

## 4. přednáška 2005

# Diody

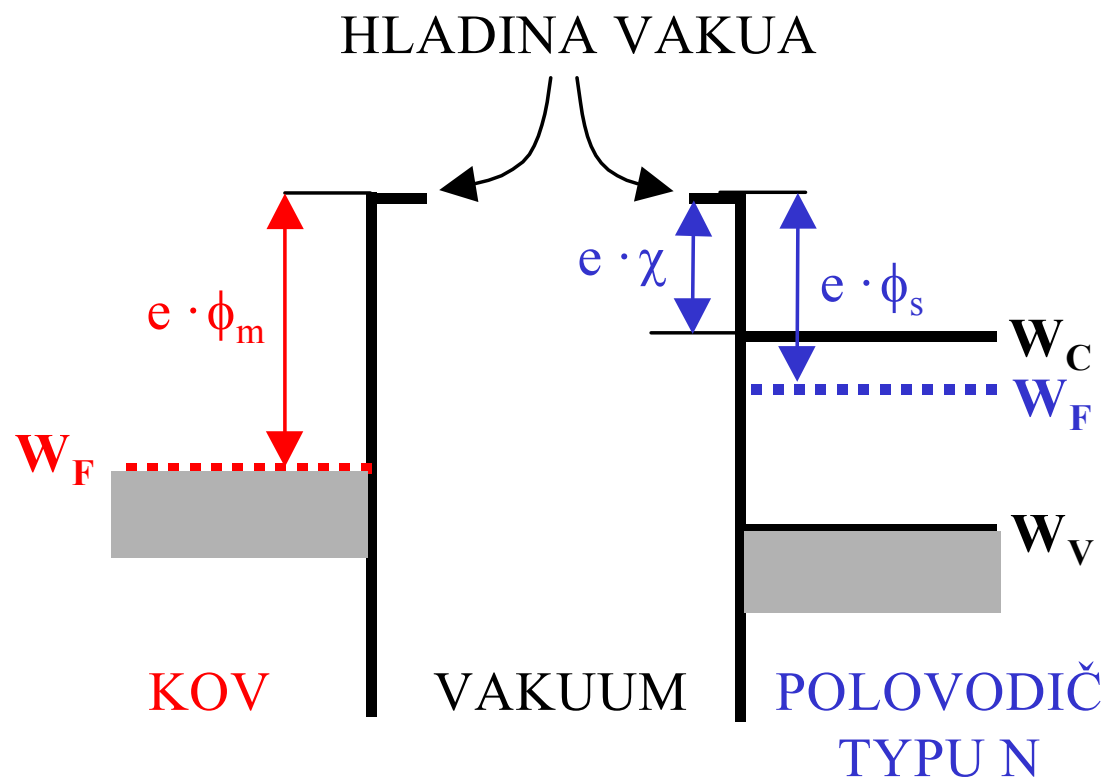
### Bipolární

- nosiče náboje obojí polarity
  - p-n přechod

### Unipolární

- nosiče náboje jedné polarity
  - přechod kov-polovodič

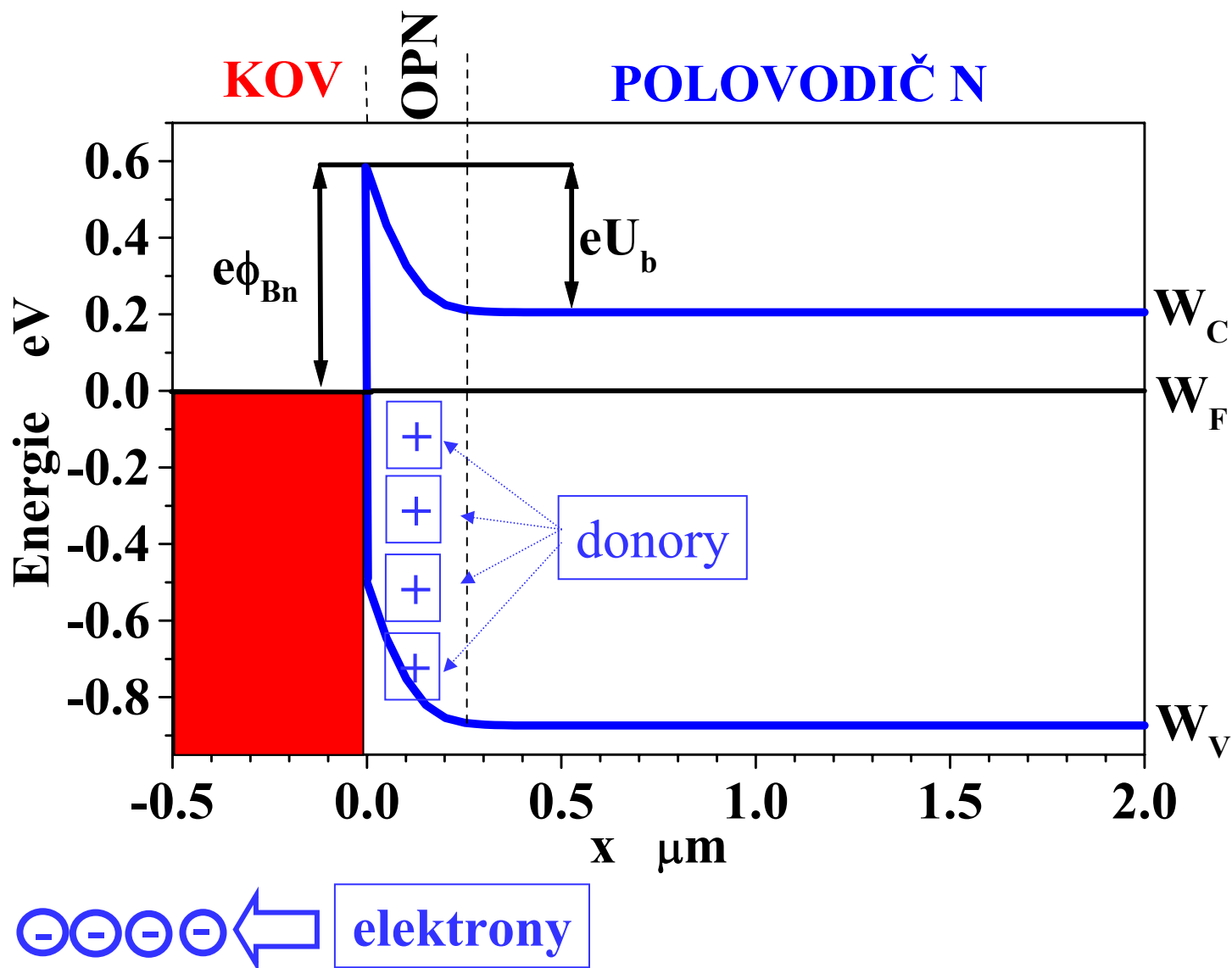
# Přechod kov-polovodič



Po „spojení“ musí nastat termodynamická rovnováha  $\Rightarrow$   
 $\Rightarrow$  nejvyšší obsazené elektronové stavy jsou na stejné energet. úrovni  
 $\Rightarrow$  Fermiho hladina musí být na stejné úrovni v kovu i v polovodiči

