



evropský  
sociální  
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLUVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

# DIGITÁLNÍ UČEBNÍ MATERIÁL

<b>škola</b>	Střední škola F. D. Roosevelta pro tělesně postižené, Brno, Křižíkova 11
<b>číslo projektu</b>	CZ.1.07/1.5.00/34.1037
<b>číslo učebního materiálu</b>	VY_32_INOVACE_ZIL_VEL_123_20
<b>předmět, tematický celek</b>	Základy elektrotechniky a elektroniky
<b>ročník</b>	První, druhý, třetí
<b>datum vytvoření</b>	2013
<b>anotace</b>	Materiál obsahuje řešené příklady na téma stabilizátor napětí.
<b>metodická poznámka</b>	Určeno pro práci s dataprojektorem a bílou keramickou tabulí. Příklady lze řešit na tabuli, nebo je mohou žáci řešit samostatně a nakonec pro kontrolu výsledků odhalit správné řešení.
<b>autor</b>	Ing. Olga Žilková
<b>licence (není-li vyplněno, je materiál ze zdrojů autora)</b>	<a href="http://www.freepik.com">http://www.freepik.com</a>



# Stabilizátor



Stabilizátor napětí, proudu

# Jednoduchý stabilizátor



se Zenerovou diodou



# Stabilizační Zenerova dioda

- slouží k udržování konstantního napětí
- se využívá pouze **v závěrném směru**
  - po překročení **Zenerova napětí  $U_z$**  (cca 3-50V) dojde k vratnému (nedestruktivnímu) průrazu přechodu PN a proud na diodě prudce poroste, při neměnném napětí
  - průchodem proudu se dioda zahřívá
    - nesmí dojít k překročení maximálního proudu  $I_{MAX}$ , jinak by došlo k nenávratnému tepelnému poškození diody



# Stabilizační Zenerova dioda

## ■ Technické parametry v katalogu:

■ Zenerovo napětí  $U_{ZN}$

■  $U_{ZN}$  [V]

■ maximální ztrátový výkon  $P_{max}$

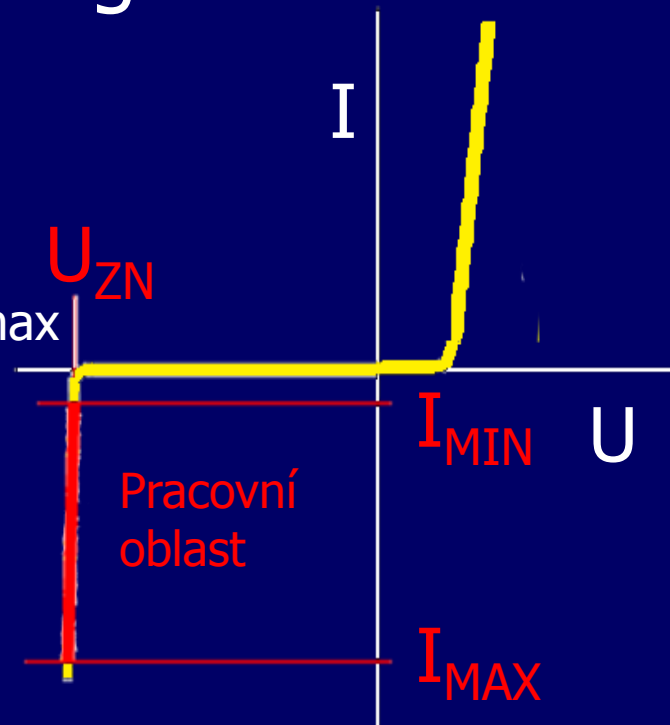
■  $P_{max} = U_{ZN} \cdot I_{Zmax}$  [W]

■ maximální proud  $I_{Zmax}$

■  $I_{Zmax}$  [mA]

■ typ pouzdra

■ používá se v rozsahu proudů  $I_{MIN}$  až  $I_{MAX}$



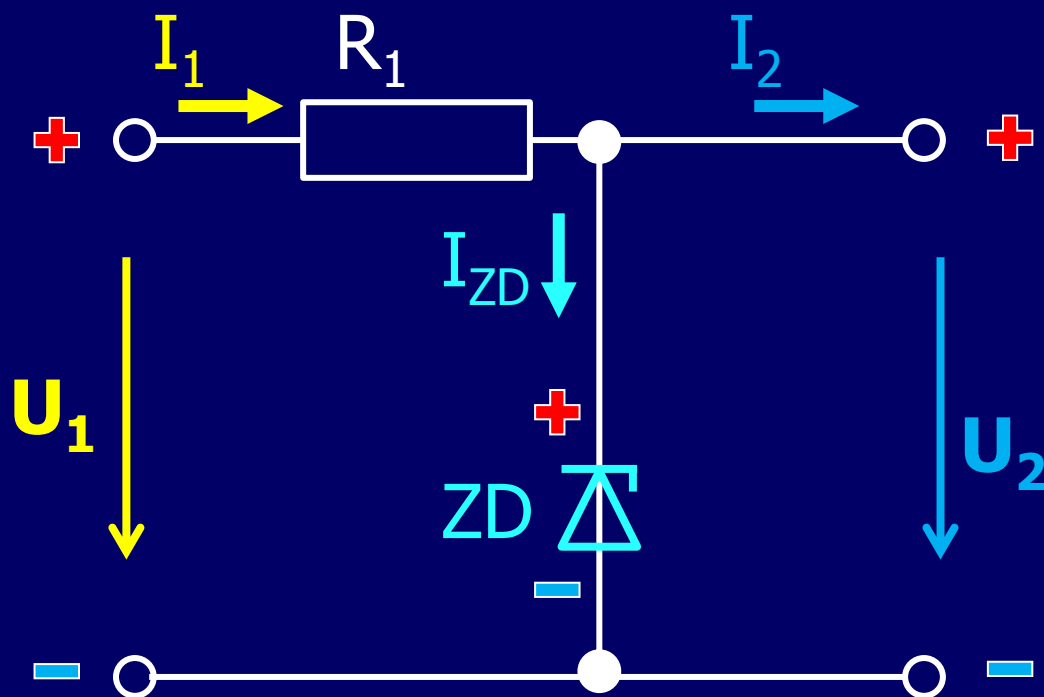


# Zenerova dioda

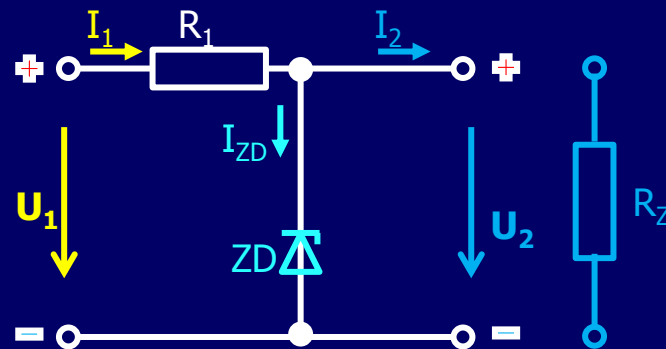
- V katalogu vybíráme Zenerovy diody podle  $U_z$  a  $P_z$
- Příklady Zenerových diod v pouzdře DO-201
  - **1N5346B** 9,1V/5W  $I_{Zmax} = 549\text{mA}$
  - **1N5357B** 20V/5W,  $I_{Zmax} = 250\text{mA}$
  - **1N5374B** 75V/5W,  $I_{Zmax} = 67\text{mA}$
  - **1N5349B** 12V/5W,  $I_{Zmax} = 417\text{mA}$



# Jednoduchý stabilizátor se Zenerovou diodou



## Jednoduchý stabilizátor se Zenerovou diodou



- $R_1$  určuje polohu pracovního bodu P
- Pro správnou činnost stabilizátoru je nutné zajistit, aby měla zátěž  $R_Z$  minimální vliv na velikost výstupního napětí  $U_2$ . Toho se docílí tím, že se nastaví hodnota zatěžovacího proudu  $I_2$  do zátěže  $R_Z$  na hodnotu několikrát menší než je proud  $I_{ZD}$  Zenerovou diodou ZD. Při změně vstupního napětí  $U_1$  dojde i k posunu pracovního bodu P, ale změna výstupního napětí  $U_2$  bude vzhledem k nastavení malá.



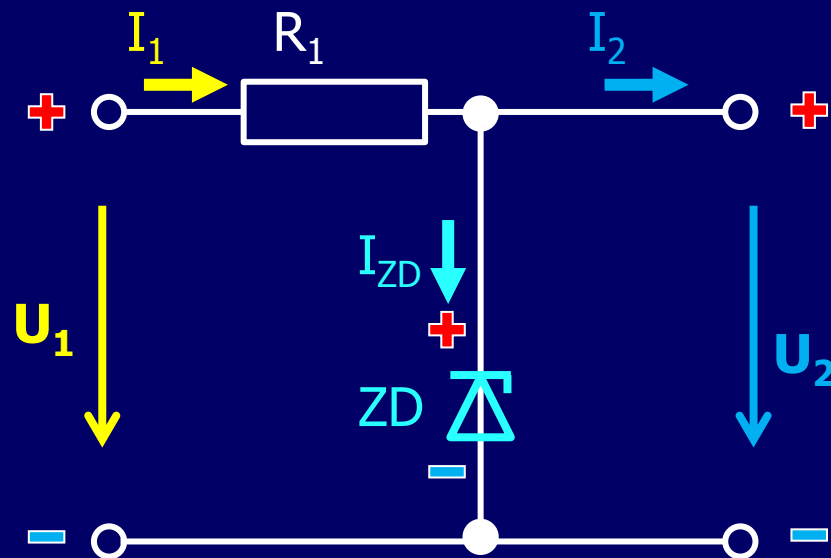
# Jednoduchý stabilizátor se Zenerovou diodou



## Příklad

## Jednoduchý stabilizátor se Zenerovou diodou

- Navrhněte jednoduchý stabilizátor se Zenerovou diodou se vstupním napětím  $U_1 = 50V$ , výstupním napětím  $U_2 = 20V$  a proudem  $I_2 = 150mA$



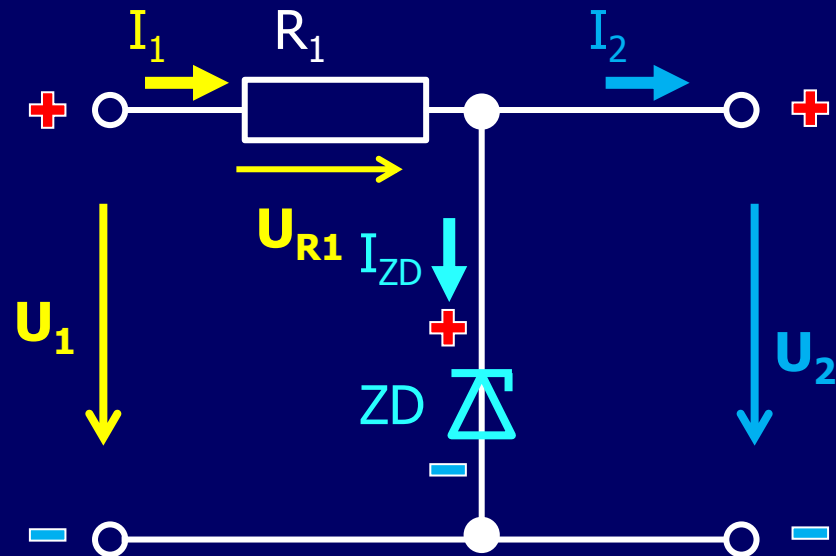
- Zvolíme si ZD s napětím  $U_{ZD}$  20V například:
  - **1N5357B** 20V/5W,  $I_{Zmax} = 250mA$
- Vypočítáme napětí na  $R_1$  (KZ)

$$U_1 = U_{R1} + U_{ZD}$$

$$U_{R1} = U_1 - U_{ZD}$$

$$U_{R1} = 50V - 20V$$

$$U_{R1} = 30V$$



- Vypočítáme velikost rezistoru  $R_1$  z Ohmova zákona, tzn. musíme zjistit velikost proudu  $I_1$

$$I_{Z_{\max}} = 250 \text{ mA}$$

$$I_2 = 150 \text{ mA}$$

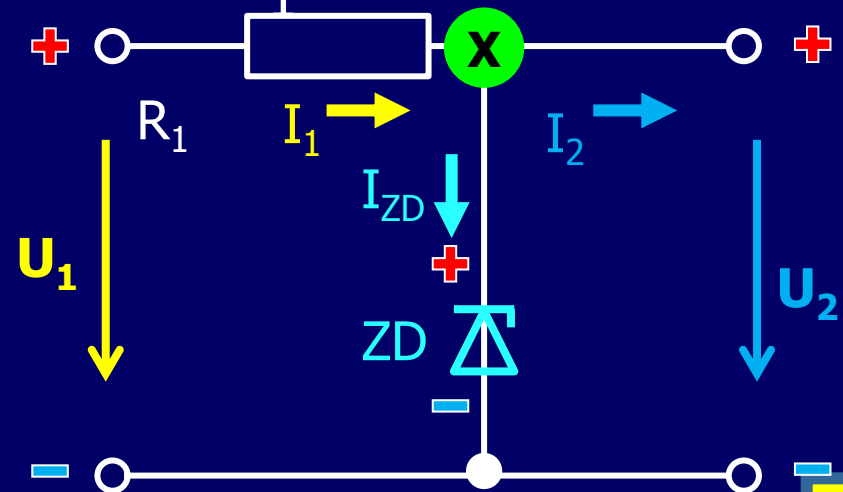
- Vypočítáme proud odporem  $R_1$

- KZ pro uzel **X**

$$I_1 = I_2 + I_Z$$

$$I_1 = (250 + 150) \text{ mA}$$

$$I_1 = 400 \text{ mA}$$



- Vypočítáme velikost rezistoru  $R_1$  z Ohmova zákona

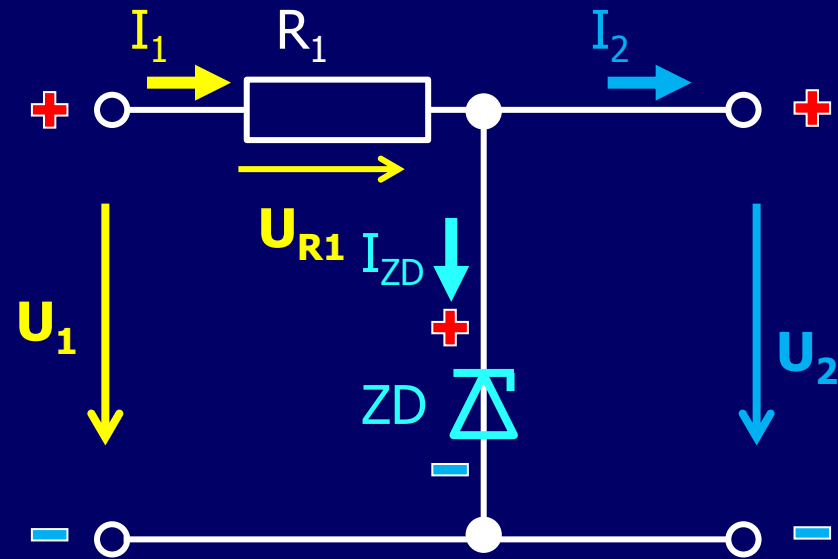
$$U_{R1} = 30 \text{ V}$$

$$I_1 = 400 \text{ mA}$$

$$R_1 = U_{R1}/I_1$$

$$R_1 = 30\text{V}/400 \cdot 10^{-3}\text{A}$$

$$R_1 = 75\Omega$$



- Vybereme například rezistor **MRR 75R**  
metalizovaný, pouzdro 0204,  $P_Z = 0,4 \text{ W}$ ,  
Tol. = 1 % TK = 50 ppm/K

