

# Elektronika

XVIII.

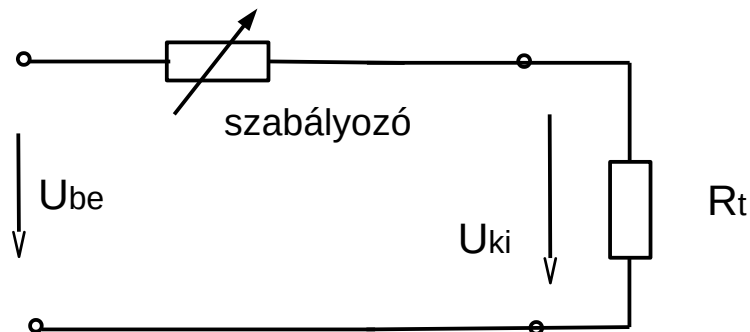
Feszültség stabilizátorok  
Tápegységek

# 18.1. Elemi stabilizátorok

## 1. Stabilizátorok:

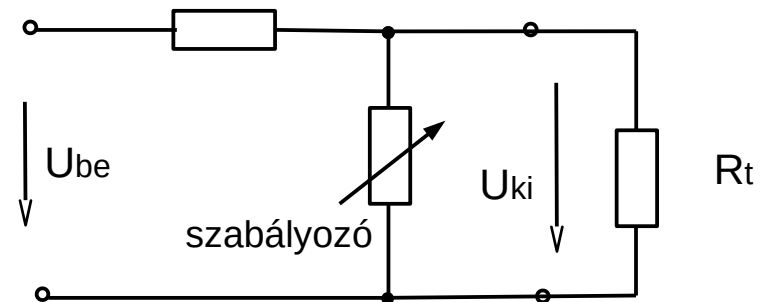
- állandó kimeneti feszültséget vagy áramot biztosítanak, függetlenül a bemeneti feszültségtől, a terheléstől, hőmérséklettől
- két fő típus: feszültség stabilizátor, áram stabilizátor
- a szabályozó elem elhelyezkedése alapján a stabilizátorok típusai: soros, párhuzamos

**soros feszültség stabilizátor**



- terheléssel soros
- jobb stabilizálás !
- rövidzár védelem kell !
- bonyolultabb

**párhuzamos feszültség stabilizátor**

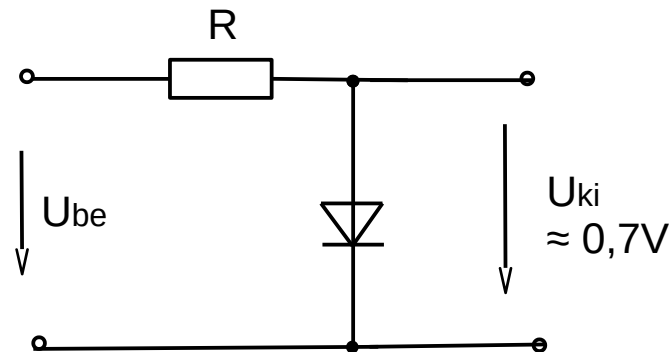
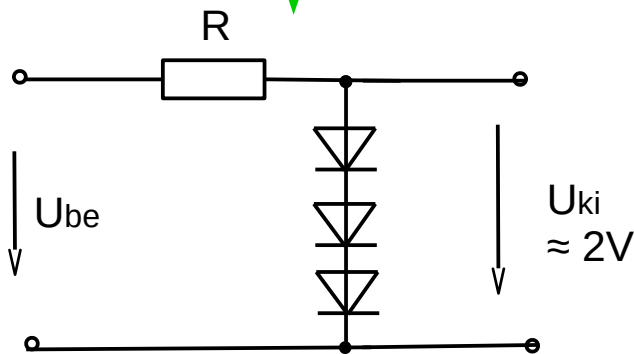
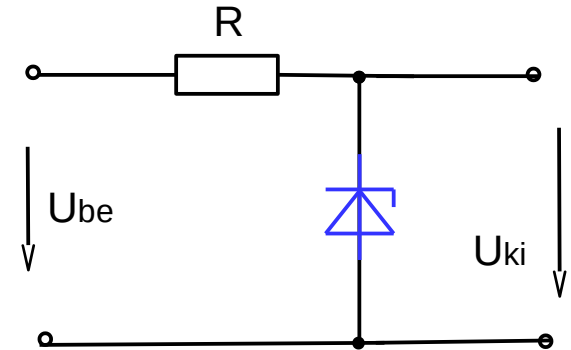


- terheléssel párhuzamos
- rövidzár nem gond
- egyszerűbb

# 18.1. Elemi stabilizátorok

## 2. Elemi feszültség stabilizátorok:

- kicsi terhelhetőség
- általában referencia feszültségként használatosak
- nagyobb feszültségeknél **zener-dióda** →
- kis feszültségeknél **dióda**  
(vagy **több dióda**)



## 3. Stabilizálási tényező:

- a stabilizálás jósága

$$Q_{SU_{be}} = (\Delta U_{be} / U_{be}) / (\Delta U_{ki} / U_{ki})$$

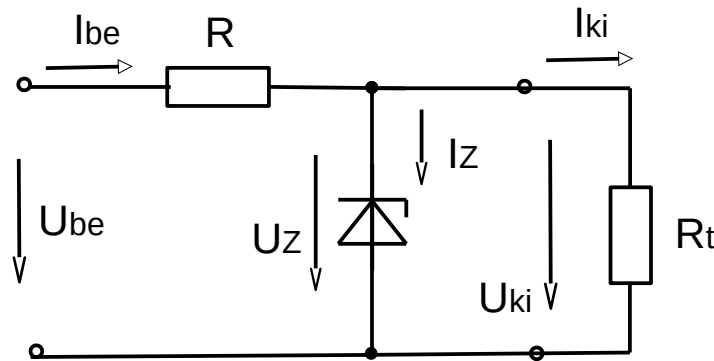
- bemeneti feszültség változás elnyomási tényező

$$S = \Delta U_{be} / \Delta U_{ki}$$

# 18.1. Elemi stabilizátorok

## 4. Zener-diódás feszültség stabilizátor

- a meredek letörési karakterisztika miatt feszültsége alig változik, ha  $I_{zmin}$  és  $I_{zmax}$  között tartjuk áramát



$$r_z = (U_{zmax} - U_{zmin}) / (I_{zmax} - I_{zmin})$$
$$U_{ki} = U_z = U_{zmin} + r_z * I_z$$

### R méretezése

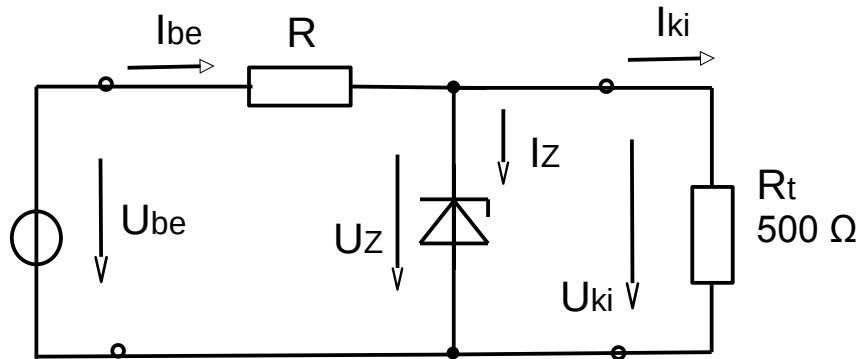
$$R_{min} \rightarrow U_{bemax} < R * (I_{kimin} + I_{zmax}) + U_{zmin} + r_z * I_{zmax} \quad (U_{zmin} + r_z * I_{zmax} \approx U_{zk})$$

$$R_{max} \rightarrow U_{bemin} > R * (I_{kimax} + I_{zmin}) + U_{zmin} + r_z * I_{zmin} \quad (U_{zmin} + r_z * I_{zmin} \approx U_{zk})$$

## 18.2. Zener diódás stabilizátor

### 1. Mintafeladat:

Egyszerű feszültség stabilizátor áramkör



$$U_{ZK} = 5,1 \text{ V}$$

$$I_{Z\max} = 220 \text{ mA}$$

$$U_{Z\max} = 5,3 \text{ V}$$

$$I_{Z\min} = 20 \text{ mA}$$

$$U_{Z\min} = 4,9 \text{ V}$$

- Zener dióda differenciális ellenállása ( $r_z$ ) ?

