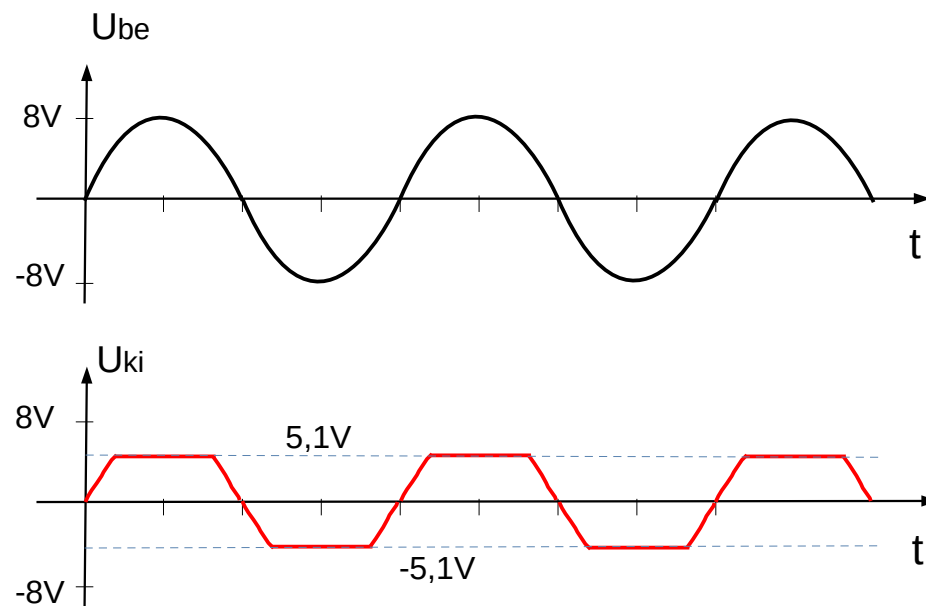
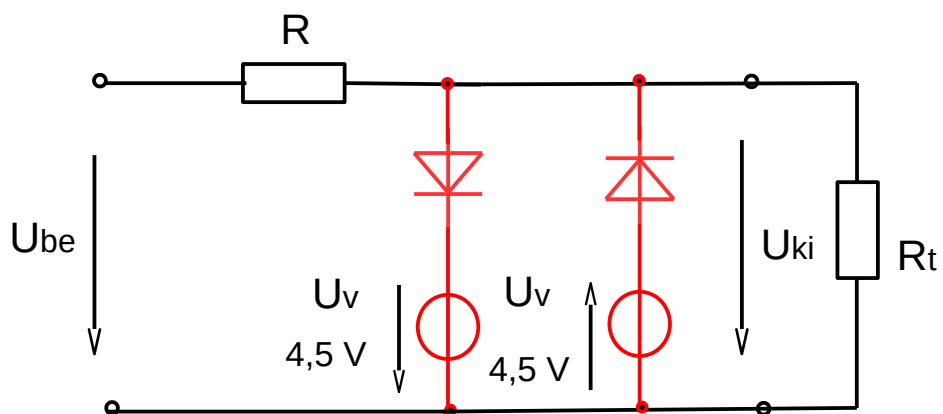


19.3. Vágó áramkörök

2. minta áramkör

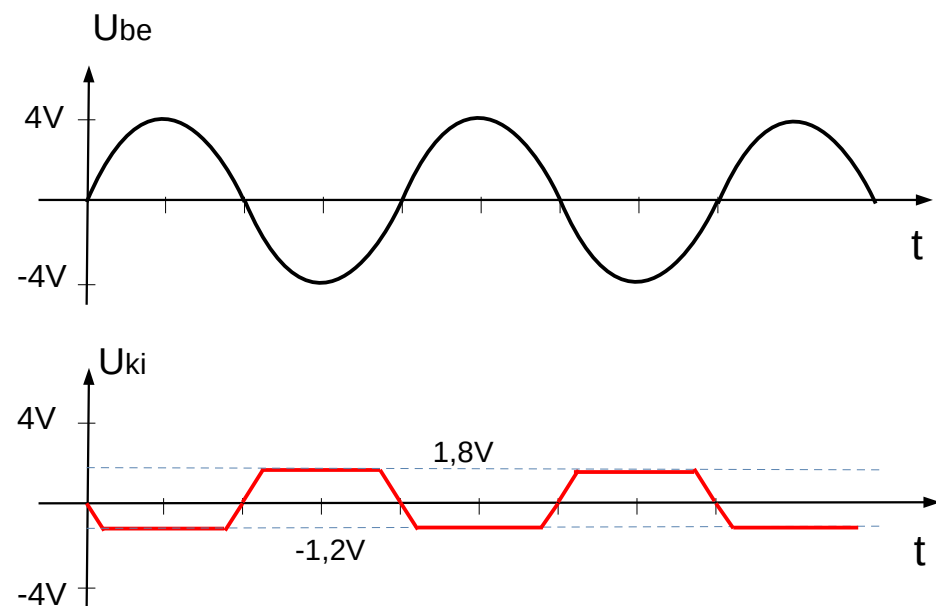
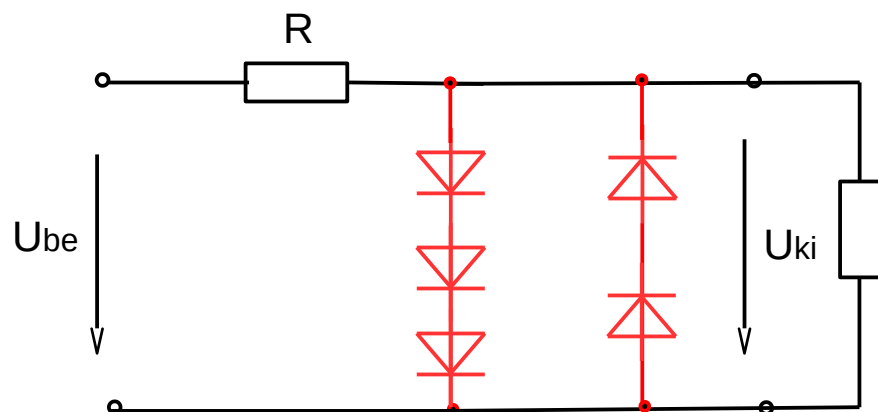


3. minta áramkör

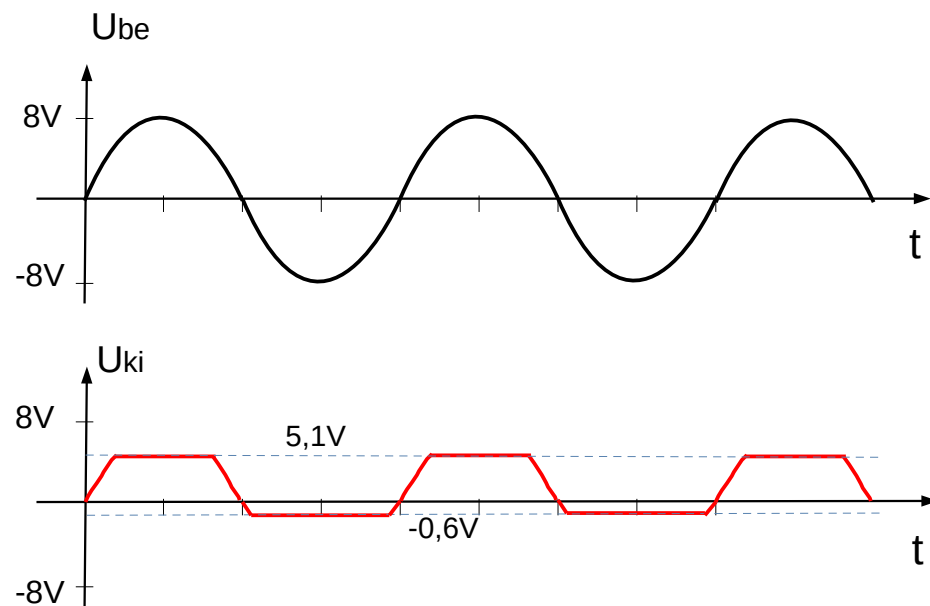
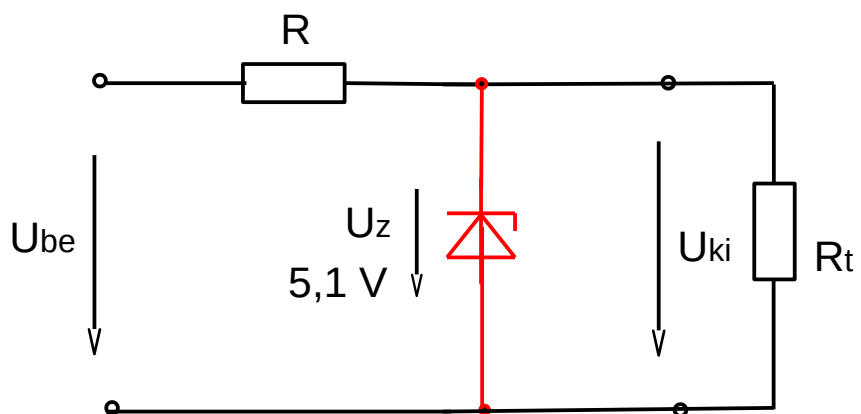


19.3. Vágó áramkörök

4. minta áramkör



5. minta áramkör

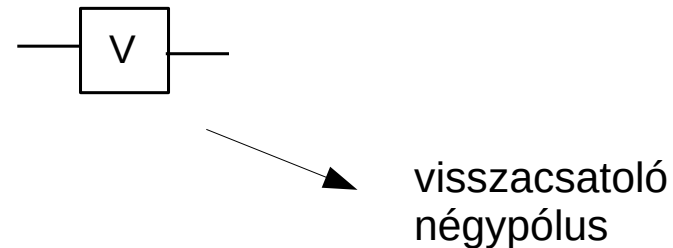
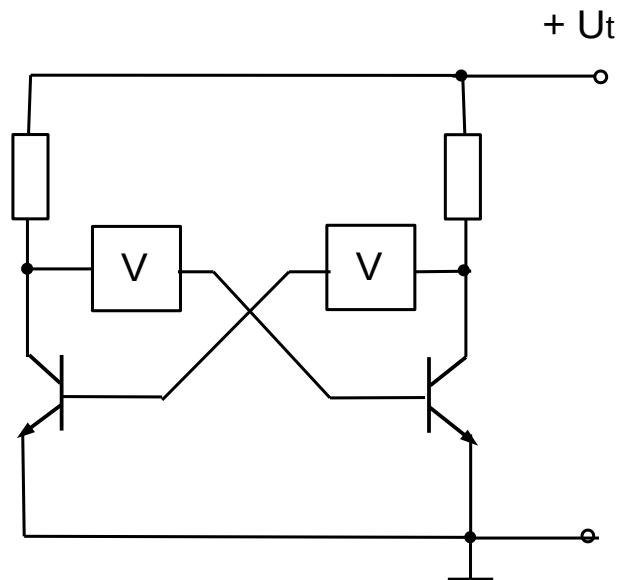


19.4. Billenőkörök

Billenőkör

- pozitívan visszacsatolt áramkör, négyszög impulzus előállítására
- típusai:
 - astabil multivibrátor, mono stabil multivibrátor, bistabil multivibrátor, schmitt-trigger

Felépítésük

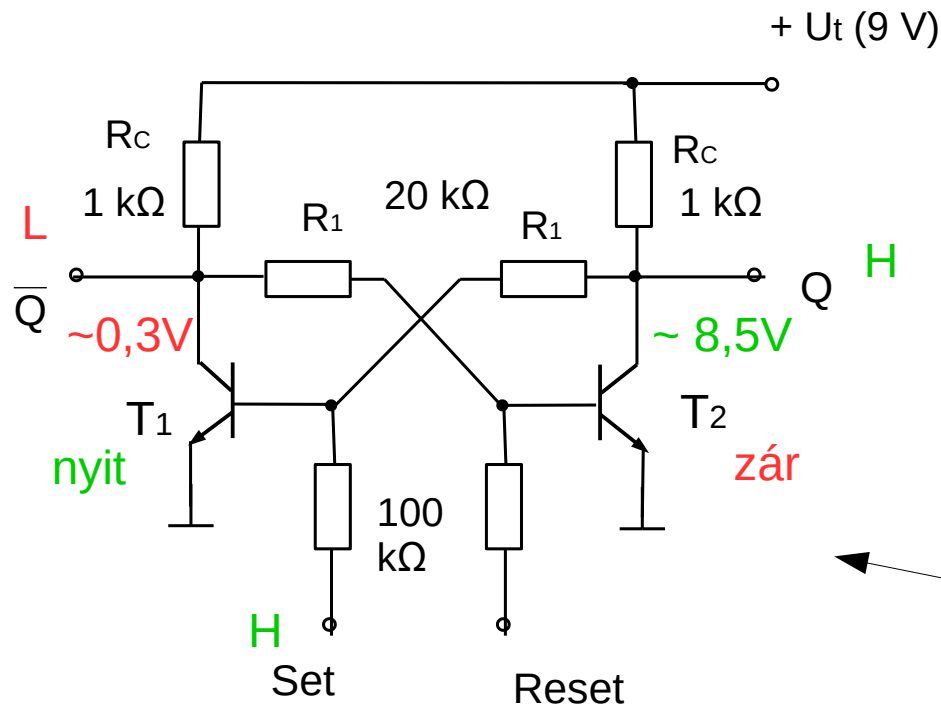


19.4. Billenőkörök

Bistabil multivibrátor

- a visszacsatoló áramkör → egy ellenállás
- két stabil állapota van ! → csak külső vezérlőjel hatására billen át egyik állapotból a másikra