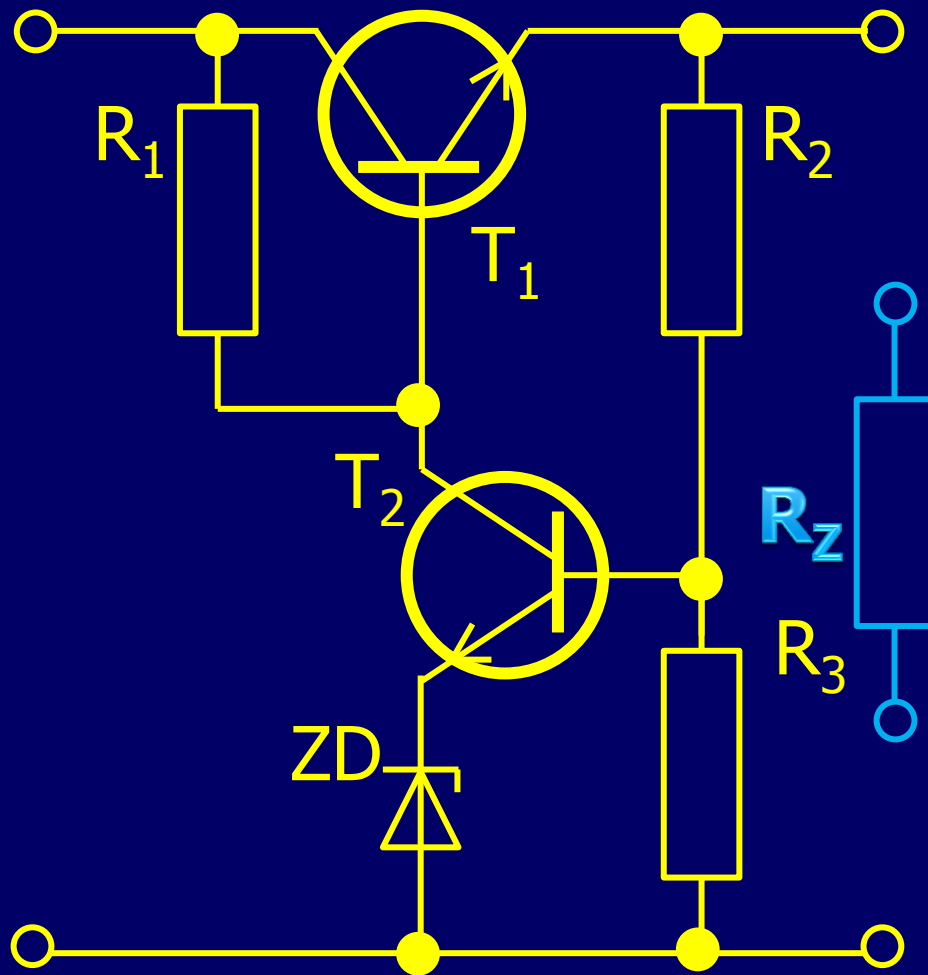


# Zdokonalený stabilizátor

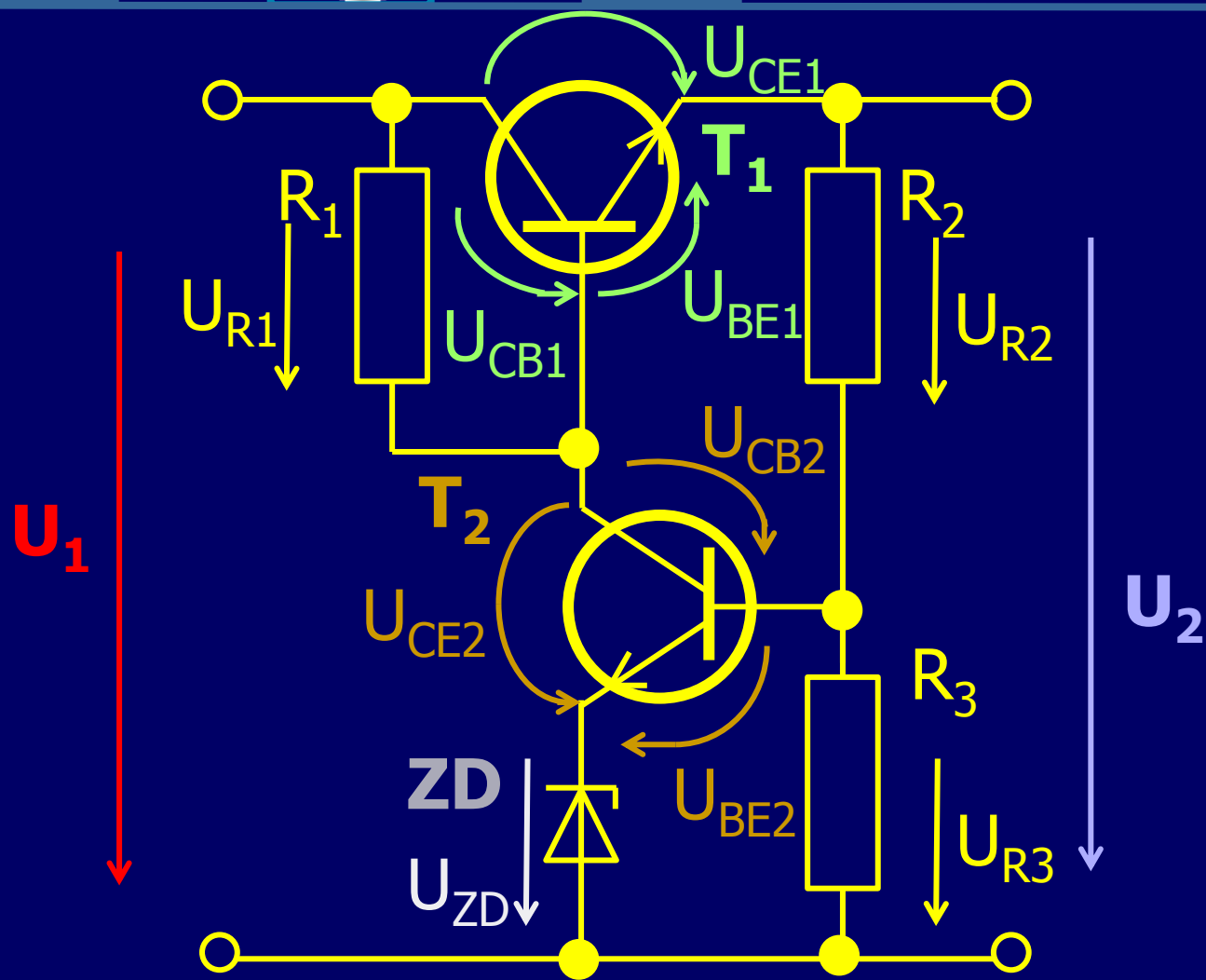


se Zenerovou diodou  
a tranzistory

# Stabilizátor s tranzistory

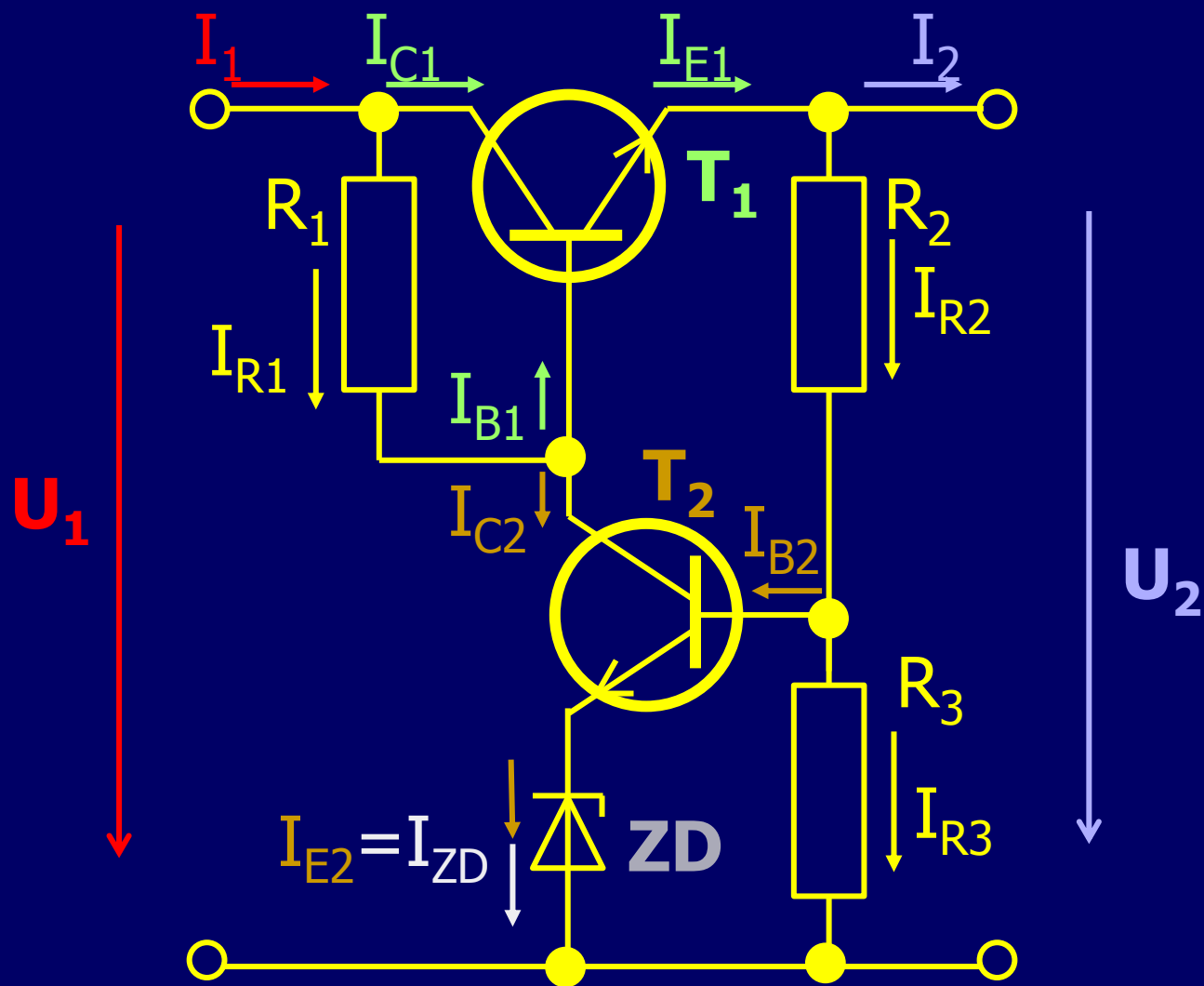


- $T_1$  - výkonový regulační tranzistor - emitorový sledovač
- $R_1$  - budící odpor báze  $T_1$
- ZD - Zenerova dioda - referenční napětí
- $R_2, R_3$  - odporový dělič stabilizovaného napětí
- $T_2$  - zesilovač odchylky
- $R_Z$  - zátěž stabilizátoru



# Napětí na stabilizátoru





**Proudy na stabilizátoru**

# Stabilizátor napětí

- Použité součástky a jejich parametry
  - Tranzistor  $T_2$  **BC337-40**  $I_{B2} = 2 \text{ mA}$ ,  $U_{BE2} = 1,2 \text{ V}$
  - Tranzistor  $T_1$  **BC639**  $I_{B1} = 25 \text{ mA}$ ,  $U_{BE2} = 1,0 \text{ V}$
  - Zenerová dioda **1N5346B**  $9,1\text{V}/5\text{W}$   $I_{Z\text{max}} = 549\text{mA}$
- Navrhněte velikosti rezistorů  $R_1$ ,  $R_2$  a  $R_3$  stabilizátoru napětí pro vstupní napětí  $U_1 = 50\text{V}$ , s výstupním napětím  $U_2 = 20\text{V}$  a maximálním proudem zátěže  $I_{RZ} = 150\text{mA}$
- Proud rezistorem  $R_1$  má být 10x větší než proud bází  $T_1$
- Proud nezatíženým děličem  $R_2$  a  $R_3$  má být 10x větší než proud bází  $T_2$ 
  - Nezatížený dělič znamená, že počítáme s tím, že do báze  $T_2$  neteče žádný proud