-  $R = ?$  ha

$$U_{ki} = 5,1 \text{ és } U_{be} = 8 \text{ V és } I_z = 120 \text{ mA}$$

#### Felhasznált összefüggések:

$$r_z = (U_{Z\max} - U_{Z\min}) / (I_{Z\max} - I_{Z\min})$$

$$I_{be} = I_{ki} + I_z$$

$$I_{ki} = U_z / R_t$$

$$U_{be} = U_z + R \cdot I_{be}$$

#### Megoldás:

$$R_z = (5,3 \text{ V} - 4,9 \text{ V}) / (220 \text{ mA} - 20 \text{ mA}) = 2 \Omega$$

$$I_{ki} = U_{ki} / R_t = 5,1 \text{ V} / 500 \Omega = 10,2 \text{ mA}$$

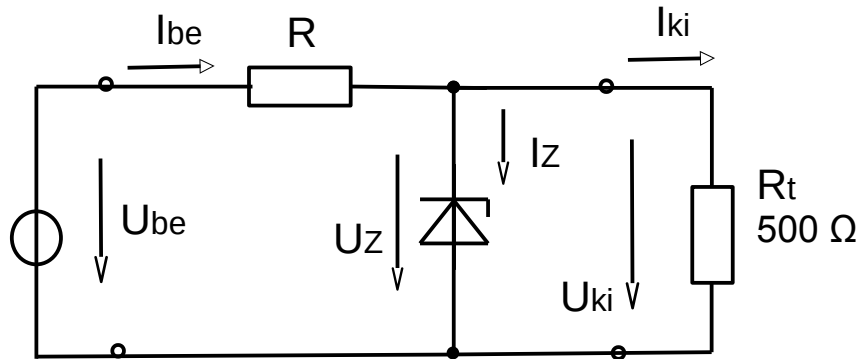
$$I_{be} = I_{ki} + I_z = 10,2 \text{ mA} + 120 \text{ mA} = 130,2 \text{ mA}$$

$$R = (U_{be} - U_z) / I_{be} = 2,9 \text{ V} / 130,2 \text{ mA} = 22,27 \Omega$$

## 18.2. Zener diódás stabilizátor

### 2. Mintafeladat

Egyszerű feszültség stabilizátor áramkör



$$U_{ZK} = 8,2 \text{ V}$$

$$I_{Z\max} = 200 \text{ mA}$$

$$I_{Z\min} = 10 \text{ mA}$$

$$R = 30 \text{ } \Omega$$

$$U_{Z\max} = 8,6 \text{ V}$$

$$U_{Z\min} = 7,8 \text{ V}$$

- Zener dióda differenciális ellenállása ( $r_z$ ) ?
- Maximális és minimális bemeneti feszültség ?  $U_{b\max} = ?$  és  $U_{b\min} = ?$

#### Felhasznált összefüggések:

$$r_z = (U_{Z\max} - U_{Z\min}) / (I_{Z\max} - I_{Z\min})$$

$$I_{be} = I_{ki} + I_Z$$

$$I_{ki} = U_Z / R_t$$

$$U_{be} = U_Z + R * I_{be}$$

#### Megoldás:

$$r_z = (8,6\text{V} - 7,8\text{V}) / (200\text{mA} - 10\text{mA}) = 4,21 \text{ } \Omega$$

$$I_{k\max} = U_{k\max} / R_t = 8,6 \text{ V} / 500 \text{ } \Omega = 17,2 \text{ mA}$$

$$I_{k\min} = U_{k\min} / R_t = 7,8 \text{ V} / 500 \text{ } \Omega = 15,6 \text{ mA}$$

$$I_{b\max} = I_{k\max} + I_{Z\max} = 17,2 + 200 \text{ mA} = 217,2 \text{ mA}$$

$$I_{b\min} = I_{k\min} + I_{Z\min} = 15,6 + 10 \text{ mA} = 25,6 \text{ mA}$$

$$U_{b\max} = U_{Z\max} + R * I_{b\max}$$

$$U_{b\max} = 8,6\text{V} + 30 \text{ } \Omega * 217,2 \text{ mA} = 15,12 \text{ V}$$

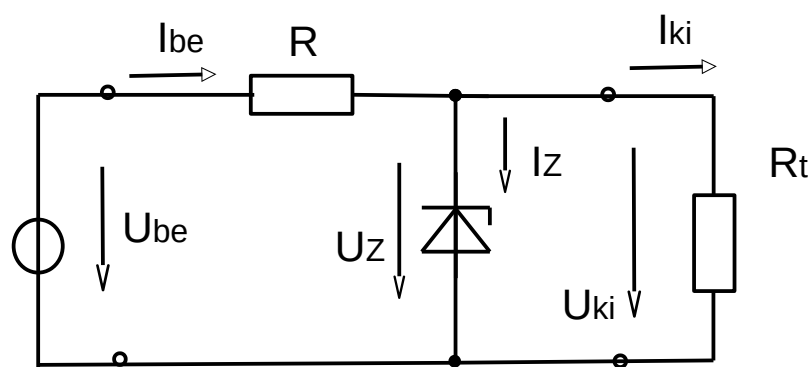
$$U_{b\min} = U_{Z\min} + R * I_{b\min}$$

$$U_{b\min} = 7,8\text{V} + 30 \text{ } \Omega * 25,6 \text{ mA} = 8,57 \text{ V}$$

## 18.2. Zener diódás stabilizátor

### 3. Mintafeladat:

Egyszerű feszültség stabilizátor áramkör,  
 $U_Z$  fix értékű (közelítés),  $R_t$  változhat



$$I_{be} = I_{ki} + I_Z$$

$$I_{bemax} - I_{kimin} < I_{Zmax}$$

$$I_{bemax} = (U_{bemax} - U_{ZK}) / R$$

$$R_{min} \approx (U_{bemax} - U_{ZK}) / (I_{kimin} + I_{Zmax})$$

$$R_{min} = (10V - 5,6V) / (0 + 250mA)$$

$$R_{min} = 0,0176 \text{ k}\Omega = 17,6 \Omega$$

$U_{be}$  változhat 8 és 10V között !

$$U_Z = U_{ZK} = 5,6 \text{ V}$$

$$I_{Zmax} = 250 \text{ mA}$$

$$I_{Zmin} = 20 \text{ mA}$$

$$I_{kimax} = 60 \text{ mA}$$

$$I_{kimin} = 0 \text{ mA}$$

$$(R_t > 100 \Omega)$$

$$R_{min} = ? \quad R_{max} = ?$$

Megoldás:

$$U_{ki} = U_Z = 5,6 \text{ V}$$

Követelmények !!

$$I_{bemin} - I_{kimax} > I_{Zmin}$$

$$I_{bemin} = (U_{bemin} - U_{ZK}) / R$$

$$R_{max} \approx (U_{bemin} - U_{ZK}) / (I_{kimax} + I_{Zmin})$$

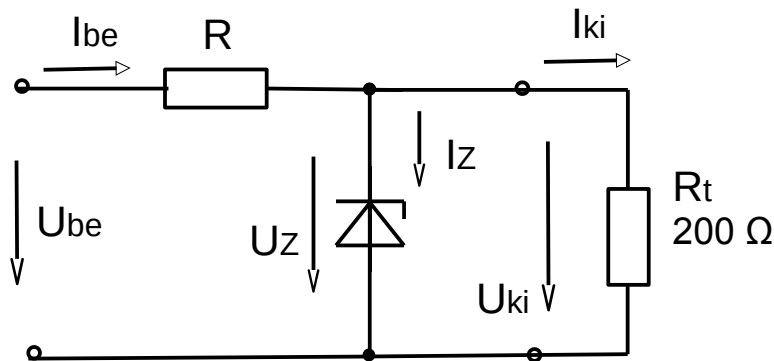
$$R_{max} = (8V - 5,6V) / (60mA + 20mA)$$

$$R_{max} = 0,03 \text{ k}\Omega = 30 \Omega$$

## 18.2. Zener diódás stabilizátor

### 4. Mintafeladat

Egyszerű feszültség stabilizátor áramkör



$U_{be}$  változhat 7 és 10V között !

