

A maximálisan lapos esetben a hurokerősítés Bode diagramjának elhelyezkedése

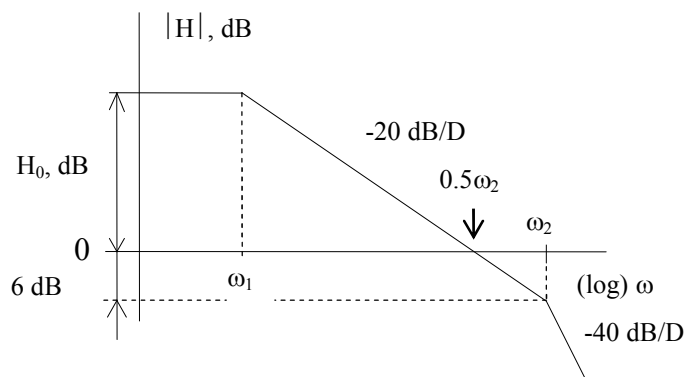
$Q_p^*$  így is írható:

$$Q_p^* = \sqrt{1 + H_0} \frac{\sqrt{\omega_1 \omega_2}}{\omega_1 + \omega_2} = \sqrt{1 + H_0} \frac{1}{\sqrt{\frac{\omega_1}{\omega_2}} + \sqrt{\frac{\omega_2}{\omega_1}}}$$

Ha  $\frac{\omega_2}{\omega_1} \gg 1$  és  $H_0 \gg 1$ , akkor  $Q_p^* \approx \sqrt{H_0 \frac{\omega_1}{\omega_2}}$

Vagyis a maximálisan lapos esetben (ahol  $Q_p^* = \frac{1}{\sqrt{2}}$ ):  $2H_0 = \frac{\omega_2}{\omega_1}$ .

Az ennek megfelelő Bode diagram:



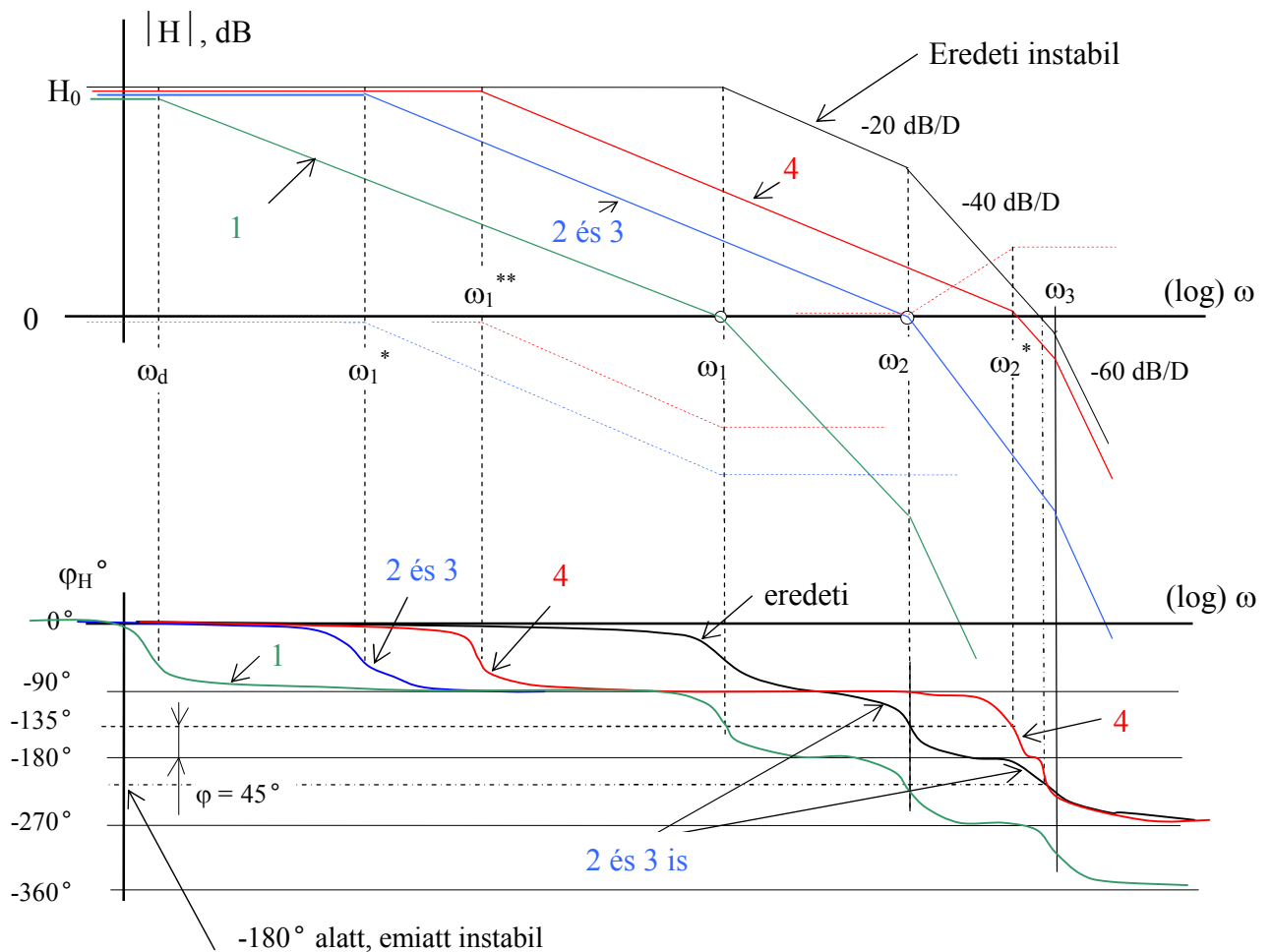
### Frekvencia- (fázis-) kompenzáció

Célja a hurokerősítés frekvenciamenetének olyan alakítása, hogy a visszacsatolt erősítő stabil legyen elegendő stabilitási tartalékkal.

Alább a frekvenciakompenzáció módszereit a hárompólusú hurokerősítés példáján mutatjuk be. Az előírt fázistartalék:  $\varphi = 45^\circ$ .

A kiindulási hurokerősítés:

$$H = H_0 \frac{1}{\left(1 + \frac{s}{\omega_1}\right) \left(1 + \frac{s}{\omega_2}\right) \left(1 + \frac{s}{\omega_3}\right)}$$



#### 1. módszer: új domináns pólus ( $\omega_d$ )

$\omega_d$  -t úgy helyezzük el, hogy a  $-20 \text{ dB/D}$ -os aszimptóta a  $0 \text{ dB}$ -es vonalat  $\omega_1$ -nél érje el, vagyis:

$$\omega_d = \omega_1/H_0$$

**2. módszer:** az első töréspont balra tolása az őt meghatározó időállandó megnövelésével (ha ez fizikailag lehetséges).

**3. módszer:** az első töréspont balra tolása pólussemlegesítéssel (és új,  $\omega_1^*$  frekvenciájú töréspont bevezetésével)

A hurokba a következő átviteli tényezőjű blokkot kell beiktatni (ahol  $\omega_1^* = \omega_2/H_0$ ):

$$\frac{1 + \frac{s}{\omega_1}}{1 + \frac{s}{\omega_1^*}}$$

**4. módszer:** a 3. módszer kombinálása a második töréspont pólussemlegesítéses jobbra tolásával az  $\omega_2^*$  frekvenciára.