Egy egyszerű megvalósítása



Alaphelyzet

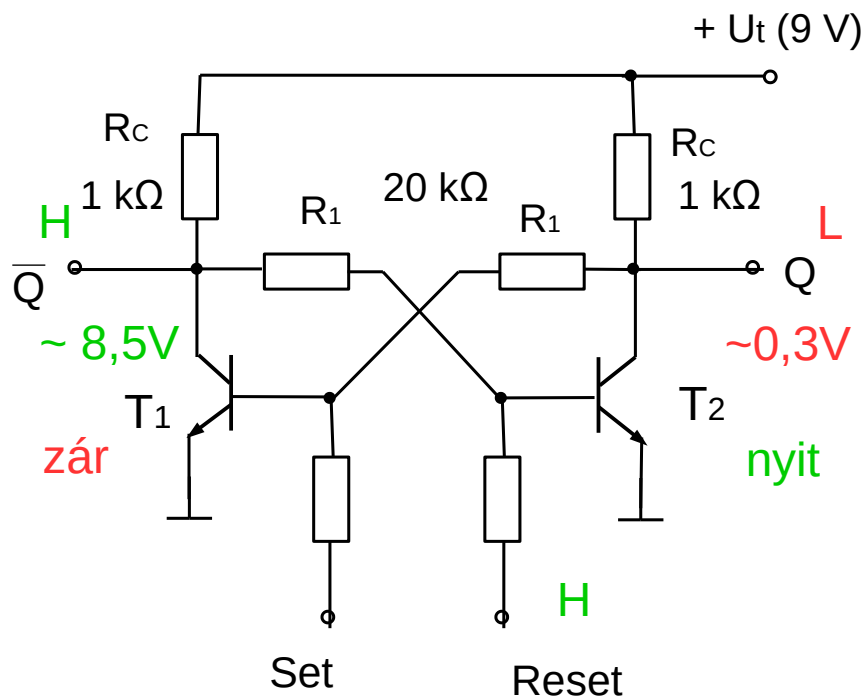
- ha valamelyik tranzisztor előbb kinyit (pl. T_1) → telítésbe kerül → U_{CE} néhány tized volt ($\bar{Q}=L$) → R_1 -en keresztül a másik tranzisztor bázisára kerül → a másik tranzisztor lezár (T_2) → a másik kimenet közel U_t ($Q=H$)
- Ha a másik tranzisztor nyit ki előbb → hasonló jelenség játszódik le, csak a tranzisztorok és kimenetek szerepet cserélnek

Vezérlés, Set

- A Set bemenetre H szintet kapcsolva ($\sim U_t$) → T_1 kinyit ($\bar{Q}=L$) → az előbb leírt folyamat játszódik le → T_2 lezár → $Q=H$

19.4. Billenőkörök

Bistabil multivibrátor



Vezérlés, Reset

A Reset bemenetre H szintet kapcsolva ($\sim U_t$)
→ T₂ kinyit (Q=L) → T₁ bázisára nagyon alacsony szint kerül → lezár → $\bar{Q}=H$

Vezérlés

Set=Reset=L → egyik tranzisztort sem tudja kinyitni vagy lezárni → állapota marad ! → Tároló (SR), 1 bitet tárol

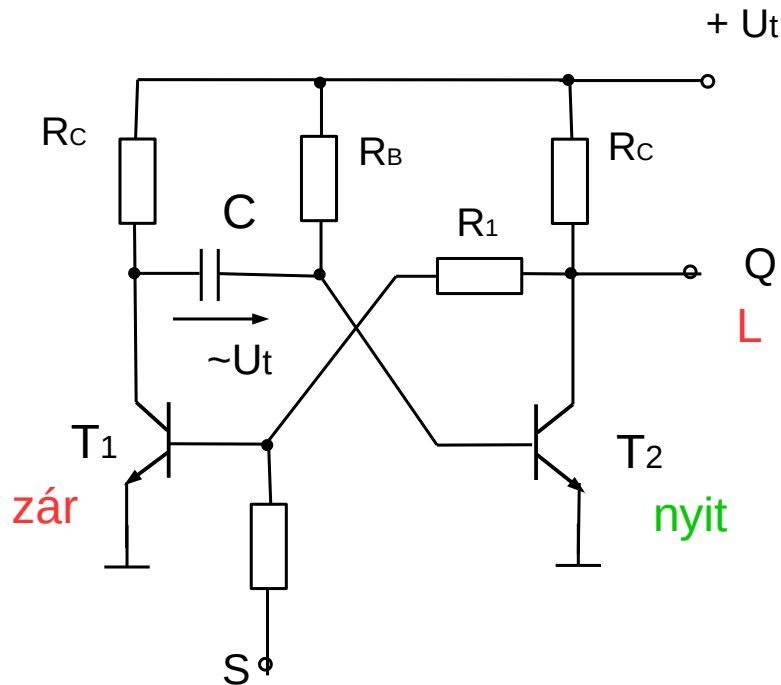
A vezérlések során Set és a Reset bemenetekre elég egy rövid impulzust adni
→ a pozitív visszacsatolás miatt az átbillenés gyorsan megtörténik

19.5. Billenőkörok

Monostabil multivibrátor

- az egyik visszacsatoló áramkör itt már egy kondenzátor \rightarrow csak egy stabil állapot !
külső vezérlőjel hatására átbillen a másik állapotba, de az nem stabil \rightarrow egy idő után automatikusan visszabillen (kondenzátor)

Egy egyszerű megvalósítása



Alaphelyzet

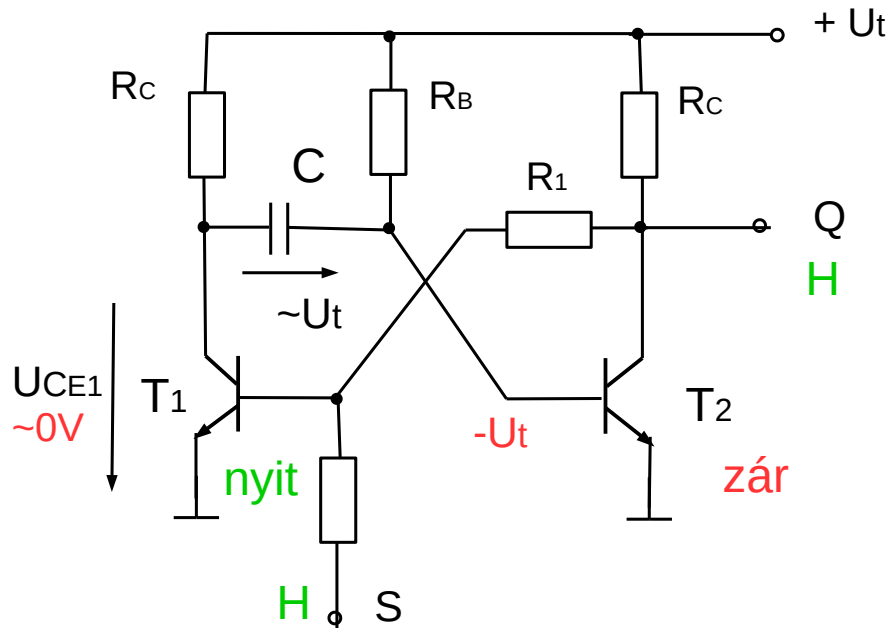
- csak a T₂ tranzisztor tud stabilan nyitva maradni → mert R₁ ellenálláson keresztül stabilan tudja a T₁ tranzisztort lezárni
- T₂ nyitva → $Q=L$ és C feltöltődik $\sim U_t$ -re

Billentés

Az **S bemenetre** **H** szintet kapcsolva ($\sim U_t$)

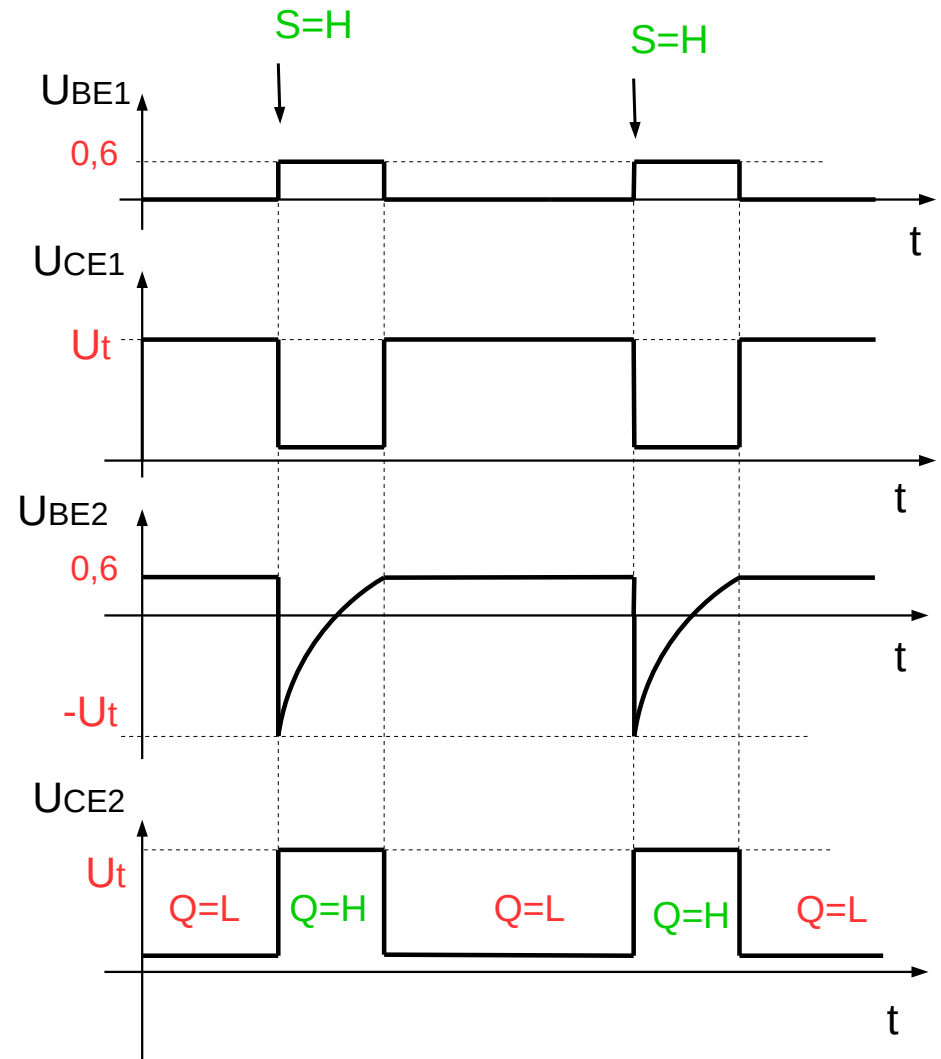
19.5. Billenőkörök

Monostabil multivibrátor



Billentés

Az **S bemenetre H** szintet kapcsolva (U_t)
→ T_1 kinyit → $U_{CE1} = L$ ($\sim 0,3V$) → a feltöltődött C miatt T_2 bázisára közel $-U_t$ feszültség kerül
→ T_2 lezár ! → **$Q=H$** → T_1 kinyit, mert R_1 ellenálláson keresztül nyitó feszültséget kap, DE csak egy ideig ! Mert C elkezd kisülni ill. áttöltődni ellentétes polaritásra R_B ellenálláson és T_1 -en keresztül → amikor C áttöltődik annyira hogy T_2 bázisára $+0,6V$ kerül → T_2 kinyit (**$Q=L$**) → T_1 lezár
→ visszabillen a stabil állapotába