$$U_{ZK} = 5,6 \text{ V}$$

$$I_{Zmax} = 250 \text{ mA}$$

$$I_{Zmin} = 20 \text{ mA}$$

$$R = 20 \Omega$$

$$U_{Zmax} = 6 \text{ V}$$

$$U_{Zmin} = 5,2 \text{ V}$$

$$U_{kmin} = ? \quad U_{kmax} = ?$$

#### Felhasznált összefüggések:

$$r_z = (U_{Zmax} - U_{Zmin}) / (I_{Zmax} - I_{Zmin})$$

$$U_{ki} = U_Z = U_{Zmin} + r_z \cdot I_Z$$

$$I_{be} = I_{ki} + I_Z$$

$$I_{ki} = U_Z / R_t$$

$$I_{be} = (U_{be} - U_Z) / R$$

#### Megoldás:

$$r_z = (6V - 5,2V) / (250mA - 20mA) = 3,5 \Omega$$

$$I_Z = (U_Z - U_{Zmin}) / r_z$$

$$(U_{be} - U_Z) / R = U_Z / R_t + (U_Z - U_{Zmin}) / r_z$$

$$U_{be} - U_Z = U_Z \cdot R / R_t + U_Z \cdot R / r_z - U_{Zmin} \cdot R / r_z$$

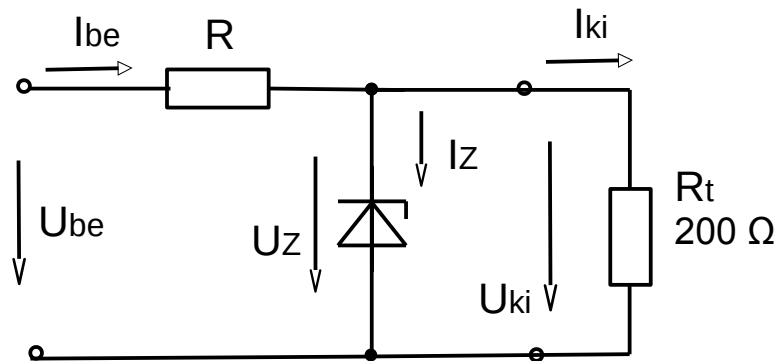
$$U_{be} + U_{Zmin} \cdot R / r_z = U_Z \cdot (R / R_t + R / r_z + 1)$$



## 18.2. Zener diódás stabilizátor

### 4. Mintafeladat, folytatás:

Egyszerű feszültség stabilizátor áramkör



#### Felhasznált összefüggések:

$$U_{ki} = U_Z = U_{zmin} + r_z \cdot I_z$$

$$I_{be} = I_{ki} + I_z$$

$$I_{ki} = U_Z / R_t$$

$$I_{be} = (U_{be} - U_Z) / R$$

#### Megoldás:

$$U_{zmin} = 5,2 \text{ V} \quad R = 20 \Omega$$

$$r_z = 3,5 \Omega$$

$$U_{be} + U_{zmin} \cdot R / r_z = U_Z \cdot (1 + R / R_t + R / r_z)$$

$$\text{Ha } U_{be} = 10 \text{ V}$$

$$\text{Ha } U_{be} = 7 \text{ V}$$

$$10 \text{ V} + 5,2 \text{ V} \cdot 20 / 3,5 = U_Z \cdot (1 + 20 / 200 + 20 / 3,5)$$

$$39,7143 \text{ V} = U_Z \cdot 6,8143$$

$$U_Z = 5,828 \text{ V} = U_{kimax}$$

$$I_{be} = (U_{be} - U_Z) / R = 208,6 \text{ mA}$$

$$I_z = (U_Z - U_{zmin}) / r_z = 179,43 \text{ mA}$$

$$I_{ki} = U_Z / R_t = 29,14 \text{ mA}$$

$$7 \text{ V} + 5,2 \text{ V} \cdot 20 / 3,5 = U_Z \cdot 6,8143$$

$$36,7143 \text{ V} = U_Z \cdot 6,8143$$

$$U_Z = 5,388 \text{ V} = U_{kimin}$$

$$I_{be} = 80,6 \text{ mA}$$

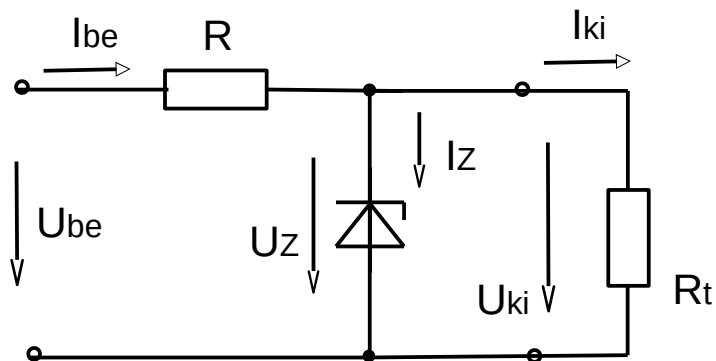
$$I_z = 53,714 \text{ mA}$$

$$I_{ki} = U_Z / R_t = 26,94 \text{ mA}$$

## 18.3 Feladatok

### 1. Feladat:

Egyszerű feszültség stabilizátor áramkör



$$U_{ZK} = 10 \text{ V}$$

$$R_t = 1 \text{ k}\Omega$$

$$I_{Z\max} = 50 \text{ mA}$$

$$U_{Z\max} = 10,5 \text{ V}$$

$$I_{Z\min} = 6 \text{ mA}$$

$$U_{Z\min} = 9,5 \text{ V}$$

- Zener dióda differenciális ellenállása ( $r_z$ ) ?

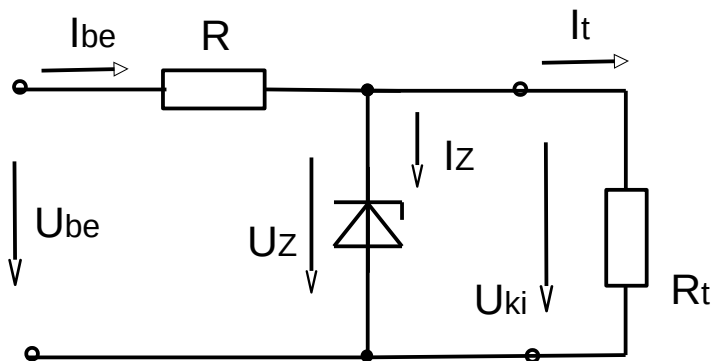
-  $R = ?$  ha

$$U_{ki} = 10 \text{ V} \text{ és } U_{be} = 16 \text{ V} \text{ és } I_z = 28 \text{ mA}$$

-  $U_{b\max} = ?$  és  $U_{b\min} = ?$

### 2. Feladat:

Egyszerű feszültség stabilizátor áramkör



$$U_{be} = 20 \pm 2 \text{ V}$$

$$U_{ZK} = 15 \text{ V}$$

$$r_z = 10 \Omega$$

$$I_{Z\min} = 10 \text{ mA}$$

$$I_{Z\max} = 150$$

$$I_{t\min} = 0 \text{ mA}$$

$$I_{t\max} = 30 \text{ mA}$$

-  $R_{\min} = ?$

$R_{\max} = ?$

-  $R = ?$  ha

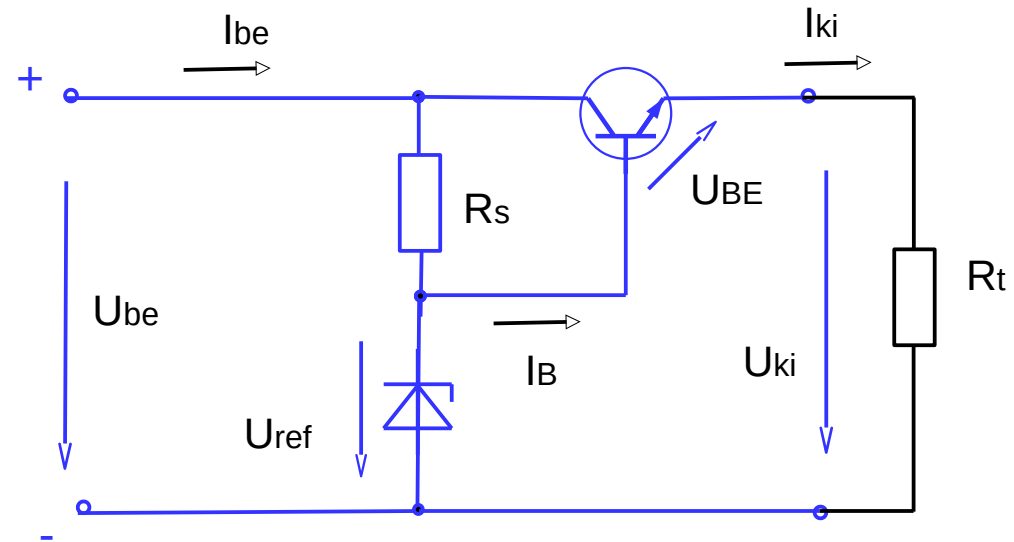
$$U_{be} = 20 \text{ V} \text{ és } I_t = 10 \text{ mA}$$

