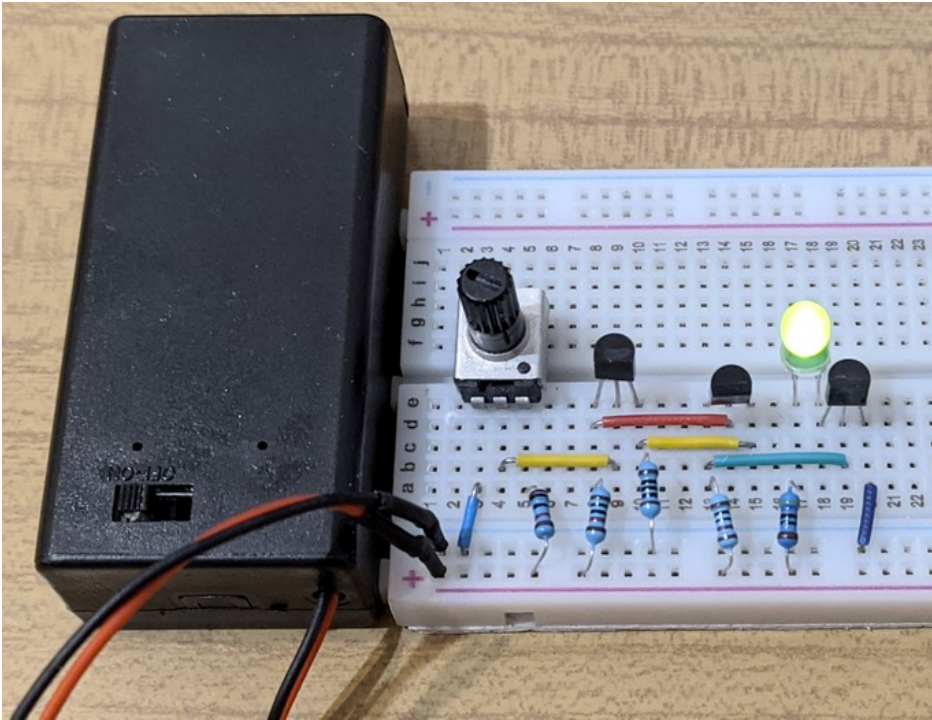


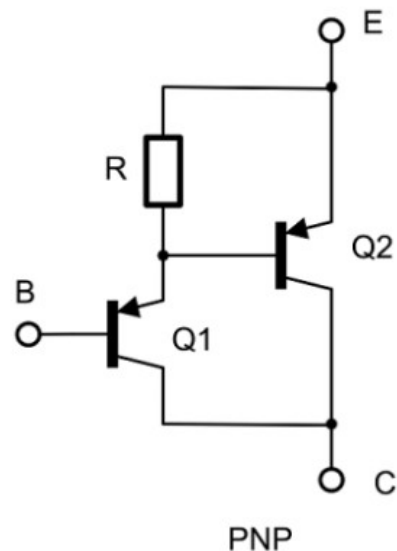
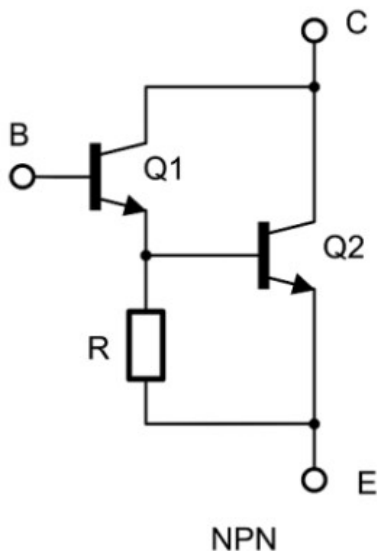
Bevezetés az elektronikába



*13. Darlington pár, differenciál erősítő,
Schmitt-trigger*

Darlington pár

- **Összetett tranzisztorok:** Ha nagyobb áramokat szeretnénk kapcsolni, vagy nagy erősítésre van szükség, akkor összekapcsolhatunk két vagy több tranziszort, az eredő erősítés növelése érdekében
- Az egyik elterjedt kapcsolási elrendezés **Sidney Darlington** nevéhez fűződik, aki a Bell Laboratórium munkatársaként 1953-ban javasolta két vagy három tranzisztor összekapcsolását egy szilícium lapkán, közös kollektorral. A kapcsolás természetesen különálló tranzisztorokkal is megvalósítható.
- Előnye a nagy eredő áramerősítés: $\beta \approx \beta_1 * \beta_2$
Hátránya a nagy nyitófeszültség: $U_{BE} = U_{BE1} + U_{BE2}$ és a nagy maradékfeszültség ($U_{CE} = 0,7 - 2,0 \text{ V}$).



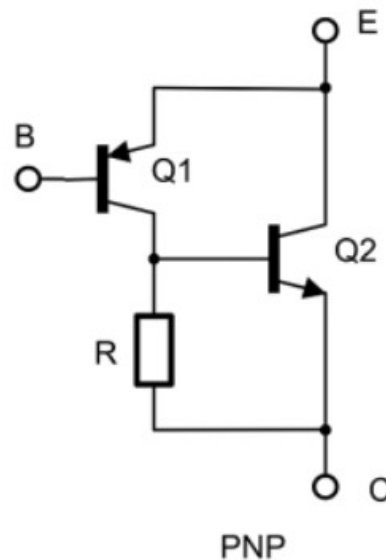
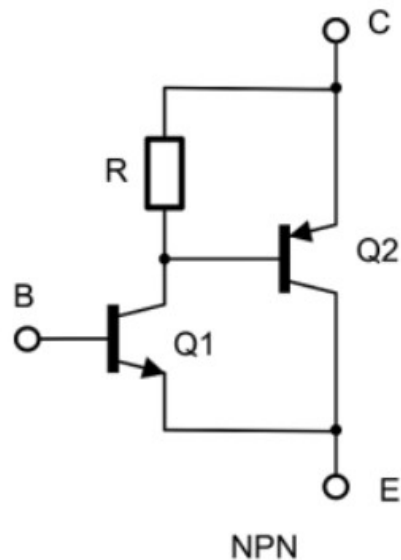
Darlington pár

Az ellenállás elhagyható. Elsősorban a kikapcsolási idő lerövidítésében és Q1 kollektoráramának stabilizálásában van szerepe

Tipikus alkalmazás: logikai áramkörök kimenetén (mint pl. ULN2003)

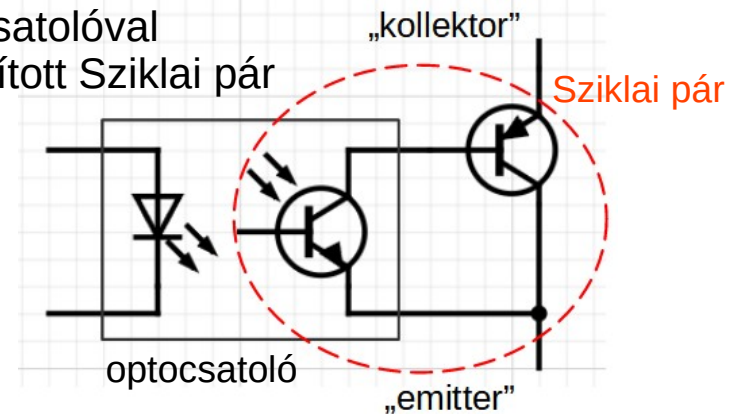
Sziklai pár

- Egy másik áramköri elrendezés **George Clifford Sziklai** (Sziklai György) budapesti születésű amerikai mérnök nevéhez fűződik. Ez az NPN és PNP tranzisztorokból kialakított ún. komplementer Darlington kapcsolás, amelyet az angolszász szakirodalom "Sziklai pair" néven ismer
- **Előnyei:**
 - ❖ nagy eredő áramerősítés: $\beta \approx \beta_1 \cdot \beta_2$
 - ❖ kis nyitófeszültség: $U_{BE} = U_{BE1}$
- **Hátránya:** a Darlington-párhoz hasonlóan nagy maradékfeszültség