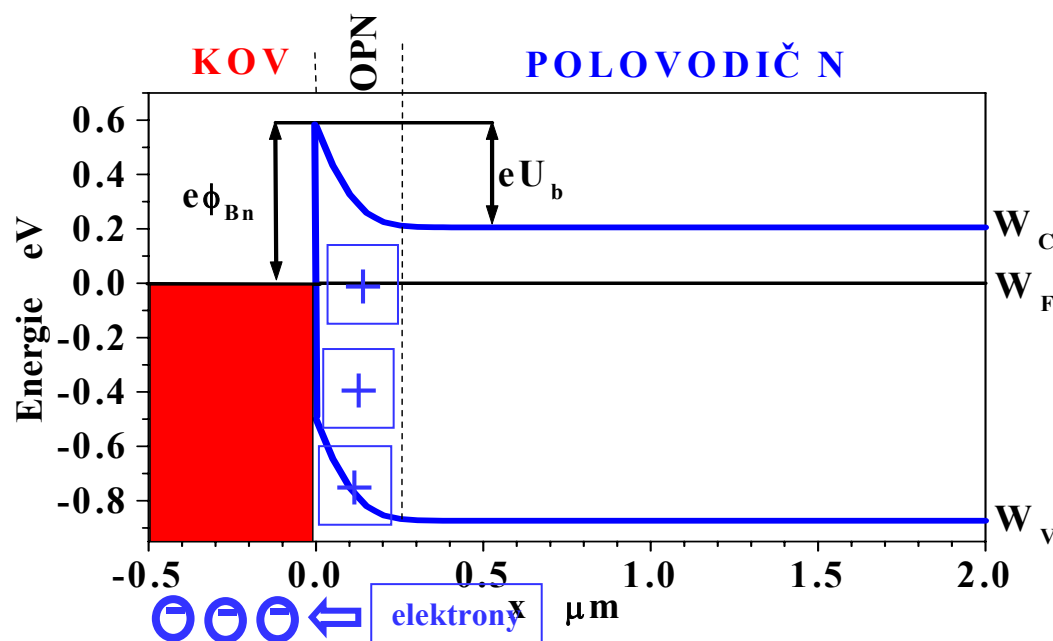
# Přechod kov-polovodič

termodynamická rovnováha



# Přechod kov-polovodič

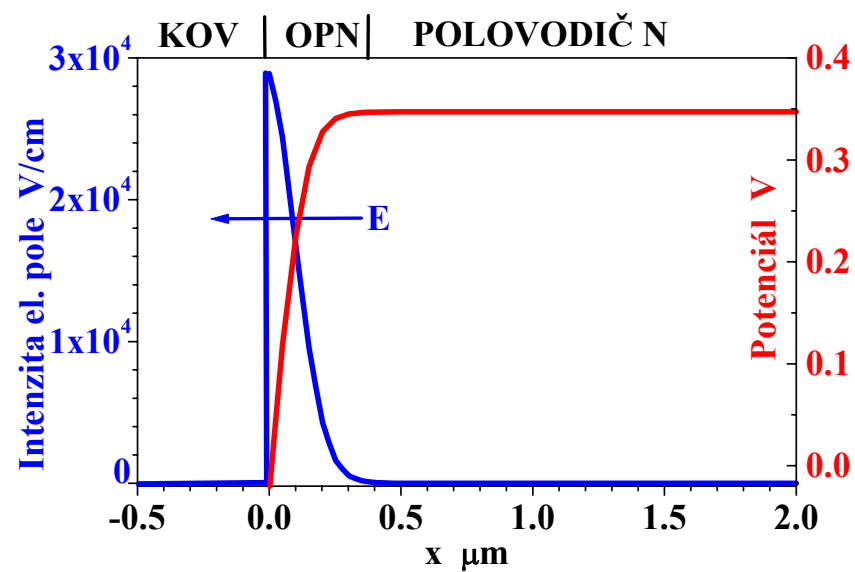
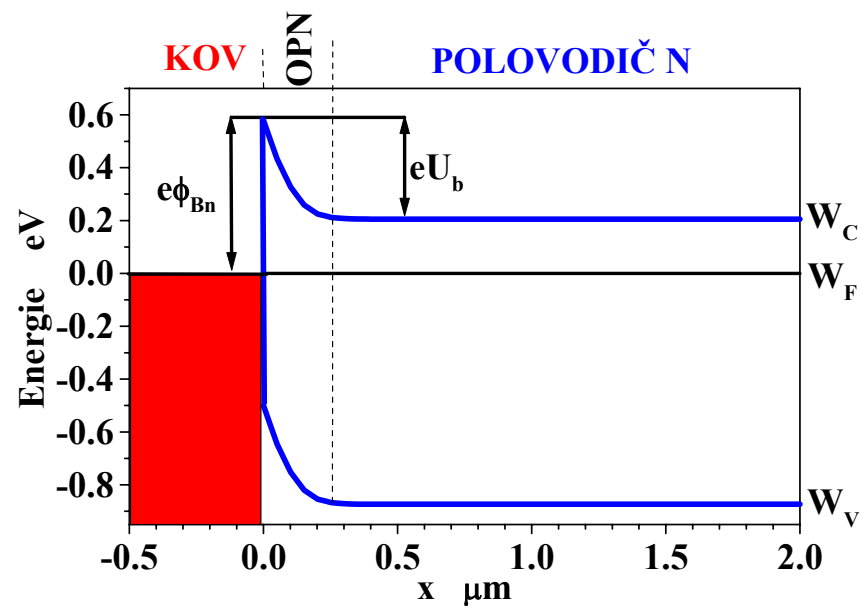
termodynamická rovnováha