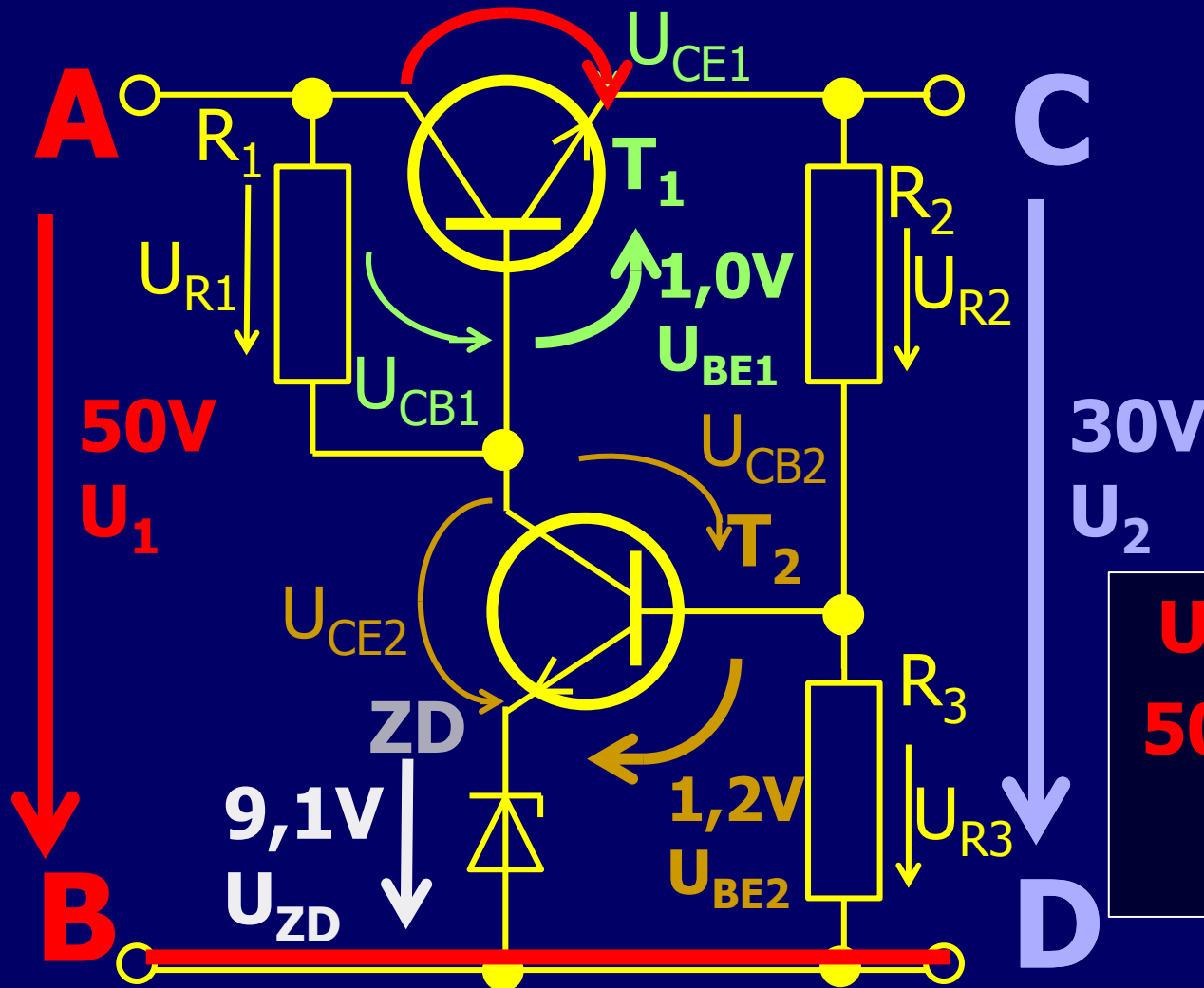


# Řešení příkladu se stabilizátorem



Jednodušší řešení  
Kirchhoffovy zákony

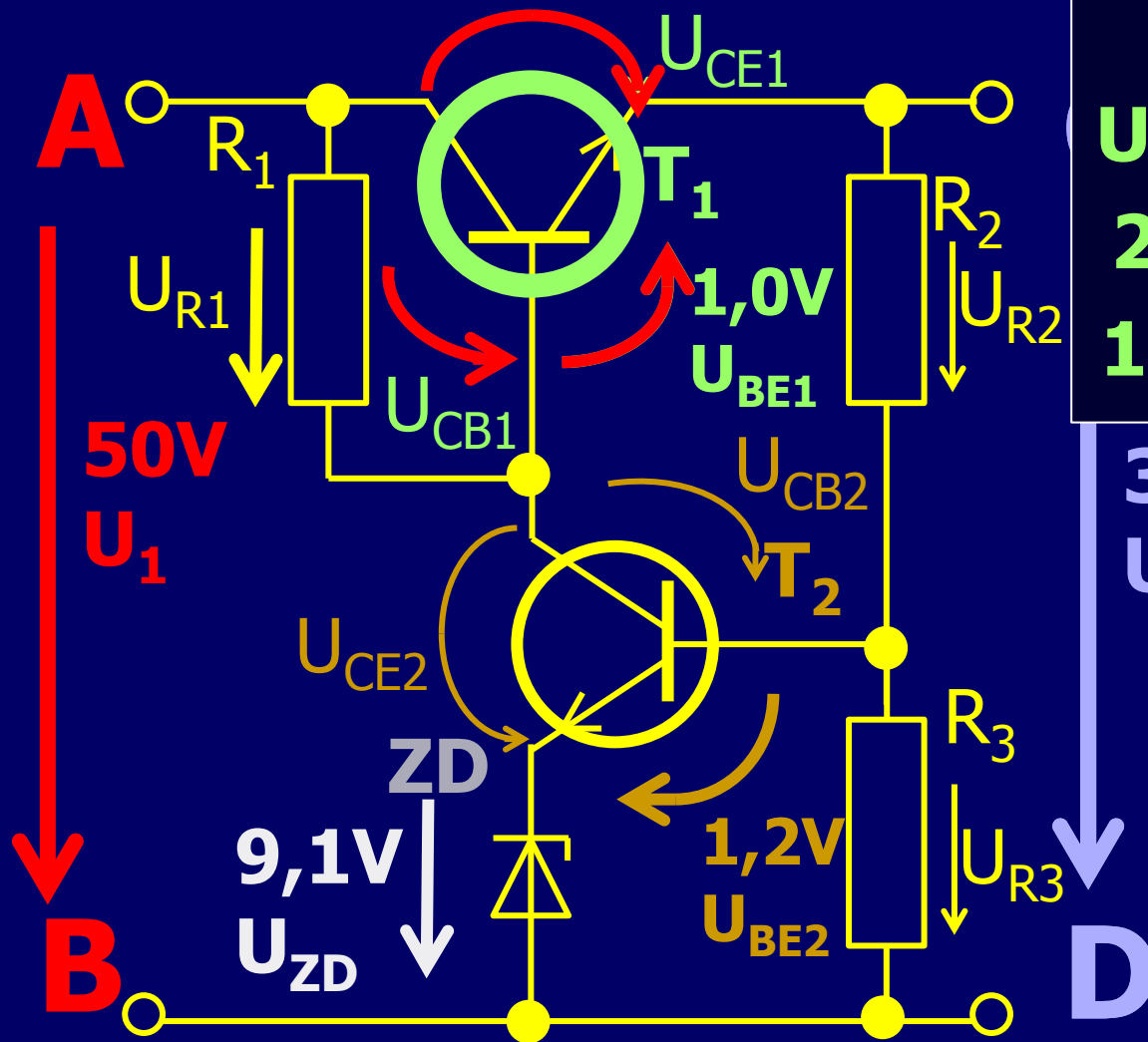
# PŘÍKLAD



$$\begin{aligned} U_1 &= U_{CE1} + U_2 \\ 50 &= U_{CE1} + 30 \\ U_{CE1} &= 20 \text{ V} \end{aligned}$$

Napětí na stabilizátoru mezi body A a B

# PŘÍKLAD



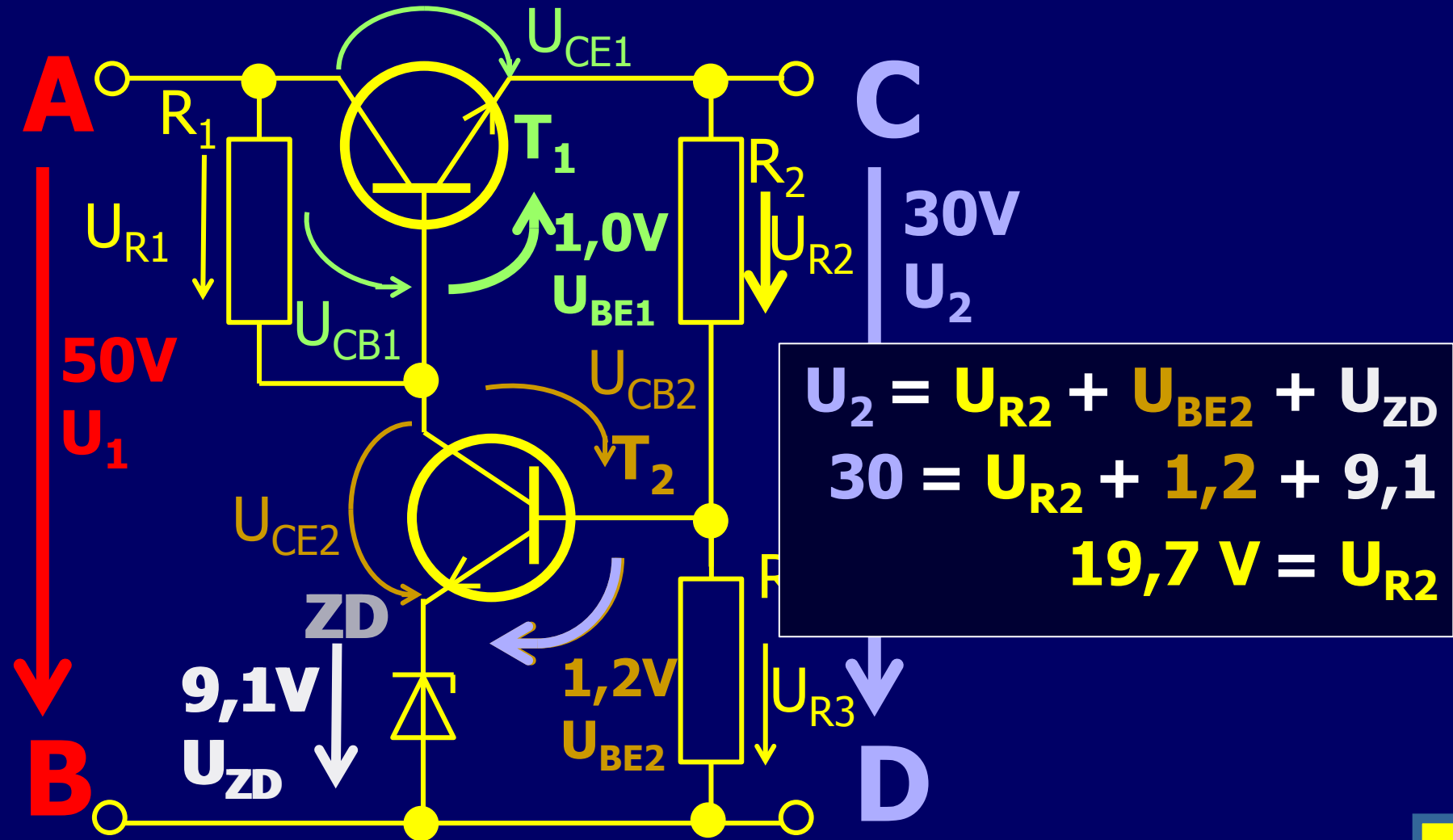
$$U_{R1} = U_{CB1}$$
$$U_{CE1} = U_{CB1} + U_{BE1}$$
$$20V = U_{CB1} + 1V$$
$$19V = U_{CB1} = U_{R1}$$

30V

$U_2$

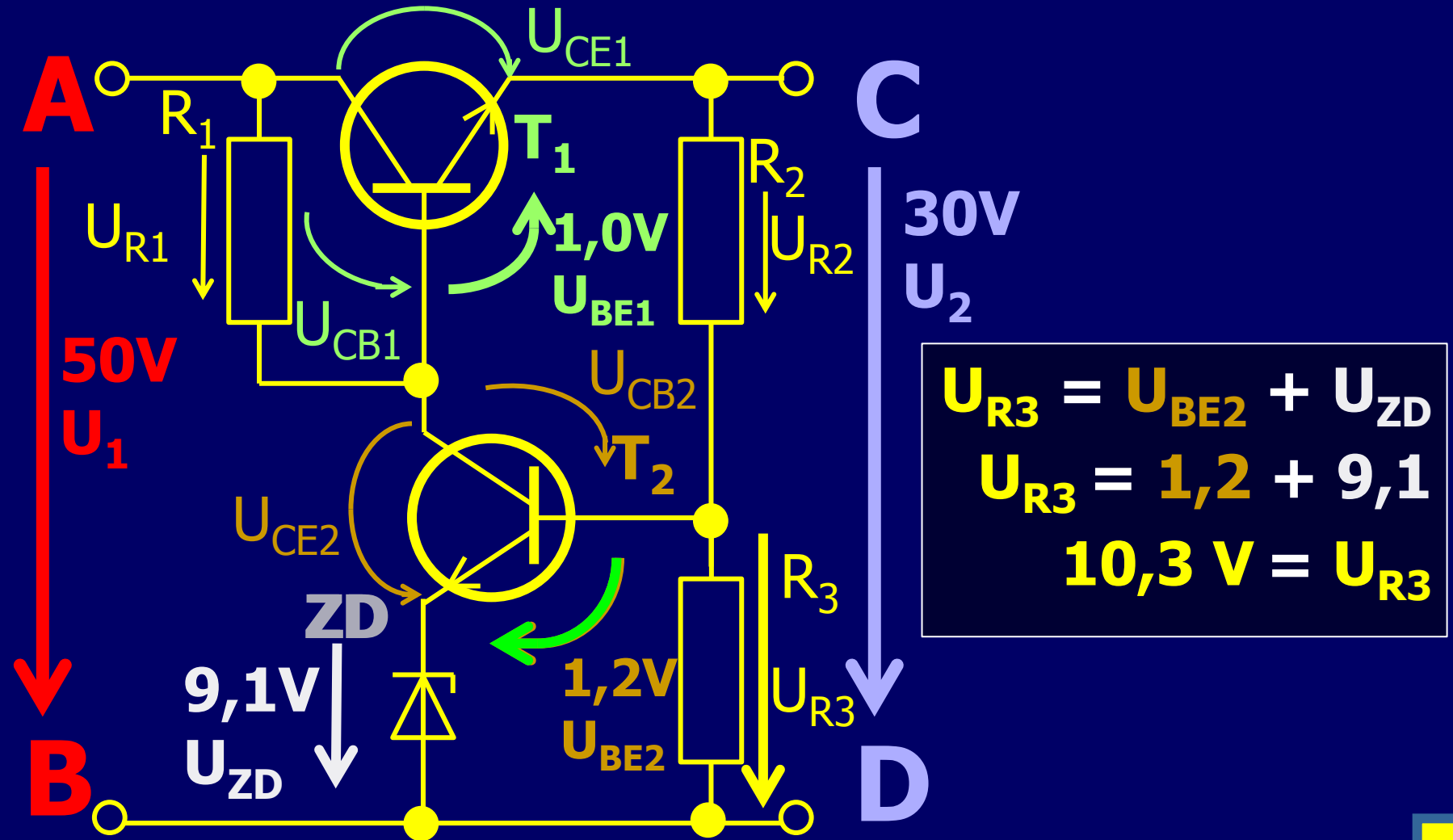
Napětí na tranzistoru  $T_1$  a rezistoru  $R_1$