## 18.4. Soros feszültség stabilizátorok

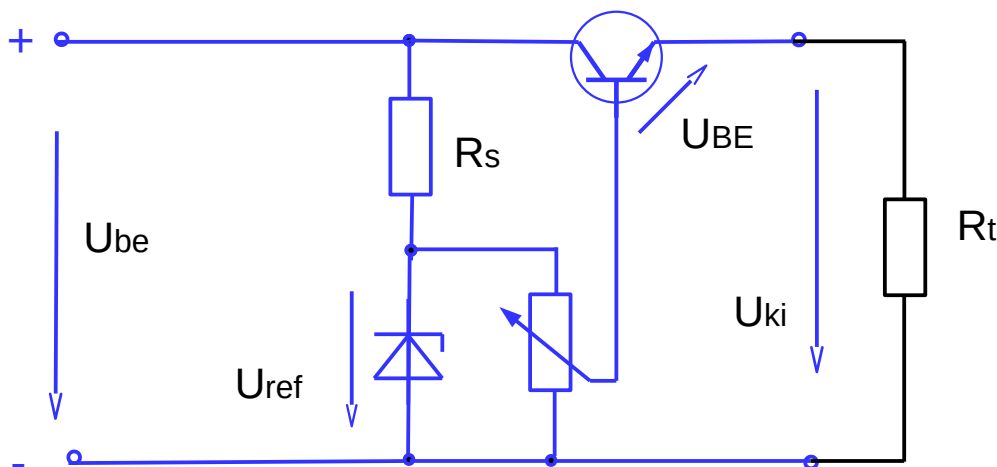
### 1. Egyszerű áteresztő tranzisztoros feszültség stabilizátor

$$U_{ki} = U_{ref} - U_{BE}$$

$$I_{ki} = I_E \approx \beta * I_B$$



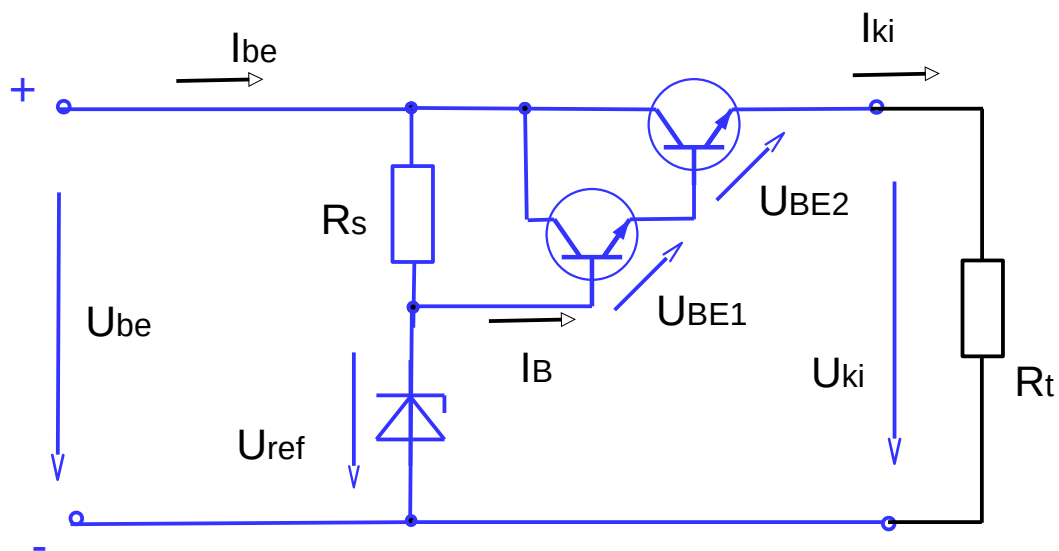
### 2. Szabályozható áteresztő tranzisztoros feszültség stabilizátor



$$0 \leq U_{ki} \leq U_{ref} - U_{BE}$$

## 18.4. Soros feszültség stabilizátorok

### 3. Darlington-kapcsolású áteresztő tranzisztoros feszültség stabilizátor



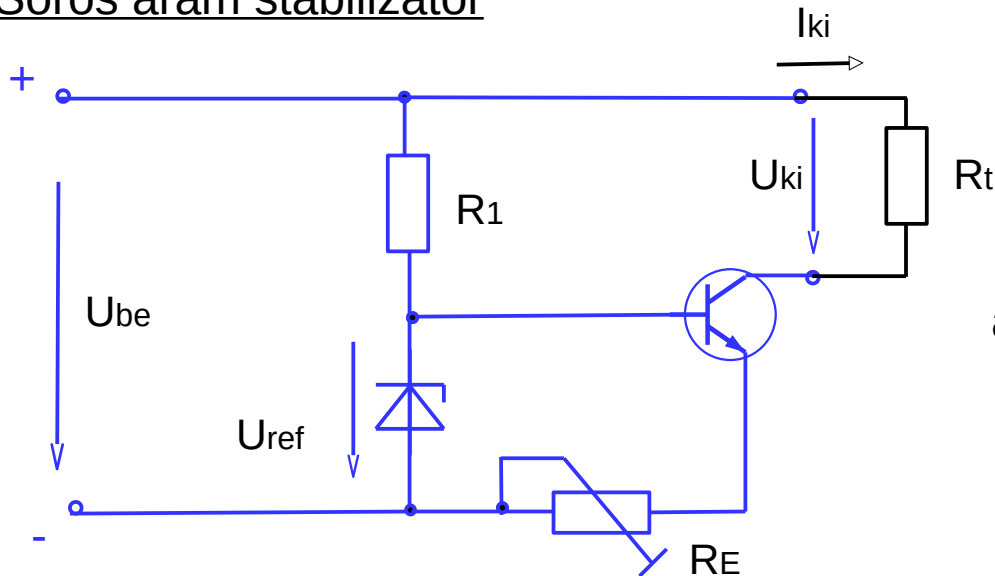
$$U_{ki} = U_{ref} - U_{BE1} - U_{BE2}$$

$$I_{ki} \approx \beta_1 * \beta_2 * I_B$$

Jobb a feszültség stabilizálási  
tényező

## 18.5. Áram stabilizátorok

### 1. Soros áram stabilizátor



$$I_{ki} \approx I_E = (U_{ref} - U_{BE}) / R_E$$

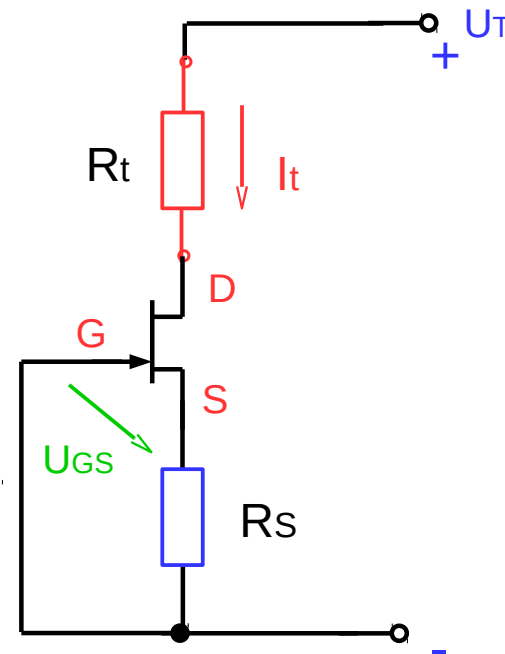
áramgenerátor kapcsolás,  
nagy teljesítményű tranzisztorral