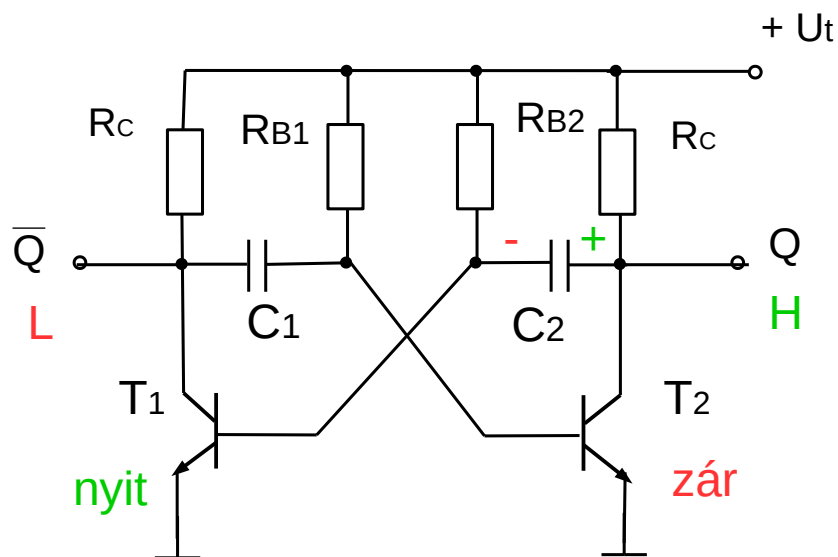


$$= R_B * C$$

19.6. Billenőkörok

Astabil multivibrátor

nincs stabil állapota ! \rightarrow relaxációs oszcillátor
négyyszögjelet állít elő



Alaphelyzet

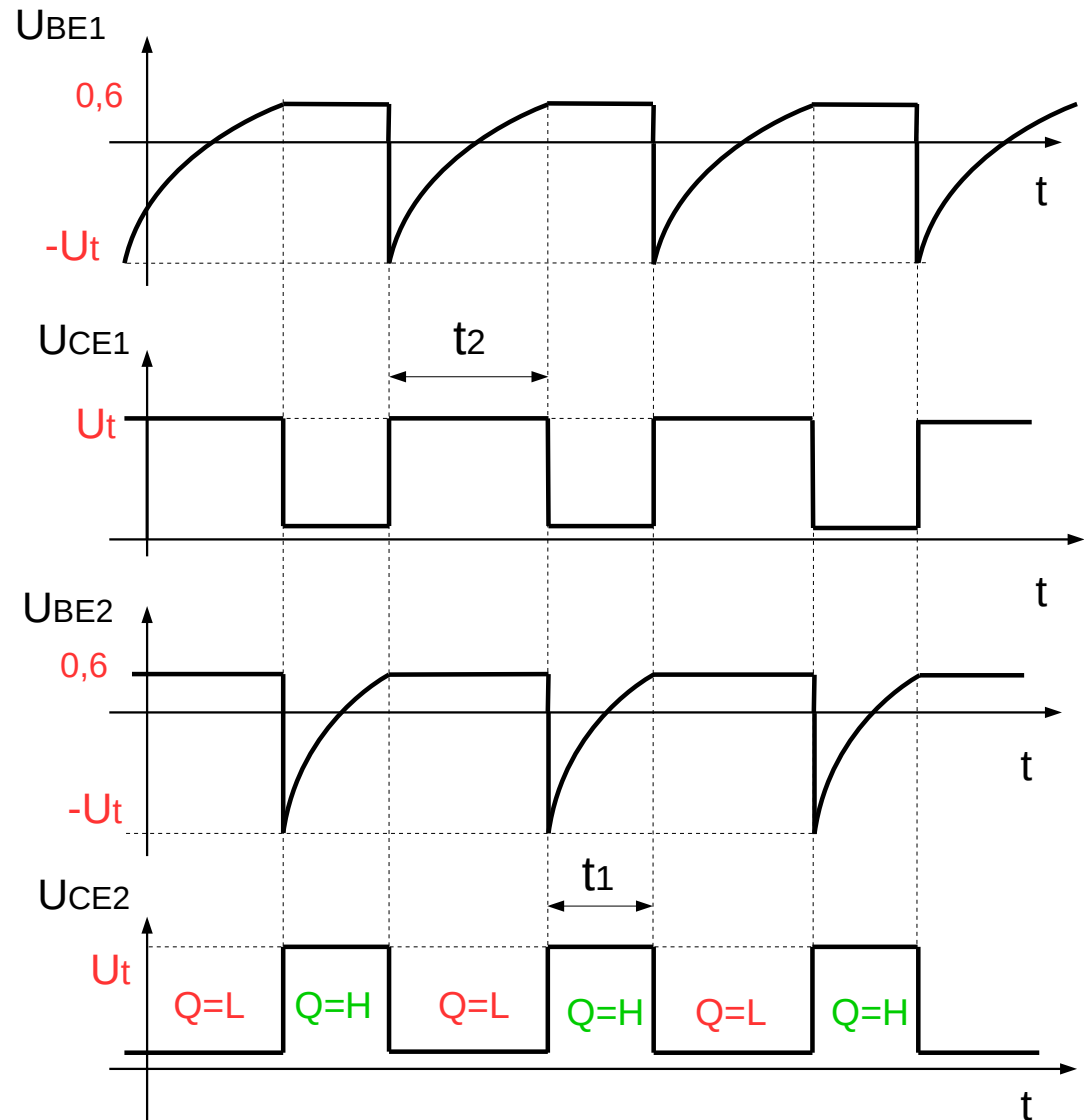
- ha valamelyik tranzisztor előbb kinyit (pl. T_1) \rightarrow telítésbe kerül \rightarrow U_{CE} néhány tized volt ($\bar{Q}=L$) \rightarrow C-en keresztül másik tranzisztor lezár (T_2) \rightarrow a másik kimenet közel U_t ($Q=H$)
- C_2 R_c -én és T_1 -en keresztül gyorsan feltöltődik $\sim U_t$ -re

19.6. Billenőkörök

Astabil multivibrátor

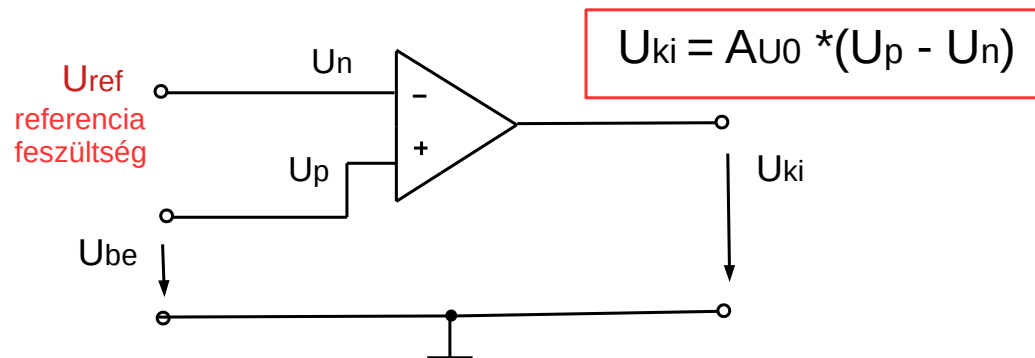
Billenés

- T_1 nyitva $\rightarrow C_1$ töltődik R_1 -en és T_1 -en keresztül $-U_t$ -ről $+U_t$ -re
 \rightarrow amikor feszültsége eléri a $\sim 0,6V$ értéket T_2 nyit $\rightarrow C_2$ közel $-U_t$ feszültséget ad T_1 bázisára \rightarrow T_1 lezár, és C_1 R_c -én és T_2 -ön keresztül gyorsan feltöltődik $\sim U_t$ -re
- T_2 nyitva $\rightarrow C_2$ töltődik
(ellentétesen minden mint az előbb)
- $t_1 = R_{B1} \cdot C_1 \cdot \ln 2$
- $t_2 = R_{B2} \cdot C_2 \cdot \ln 2$
- $R_{B1max} = R_{B2max} = B \cdot R_c$



19.7. Komparátor

Komparátor műveleti erősítővel



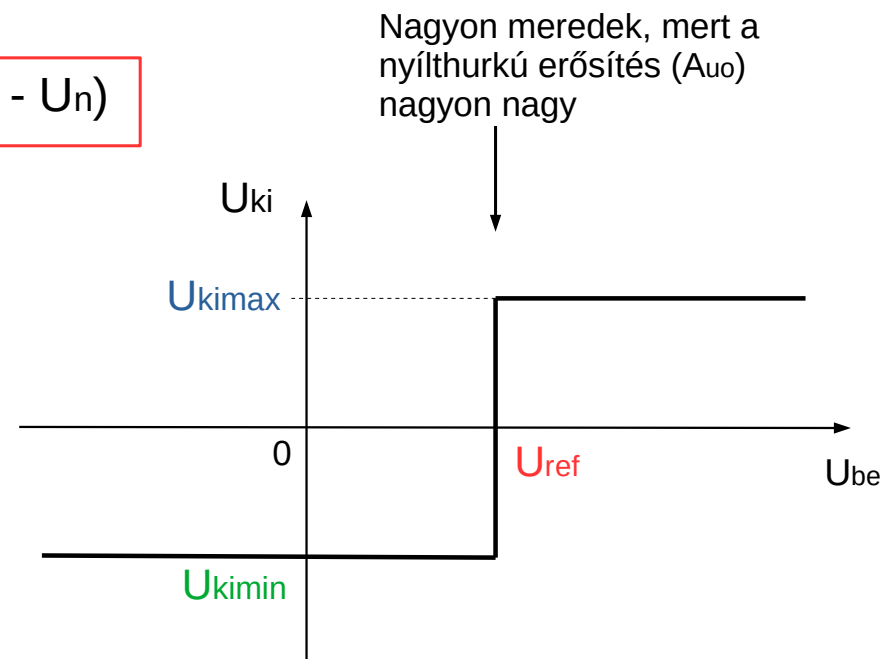
Összehasonlítja a bemeneti feszültséget egy referencia feszültséggel:

Mivel a nyílthurkú erősítés (A_{U0}) nagyon nagy

→

ha $U_{be} < U_{ref} \rightarrow U_{ki} = U_{kimin}$

ha $U_{be} > U_{ref} \rightarrow U_{ki} = U_{kimax}$



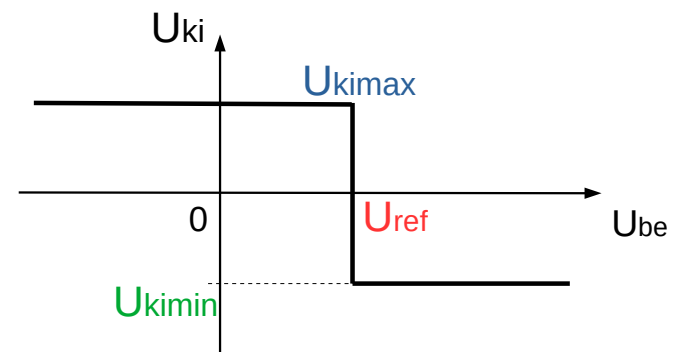
Hátrány: ha $U_{be} \approx U_{ref} \rightarrow$ sok átbillenés lehet !! → jobb a hiszterézises komparátor

Invertáló változat:

Ha U_{be} az invertáló bemenetre és U_{ref} a nem invertáló bemenetre van kötve →

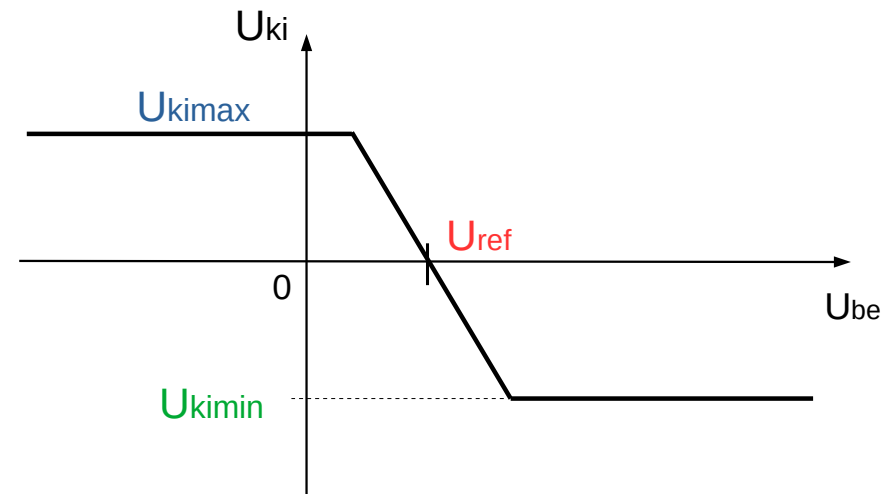
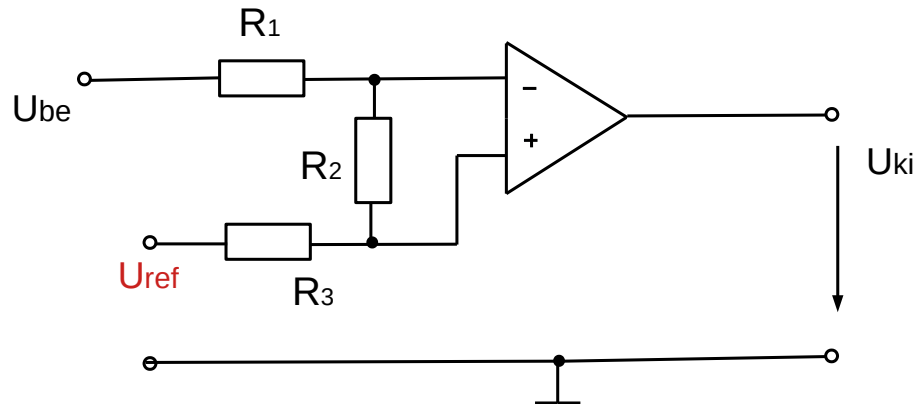
ha $U_{be} < U_{ref} \rightarrow U_{ki} = U_{kimax}$

ha $U_{be} > U_{ref} \rightarrow U_{ki} = U_{kimin}$



19.7. Komparátor

Komparátor műveleti erősítővel 2.