Tipikus alkalmazás:

optocsatolóval
kialakított Sziklai pár



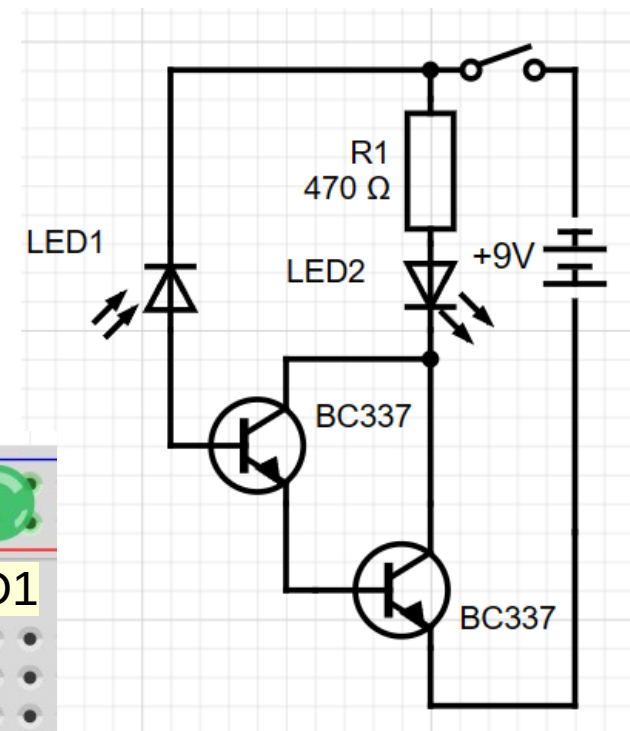
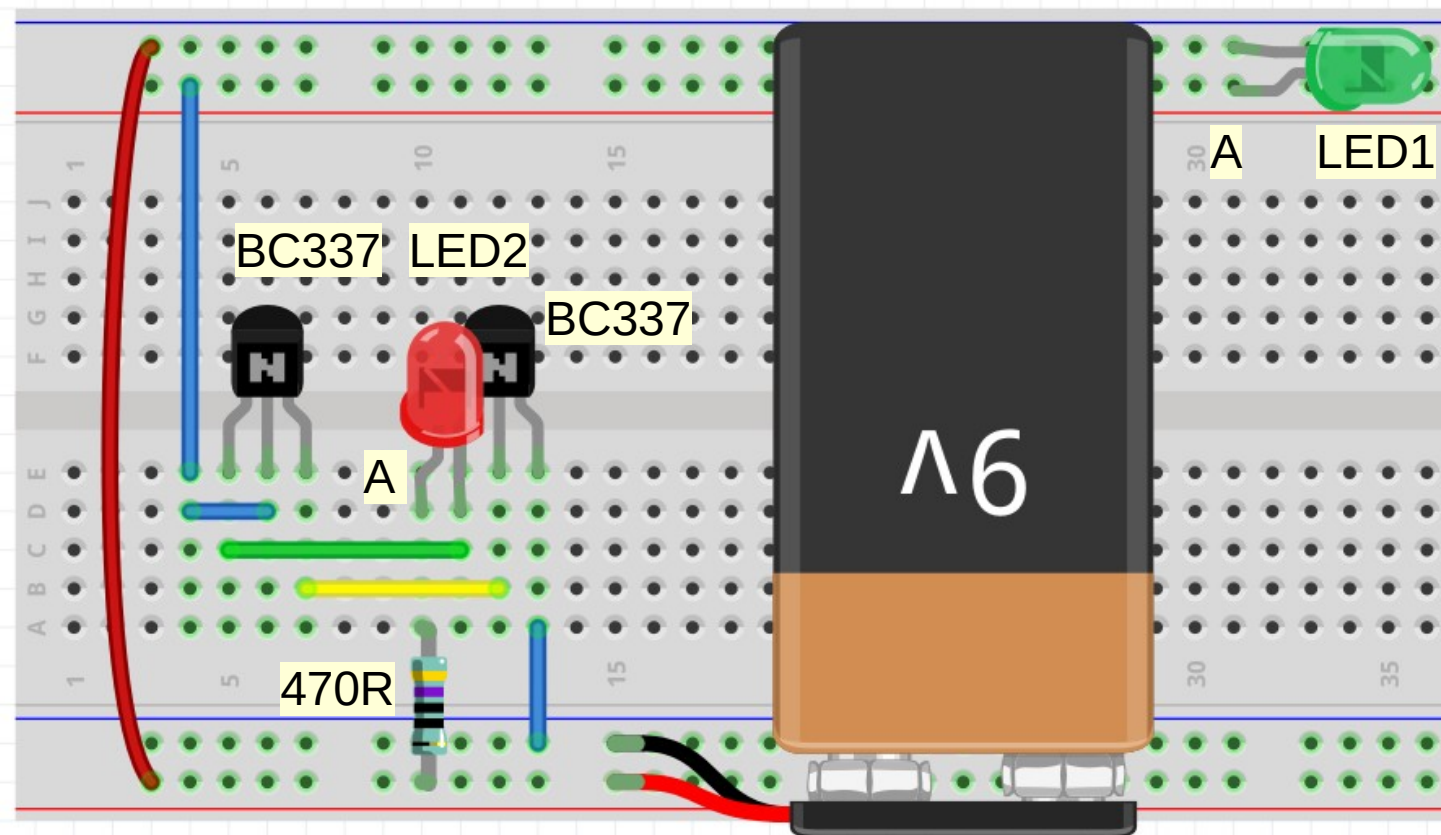
Sziklai pár

Az ellenállás elhagyható. Elsősorban a kikapcsolási idő lerövidítésében és Q1 kollektoráramának stabilizálásában van szerepe

Tipikus alkalmazás: audio erősítők, optocsatolók kimenetének illesztése

A LED, mint fénydetektor

- A 11. előadásban már láttuk, hogy a LED fotodiódaaként képes a fény detektálására. Most egy Darlington pár segítségével erősítjük fel a gyenge jelet, s a nagy erősítés következtében teljesítményvezérlésre is használhatjuk.