A szükséges járulékos átviteli tényező a második töréspont eltolásához:

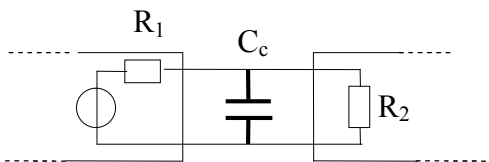
$$\frac{1 + \frac{s}{\omega_2}}{1 + \frac{s}{\omega_2^*}}$$

(Feltételek:  $\omega_2^* < \omega_3$  és  $\omega_1^{**}/\omega_1^* = \omega_2^*/\omega_2$ .)

**A kompenzációs módszerek áramköri megvalósítása.**

Valahol a hurokban, pl. két erősítőfokozat találkozásánál a következő beavatkozásokat kell végrehajtani. A kompenzációs alkatrészeket vastag vonal jelöli.

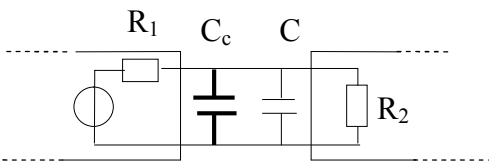
1. módszer:



Az új tényező a hurokban:  $\frac{1}{1 + \frac{s}{\omega_d}}$

ahol:  $\omega_d = 1/C_c(R_1 \times R_2)$

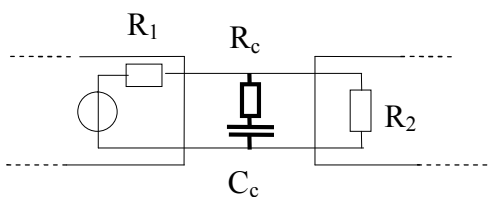
2. módszer:



$\omega_1$  megváltozik  $\omega_1^*$ -ra, ahol:

$\omega_1^* = 1/[(C+C_c)(R_1 \times R_2)]$

3. módszer:

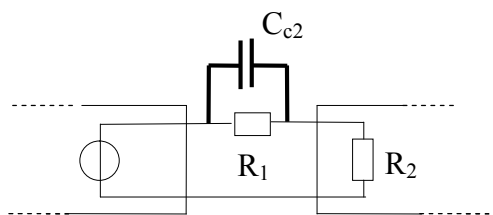


A H-t módosító tényező:

$$\frac{1 + \frac{s}{\omega_1}}{1 + \frac{s}{\omega_1^*}}$$

ahol:  $\omega_1 = 1/R_c C_c$  és  $\omega_1^* = 1/C_c(R_c + R_1 \times R_2)$

4. módszer:



a bevezetett új tényezők: az egyik hasonló a 3. módszernél bevezetettel, a másik (ezt valósítja meg a bal oldali kapcsolás):

$$\frac{1 + \frac{s}{\omega_2}}{1 + \frac{s}{\omega_2^*}}$$

ahol  $\omega_2 = 1/R_1 C_{c2}$  és  
 $\omega_2^* = 1/(R_1 \times R_2) C_{c2}$ .

Az egyes kompenzációs módszerek közötti fő különbség az, hogy a zárt hurkú erősítésben elért felső határfrekvencia más: jó közelítéssel azzal a frekvenciával egyezik meg, amelyenél a hurokerősítés amplitúdó diagramja metszi a dB tengelyt.

## 2. Fejezet

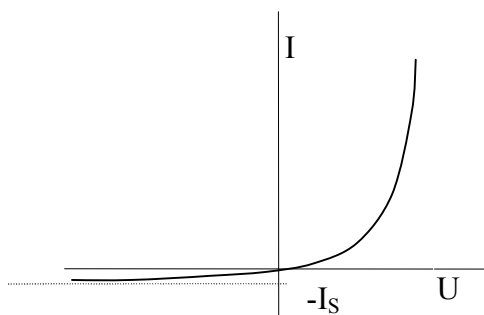
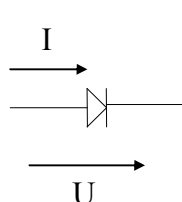
### Aktív alkatелеmek

#### Dióda (p-n átmenet)

- Alapfogalmak:
- Félvezető
  - Szennyezés
  - Donor
  - Akceptor
  - Töltéshordozók (elektronok, lyukak, többségi és kisebbségi töltéshordozók)
  - n és p típusú félvezetők

A p-n átmenet és a dióda:

A dióda kapcsolási szimbóluma karakterisztikája és egyenlete:



$$I = I_0 \left( e^{\frac{U}{U_T}} - 1 \right)$$

ahol  
 $I_0$  a telítési áram és  
 $U_T$  a termikus feszültség.