### 2. FET-es áram generátor

$$I_t = I_D = -U_{GS} / R_s$$

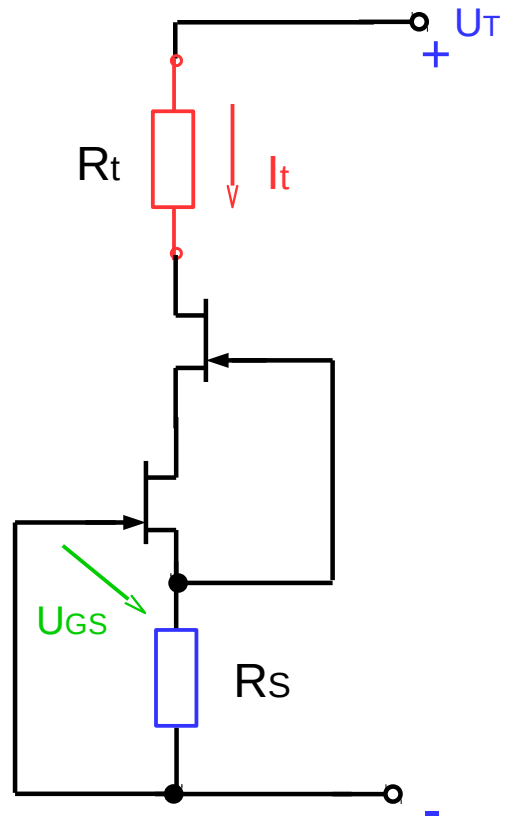
$$R_b = 1/y_{22s} * (1 + y_{21s} * R_s)$$

$R_b$  nem olyan nagy  
mint bipoláris tranzisztor esetén



## 18.5. Áram stabilizátorok

### 3. FET-es áram generátor 2.

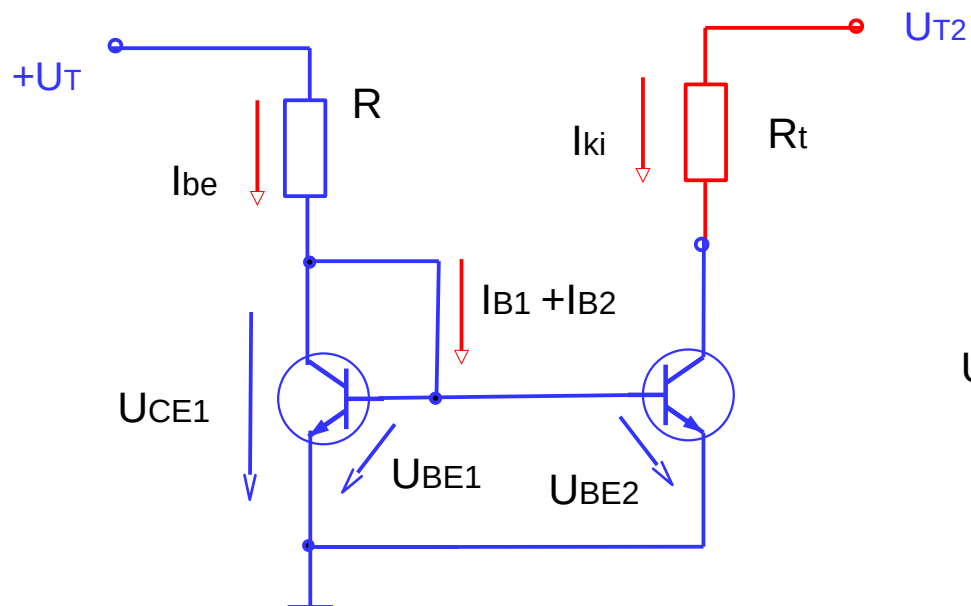


$R_b$  sokkal nagyobb mint egy FET esetén !

$$R_b \approx y_{21s} * (1/y_{22s})^2 * (1 + y_{21s} * R_s)$$

## 18.5. Áram stabilizátorok

### 4. Áramtükör kapcsolás



$$U_{CE1} = U_{BE1}$$

$$I_{be} = (U_T - U_{BE1}) / R$$

$$U_{BE1} = U_{BE2}$$

$$I_{ki} \approx I_{be}$$

$I_{be}$  áttükröződik a kimenetre

$$I_{ki} = (U_T - U_{BE1}) / R$$

## 18.6. Feszültség stabilizátorok

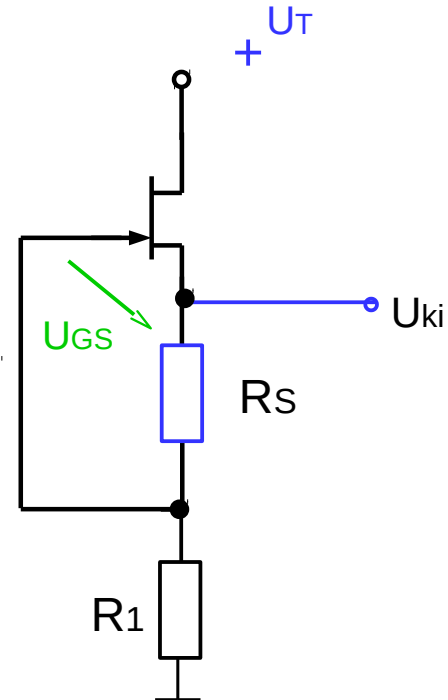
### 1. FET-es feszültség generátor

- FET-es áramgenerátor kapcsolásból
- $R_b$  nem olyan kicsi !
- De !
- stabilizáló hatása kedvezőbb mint egy Zener-diódának
- zaja is kicsi

$$U_{ki} = I_s * (R_1 + R_s)$$

$$S = \Delta U_{be} / \Delta U_{ki}$$

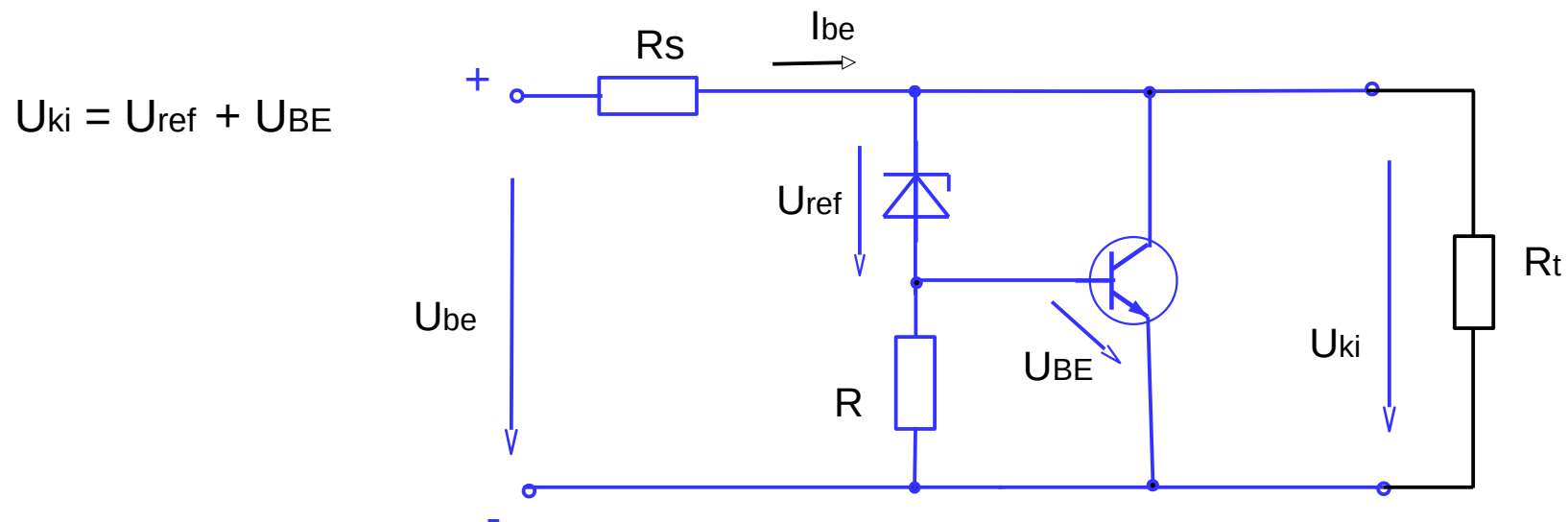
$$S = 1 + 1/y_{22s} * (1 + y_{21s} * R_s) / (R_1 + R_s)$$