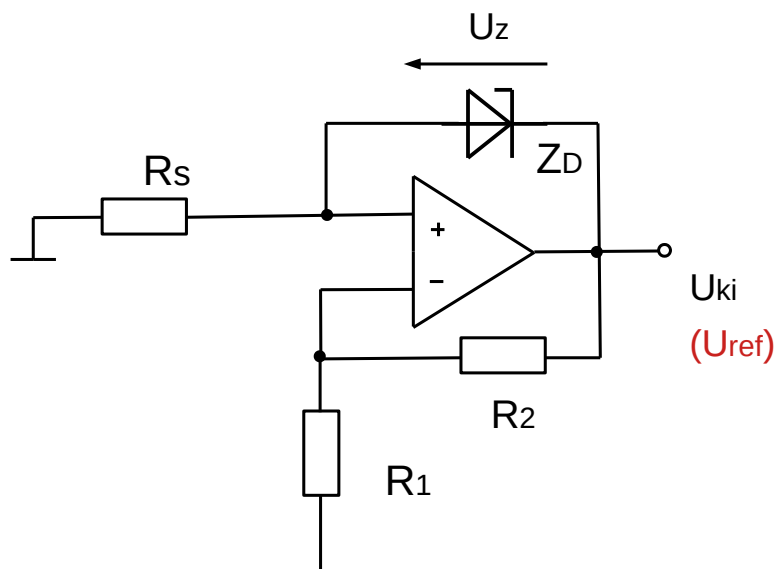


Nem azonnal billen át, az átbillenés meredeksége az ellenállások értékétől függ,

Meredekség: $- A_{uo} \cdot R_2 / (R_1 + R_2 + R_3)$

19.7. Komparátor

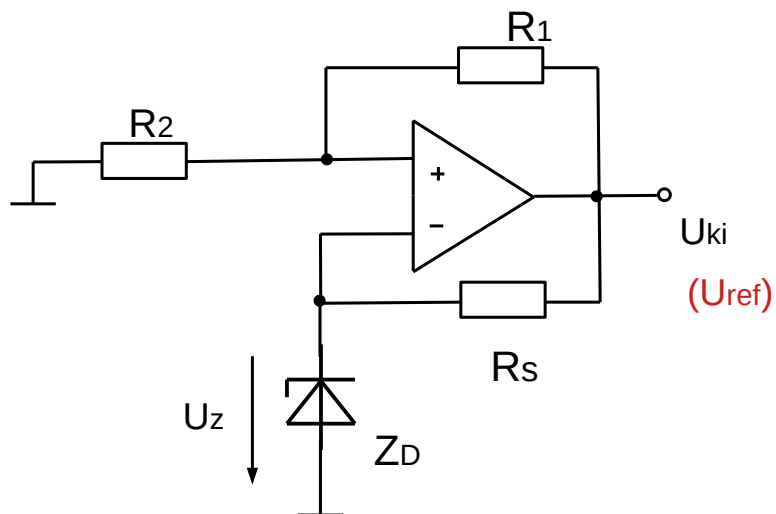
Pontos referencia feszültség előállítása



$$U_{ki} - U_z = U_{ki} * R_1 / (R_1 + R_2)$$



$$U_{ki} = U_z * (R_1 + R_2) / R_2$$



$$U_z = U_{ki} * R_2 / (R_1 + R_2)$$

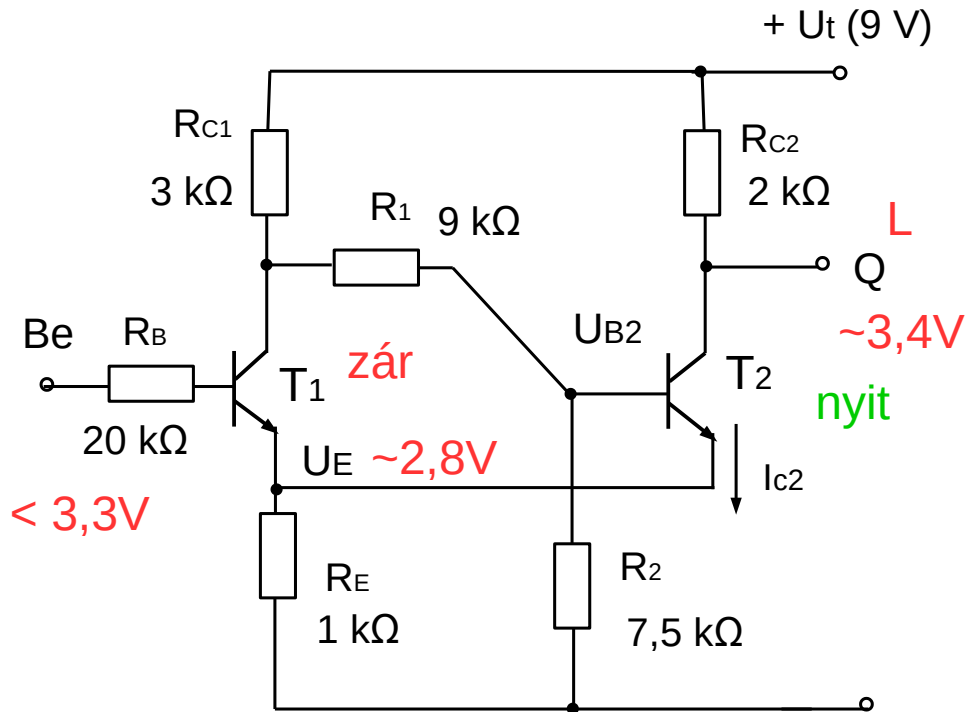


$$U_{ki} = U_z * (R_1 + R_2) / R_2$$

19.8. Billenőkörök 2.

Schmitt-trigger

hiszterézises komparátor



Alkalmazása:

- Különböző amplitúdójú jelekből azonos amplitúdójúak készítése
- jel „négyszögesítése”

- Küszöbérték kapcsoló
- két állapota van és egy vezérlő bemenete
- a vezérlő bemenet feszültség szintje alapján vált állapotot
- **DE ! nem ugyanazon feszültség szinteknél vált oda ill. vissza !**

Bemeneti feszültség kicsi

kiseb mint U_1 !

→ T1 zárva → R_{c1} R_1 R_2 ellenállások nyitó feszültséget adnak T2 bázisára

→ T2 nyitva → Q L szintű

$$U_{B2} = U_1 = U_t \cdot R_2 / (R_{c1} + R_1 + R_2) \rightarrow$$

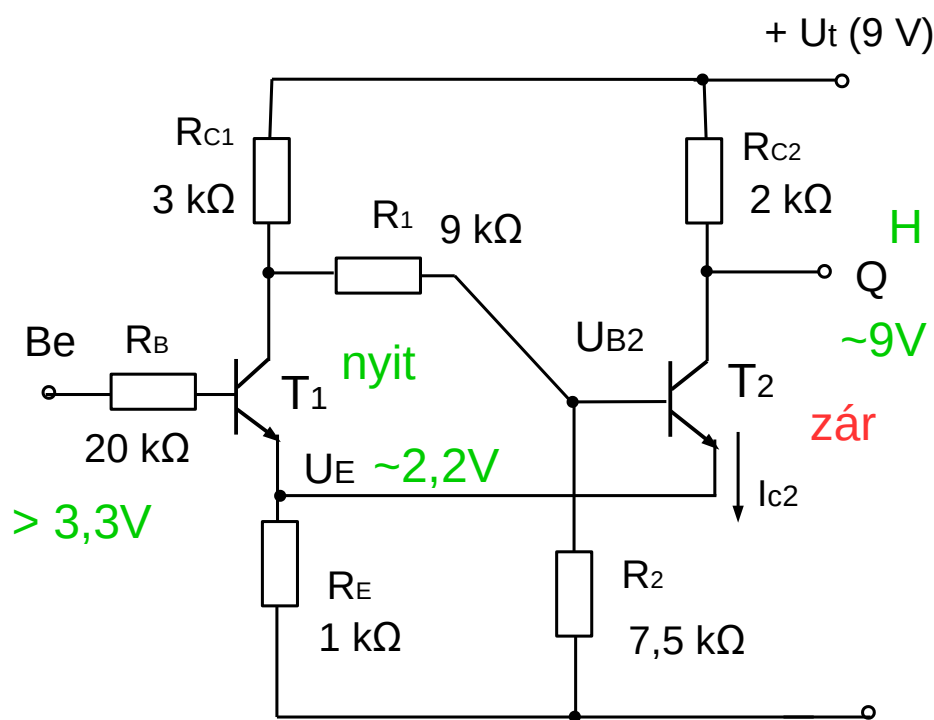
Adott kapcsolásnál $U_1 \sim 3,4V \rightarrow$

$$U_E = 2,8V \rightarrow I_{c2} = 2,8mA \rightarrow$$

$$U_{QL} = U_t - I_{c2} \cdot R_{c2} \quad U_{QL} = 3,4V$$

19.8. Billenőkörök 2.

Schmitt-trigger



Billenés

Bemeneti feszültség nagyobb mint U_1 !

→ T_1 nyit → R_1 és R_2 ellenállásokon kis feszültséget ad T_2 bázisára

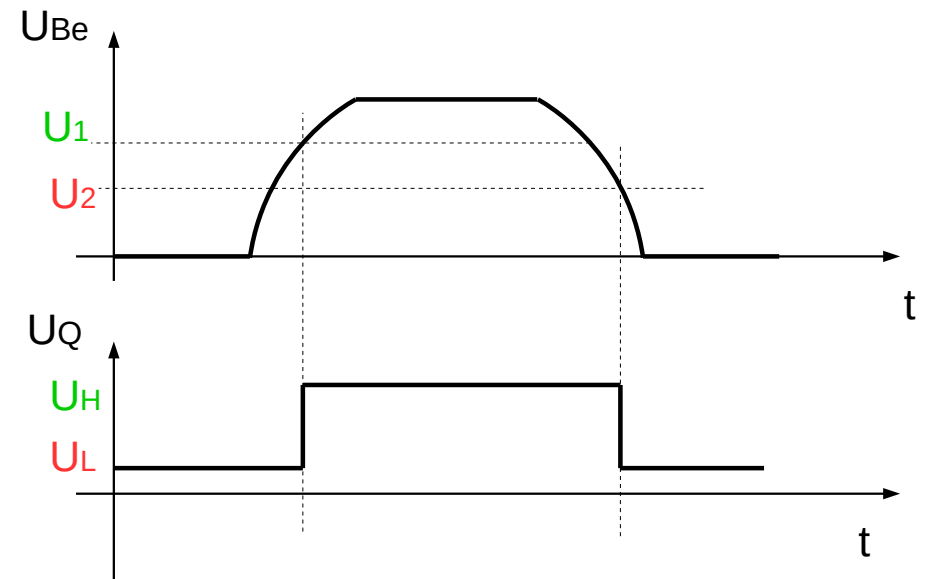
→ T_2 lezár → Q H szintű

$U_E = U_t \cdot R_E / (R_{C1} + R_E) \rightarrow$

Adott kapcsolásnál $U_E \sim 2,2 \text{ V}$ és

→ $I_{C1} = 2,2 \text{ mA} \rightarrow U_{B2} = 1,1 \text{ V}$

$U_{QH} \sim 9 \text{ V}$



Vissza billenés

Bemeneti feszültség lecsökken

$U_E + 0,6 \text{ V}$ alá! ($U_2 \sim 2,8 \text{ V}$)

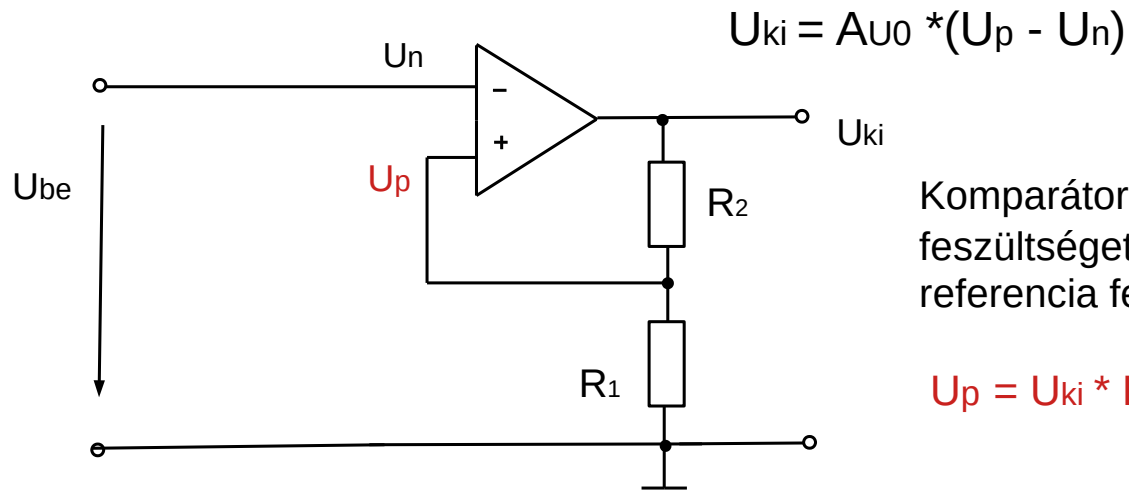
→ T_1 zár → T_2 nyit, $U_E = 2,8 \text{ V}$