A termikus feszültség:

$$U_T = \frac{kT}{e}$$

ahol  $k$  a Boltzmann-állandó ( $k=1,380 \cdot 10^{-23}$  joule/kelvin =  $8,617 \cdot 10^{-5}$  elektronvolt/kelvin)  $T$  a hőmérséklet K-ben,  $e$  az elektron töltésének abszolút értéke ( $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$  Cb).

Néhány megjegyzendő számadat:

A termikus feszültség értéke szobahőmérsékleten ( $300 \text{ K} \approx 27 \text{ }^\circ\text{C}$ ):

$$U_T = 26 \text{ mV.}$$

(Pontosabban: 25,85 mV.)

A 0.1 mA és 10 mA közé eső áramtartományban a nyitóirányban előfeszített diódán eső feszültség közelítő értéke:

$$U_D \approx 0.6 \text{ V.}$$

A vezető dióda *dinamikus ellenállása* feszültség áram szerinti deriváltja:

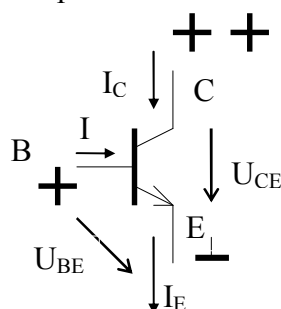
$$r_D = \frac{dU}{dI} = \dots \approx \frac{U_T}{I} .$$

## Bipoláris tranzisztor

A tranzisztor különböző rétegeinek szennyezettsége szerint n-p-n és p-n-p típusú tranzisztorról beszélünk (az első betű a kollektor-, a második a bázis-, a harmadik pedig az emitter-réteg szennyezettségére utal).

A bipoláris tranzisztor elektródáin mérhető feszültségek polaritása az ún. **normál aktív tartományban**:

Típus: n-p-n



A vonatkoztatási alaphoz választott emitter-potenciálhoz képest a bázis (mintegy 0,6 – 0,7 V-tal) pozitívabb és a kollektor a bázisnál is pozitívabb potenciálú (tipikusan néhány voltal).

### Tranzisztor-hatás:

A vékony bázisréteg miatt a tranzisztor nem tekinthető két dióda egyszerű kombinációjának. A nyitóirányban előfeszített bázis-emitter p-n átmenet e bázisba az emitter felől belépő elektronokat jelent. Ott kisebbségi töltéshordozóként a kollektor-bázis átmenetre nézve záró irányú pozitív kollektor-feszültség hatására a kollektor felé áramlanak. Az elektronoknak csak kis hányada folyik a bázis elektróda felé. A kollektor- és a bázisáram arányát a földelt emitteres tranzisztor egyenáramú áramerősítési tényezőjének nevezzük. Az áramerősítési tényező megközelítőleg független az áramoktól. Jele  $B$ :

$$B = \frac{I_C}{I_B} .$$

Tipikus nagyságrendje:  $B = 100$ . Az állandó áramerősítés teszi lehetővé, hogy a viszonylag nagy kollektor-áramot (és a hozzá tartozó nagy emitter-áramot is) a sokkal kisebb bázisárammal vezéreljük.

***A tranzistor-hatás összefoglalva:*** habár a kollektor-bázis p-n átmenet záró irányban van előfeszítve, mégis folyik rajta áram, és a nagyobb kollektor- (és emitter-) áram a sokkal kisebb bázisárammal vezérelhető.