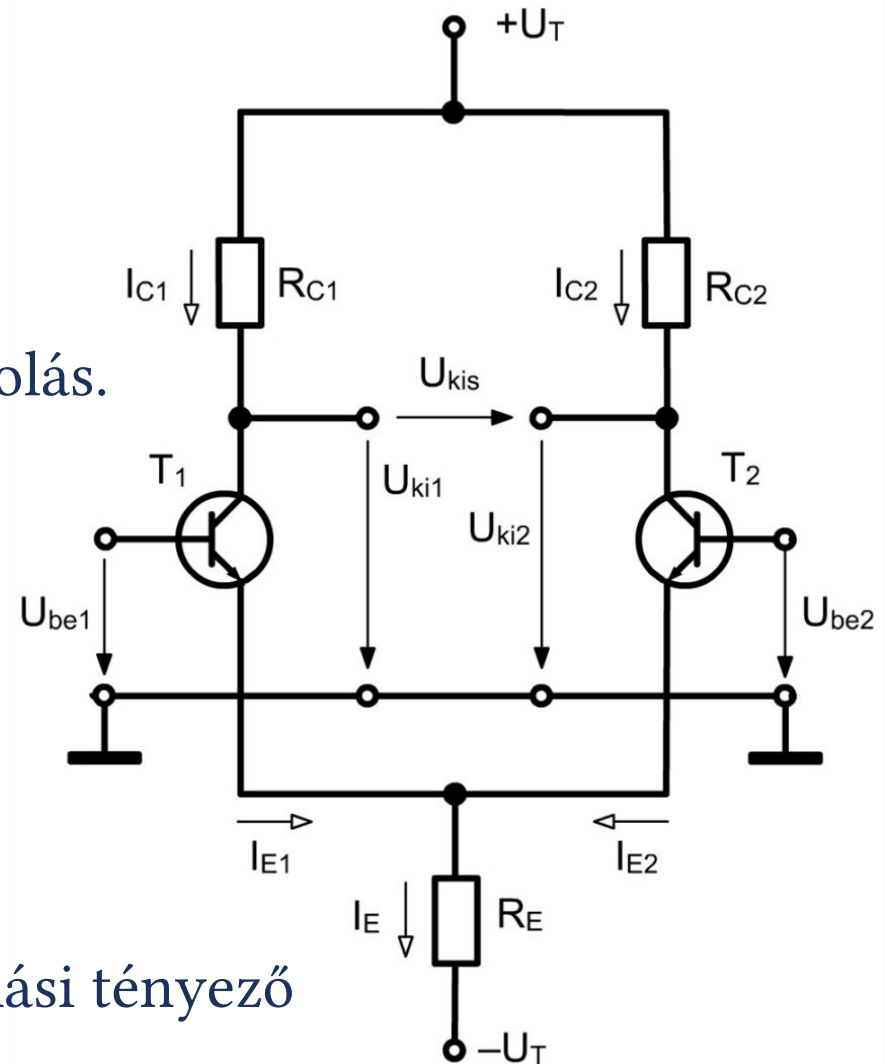
Tapasztalat:
Megvilágított LED1
esetén LED2 is erős
fényvel világít

A differenciálerősítő

- A differenciálerősítő két párhuzamosan kapcsolt, emitter-kapcsolású fokozatból áll. A szimmetrikus kimeneti feszültség (U_{kis}) a két kollektor között jelenik meg.
- Az ideális differenciálerősítőben a két tranzisztor paraméterei és a megfelelő ellenállások tökéletesen egyformák, tehát felépítésében és tulajdonságaiban szimmetrikus a kapcsolás.
- A közös módusú jel erősítése:

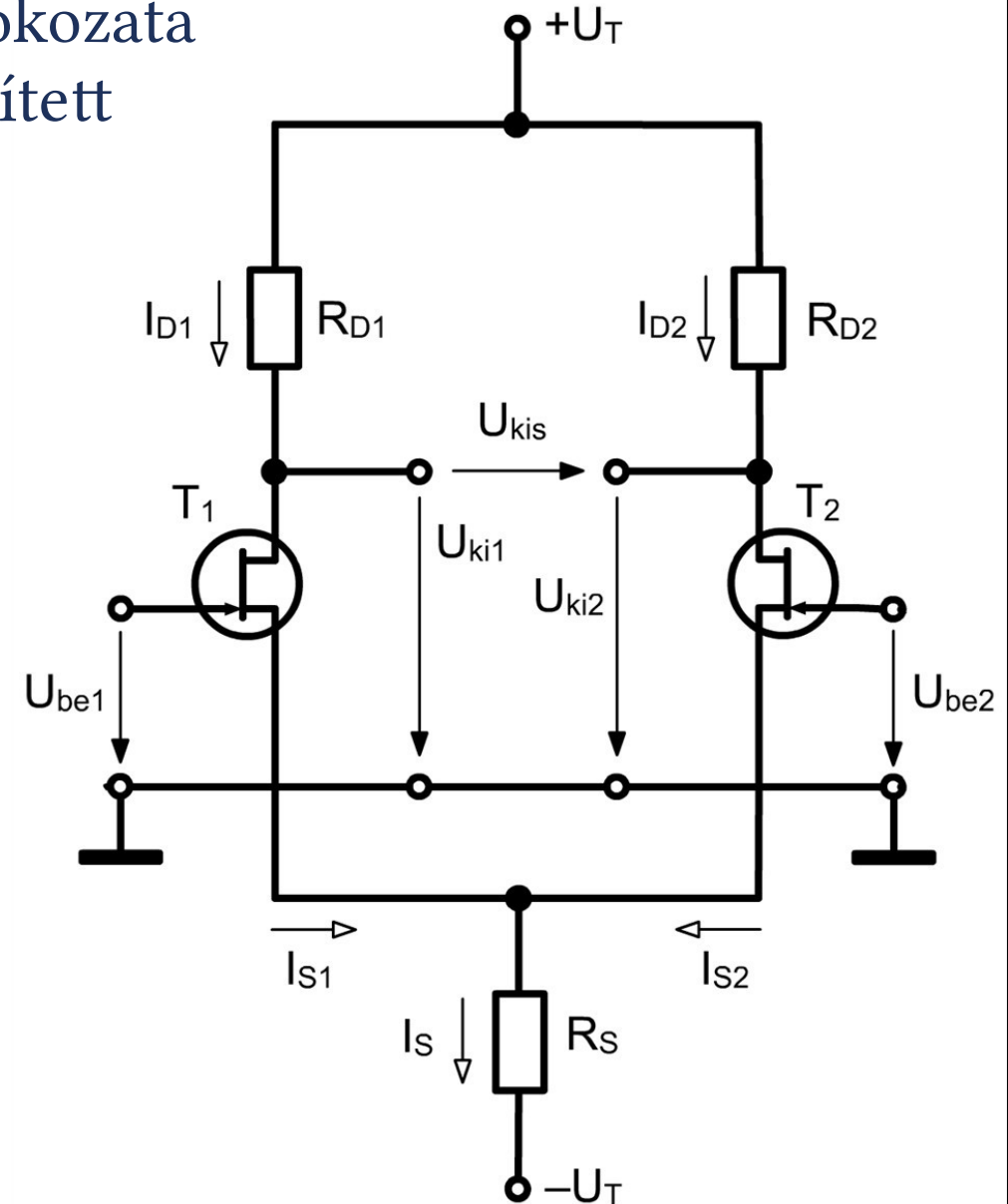
$$A_{UK} = \frac{\Delta U_{ki1}}{\Delta U_k} = \frac{\Delta U_{ki2}}{\Delta U_k} = -\frac{1}{2} \cdot \frac{R_C}{R_E}$$

- A reális erősítőknél $A_{UK} \approx 10^{-3}$, míg a szimmetrikus jel erősítése $A_{US} \approx 10^2$ nagyságrendű
- A kettő aránya a közös módusú elnyomási tényező