$I_{C1} \neq I_{C2} \rightarrow U_1 \neq U_2 \rightarrow$ hiszterézis

19.8. Billenőkörök 2.

Schmitt-trigger műveleti erősítővel

fázisfordító



Komparátor ez is → Összehasonlítja a bemeneti feszültséget egy referencia feszültséggel → a referencia feszültség most U_p !

$$U_p = U_{ki} * R_1 / (R_1 + R_2)$$

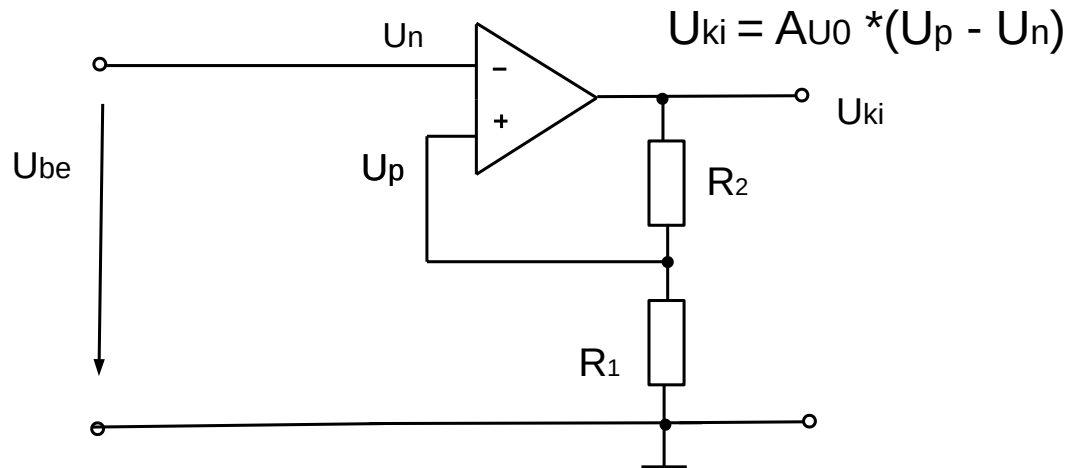
Mivel a nyílthurkú erősítés (A_{U0}) nagyon nagy, és pozitív visszacsatolás van →

ha $U_n < U_p$ → beáll a maximális kimeneti feszültségre, $U_{ki} = U_{kimax}$ (pl. + 14V) → és
 $U_p = U_{kimax} * R_1 / (R_1 + R_2)$ → és amíg U_n ennél kisebb, addig így marad stabilan

ha $U_n > U_p$ → beáll a minimális kimeneti feszültségre, $U_{ki} = U_{kimin}$ (pl. - 14V) → és
 $U_p = U_{kimin} * R_1 / (R_1 + R_2)$ → és amíg U_n ennél nagyobb, addig így marad stabilan

19.8. Billenőkörök 2.

Schmitt-trigger műveleti erősítővel



$$U_p = U_{ki} * R_1 / (R_1 + R_2)$$

1. Ha $U_{ki} = U_{kimax}$ (pl. +14V) akkor →

$$U_p = U_{b1} = U_{kimax} * R_1 / (R_1 + R_2) \quad (\text{pl. +9V})$$

- amíg $U_{be} < U_{b1}$ ($U_n < U_p$) → $U_{ki} = U_{kimax}$

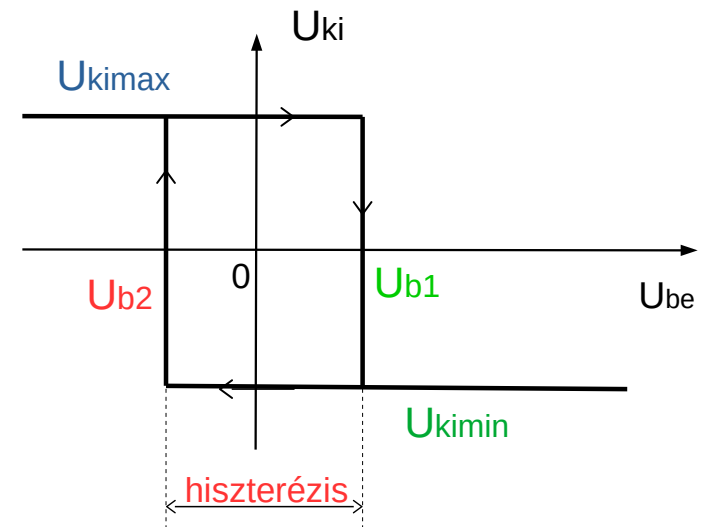
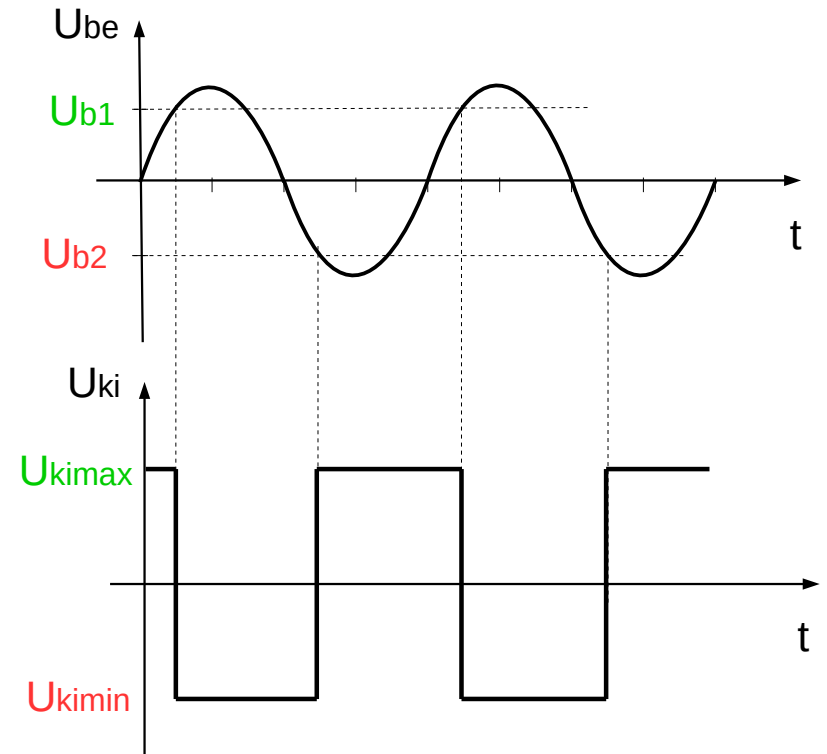
- ha $U_{be} > U_{b1}$ → **billenés**, $U_{ki} = U_{kimin}$

2. Ha $U_{ki} = U_{kimin}$ (pl. -14V) akkor →

$$U_p = U_{b2} = U_{kimin} * R_1 / (R_1 + R_2) \quad (\text{pl. -9V})$$

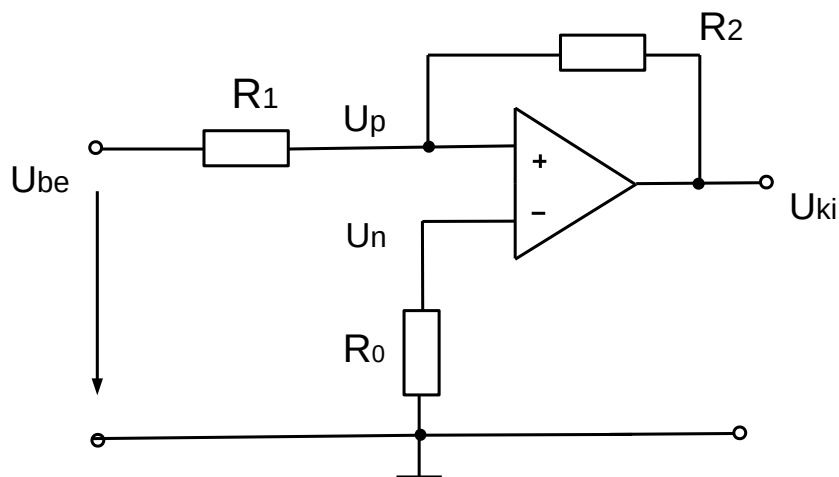
- amíg $U_{be} > U_{b2}$ ($U_n > U_p$) → $U_{ki} = U_{kimin}$

- ha $U_{be} < U_{b2}$ → **vissza billenés**, $U_{ki} = U_{kimax}$



19.8. Billenőkörök 2.

Schmitt-trigger műveleti erősítővel
(nem fázisfordító)



$$U_p = U_{ki} \cdot R_1 / (R_1 + R_2) + U_{be} \cdot R_2 / (R_1 + R_2)$$

$U_n \approx 0 \rightarrow$ átbillenés akkor lesz, ha $U_p \approx 0$!!

$$U_p = 0 \rightarrow U_{be} = - U_{ki} \cdot R_1 / R_2$$

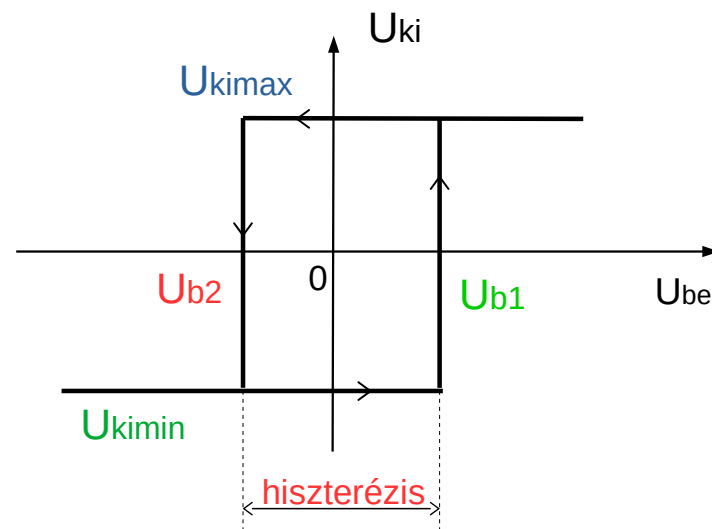
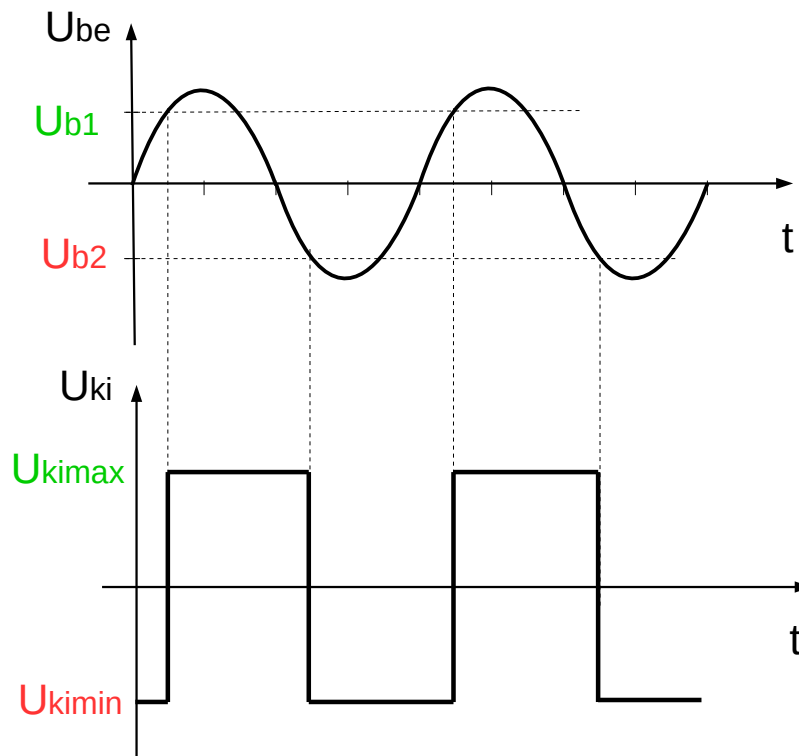
$$U_{be} < U_{b1} \rightarrow U_{ki} = U_{kimin}$$