# PŘÍKLAD

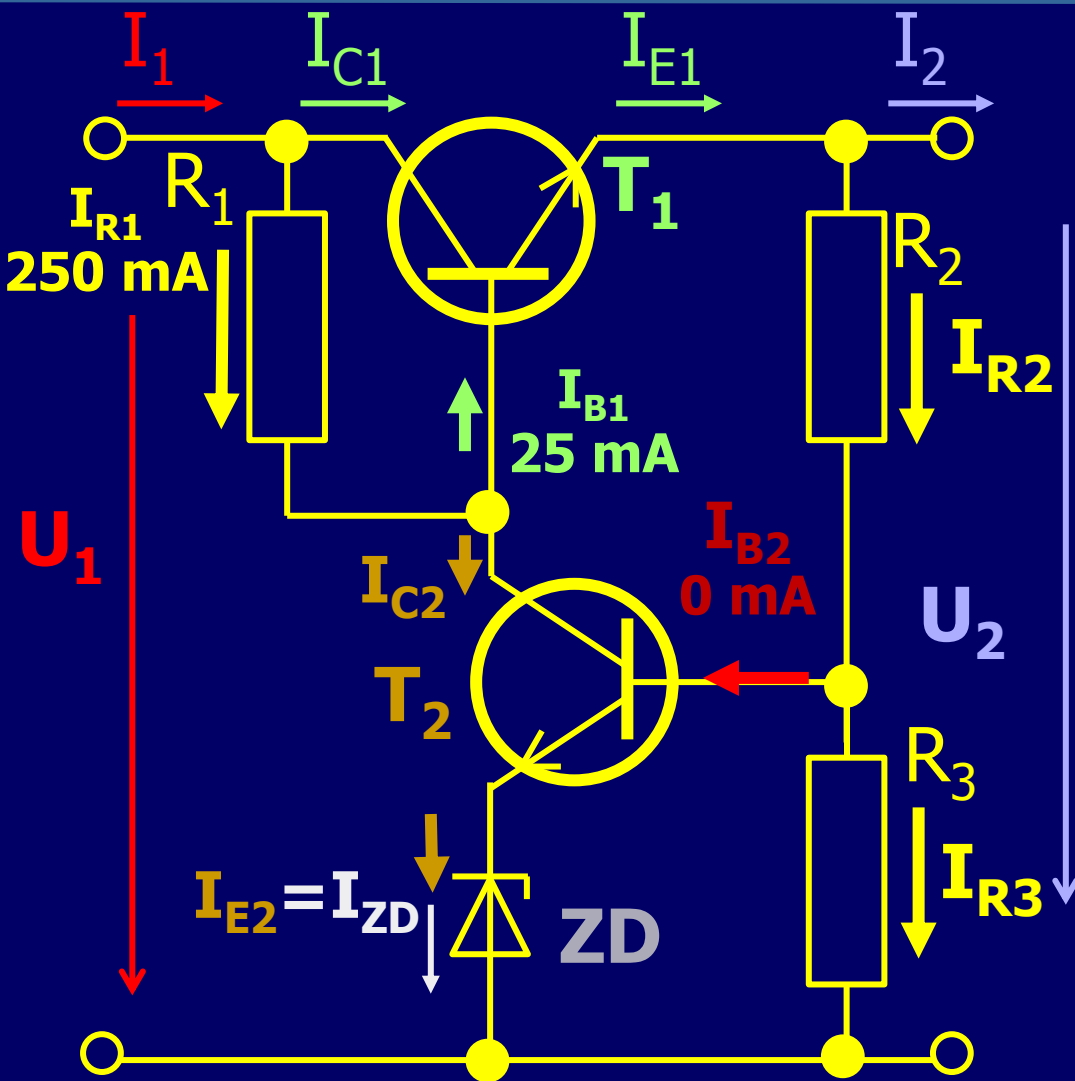


Napětí na rezistoru  $R_2$

# PŘÍKLAD



Napětí na rezistoru  $R_3$



$$I_{R1} = 10 \times I_{B1}$$

$$I_{R1} = 10 \times 25 \text{ mA}$$

$$I_{R1} = 250 \text{ mA}$$

$R_2$  je do série s  $R_3$   
tzn.  $I_{R2} = I_{R3}$

$$I_{R2} = 10 \times I_{B2}$$

$$I_{R2} = 10 \times 2 \text{ mA}$$

$$I_{R2} = 20 \text{ mA}$$

$$I_{R3} = 10 \times I_{B2}$$

$$I_{R3} = 10 \times 2 \text{ mA}$$

$$I_{R3} = 20 \text{ mA}$$

## Proudy na rezistorech







## Známé hodnoty veličin na jednotlivých rezistorech

### ■ Rezistor $R_1$

$$I_{R1} = 250 \text{ mA}, U_{R1} = 19 \text{ V}$$

$$R_1 = U_{R1} / I_{R1}$$

$$R_1 = 19\text{V} / 250 \cdot 10^{-3} \text{ A}$$

$$R_1 = 76\Omega$$

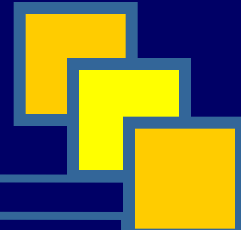
### ■ Rezistor $R_2$

$$I_{R2} = 20 \text{ mA}, U_{R2} = 19,7 \text{ V}$$

$$R_2 = U_{R2} / I_{R2}$$

$$R_2 = 19,7\text{V} / 20 \cdot 10^{-3} \text{ A}$$

$$R_2 = 985\Omega$$



## Známé hodnoty veličin na jednotlivých rezistorech

### ■ Rezistor $R_3$

$$I_{R3} = 20 \text{ mA}, U_{R3} = 10,3 \text{ V}$$

$$R_3 = U_{R3} / I_{R3}$$

$$R_3 = 10,3\text{V} / 20 \cdot 10^{-3} \text{ A}$$

$$R_3 = 515 \Omega$$

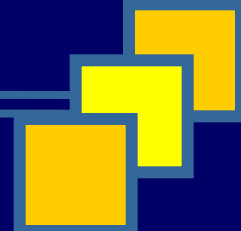
### ■ Minimální hodnota rezistoru $R_z$

$$I_{Rz} = 150 \text{ mA}, U_{Rz} = U_2 = 30 \text{ V}$$

$$R_{z\text{min}} = U_2 / I_{Rz}$$

$$R_{z\text{min}} = 30\text{V} / 150 \cdot 10^{-3} \text{ A}$$

$$R_{z\text{min}} = 200 \Omega$$



# Stabilizátor napětí

- Použité součástky a jejich parametry
  - Tranzistor  $T_2$  **BC337-40**  $I_{B2} = 2 \text{ mA}$ ,  $U_{BE2} = 1,2 \text{ V}$
  - Tranzistor  $T_1$  **BC639**  $I_{B1} = 25 \text{ mA}$ ,  $U_{BE2} = 1,0 \text{ V}$
  - Zenerová dioda **1N5346B**  $9,1\text{V}/5\text{W}$   $I_{Z\text{max}} = 549\text{mA}$
- Navrhněte velikosti rezistorů  $R_1$ ,  $R_2$  a  $R_3$  stabilizátoru napětí pro vstupní napětí  $U_1 = 50\text{V}$ , s výstupním napětím  $U_2 = 20\text{V}$  a maximálním proudem zátěže  $I_{RZ} = 150\text{mA}$
- Proud rezistorem  $R_1$  má být 10x větší než proud bází  $T_1$
- Proud nezatíženým děličem  $R_2$  a  $R_3$  má být 10x větší než proud bází  $T_2$ 
  - Nezatížený dělič znamená, že počítáme s tím, že do báze  $T_2$  neteče žádný proud

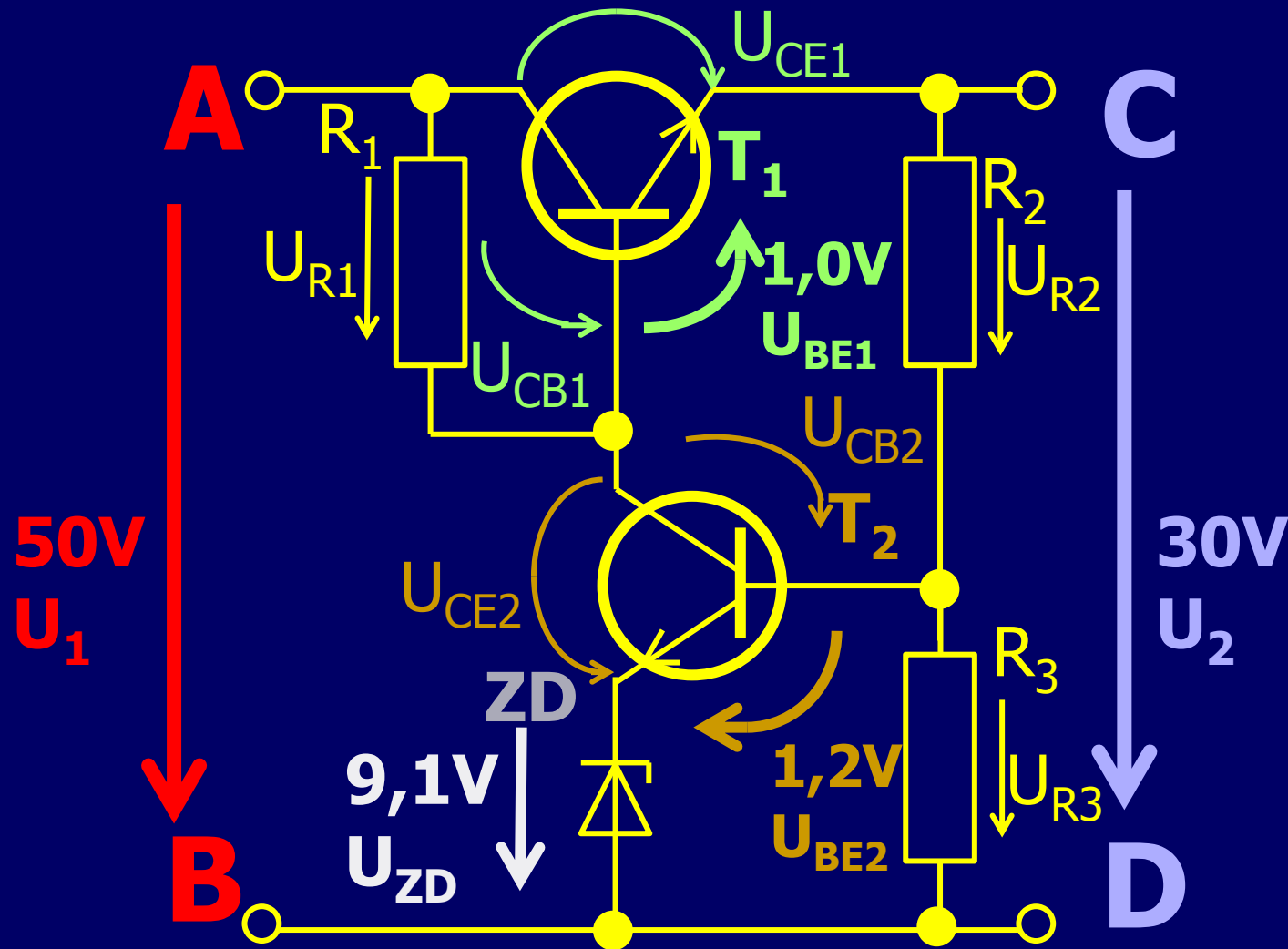


# Řešení příkladu se stabilizátorem



Systematické řešení  
Kirchhoffovy zákony

# PŘÍKLAD



Napětí na stabilizátoru



# Kirchhoffovy zákony

## První Kirchhoffův zákon - o proudech a uzlech

- Součet proudů vstupujících do uzlu se rovná součtu proudů z uzlu vystupujících.