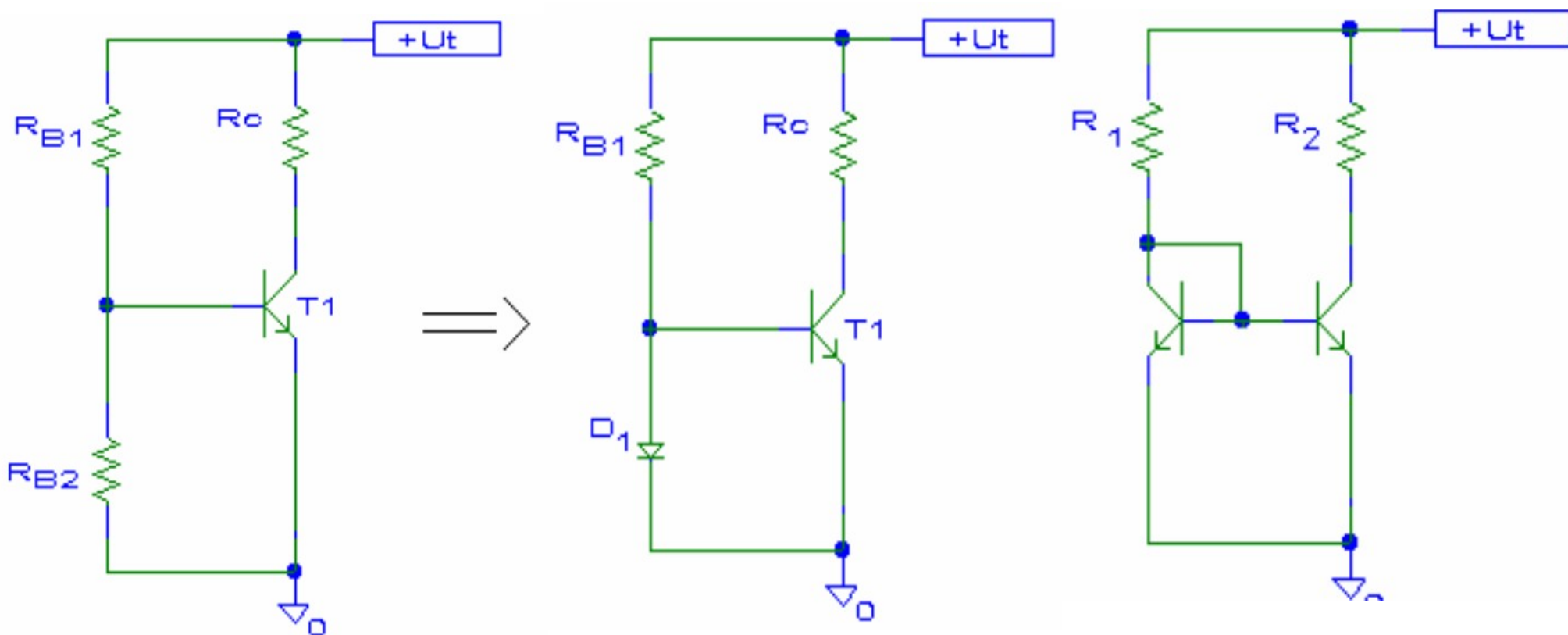
FET-es differenciálerősítő

- A műveleti erősítők bemeneti fokozata tervezérlésű tranzisztorral felépített differenciál-erősítő is lehet
- **Főbb előnyök:**
 - ❖ Nagy bemeneti ellenállás
 - ❖ Gyors(abb) működés



A tranzisztor mint áramgenerátor

- A korábban már tárgyalt munkapont beállításnál a kollektor árama - legalábbis bizonyos határok között - független R_C értékétől
- Kevésbé lesz érzékeny a hőmérséklet változásokra a kapcsolás, ha az osztó első tagját egy dióda helyettesíti, ami egy tranzisztor bázis-emitter diódája is lehet (forrás: [Borbély Gábor: Elektronika I.](#))



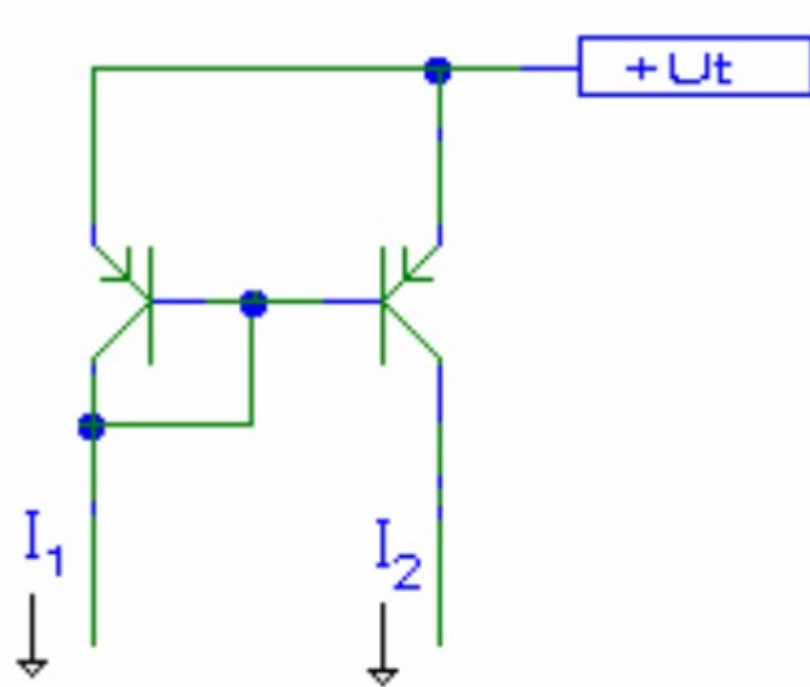
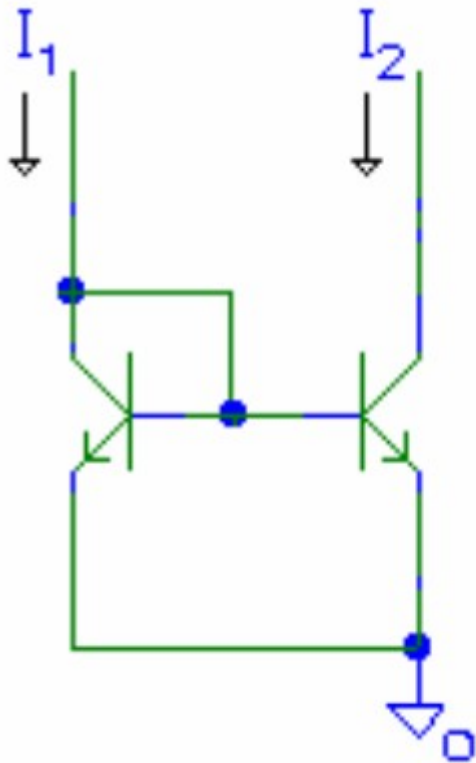
Miért áramtükör?

- A kapcsolást azért hívjuk áramtükörnek, mert azonos tranzisztorok esetén I_2 lényegében megegyezik I_1 -gyel (tükrözi annak értékét)