$$U_{b1} = - U_{kimin} \cdot R_1 / R_2$$

$$U_{be} > U_{b1} \rightarrow \text{billenés, } U_{ki} = U_{kimax}$$

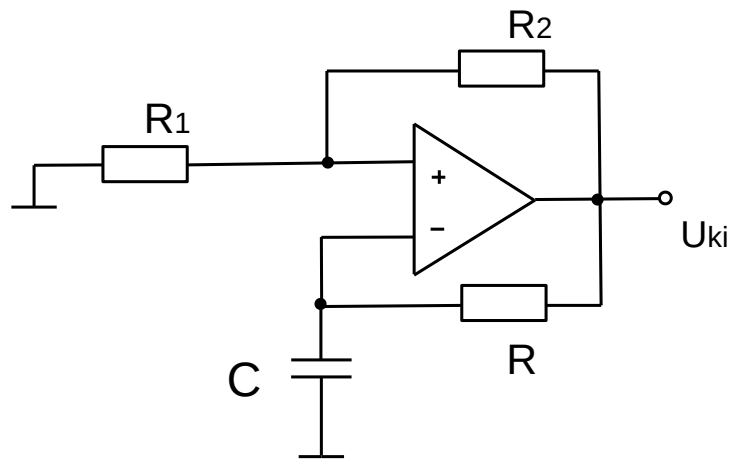
$$U_{b2} = - U_{kimax} \cdot R_1 / R_2$$

$$U_{be} < U_{b2} \rightarrow \text{vissza billenés, } U_{ki} = U_{kimin}$$

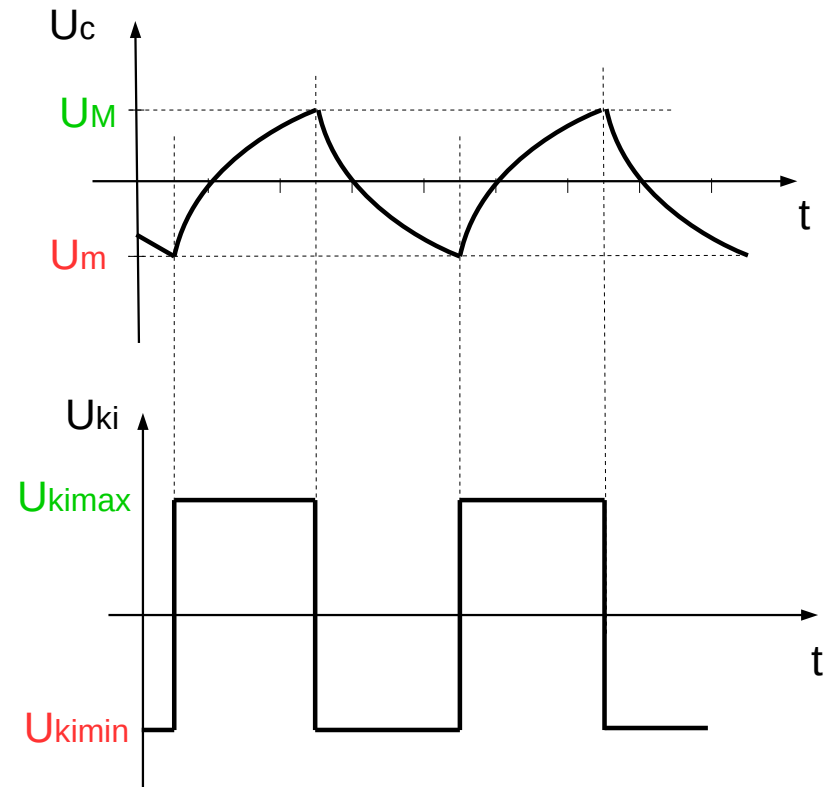


19.8. Billenőkörök 2.

Astabil multivibrátor műveleti erősítővel

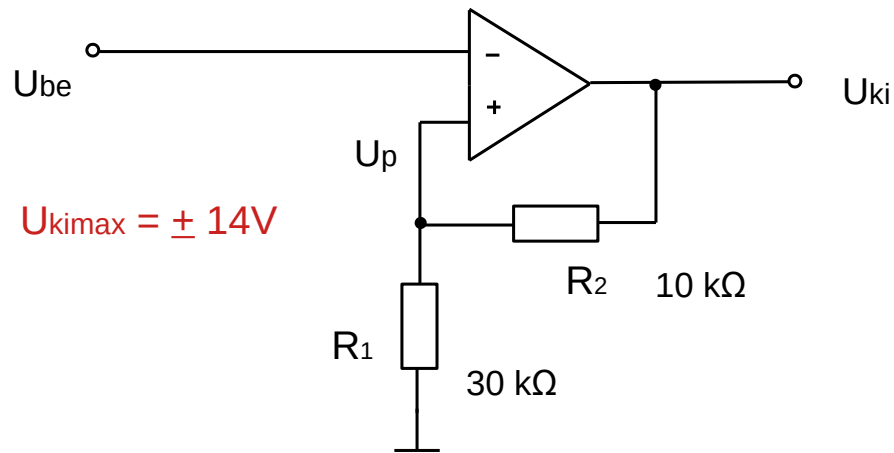


$$T \approx 2 \cdot R \cdot C \cdot \ln(1 + 2 \cdot R_1 / R_2)$$



19.9. Mintafeladatok

1. minta feladat (Schmitt-trigger)



Ha $U_{be} < U_{b1} \rightarrow U_{ki} = U_{kmax}$

$$U_{b1} = U_{kmax} * R_1 / (R_1 + R_2)$$

$$U_{b1} = 14 * 30 / 40 = 10,5 V$$

Billenés

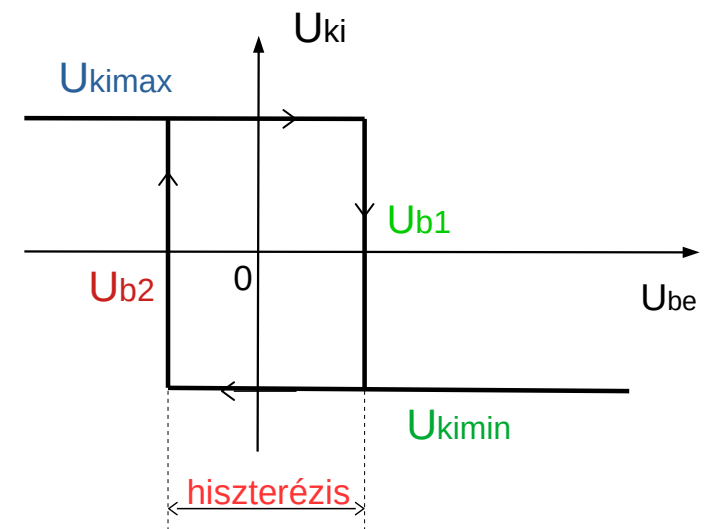
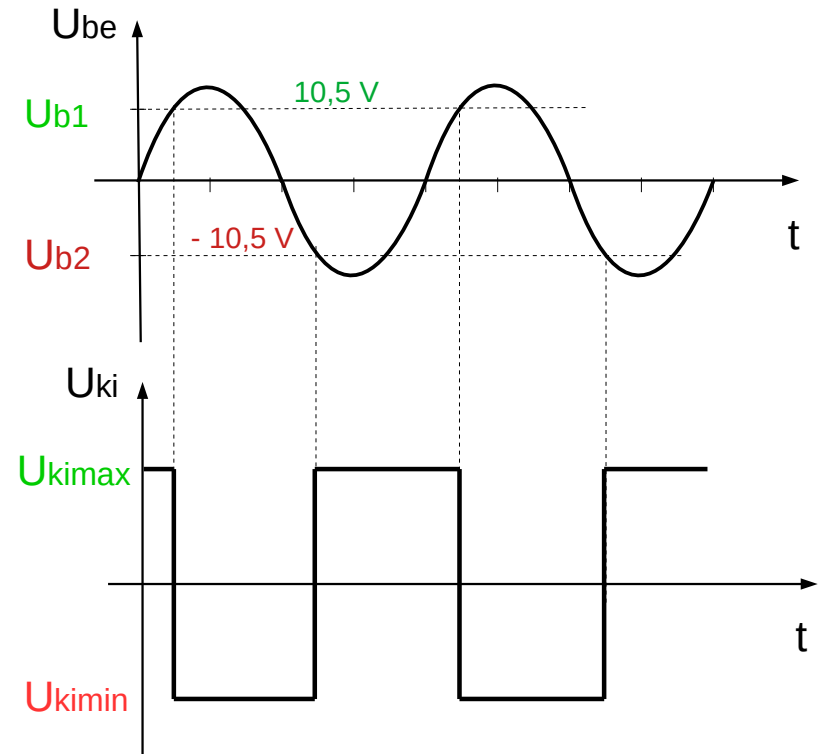
$U_{be} > U_{b1} \rightarrow U_{ki} = U_{kmin}$

Vissza billenés

$U_{be} < U_{b2} \rightarrow U_{ki} = U_{kmax}$

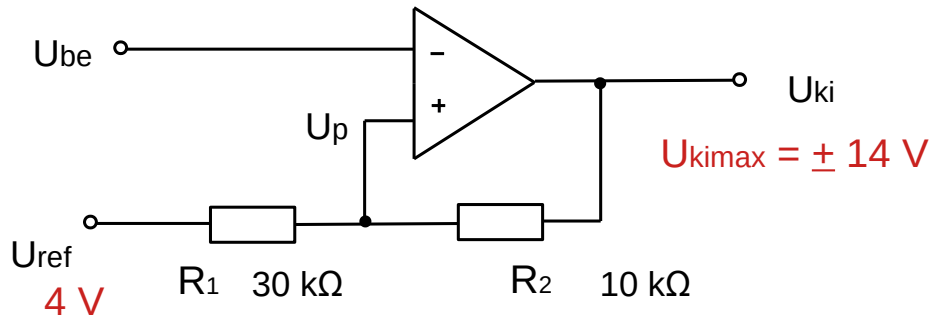
$$U_{b2} = U_{kmin} * R_1 / (R_1 + R_2)$$

$$U_{b2} = -14 * 30 / 40 = -10,5 V$$



19.9. Mintafeladatok

2. minta feladat (Schmitt-trigger)



$$U_p = (U_{ki} - U_{ref}) * R_1 / (R_1 + R_2) + U_{ref}$$

Vagy szuperpozícióval:

$$U_p = U_{ki} * R_1 / (R_1 + R_2) + U_{ref} * R_2 / (R_1 + R_2)$$

$$U_p = (U_{ki} - U_{ref}) * R_1 / (R_1 + R_2) + U_{ref}$$

Ha $U_{be} < U_{b1} \rightarrow U_{ki} = U_{ki\max}$

$$U_{b1} = (U_{ki\max} - U_{ref}) * R_1 / (R_1 + R_2) + U_{ref}$$

$$U_{b1} = (14 - 4) * 30 / 40 + 4 = 11,5 \text{ V}$$

Billenés

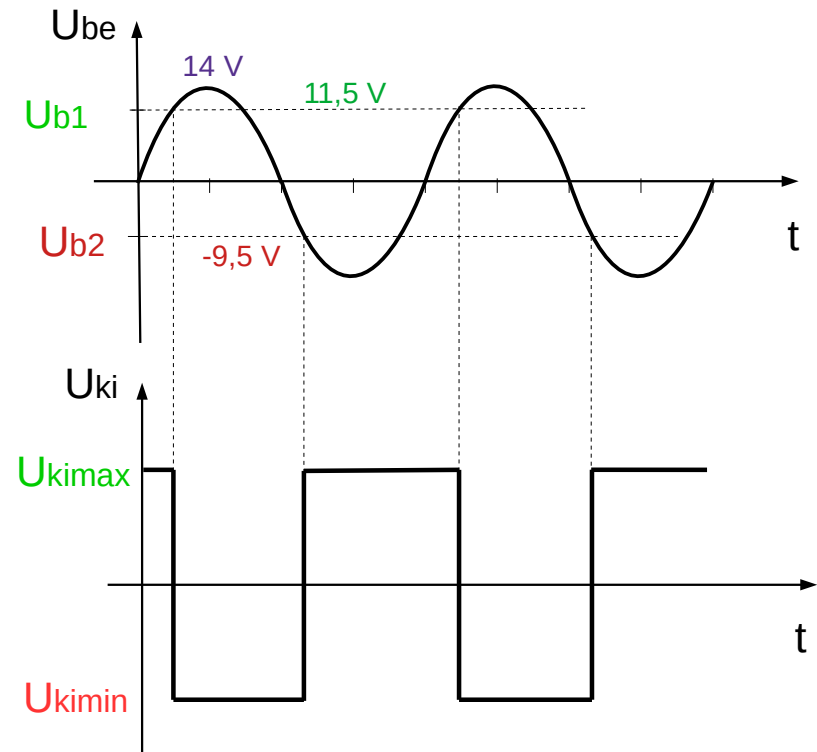
$U_{be} > U_{b1} \rightarrow U_{ki} = U_{ki\min}$