## Druhý Kirchhoffův zákon - o napětích a uzavřených smyčkách

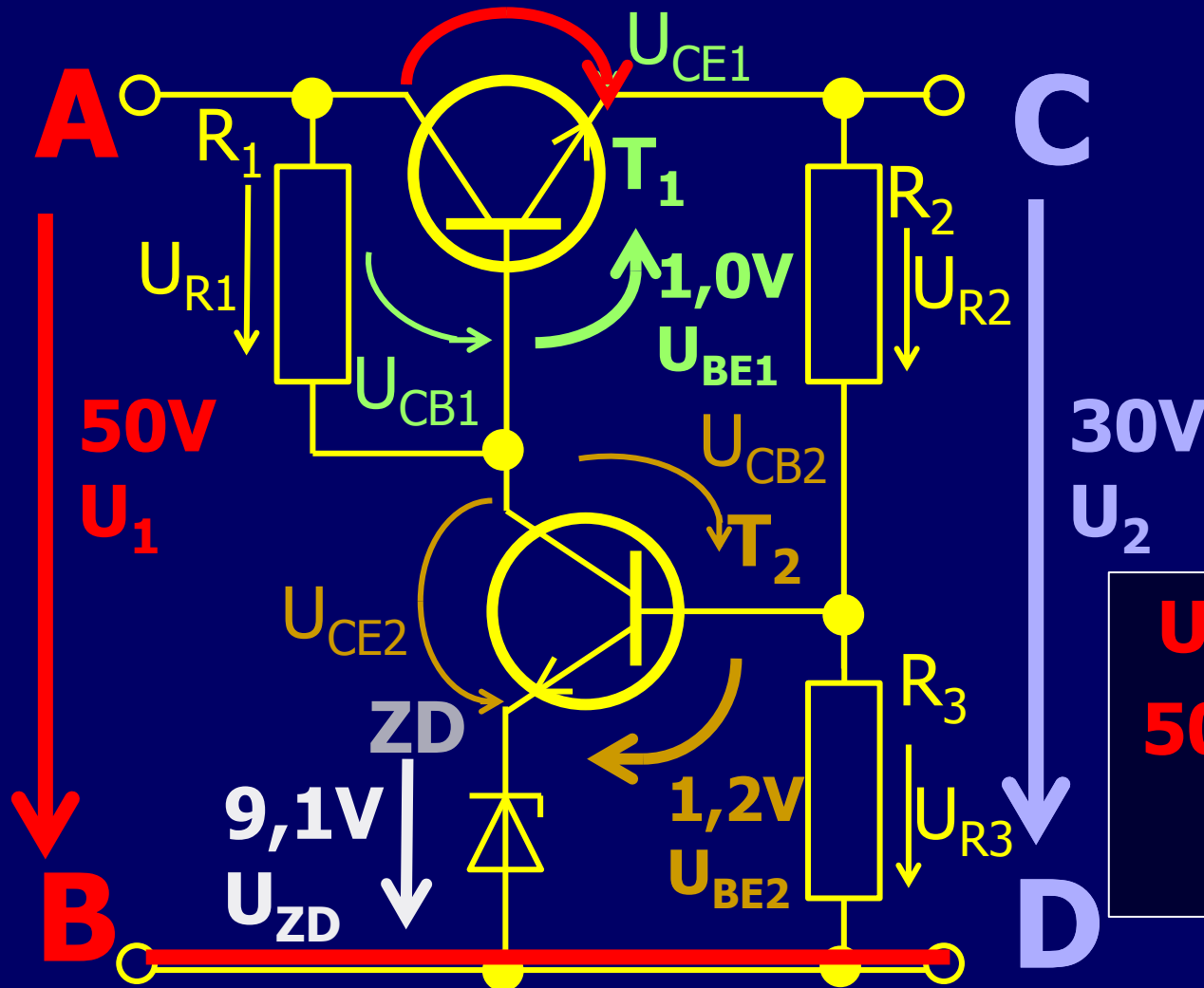
- Součet úbytků napětí na spotřebičích se v uzavřené smyčce rovná součtu napětí dodaných zdroji v této části elektrického obvodu - smyčce.

# 2. Kirchhoffův zákon



v tomto zapojení

# PŘÍKLAD

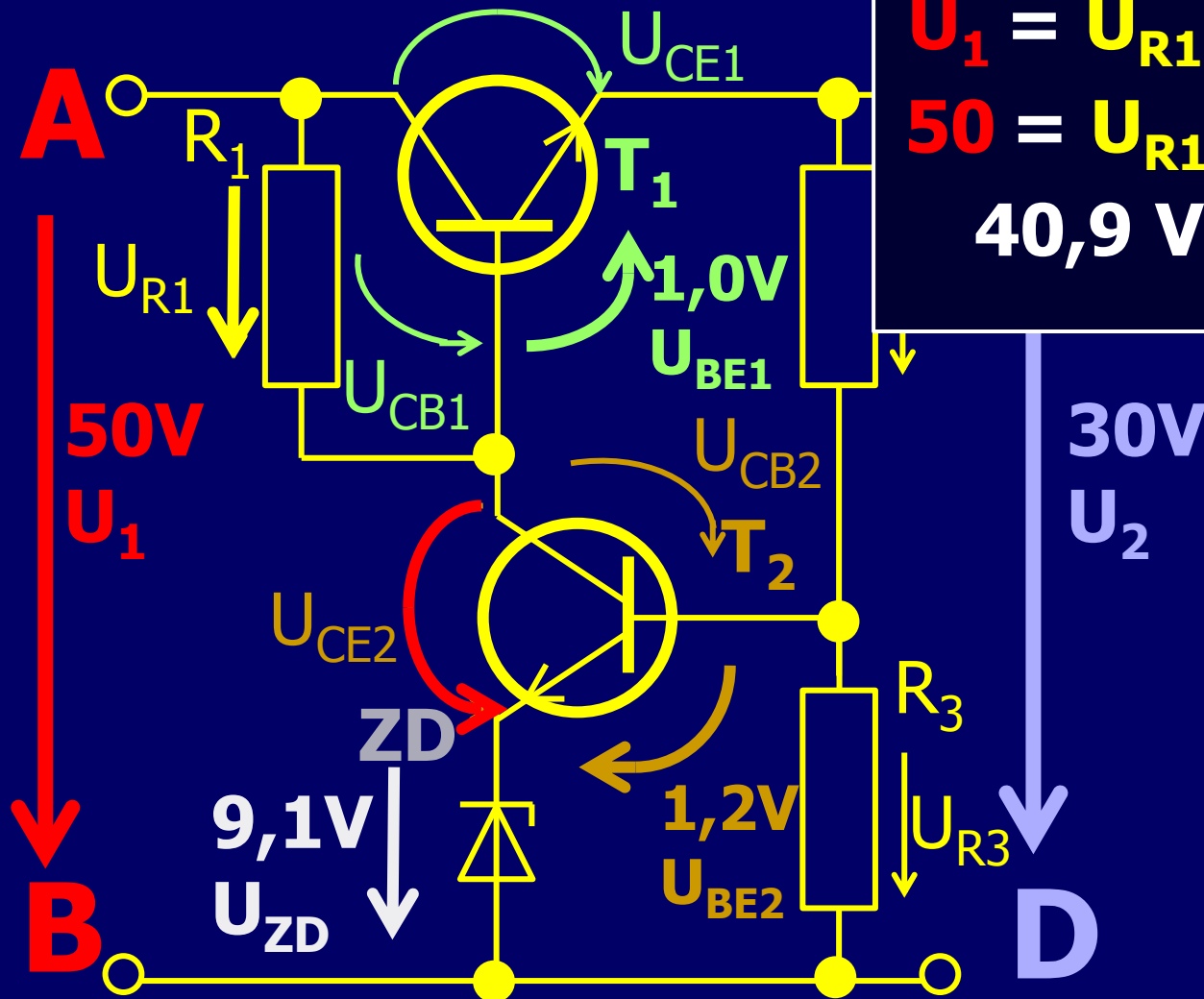


$$\begin{aligned} U_1 &= U_{CE1} + U_2 \\ 50 &= U_{CE1} + 30 \\ U_{CE1} &= 20 \text{ V} \end{aligned}$$

Napětí na stabilizátoru mezi body A a B

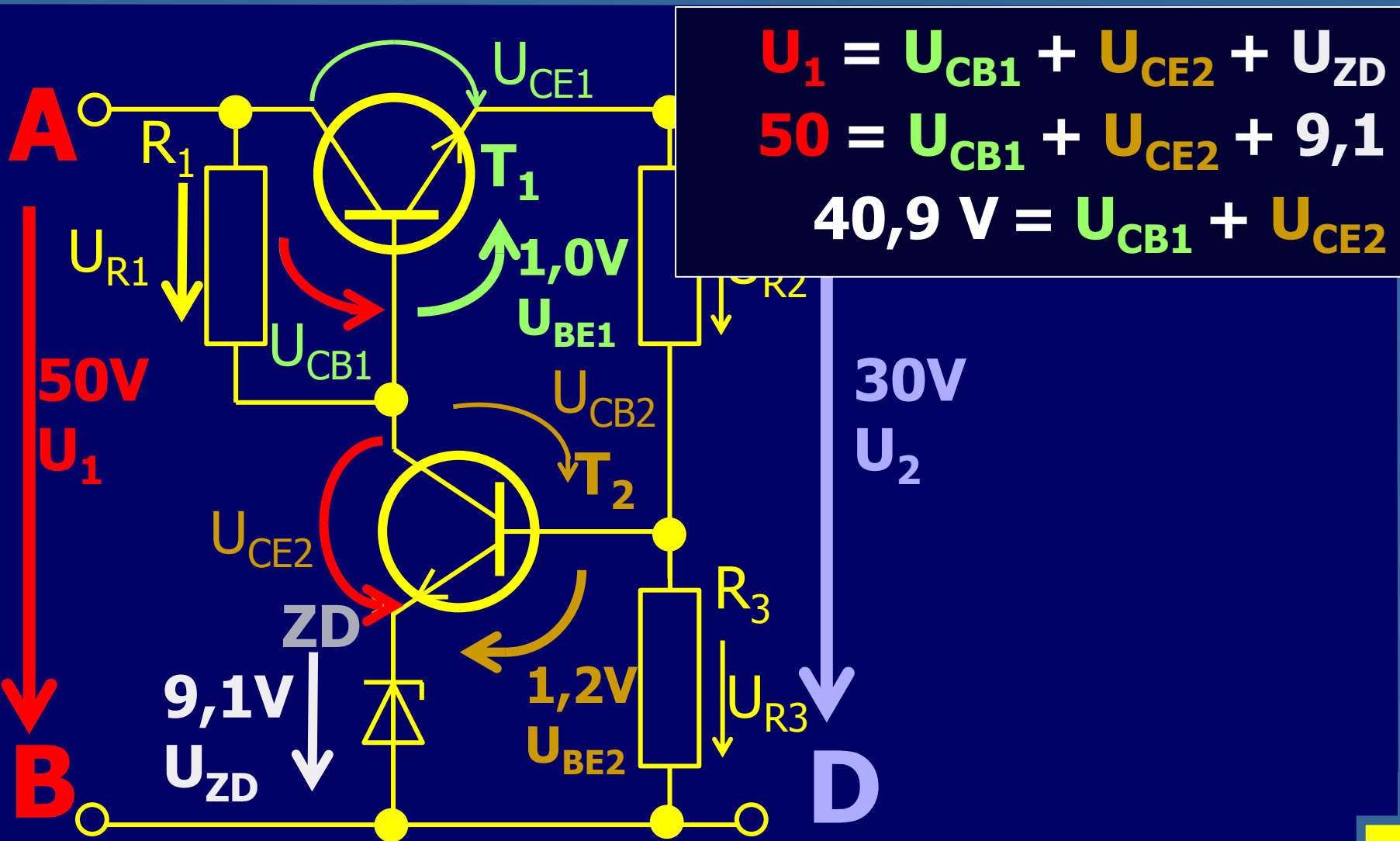


# PŘÍKLAD



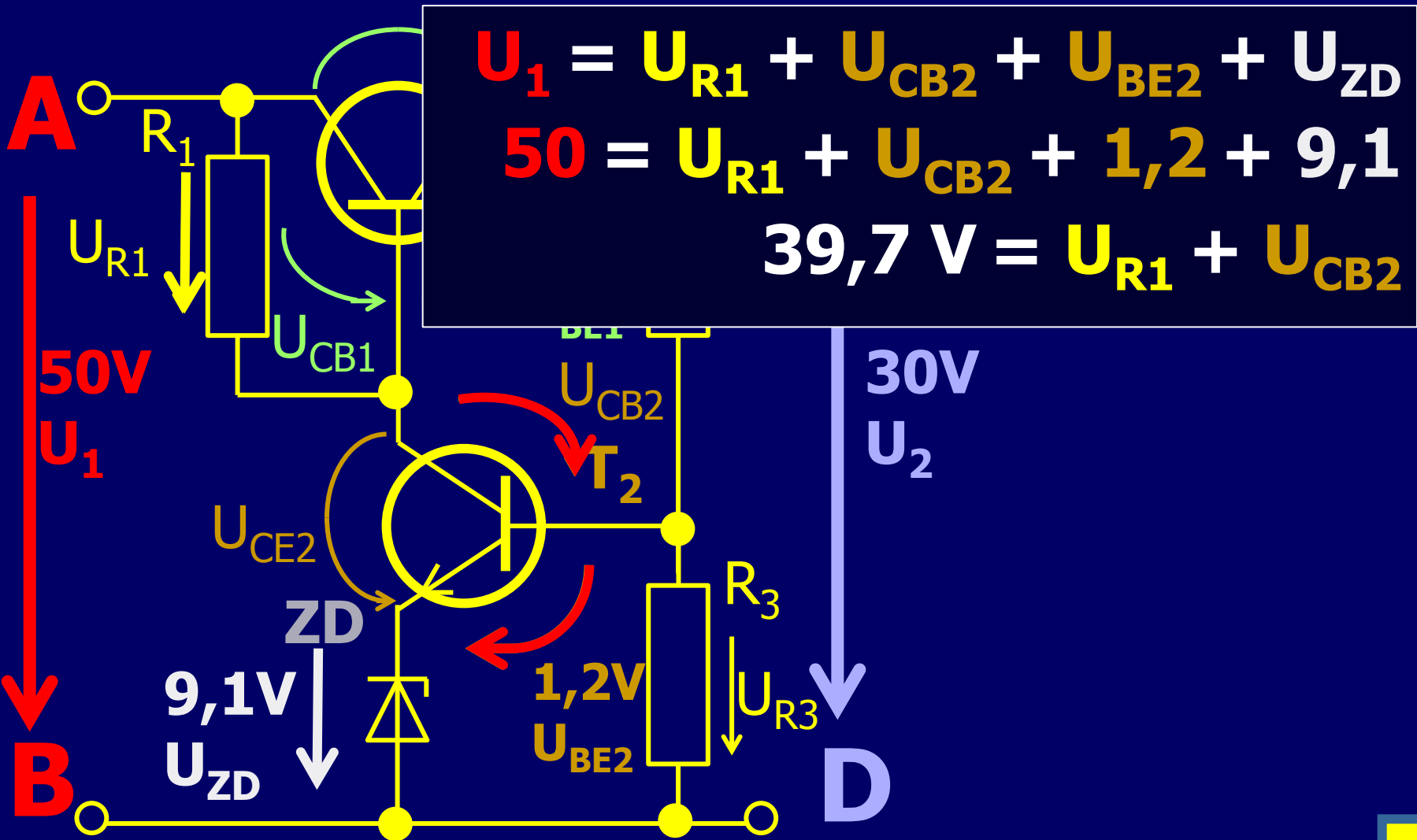
Napětí na stabilizátoru mezi body **A** a **B**