$$I_1 = I_C + 2 \cdot I_B = (\beta + 2) \cdot I_B$$

$$I_2 = \beta \cdot I_B$$

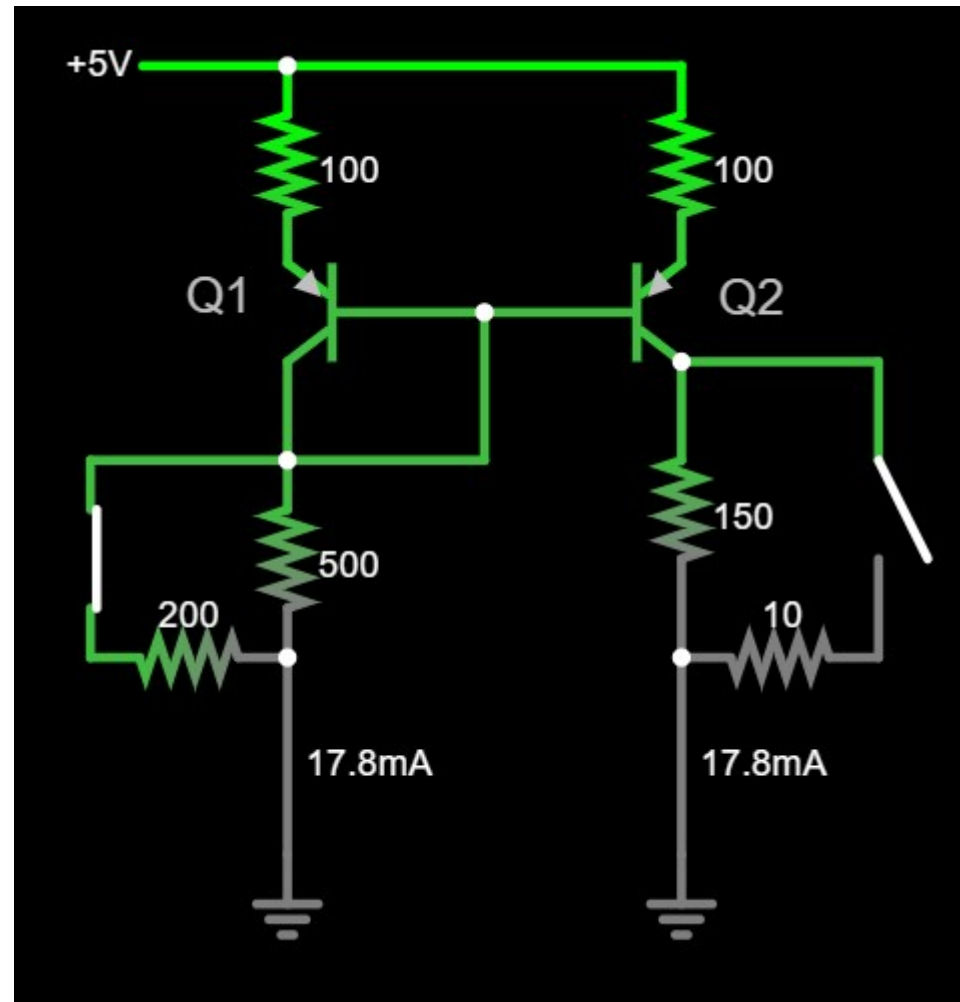
$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{\beta + 2}{\beta} \approx 1$$



I.)

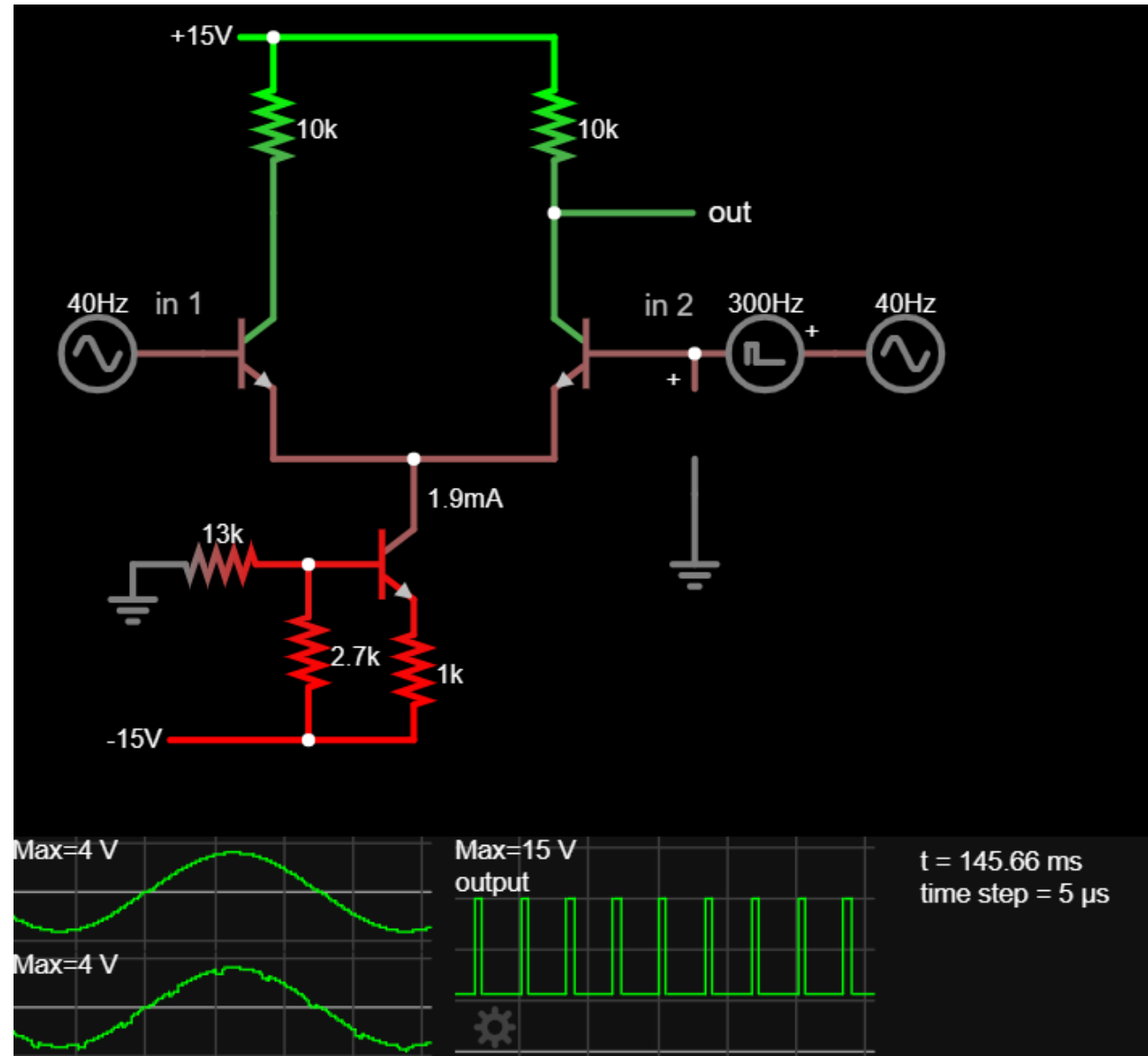
Áramtükör szimulációja

- A két kapcsolóval R_{C1} és R_{C2} értéke megváltoztatható, de a kollektoráramok értéke csak R_{C1} értékétől függ