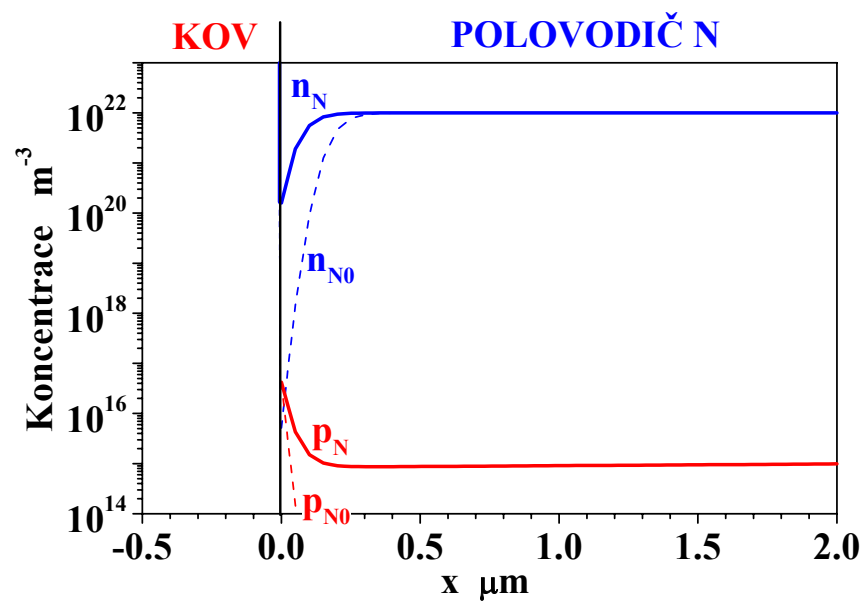
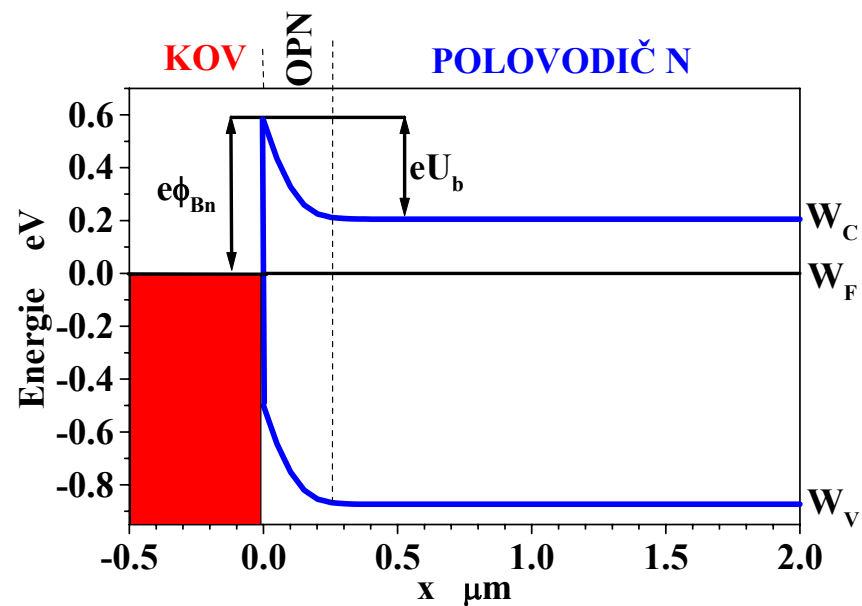
V rovnováze existuje na přechodu kov-polovodič  
Oblast Prostorového Náboje (OPN).

OPN udržuje mnohem větší koncentraci elektronů v kovu  
oproti polovodiči nutnou pro zajištění  $W_F(x) = \text{konst.}$