## 18.7. Párhuzamos stabilizátorok

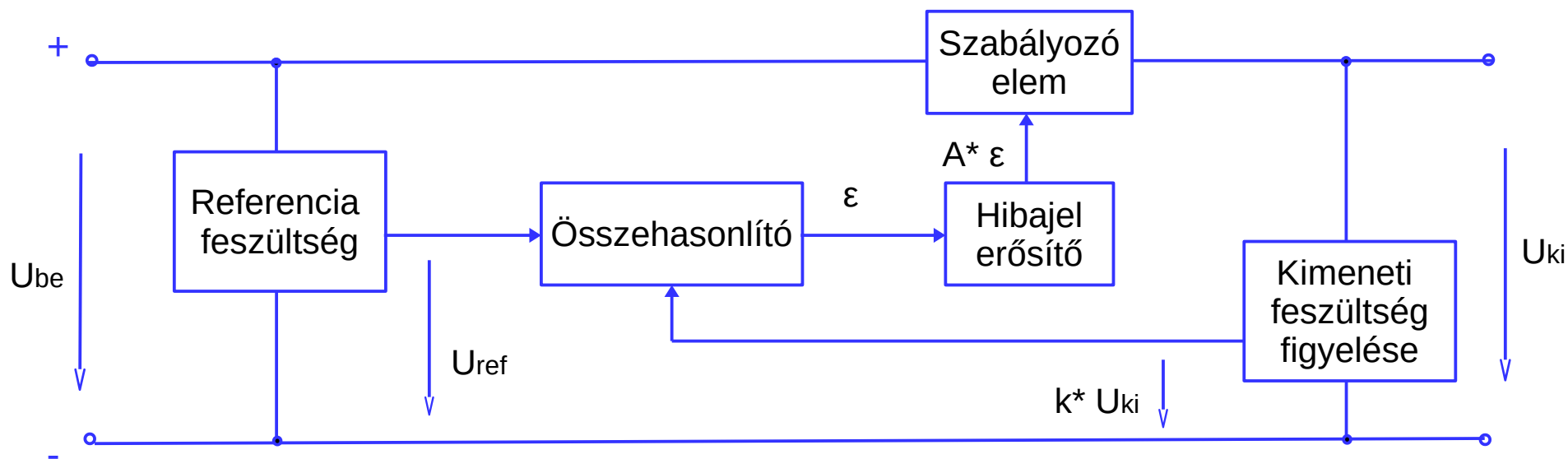
### 1. párhuzamos feszültség stabilizátor



## 18.8. Visszacsatolt feszültség stabilizátorok

### 1. Elve

- szabályozást valósítanak meg
- figyelik a kimenetet, és azt összehasonlítják a referencia feszültséggel
  - az eredmény alapján vezérlik a szabályozó elemeket

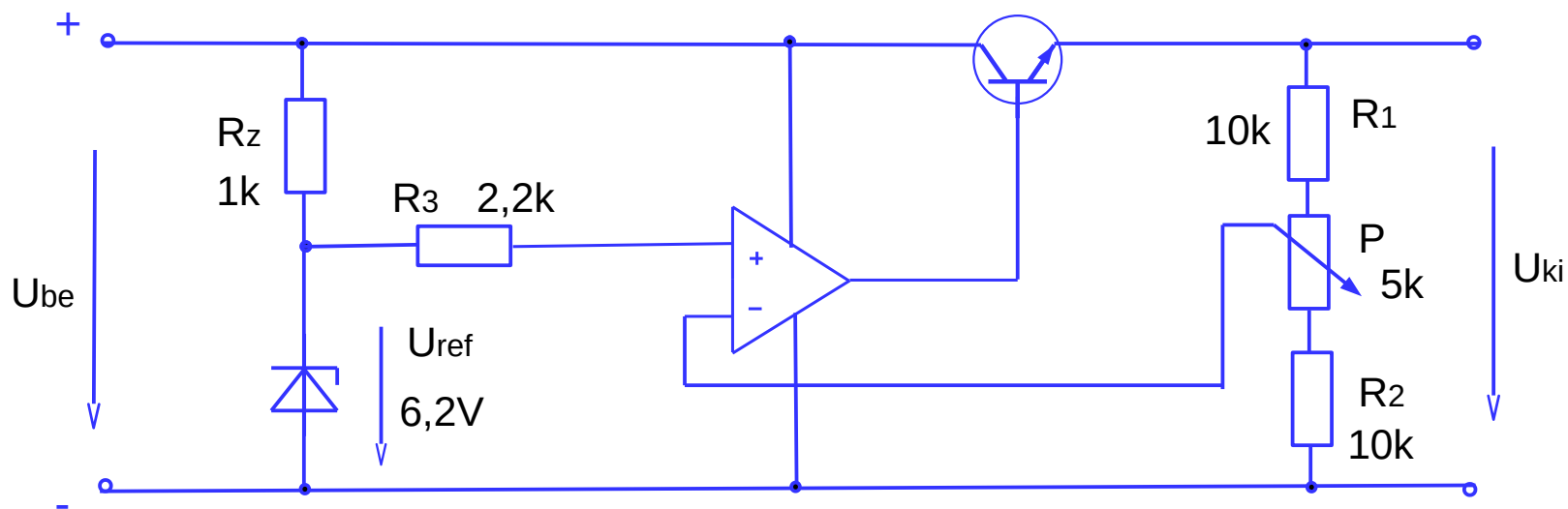


## 18.8. Visszacsatolt feszültség stabilizátorok

### 2. Megvalósítása műveleti erősítővel

$U_{be} \rightarrow 14 - 20 \text{ V}$

$U_{ki} \rightarrow 12 \text{ V} \pm 20\%$



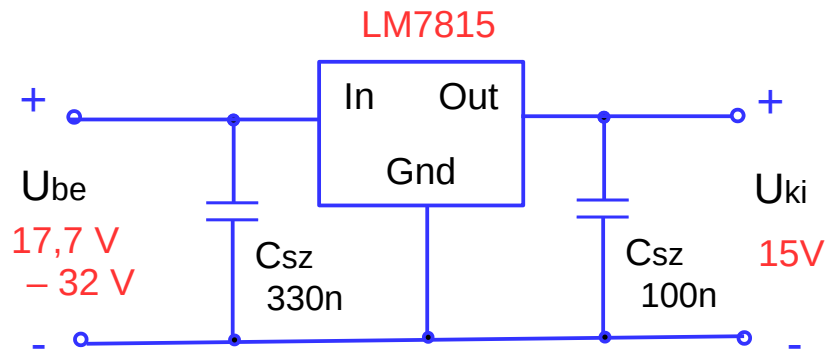
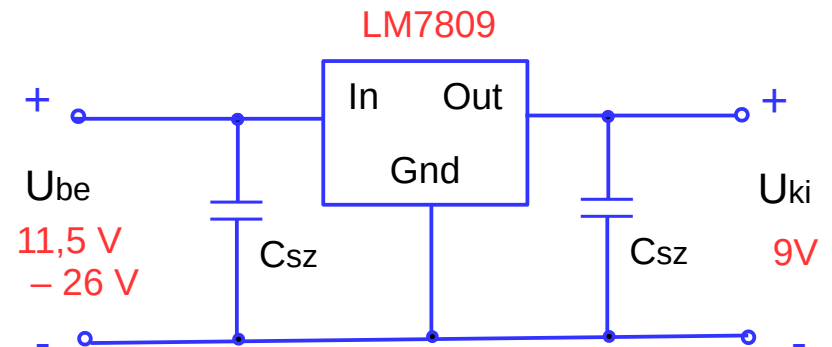
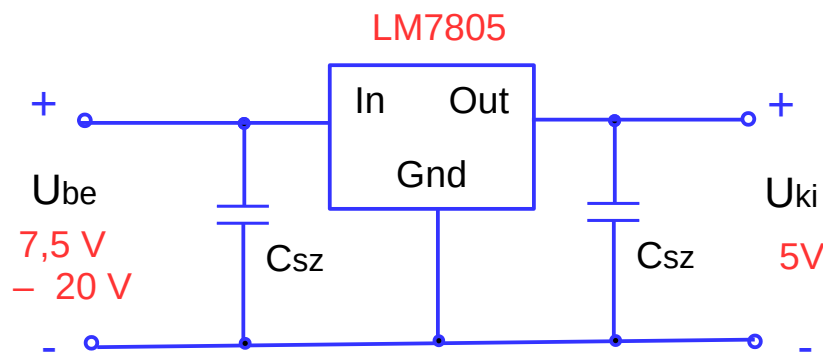
## 18.9. Integrált feszültség stabilizátorok