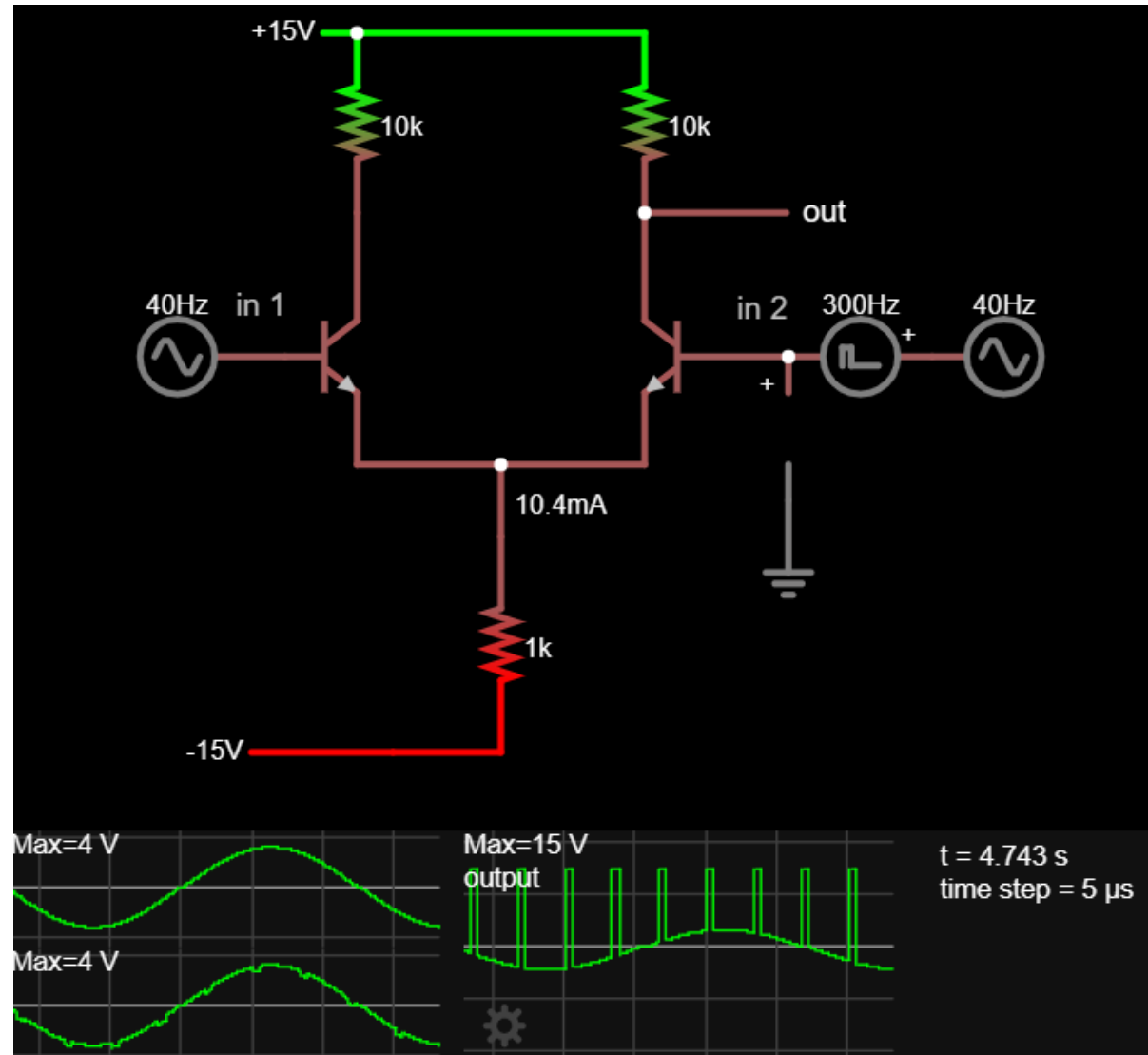
Differenciálerősítő áramgenerátorral

- A szimuláció eredményéből látható a nagy közös módusú elnyomás (40 Hz-es 4 V-os jel)
- A differenciális bemenő jel a 300 Hz 400 mV-os „tüske”, a kimeneten csak ez jelenik meg felerősítve



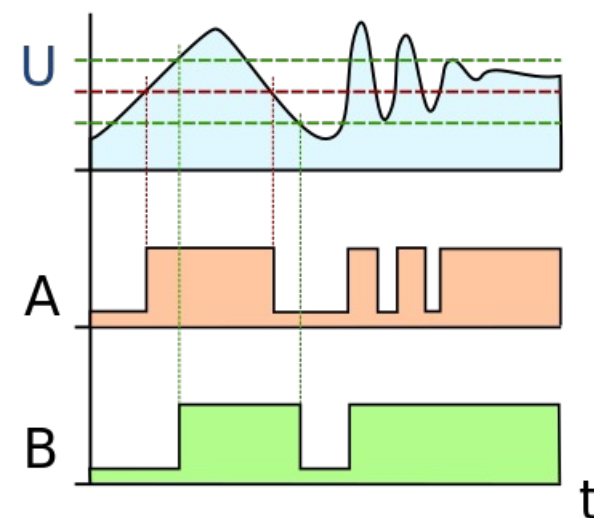
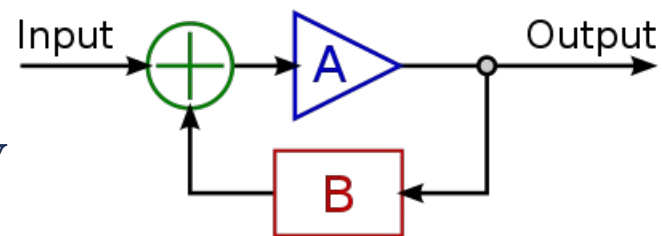
Differenciálerősítő áramgenerátor nélkül

- Közös emitterellenállás esetén a közös módusú elnyomás láthatóan sokkal kisebb



Schmitt trigger

- A Schmitt trigger egy hiszterézissel rendelkező billenőkör, amit úgy valósítanak meg, hogy pozitív visszacsatolást adnak egy feszültség- komparátor vagy differenciálerősítő nem invertáló bemenetére
- Ez egy aktív áramkör, amely az analóg bemeneti jelet digitális kimeneti jellé alakítja. Az áramkört triggernek nevezik, mert a kimenet megőrzi értékét mindaddig, amíg a bemenet olyan mértékben nem változik, hogy változást indítson el
- A nem invertáló konfigurációban, ha a bemenet magasabb, mint egy kiválasztott küszöb, a kimenet magas. Ha a bemenet egy másik (alsó) választott küszöb alatt van, akkor a kimenet alacsony, ha pedig a bemenet a két szint között van, a kimenet megtartja értékét
- A Schmitt trigger eszközöket tipikusan jelkondicionálásra használják, a digitális áramkörökben használt jelekből származó zaj eltávolítására



Komparátor (A) és Schmitt trigger (B) kimenő jelének összehasonlítása
A hiszterézissel rendelkező Schmitt trigger „eltünteti” a zajokat a jelből

Forrás: [Wikipedia](https://en.wikipedia.org/wiki/Schmitt_trigger)

Tranzisztoros Schmitt trigger

- Ez a kapcsolás differenciálerősítőként is értelmezhető, pozitív visszacsatolással (Q2 bázisa és Q1 kollektora között).

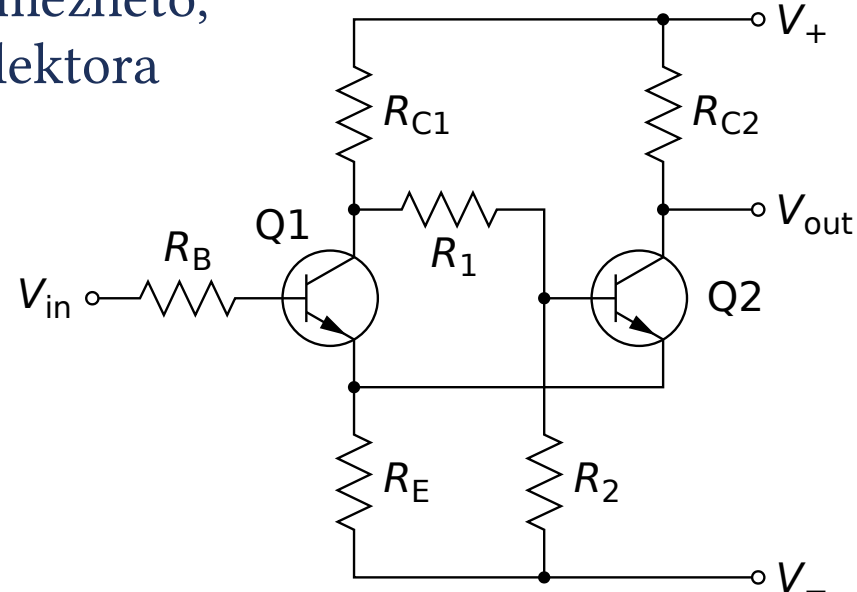
- Q1 akkor nyit ki, ha $V_{in} > \frac{V_{CC} \cdot R_E}{R_E + R_{C2}}$
(elhanyagolva a VBE nyitófeszültséget).