# Přechod kov-polovodič



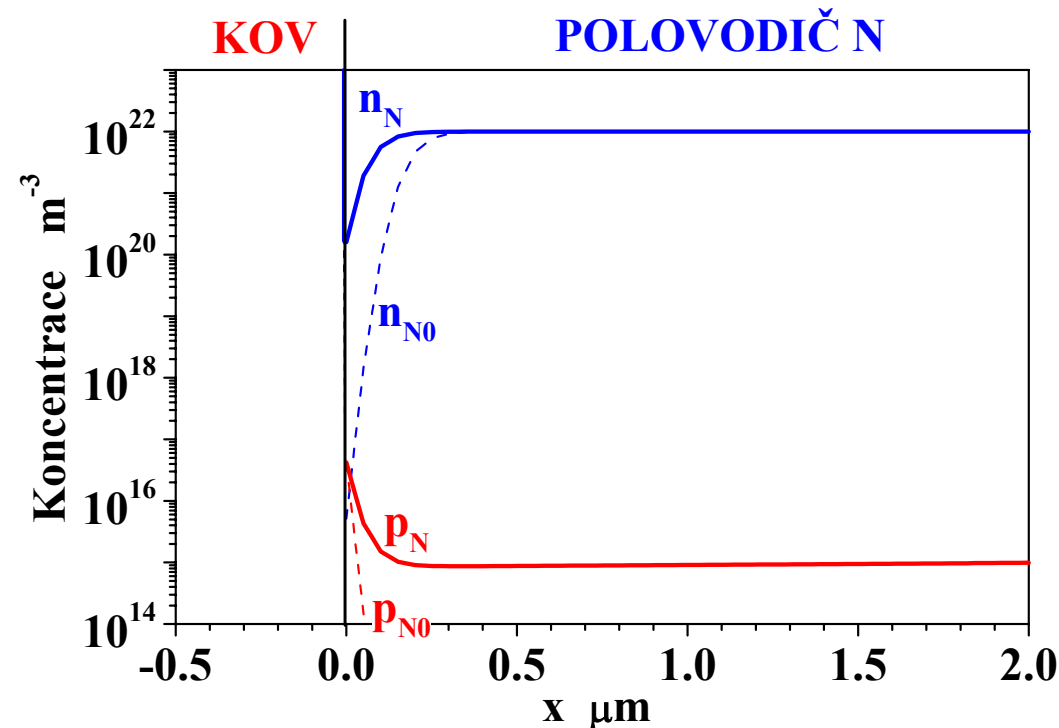
# Přechod kov-polovodič



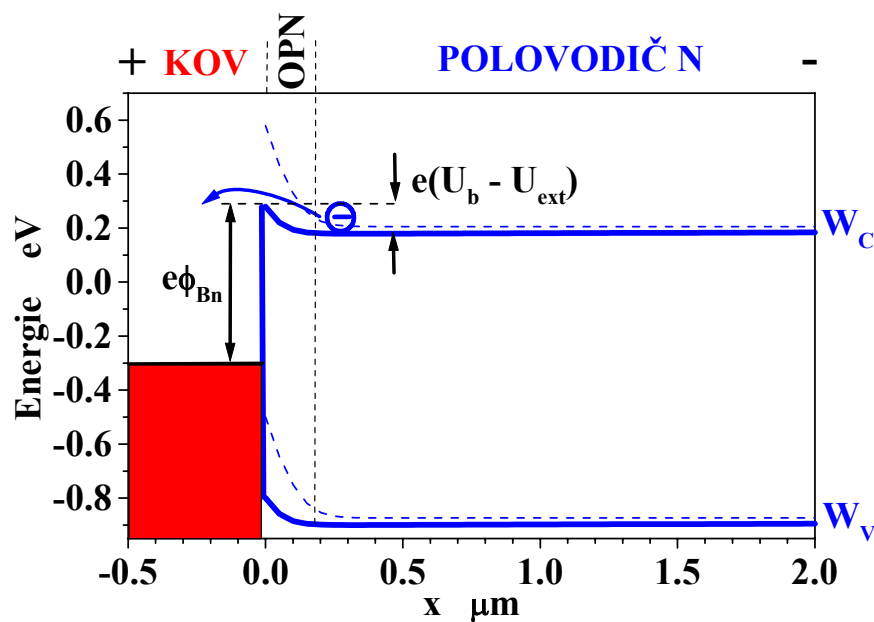
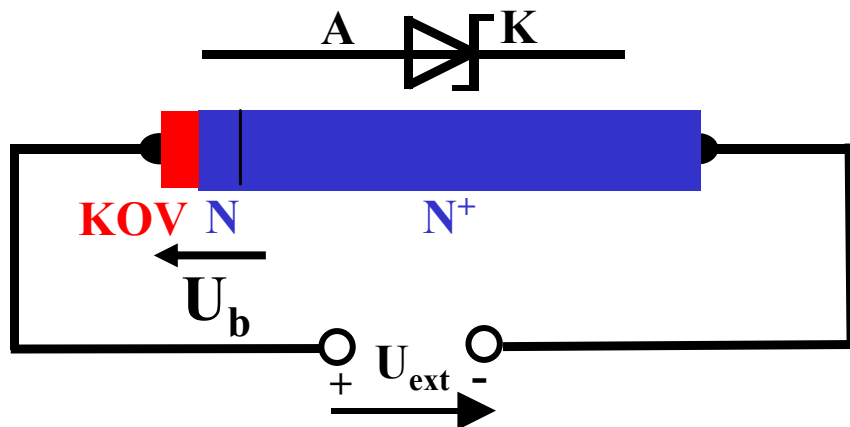
# Přechod kov-polovodič

Koncentrace minoritních nosičů je zanedbatelná.  $\Rightarrow$   
O vlastnostech rozhodují jen majoritní nosiče.