# PŘÍKLAD



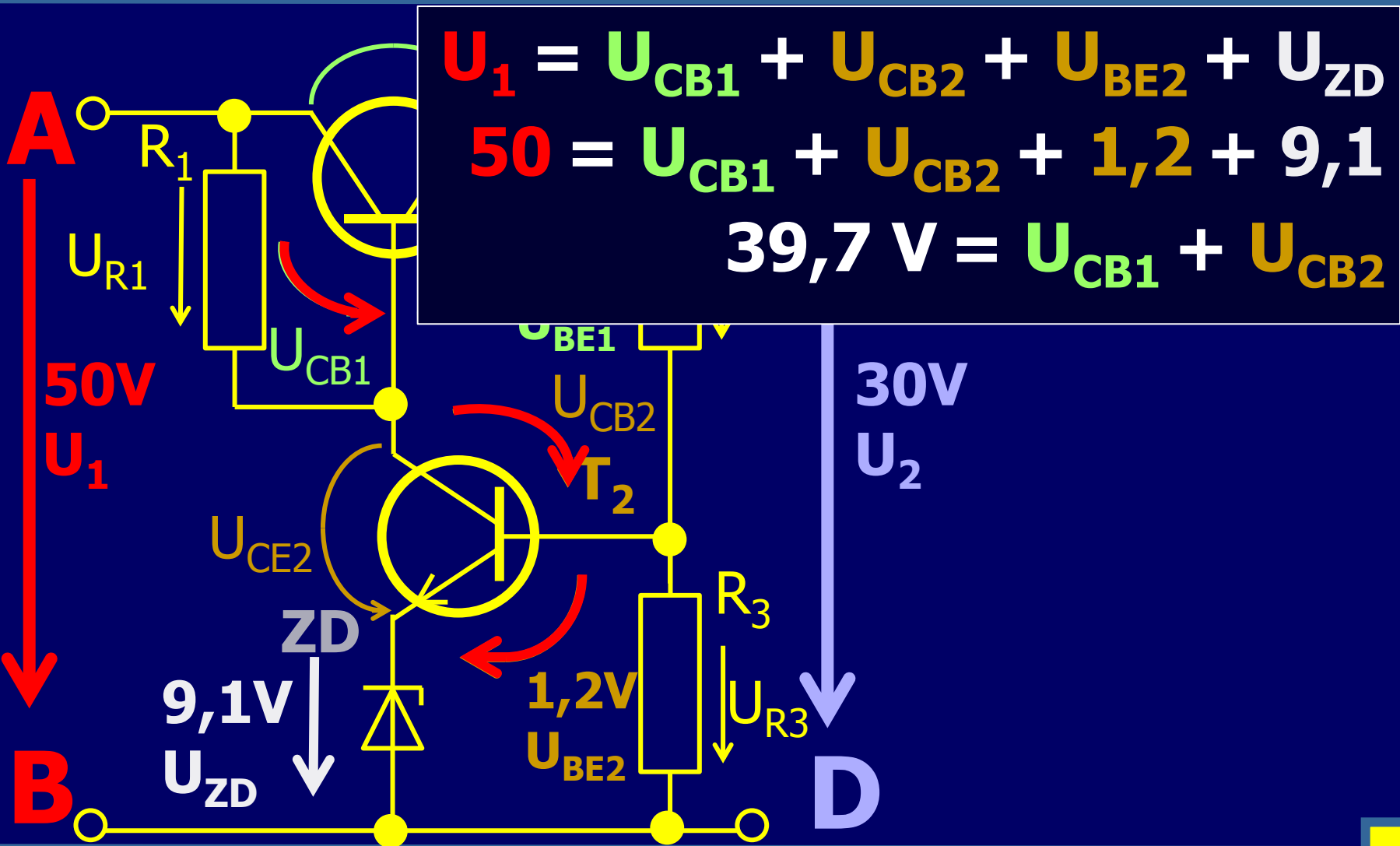
Napětí na stabilizátoru mezi body **A** a **B**

# PŘÍKLAD



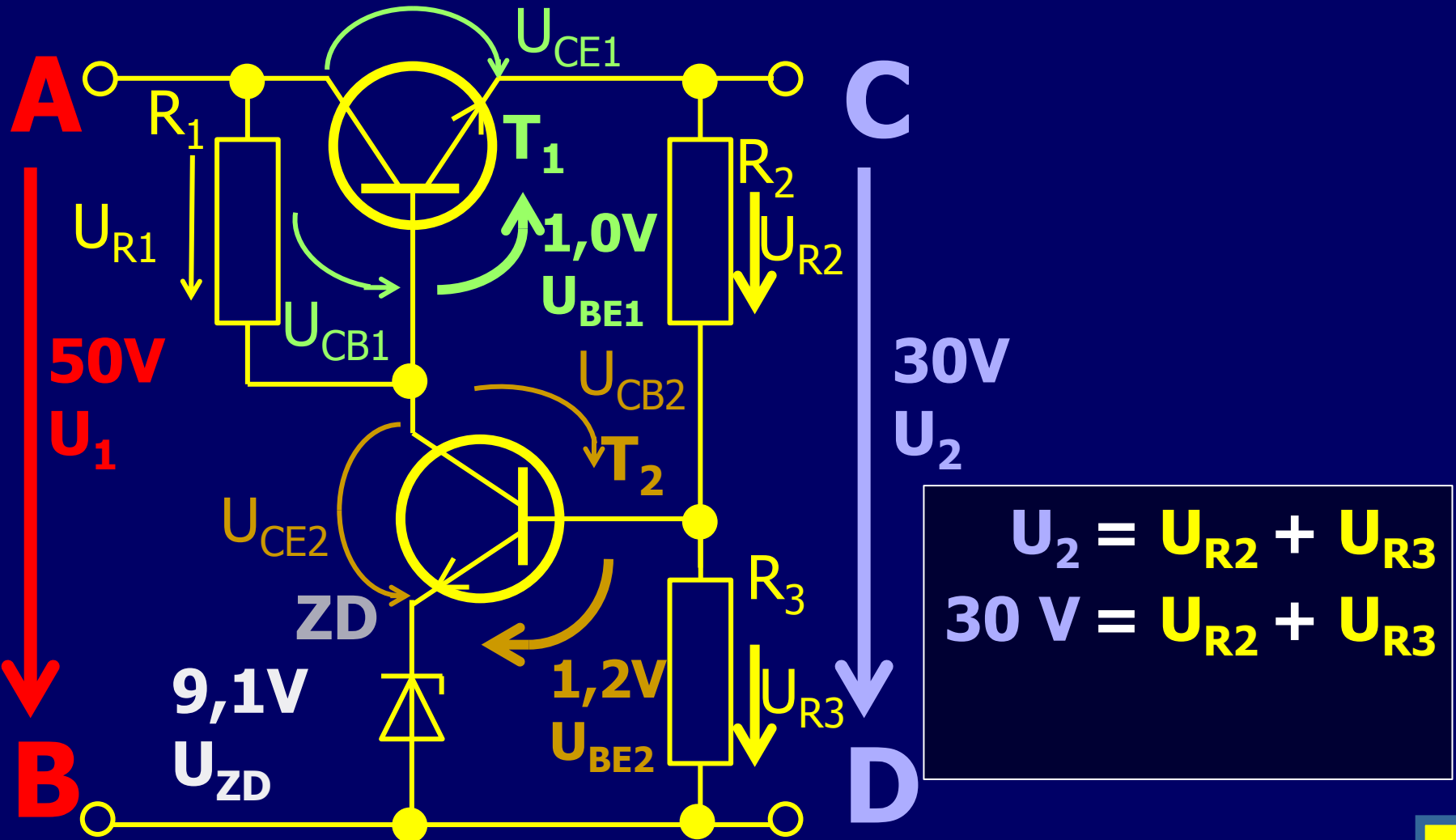
Napětí na stabilizátoru mezi body A a B

# PŘÍKLAD



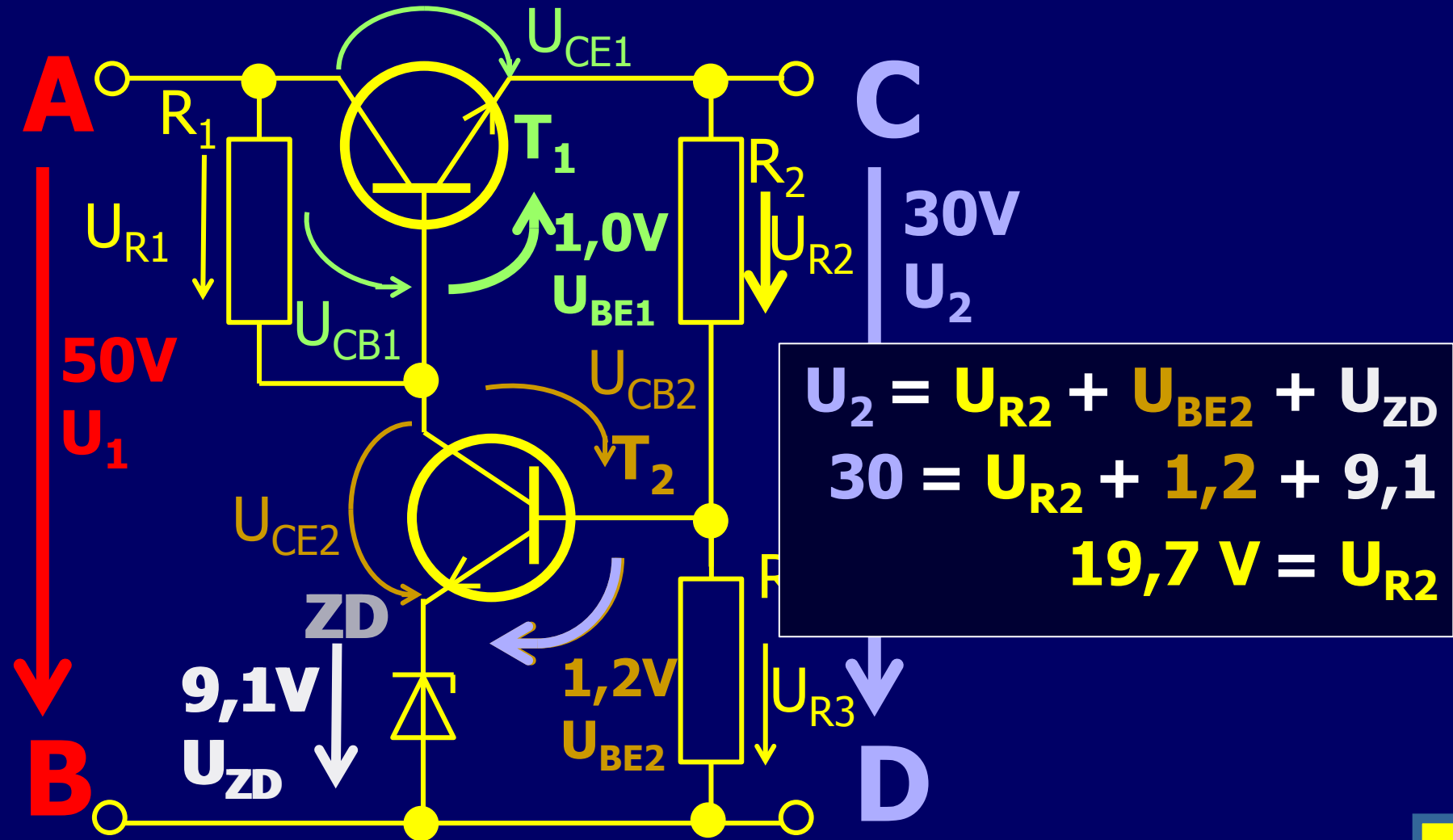
Napětí na stabilizátoru mezi body **A** a **B**

# PŘÍKLAD



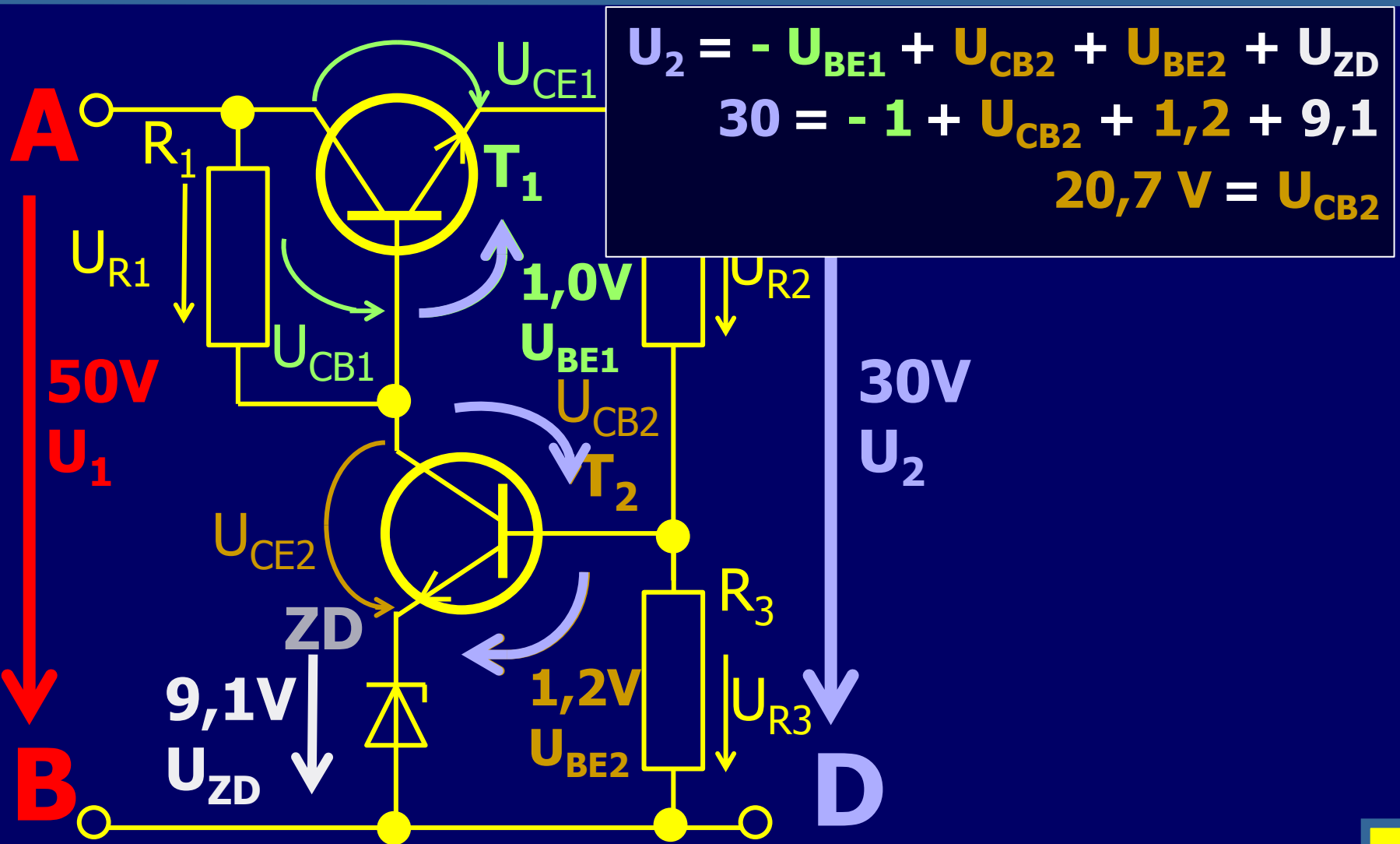
**Napětí na stabilizátoru mezi body C a D**