- Q1 akkor zár le, ha $V_{in} < \frac{V_{CC} \cdot R_E}{R_E + R_{C1}}$
(elhanyagolva a VBE nyitófeszültséget)

- A felső és alsó billenési feszültség különbségének (histerézis) biztosítására az $R_{C1} > R_{C2}$ feltételnek teljesülnie kell. Ekkor az R_E emitter ellenálláson kisebb feszültség esik, ha Q1 van nyitva, ahhoz képest, mint amikor Q2 van nyitva

- **Megjegyzések:**

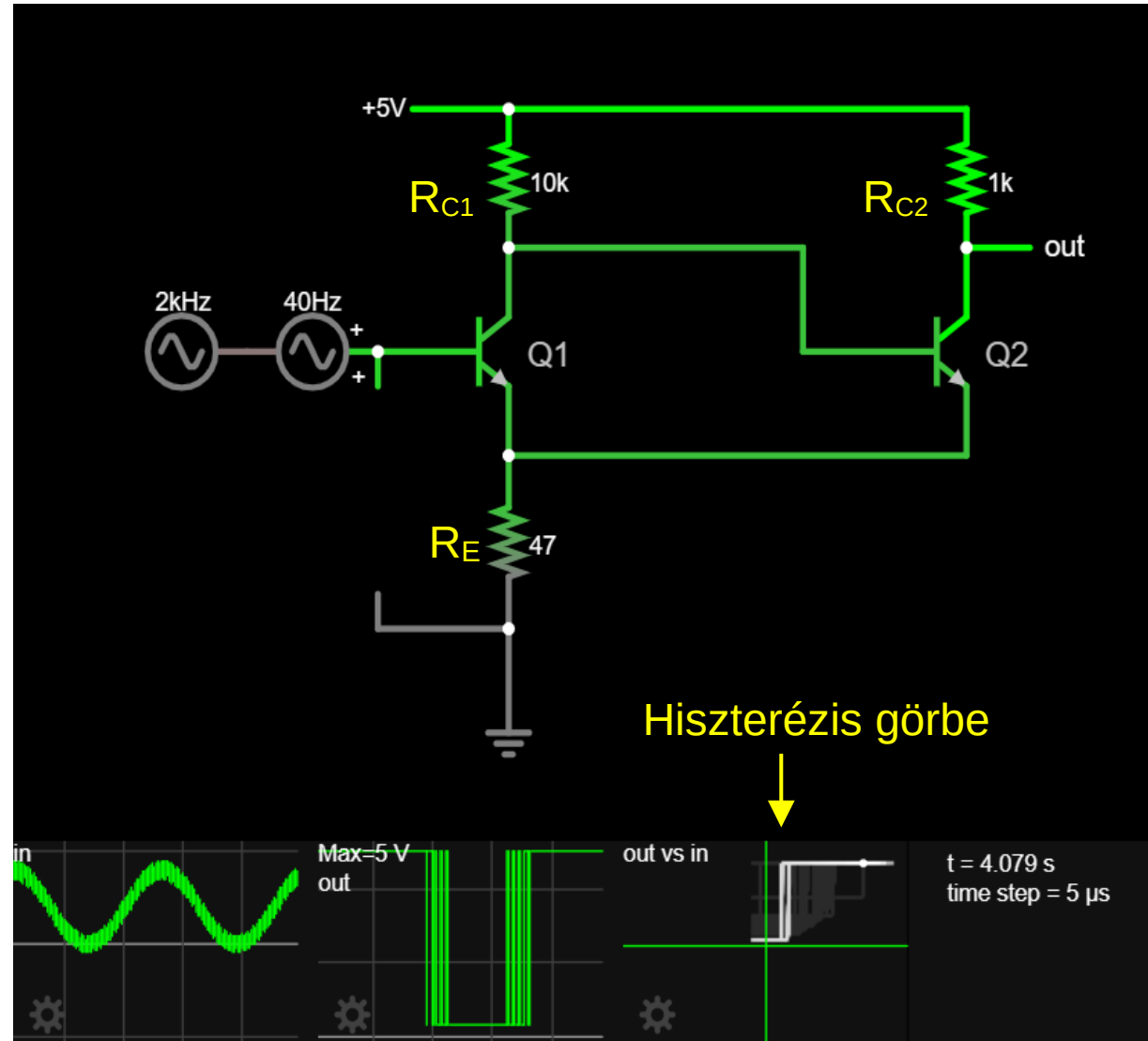
- ❖ Az $R1 - R2$ osztó „kispórolható” az áramkörből (direkt csatolás).
- ❖ A közös emitterellenállásos kapcsolás fő hátránya, hogy a kimenő feszültség nem megy le nullára, szinteltoló kiegészítő áramkörre lehet szükség



Schmitt trigger szimuláció

- Ha kicsi a közös emitterellenállás értéke, akkor kicsi lesz a hiszterézis is (a felső és az alsó billenési szint közötti különbség)
- Zajos jel esetén a billenési küszöb környezetében oda-vissza billegés történik, zajos lesz a kimenő jel is

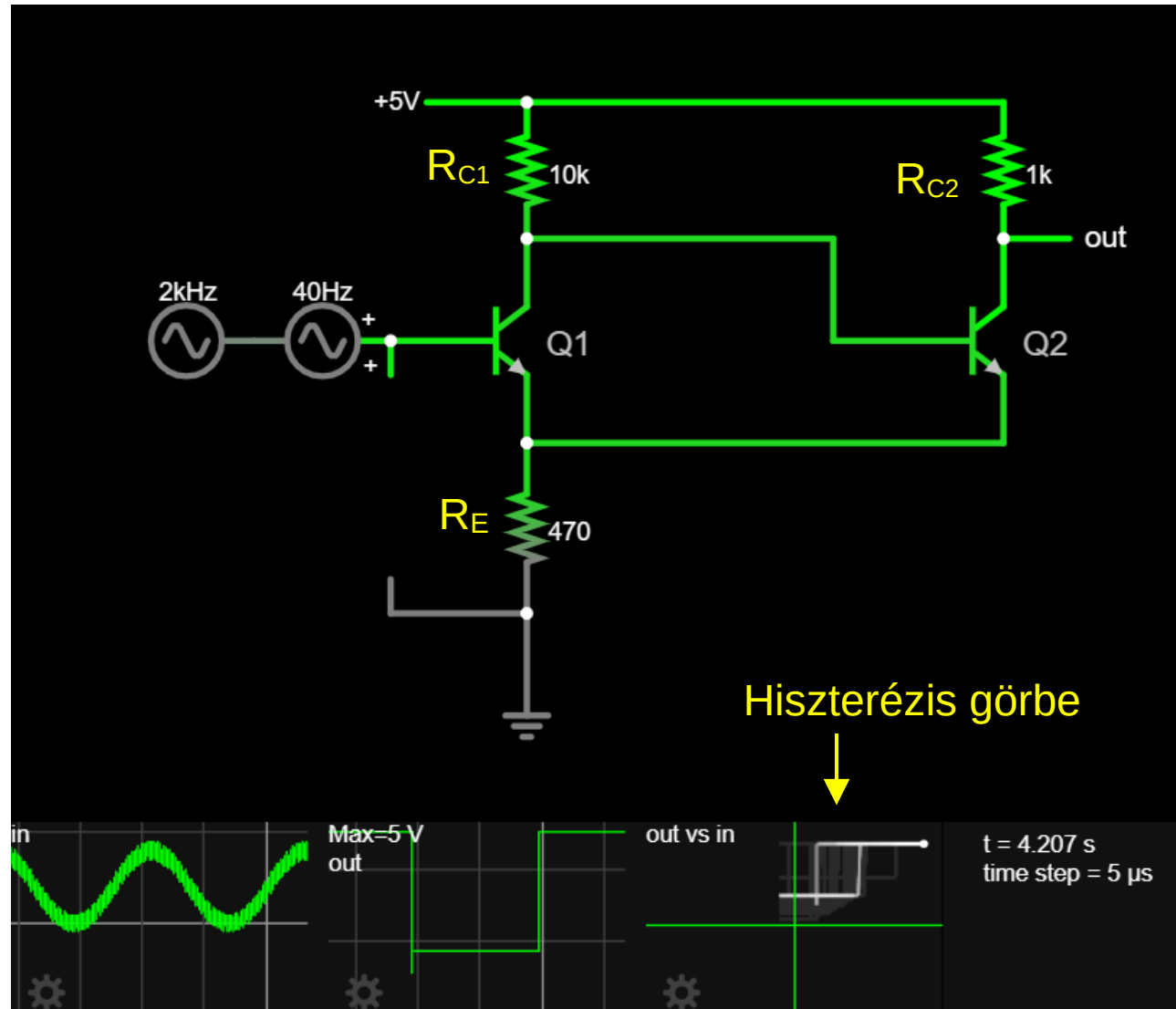
Paul Falstad:
[Circuit Simulation Applet](#)