**= předpoklad velmi dobrých dynamických vlastností**  
(dioda nevypíná až když nosiče zrekombinují jako v případě p-n přechodu)



# Přechod kov-polovodič

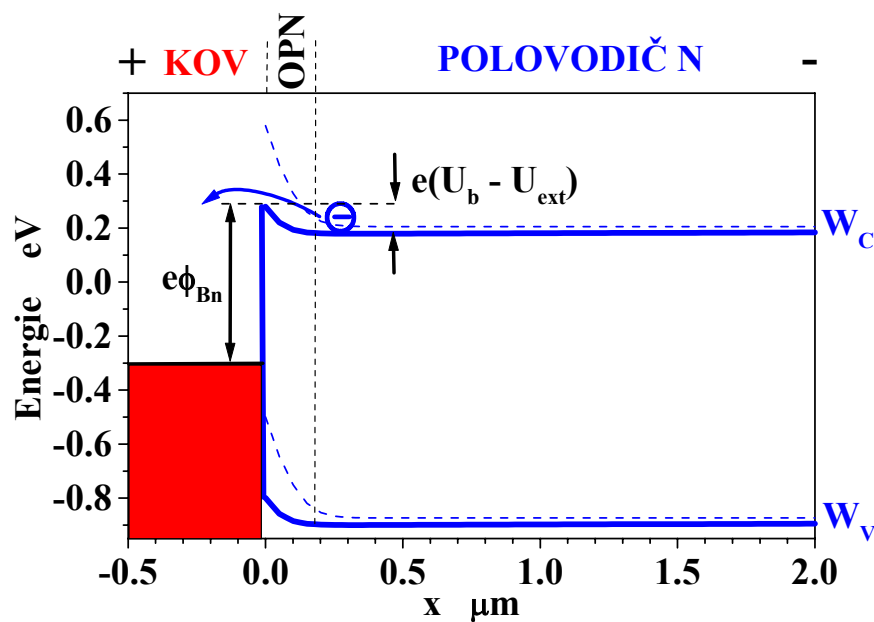
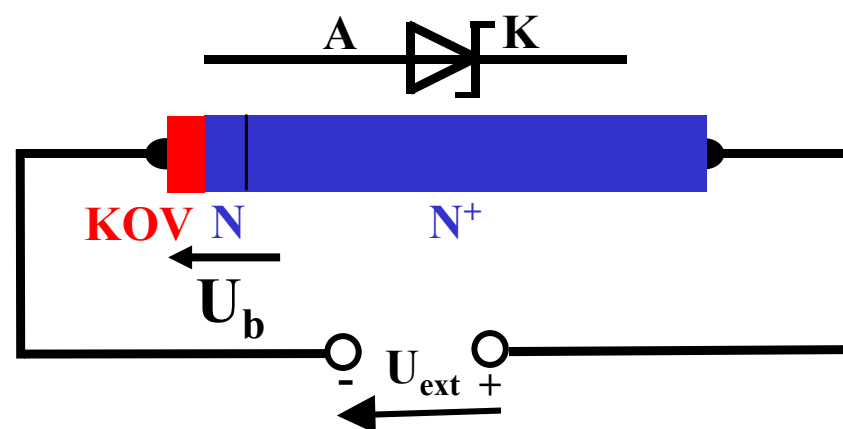
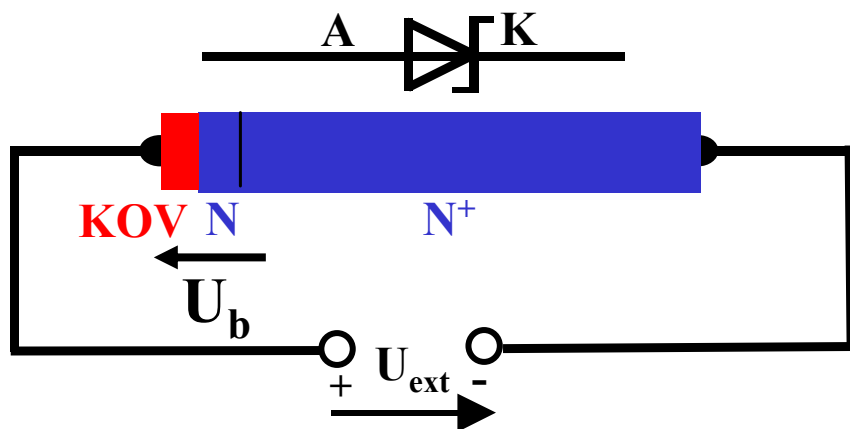