Vissza billenés

$U_{be} < U_{b2} \rightarrow U_{ki} = U_{ki\max}$

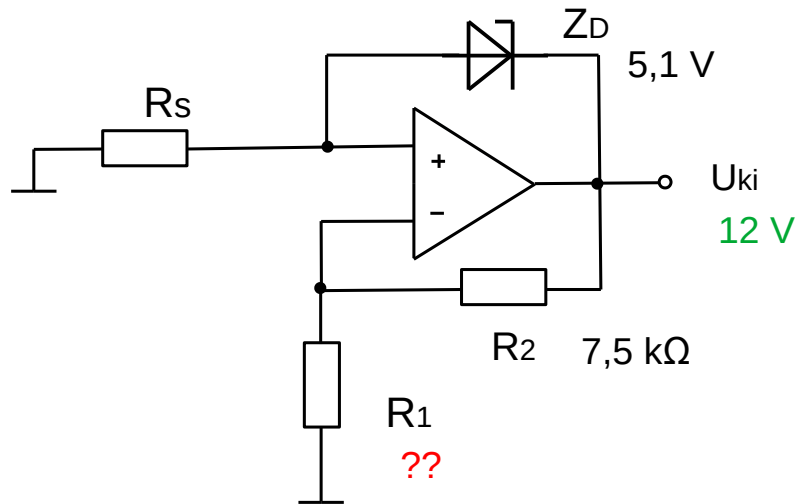
$$U_{b2} = (U_{ki\min} - U_{ref}) * R_1 / (R_1 + R_2) + U_{ref}$$

$$U_{b2} = (-14 - 4) * 30 / 40 + 4 = -9,5 \text{ V}$$

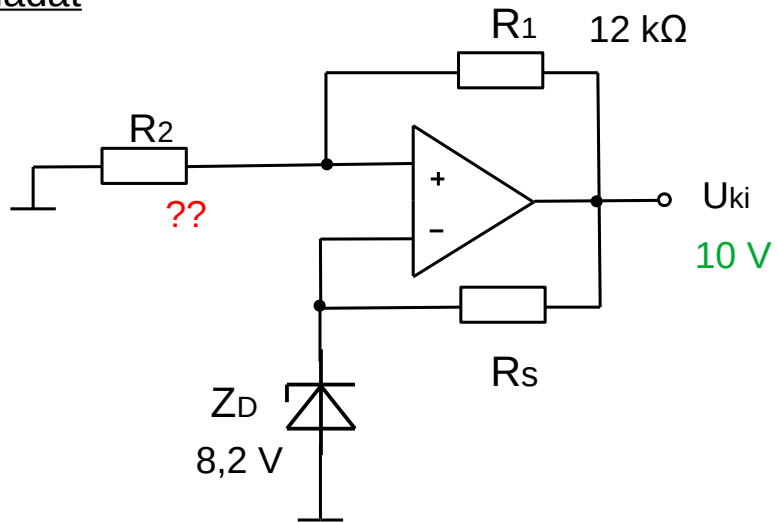


19.10. Feladatok

1. feladat

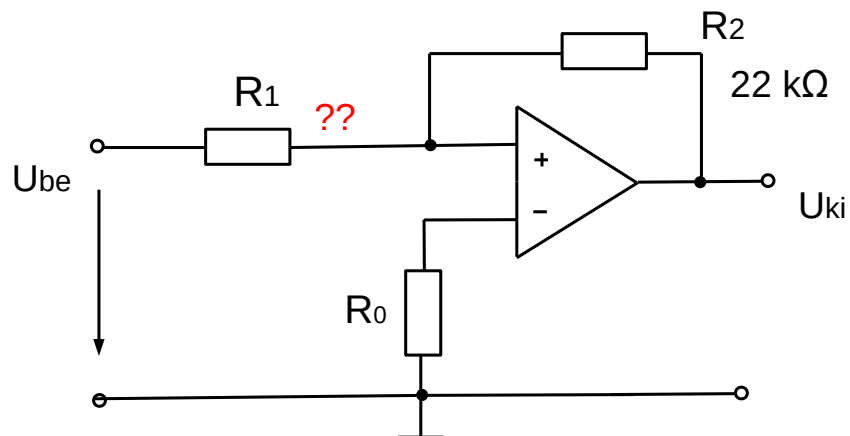


2. feladat



19.10. Feladatok

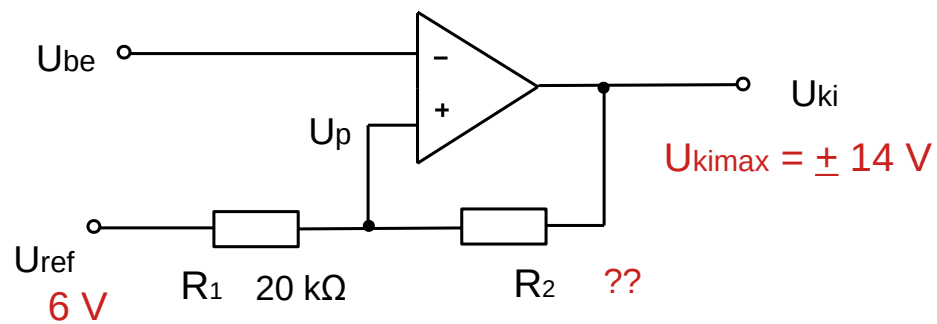
3. feladat



$$U_{k\max} = \pm 14\text{ V}$$

Billenési feszültségek: $\pm 5\text{ V}$

4. feladat



Egyik billenési feszültség:

$$U_{b1} = +8\text{ V}$$

$$U_{k\max} = \pm 14\text{ V}$$

$$R_2 = ??$$

$$U_{b2} = ??$$

19.11. Oszcillátorok

1. Oszcillátor

Rezgéskeltő áramkör →

váltakozó, periódikus jelet állít elő az egyenáramú tápfeszültségből

Előállíthat:

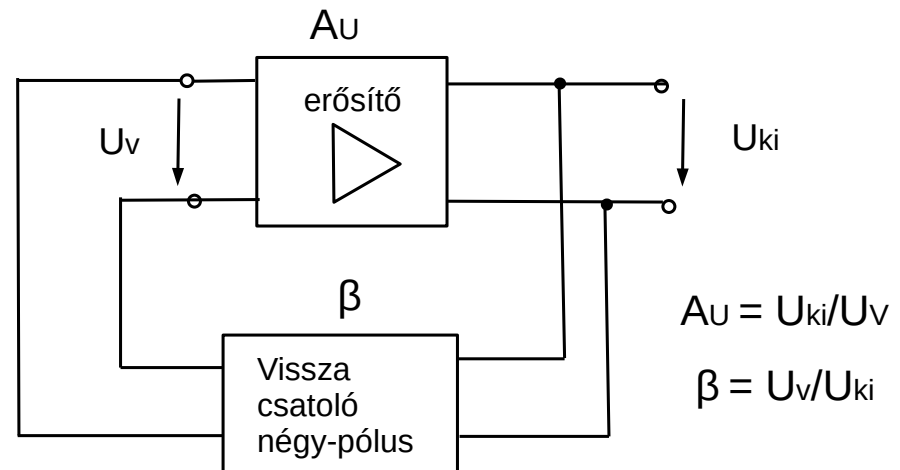
- szinuszos jelet
- nem szinuszos jelet → impulzustechnikai áramkörök

2. Szinuszos oszcillátorok

- RC oszcillátor
 - LC oszcillátor
 - kvarc oszcillátor
 - negatív ellenállású elemből felépített oszcillátor
- visszacsatolt oszcillátorok

3. Visszacsatolt oszcillátorok

Erősítő +
visszacsatoló hálózat +
frekvencia meghatározó elemek



19.11. Oszcillátorok

4. Az oszcillálás feltételei

A visszacsatolt erősítő erősítése $\longrightarrow A_{UV} = \frac{A_U}{1 - \beta * A_U}$

Hurok erősítés $\rightarrow \beta * A_U$

$\beta * A_U < 0 \rightarrow$ negatív visszacsatolás

$\beta * A_U > 0 \rightarrow$ pozitív visszacsatolás

$\beta * A_U < 1 \rightarrow$ csillapodó rezgés

$\beta * A_U > 1 \rightarrow$ növekvő rezgés

$\beta * A_U = 1 \rightarrow A_{UV} =$ végtelen (begerjedés !)



oszcillátor áramkör

Amplitudó feltétel

$$|\beta * A_U| \geq 1$$

az erősítés legyen nagyobb, (vagy legalább egyenlő)
mint a visszacsatoló áramkör csillapítása

Fázis feltétel

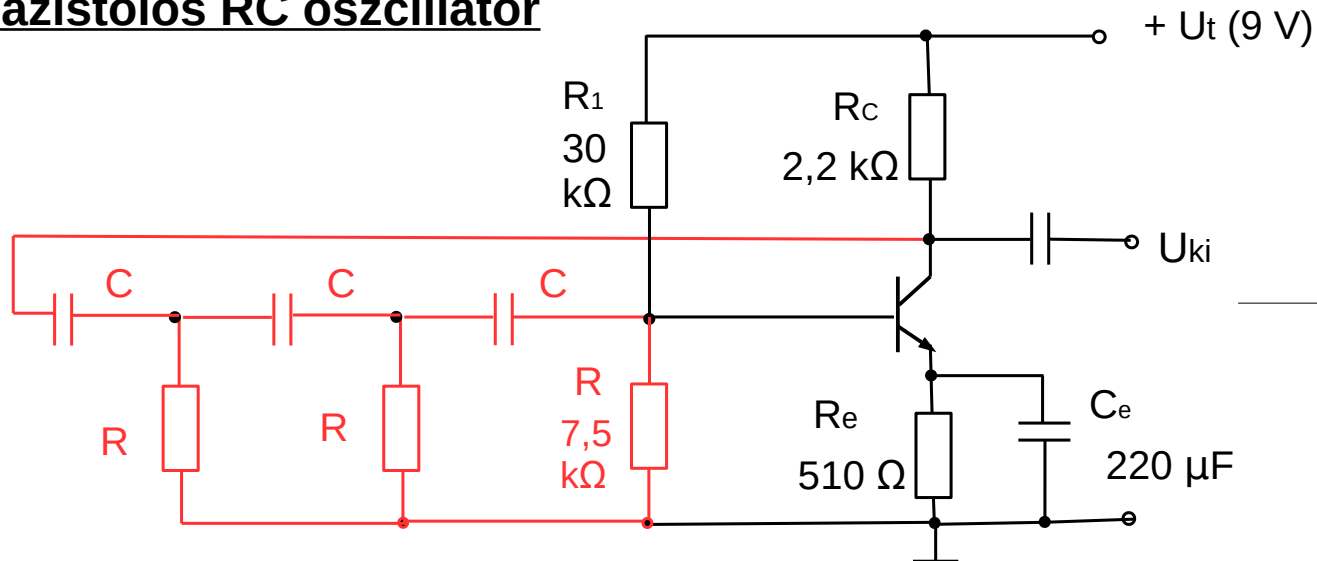
$$\beta * A_U > 0$$

pozitív visszacsatolás legyen !!

A visszacsatolt jel fázisban legyen a bemenő jellel

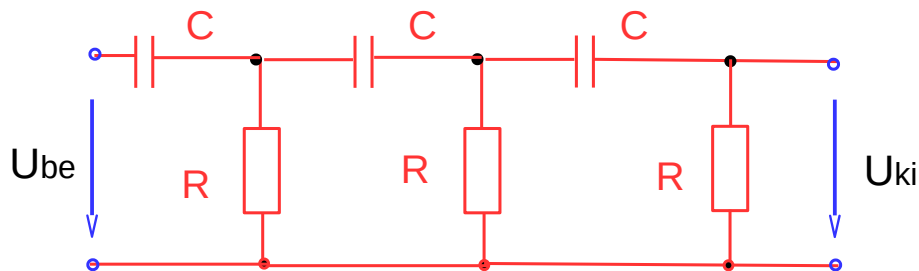
19.12. RC oszcillátorok

1. Fázistolós RC oszcillátor



Földelt emitteres
erősítő
→ 180°-os fázistolás !

a visszacsatoló áramkör



Felüláteresztő szűrő !

Amelyik frekvencián pont 180°-os fázistolása
lesz → pozitív lesz a visszacsatolás !