Schmitt trigger szimuláció

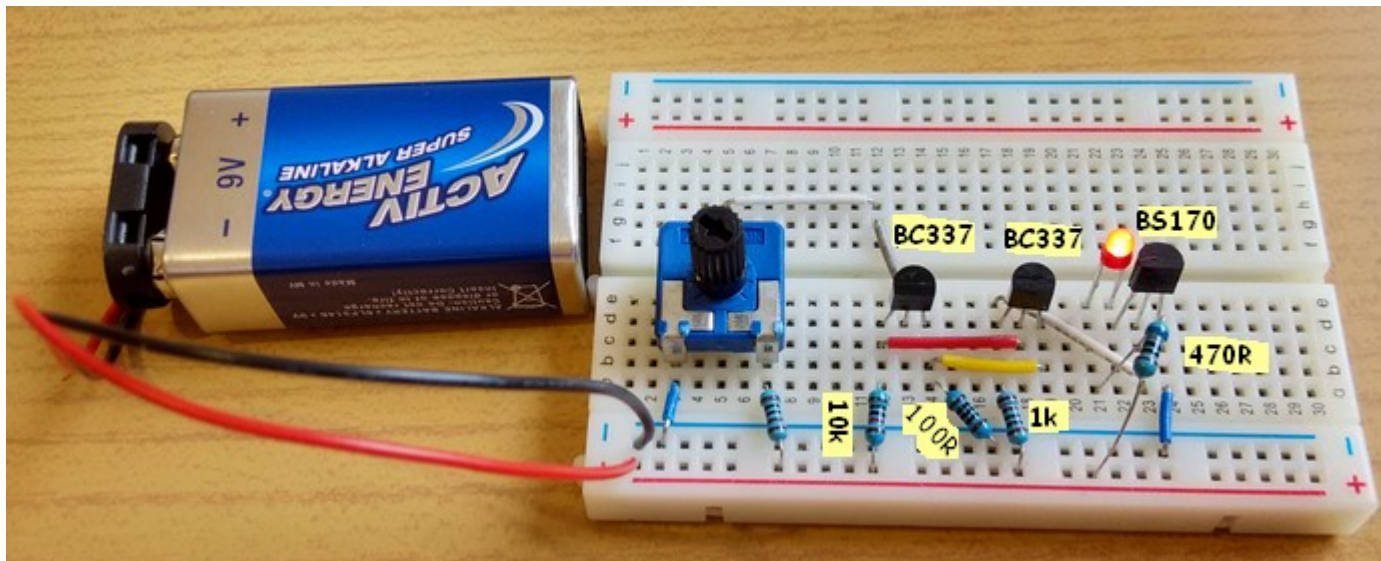
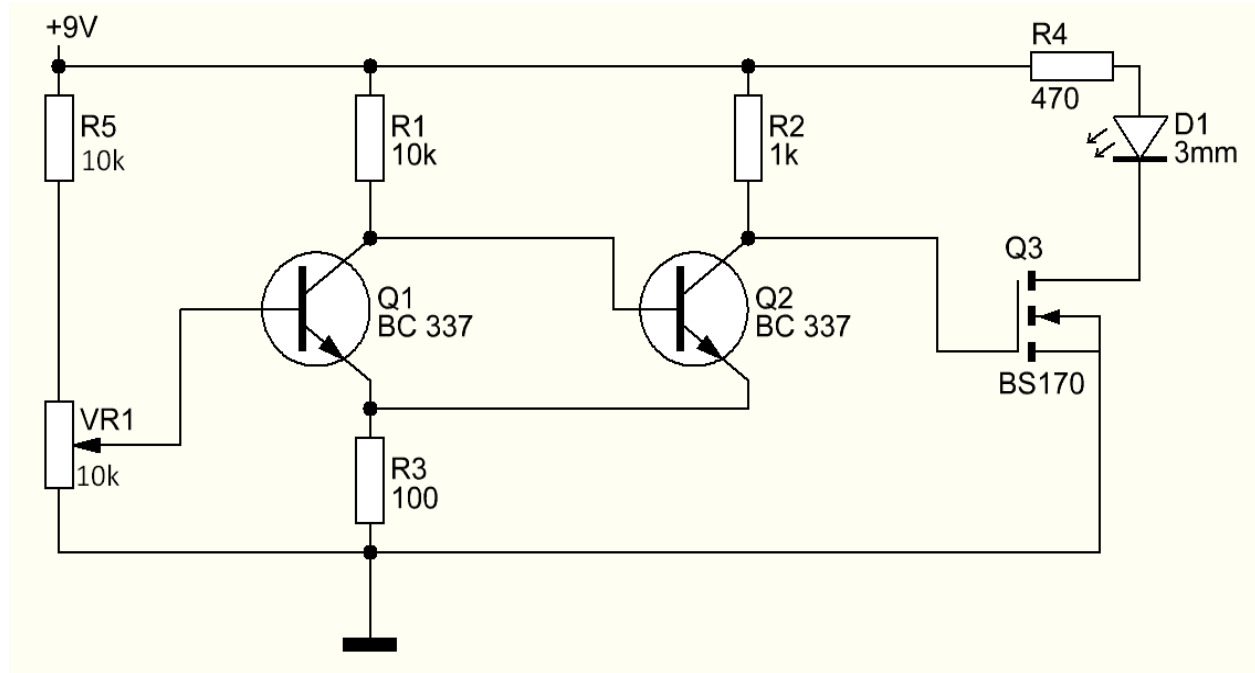
- Nagyobb értékű közös emitterellenállás esetén nagyobb lesz a hiszterézis is (a felső és az alsó billenési szint közötti különbség)
- Zajos jel esetén a billenési küszöb környezetében nincs oda-vissza billegés, zajmentes lesz a kimenő jel

Paul Falstad:
[Circuit Simulation Applet](#)



LED vezérlés Schmitt-triggerrel

- Egészítsük ki a Schmitt triggerrel egy MOSFET meghajtású LED-del!
- A LED akkor világít, amikor a Schmitt trigger kimenete (Q2 kollektora) magas szinten van



A bemenet vezérlését itt egy 10 k Ω ellenállással sorba-kötött 10 k Ω -os potméter látja el.

Ellenállás színkódok