emise majoritních nosičů  
přes energetickou bariéru

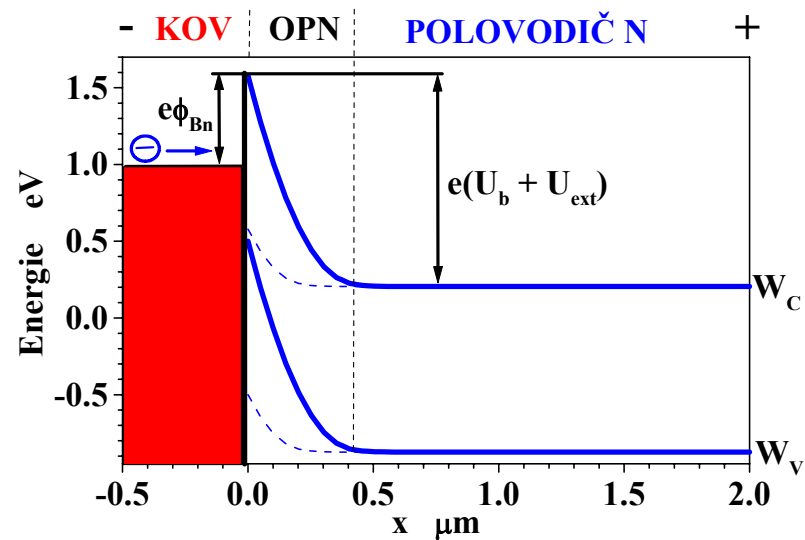
a) PROPUSTNÝ SMĚR



# Přechod kov-polovodič



a) PROPUSTNÝ SMĚR

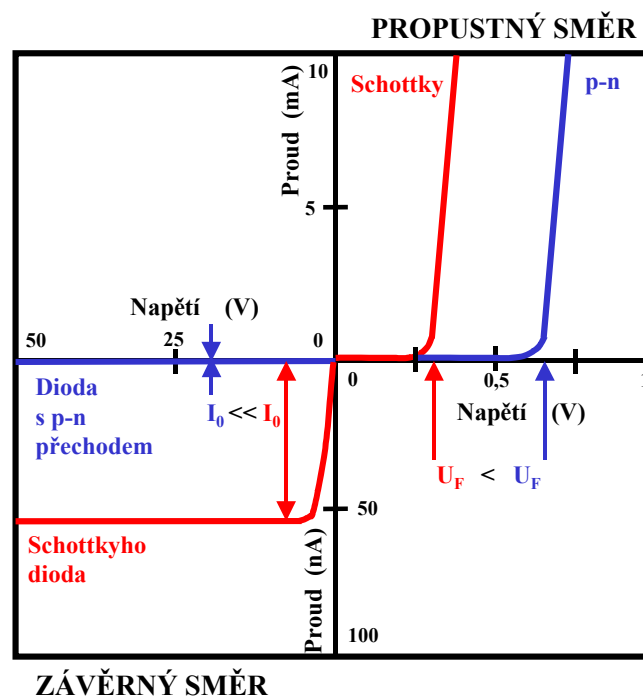


b) ZÁVĚRNÝ SMĚR

# Přechod kov-polovodič



# Přechod kov-polovodič



$$I = I_0 \cdot \left( \exp \frac{e \cdot U}{kT} - 1 \right) = A^* \cdot T^2 \cdot S \cdot \exp \left( \frac{-e \cdot \phi_{Bn}}{kT} \right) \cdot \left( \exp \frac{e \cdot U}{kT} - 1 \right)$$

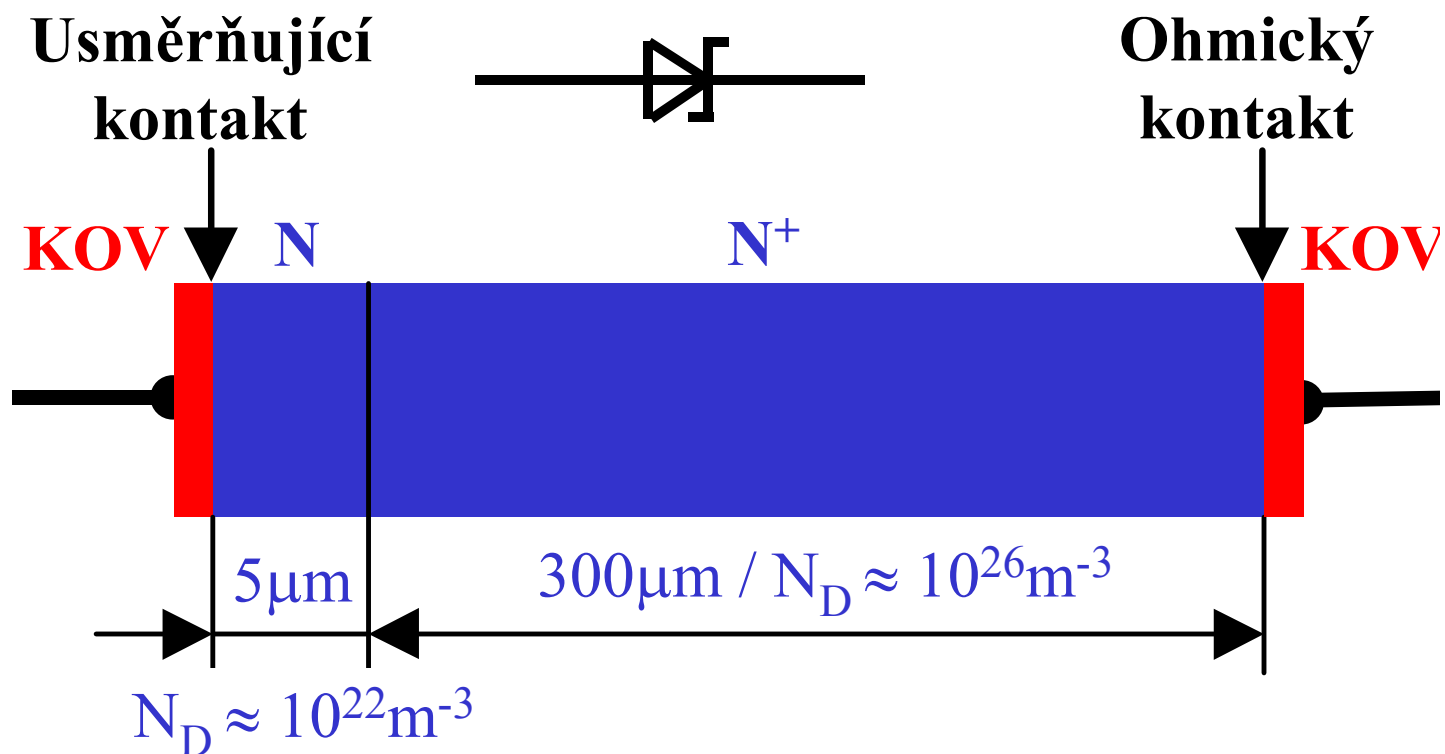
$$I_0 \gg I_0 \Rightarrow U_F \gg U_F \wedge U_{RRM} \gg U_{RRM}$$