# PŘÍKLAD



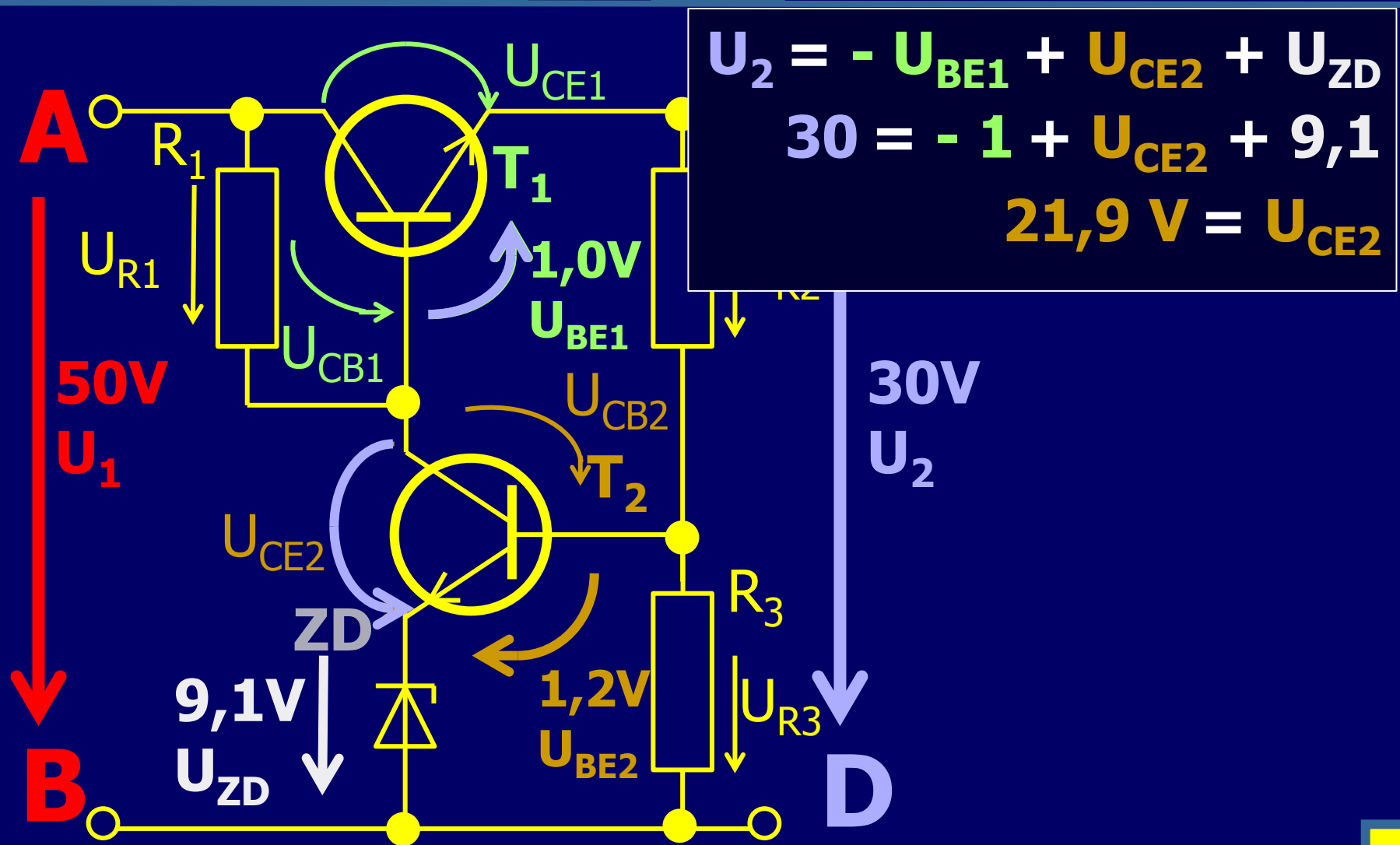
Napětí na stabilizátoru mezi body C a D

# PŘÍKLAD



Napětí na stabilizátoru mezi body C a D

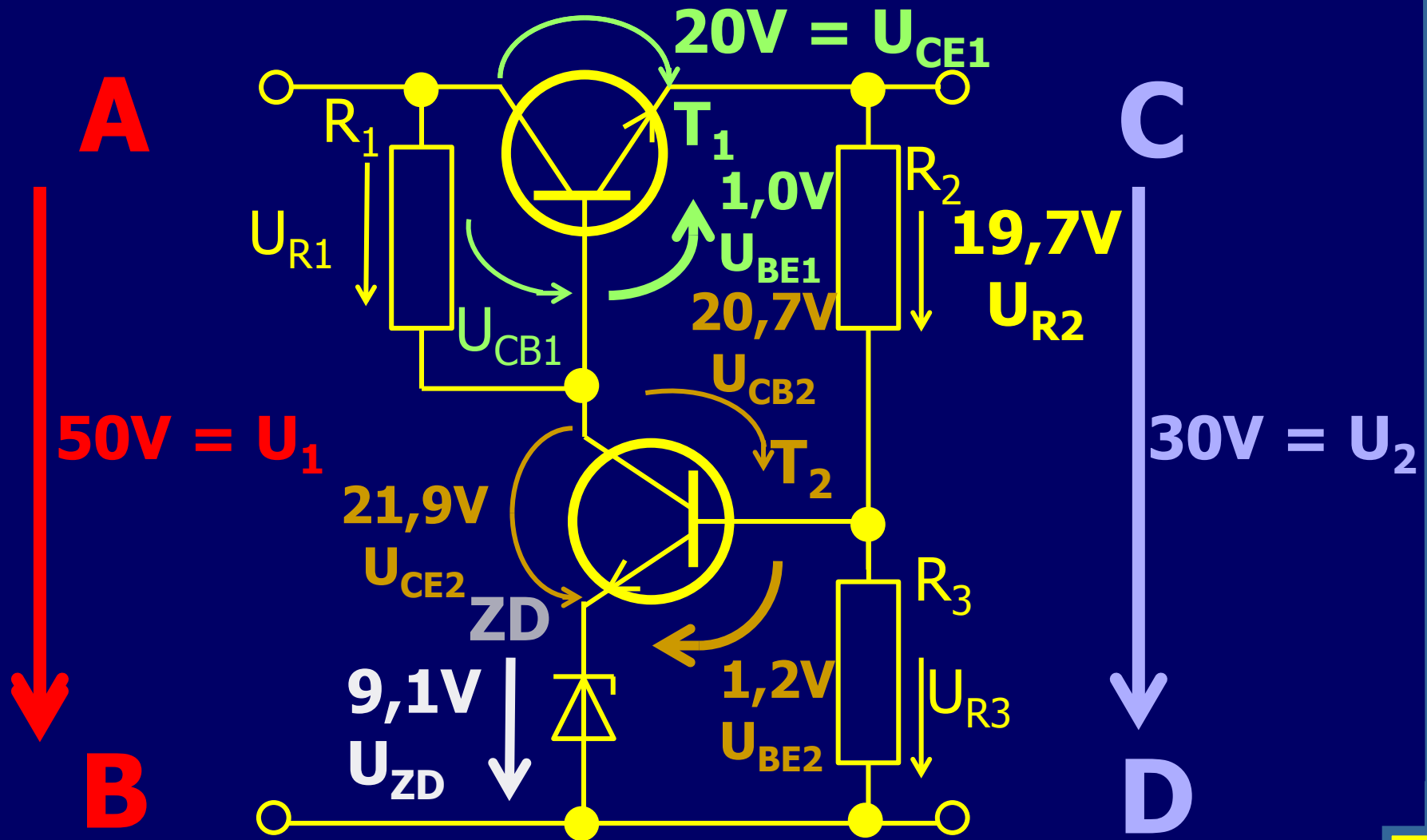
# PŘÍKLAD



Napětí na stabilizátoru mezi body C a D



# PŘÍKLAD



Napětí která už známe



# Rovnice, které jsme si zapsali a zatím ještě nejsou dořešené

1.  $U_1 = U_{R1} + U_{CE2} + U_{ZD}$

$$40,9 \text{ V} = U_{R1} + U_{CE2}$$

2.  $U_2 = U_{R2} + U_{R3}$

$$30 \text{ V} = U_{R2} + U_{R3}$$

3.  $U_1 = U_{R1} + U_{CB2} + U_{BE2} + U_{ZD}$

$$39,7 \text{ V} = U_{R1} + U_{CB2}$$

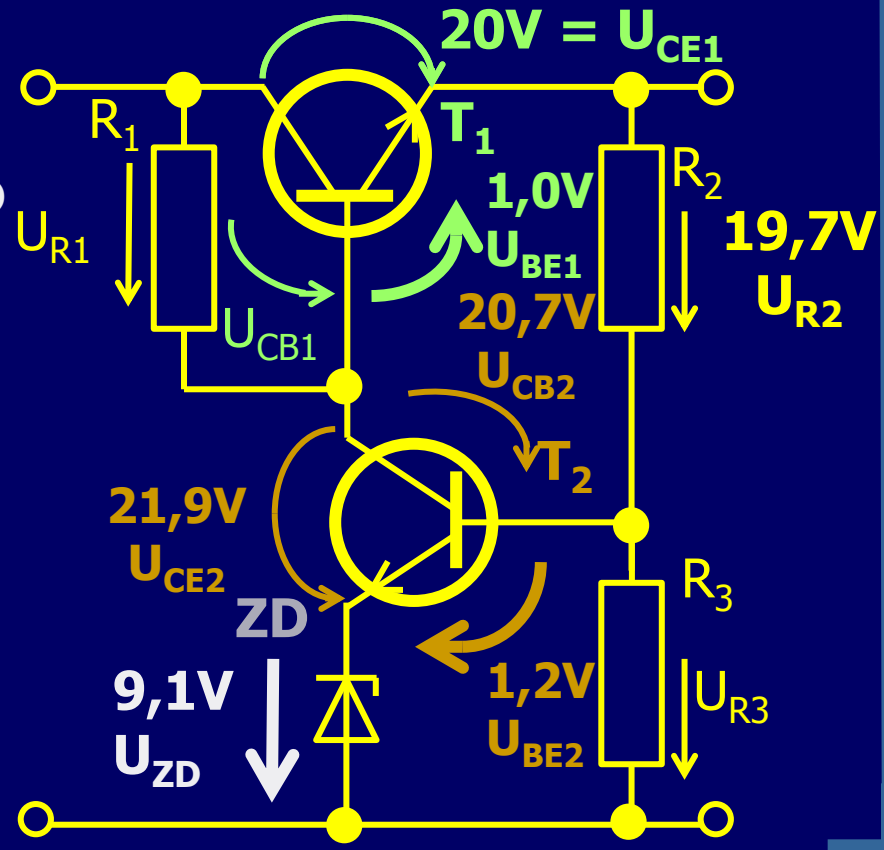
4.  $U_1 = U_{CB1} + U_{CB2} + U_{BE2} + U_{ZD}$

$$39,7 \text{ V} = U_{CB1} + U_{CB2}$$



Dosadíme již známé hodnoty veličin do rovnic, ve kterých máme napětí na rezistorech  $R_1$  a  $R_3$