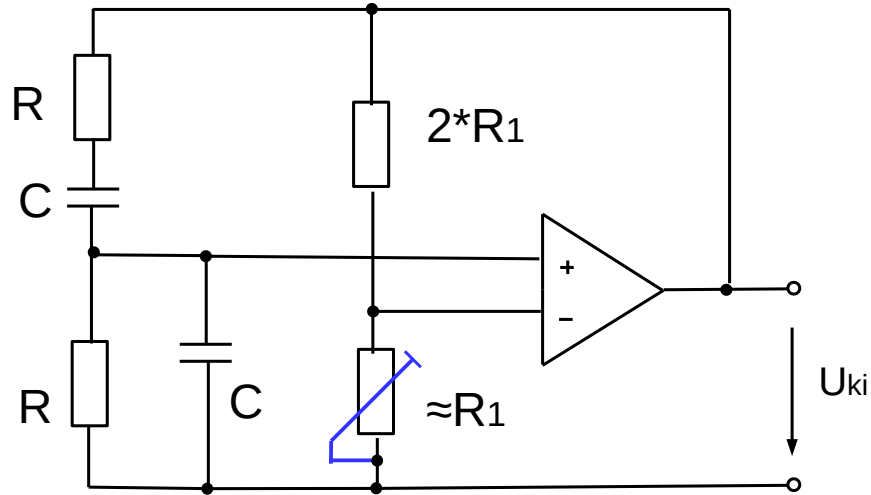
$$f_0 = 1 / (2\pi \cdot \sqrt{6} \cdot R \cdot C)$$

$$f_0 \text{ frekvencián} \rightarrow \beta = -1/29$$

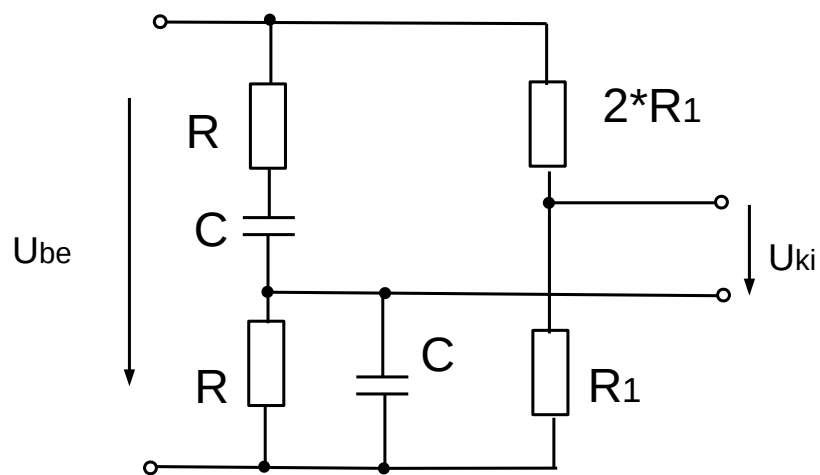
Az erősítő erősítése
legalább 30 legyen !!

19.12. RC oszcillátorok

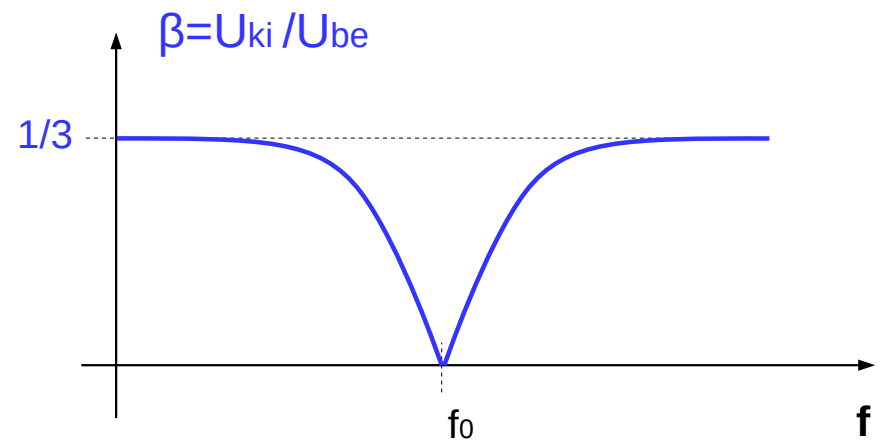
2. Wien-hidas oszcillátor (elve)



Wien-Robinson híd (a visszacsatoló tag)

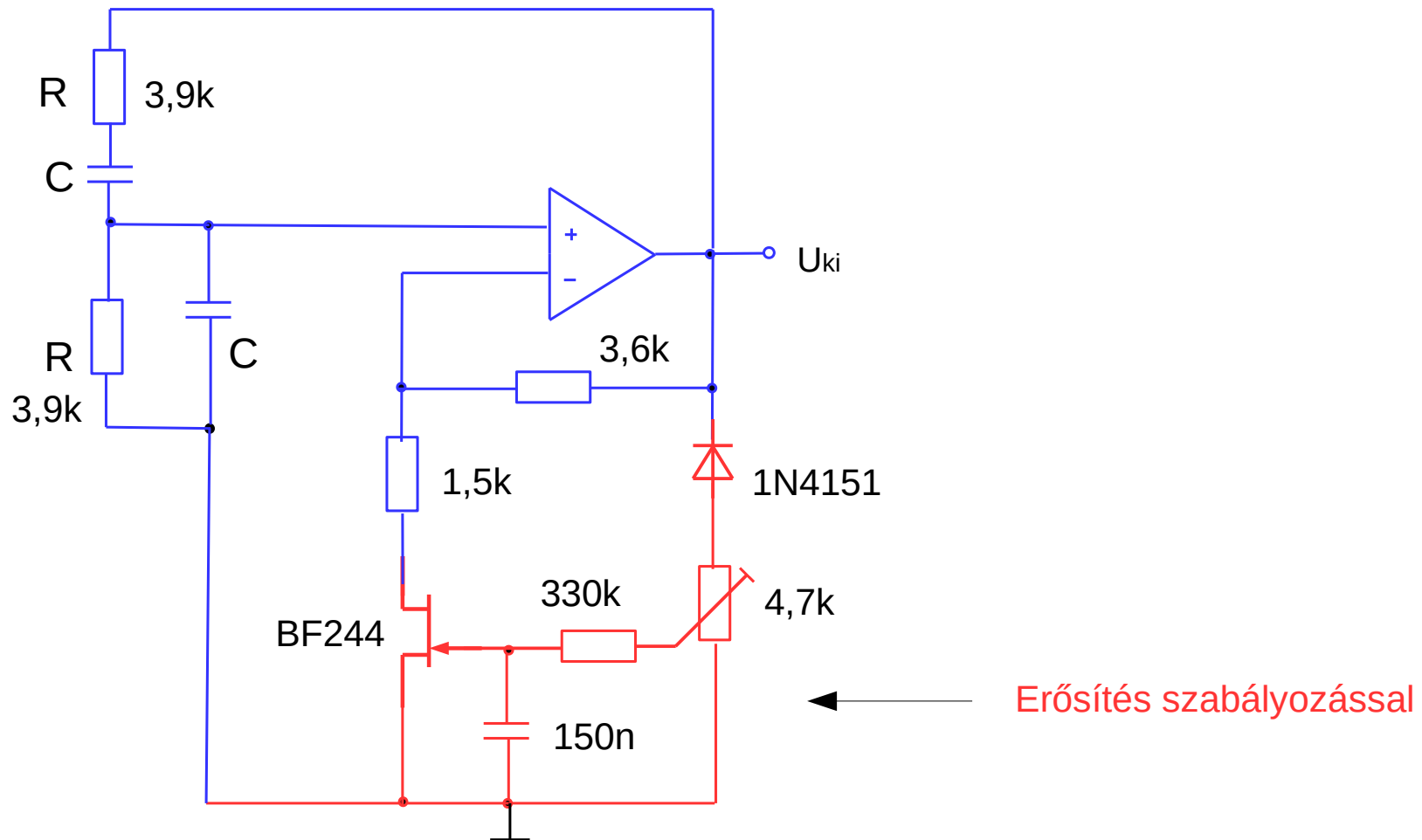


$$f_0 = 1 / (2\pi \cdot R \cdot C)$$



19.12. RC oszcillátorok

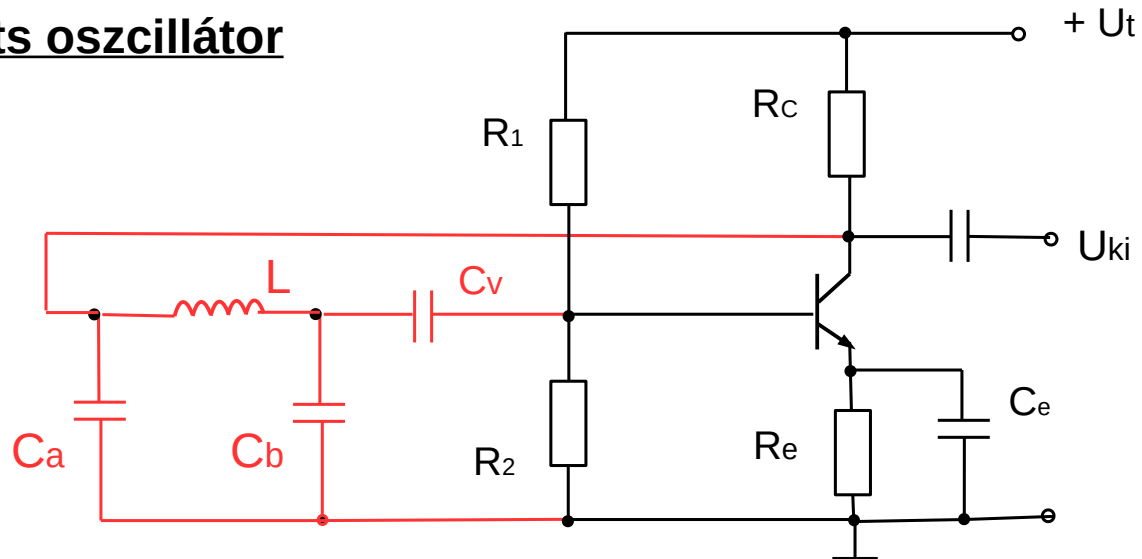
3. Wien-hidas oszcillátor, egy megvalósítás



19.13. LC oszcillátorok

Nagy frekvenciákon (> 100 kHz)

1. Colpitts oszcillátor



Kapacitív három pontos

$$f_0 = 1 / (2\pi \cdot \sqrt{L \cdot C})$$

$$\text{és } C = C_a \times C_b$$

19.14. Kvarc oszcillátorok

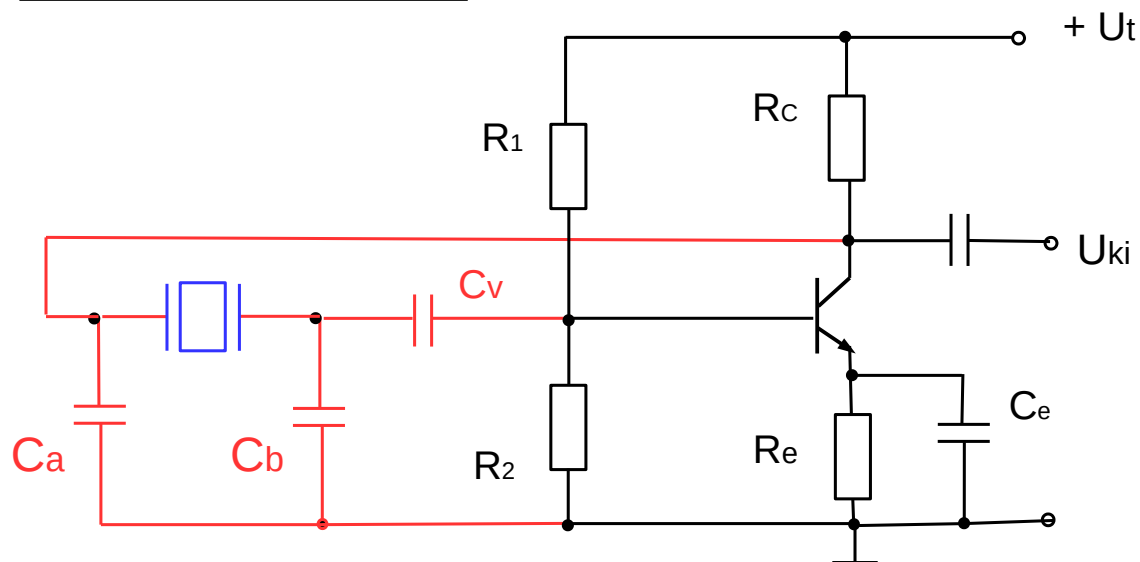
Nagy frekvenciáig $\rightarrow \sim 100 \text{ MHz}$

Ha nagy frekvencia stabilitás kell !!

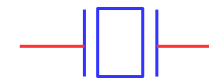
frekvencia stabilitás, $S = \Delta f / f_0$

Jellemző érték $\rightarrow S \approx 10^{-6} - 10^{-10}$

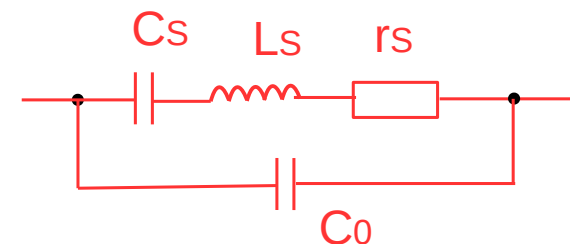
1. Pierce oszcillátor



$$C_0 = C_a \times C_b$$



Rezgő kvarc,
helyettesítő képe



Jellemző értékek \rightarrow

$$L_s = 0,1 \text{ H}$$

$$r_s = 10 \text{ ohm}$$

$$C_s = 0,01 \text{ pF}$$

$$C_0 = 10 \text{ pF}$$