Többféle feszültségszabályozó IC létezik, felhasználásukkal (és néhány plusz alkatrészsel) egyszerűen kapunk jól használható stabilizátor áramköröket.

Léteznek:

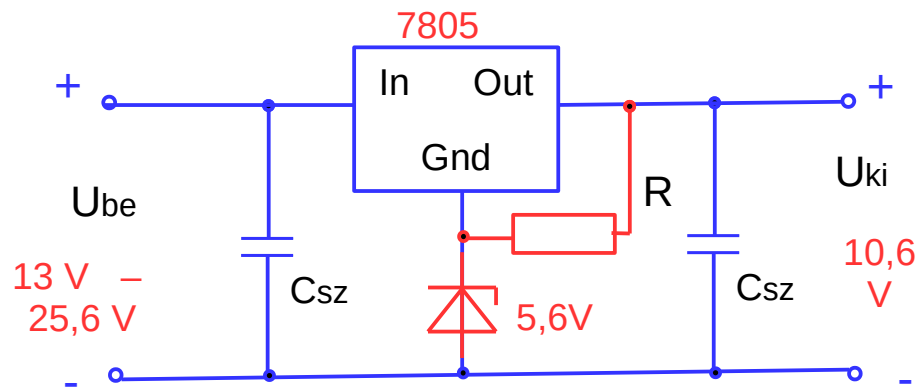
- fix feszültség stabilizátor IC-k pl. 7805 (5V), 7809 (9V), 7812 (12), ... 7905 (-5V), ...
- változtatható feszültségű stabilizátor IC-k → pl. L200, LM317, LM350, LM723, ...

Fix kimeneti feszültség

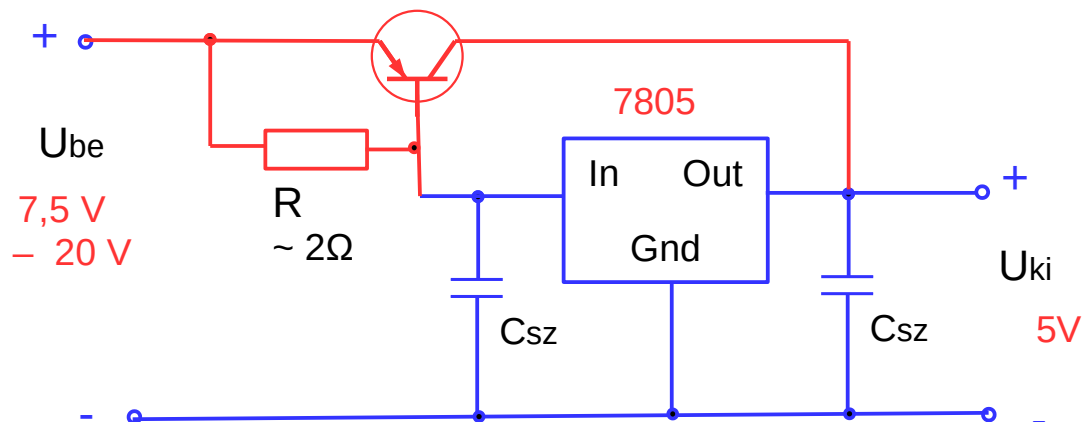


## 18.9. Integrált feszültség stabilizátorok

Kimeneti feszültség növelése

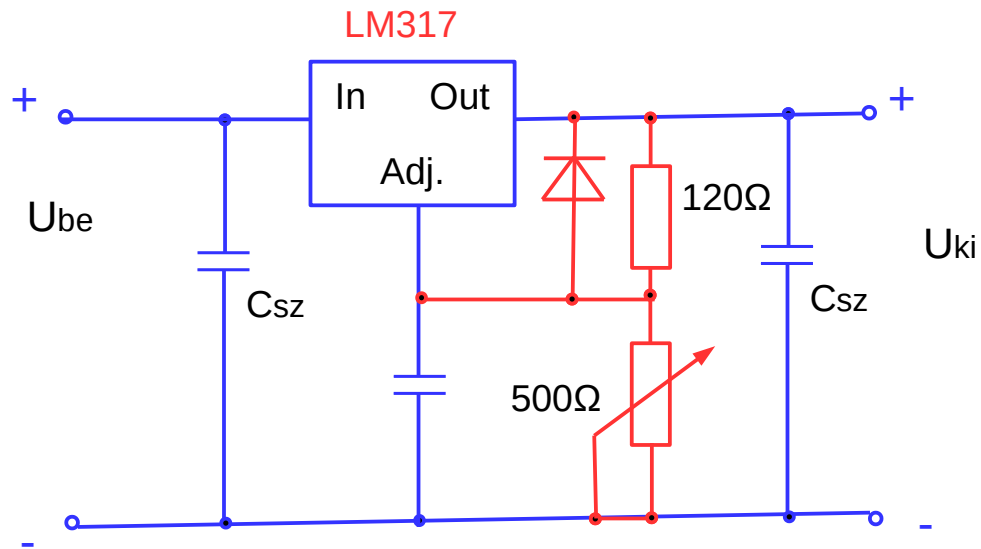


Kimeneti áram növelése



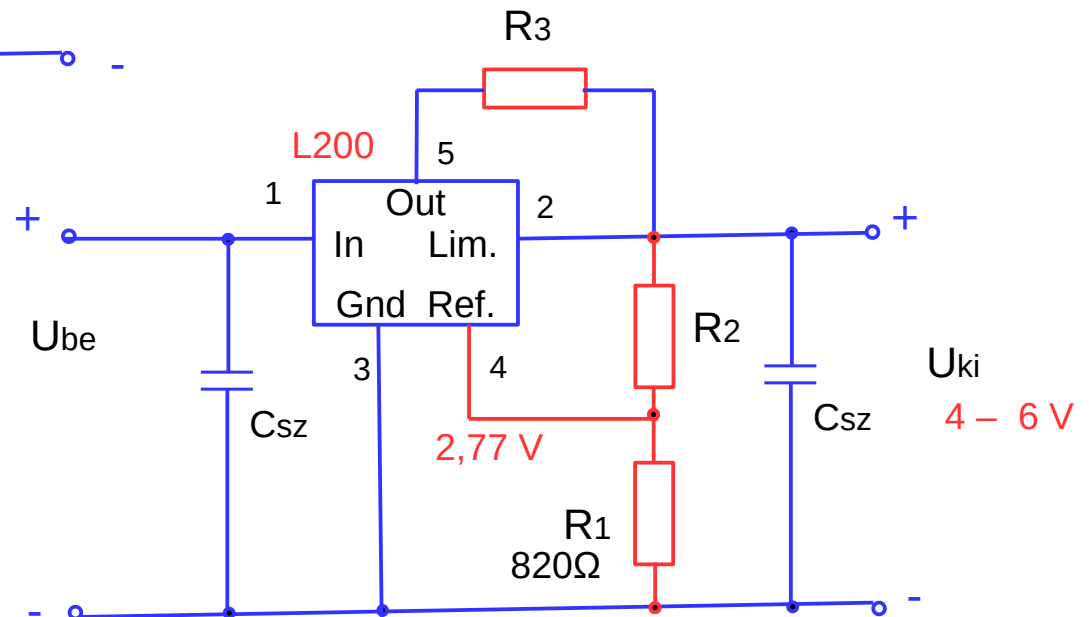
## 18.9. Integrált feszültség stabilizátorok