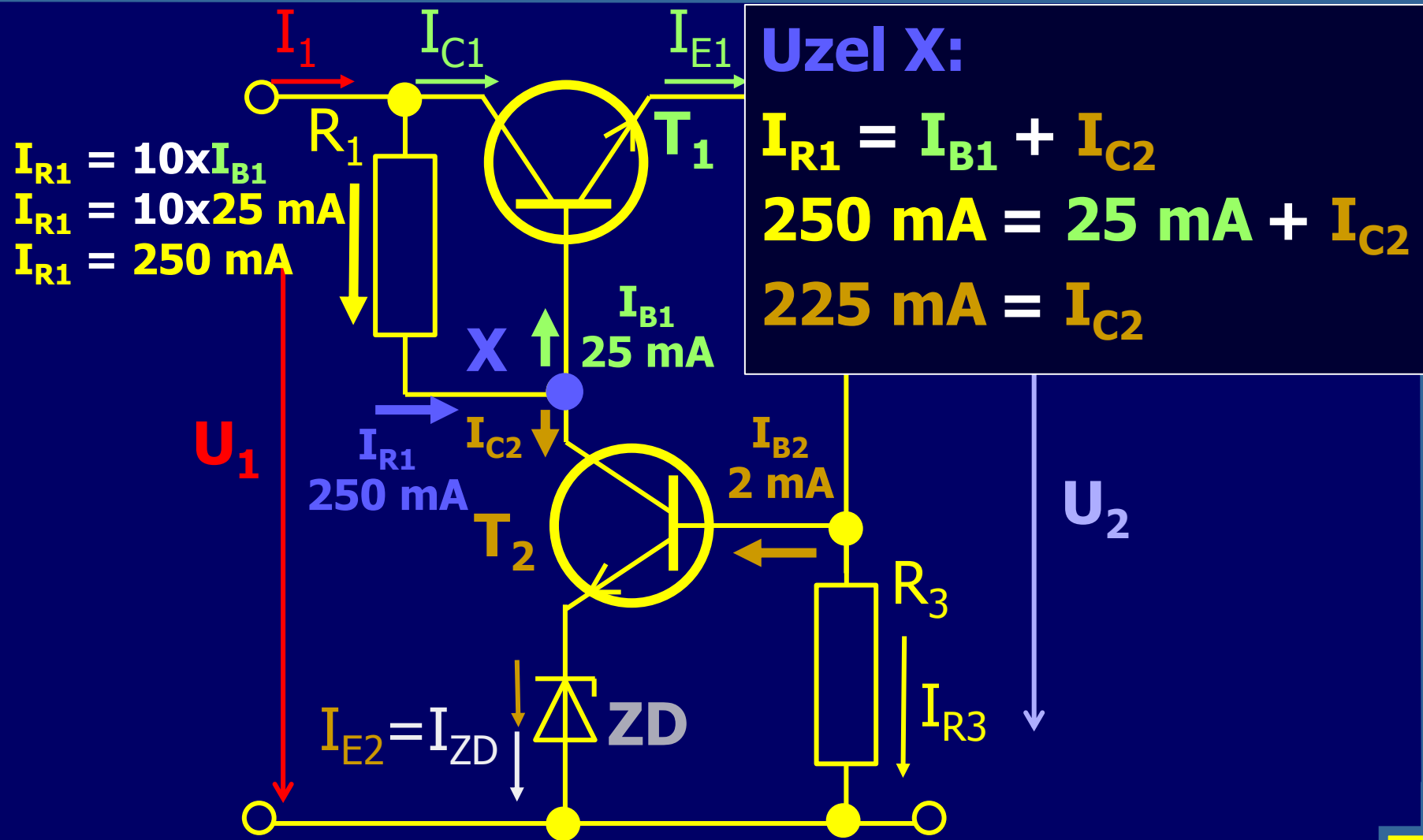
1.  $U_1 = U_{R1} + U_{CE2} + U_{ZD}$   
 $40,9 = U_{R1} + U_{CE2}$   
 $40,9 = U_{R1} + 21,9$   
 $19 \text{ V} = U_{R1}$
2.  $U_2 = U_{R2} + U_{R3}$   
 $30 = 19,7 + U_{R3}$   
 $10,3 \text{ V} = U_{R3}$



# 1. Kirchhoffův zákon



v tomto zapojení



**Uzel X:**

$I_{R1} = I_{B1} + I_{C2}$

$250 \text{ mA} = 25 \text{ mA} + I_{C2}$

$225 \text{ mA} = I_{C2}$

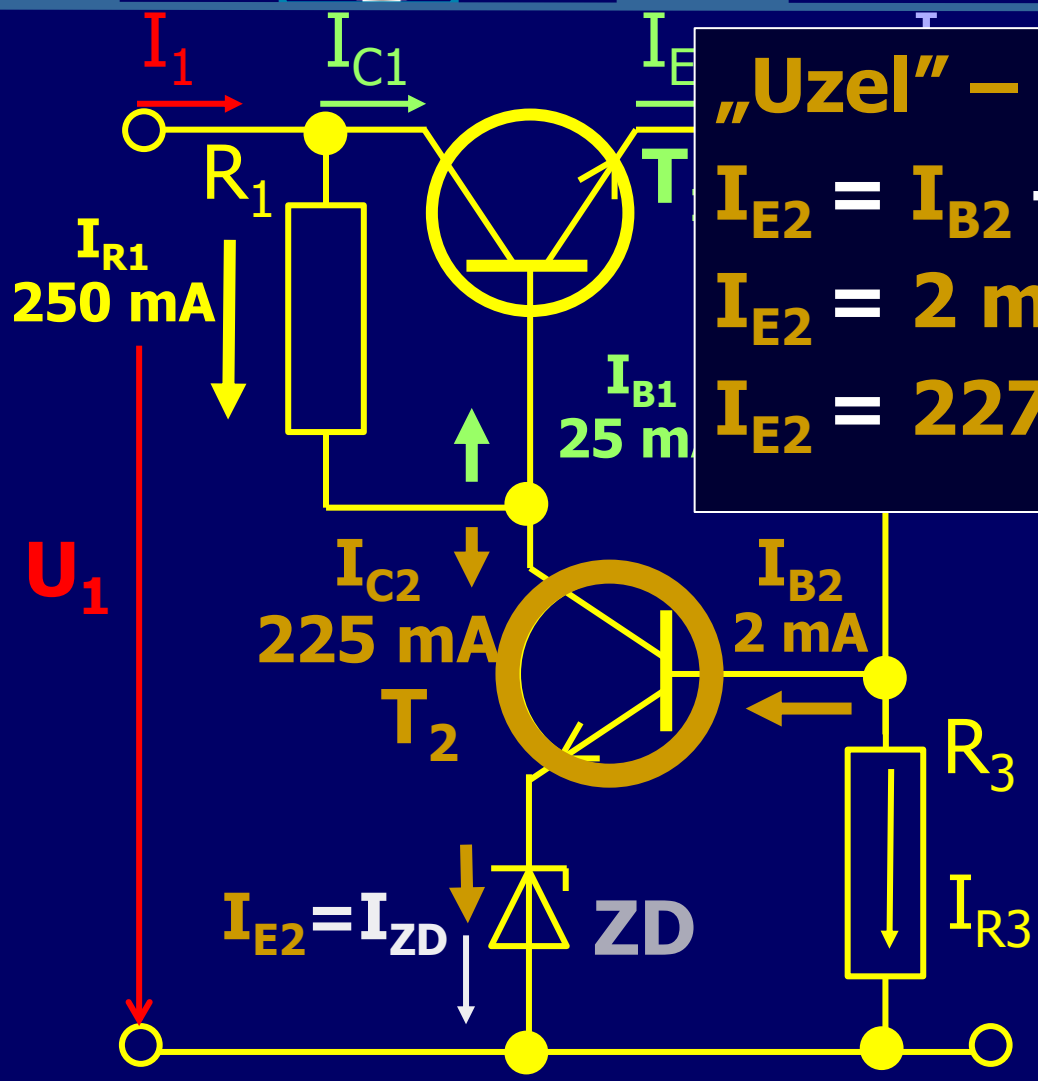
$I_{R1} = 10 \times I_{B1}$

$I_{R1} = 10 \times 25 \text{ mA}$

$I_{R1} = 250 \text{ mA}$

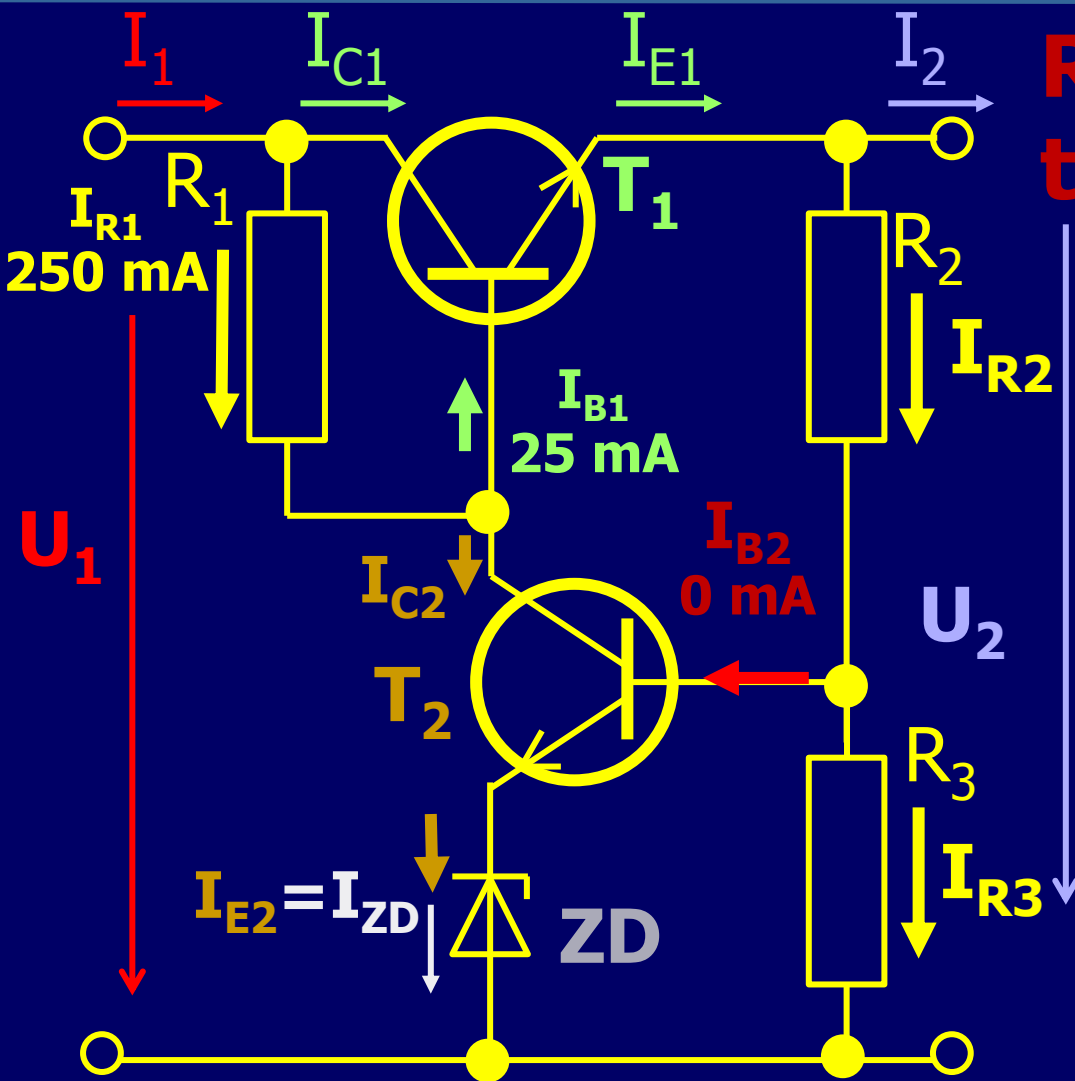
# Proudy na stabilizátoru





**„Uzel” – tranzistor  $T_2$ :**  
 $I_{E2} = I_{B2} + I_{C2}$   
 $I_{E2} = 2 \text{ mA} + 225 \text{ mA}$   
 $I_{E2} = 227 \text{ mA}$

**Proudy na stabilizátoru**



**$R_2$  je do série s  $R_3$   
tzn.  $I_{R2} = I_{R3}$**

$$I_{R2} = 10 \times I_{B2}$$

$$I_{R2} = 10 \times 2 \text{ mA}$$

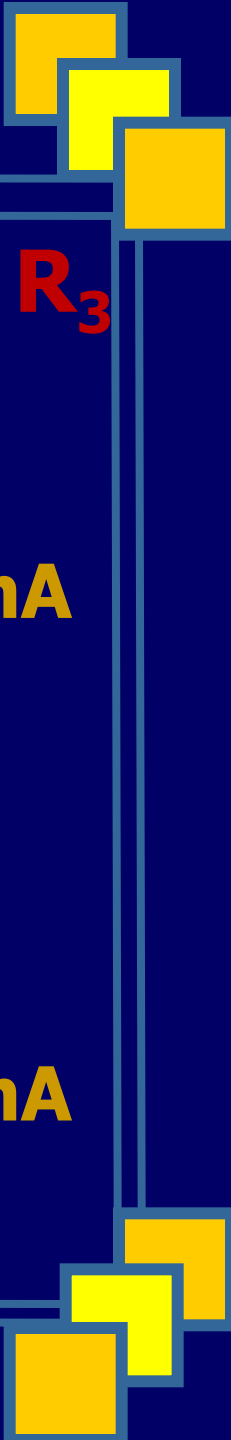
$$I_{R2} = 20 \text{ mA}$$

$$I_{R3} = 10 \times I_{B2}$$

$$I_{R3} = 10 \times 2 \text{ mA}$$

$$I_{R3} = 20 \text{ mA}$$

**Proud nezatíženým děličem tzn.  $I_{B2} = 0 \text{ mA}$**





# Řešení příkladu se stabilizátorem



## Ohmův zákon





## Známé hodnoty veličin na jednotlivých rezistorech

### ■ Rezistor $R_1$

$$I_{R1} = 250 \text{ mA}, U_{R1} = 19 \text{ V}$$

$$R_1 = U_{R1} / I_{R1}$$

$$R_1 = 19\text{V} / 250 \cdot 10^{-3} \text{ A}$$

$$R_1 = 76\Omega$$

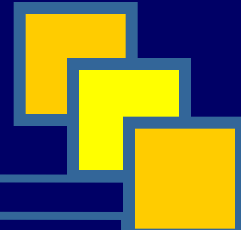
### ■ Rezistor $R_2$

$$I_{R2} = 20 \text{ mA}, U_{R2} = 19,7 \text{ V}$$

$$R_2 = U_{R2} / I_{R2}$$

$$R_2 = 19,7\text{V} / 20 \cdot 10^{-3} \text{ A}$$

$$R_2 = 985\Omega$$



## Známé hodnoty veličin na jednotlivých rezistorech

### ■ Rezistor $R_3$

$$I_{R3} = 20 \text{ mA}, U_{R3} = 10,3 \text{ V}$$

$$R_3 = U_{R3} / I_{R3}$$

$$R_3 = 10,3\text{V} / 20 \cdot 10^{-3} \text{ A}$$

$$R_3 = 515 \Omega$$

### ■ Minimální hodnota rezistoru $R_z$

$$I_{Rz} = 150 \text{ mA}, U_{Rz} = U_2 = 30 \text{ V}$$

$$R_{z\text{min}} = U_2 / I_{Rz}$$

$$R_{z\text{min}} = 30\text{V} / 150 \cdot 10^{-3} \text{ A}$$

$$R_{z\text{min}} = 200 \Omega$$