Szabályozható kimeneti feszültség



$$U_{ki} = 2,77 \cdot (1 + R_2/R_1) \text{ V}$$

$$I_{ki} = 0,45 / R_3 \text{ A}$$



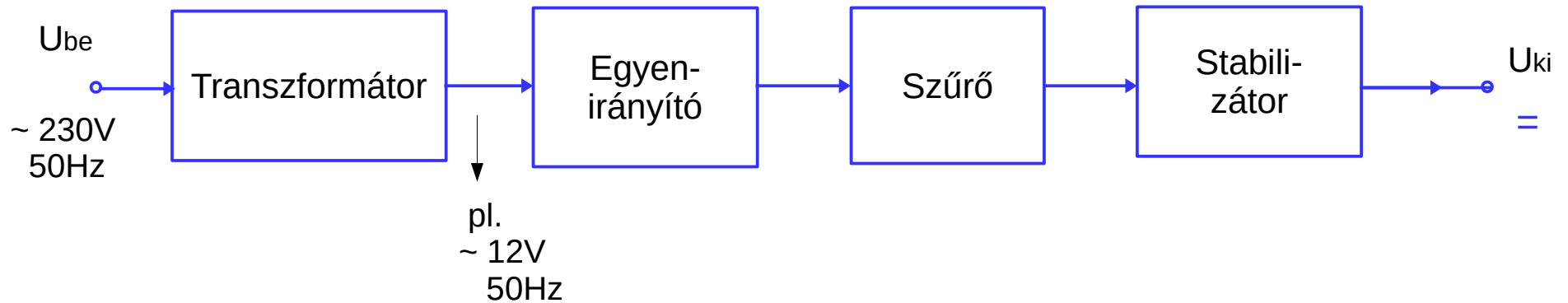
# 18.10. Tápegységek

## 1. hagyományos tápegység

hátrányai:

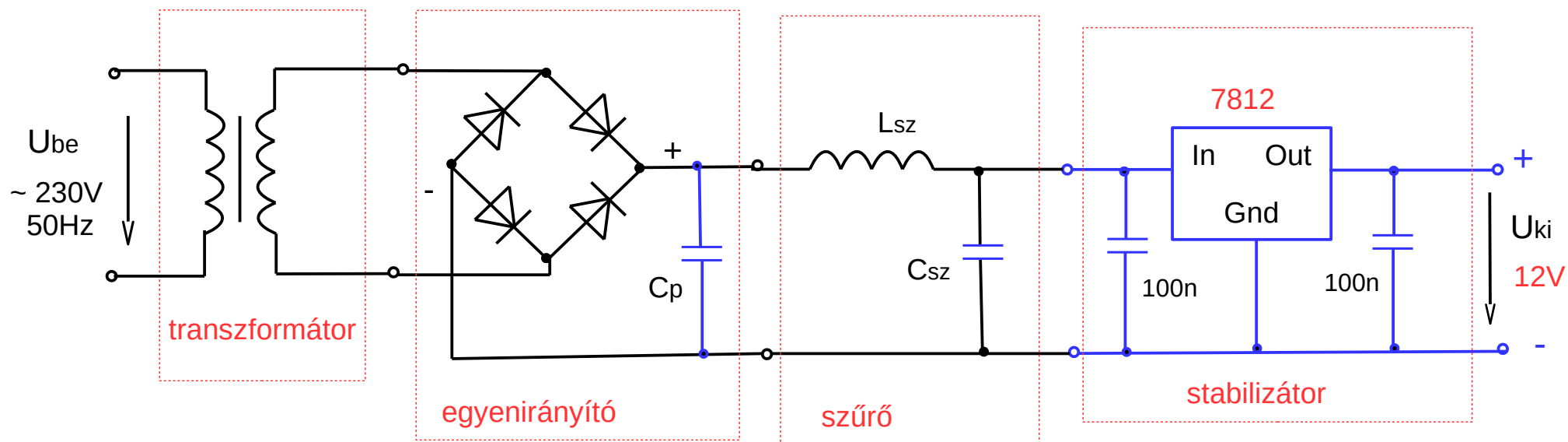
- nagy veszteség (transzformátorban, stabilizátorban) → hatásfoka csak: 30-50%
- nagy méretű transzformátor

Felépítése:



# 18.10. Tápegységek

## Hagyományos tápegység





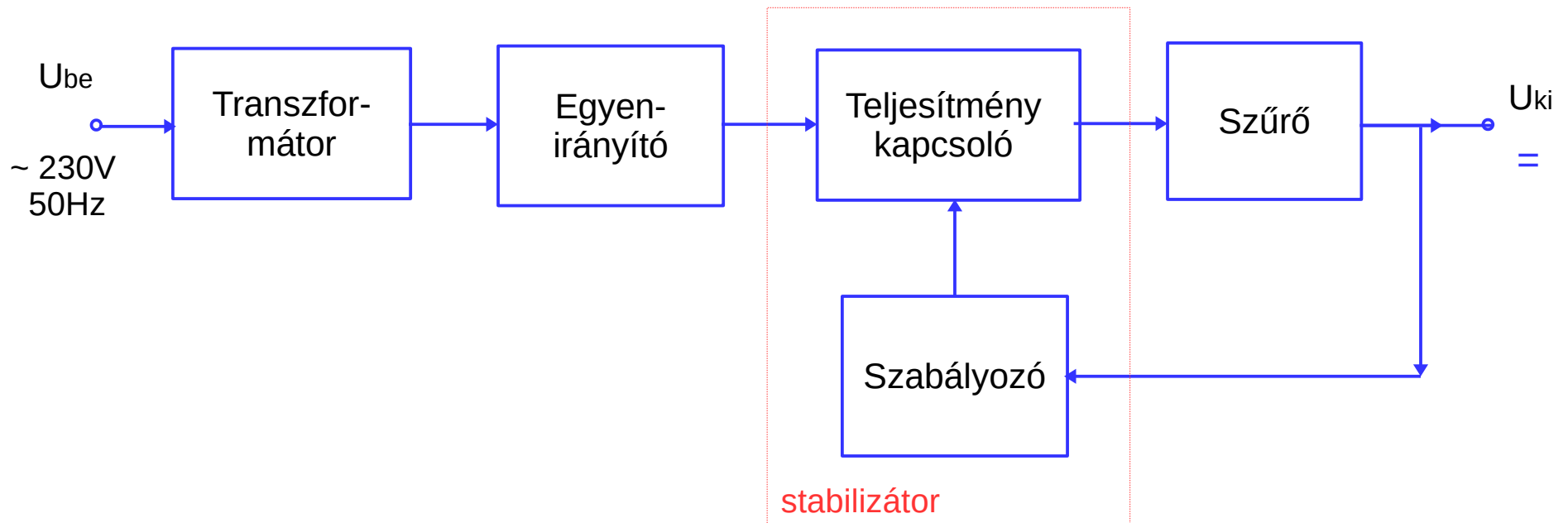
# 18.10. Tápegységek

## 2. Kapcsolóüzemű tápegység, szekunder oldali

Felépítése a hagyományoshoz hasonló, a különbség a stabilizátor működésmódjában van → nem folyamatosan hanem kapcsolóüzemben működik (10-50 kHz)

Jellemzői:

- a stabilizátor veszteségét csökkenti, de a transzformátorét nem
- ugyanúgy nagy méretű transzformátor kell
- hatásfoka : 60-80%
- nagyfrekvenciás zavarforrás !!



# 18.10. Tápegységek

## 3. Kapcsolóüzemű tápegység, primer oldali

Jellemzői:

- a stabilizálás a primer oldalon (nagyfeszültségen !)
- nagyfrekvenciás kapcsolóüzem (20-200 kHz) → kis méretű transzformátor
- hatásfoka : akár 90 % felett is
- nagyfrekvenciás zavarforrás !!