# Schottkyho dioda

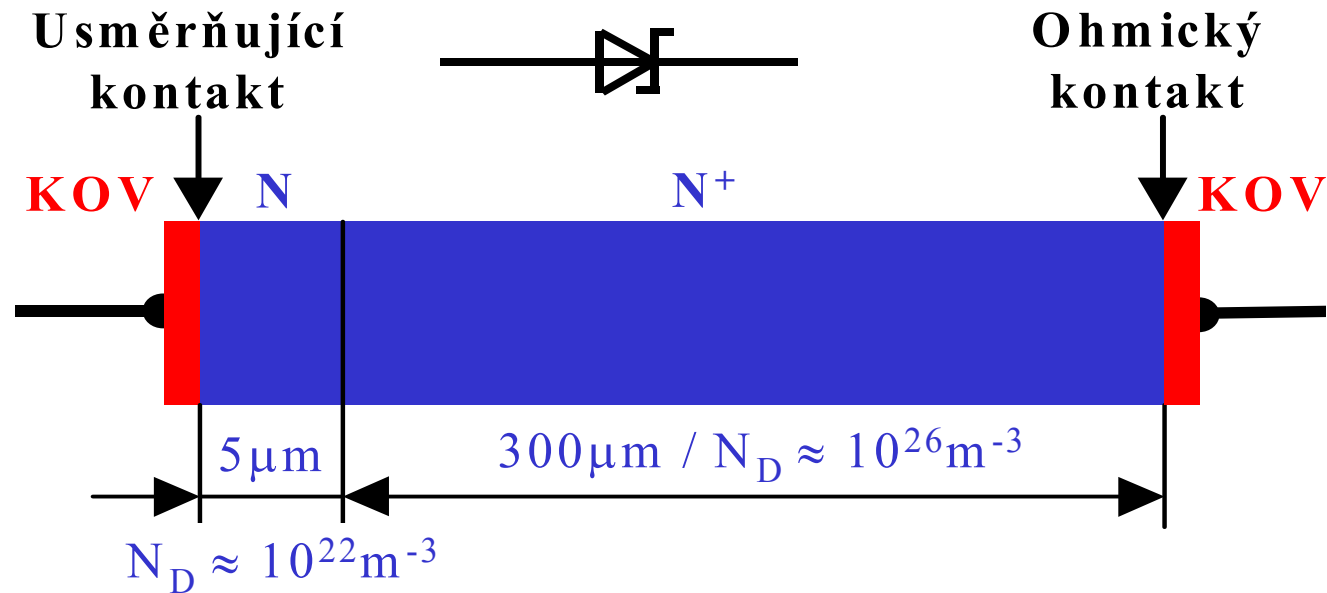
Walter Schottky



Bardeen, Brattain



# Schottkyho dioda



$$I = I_0 \cdot \left( \exp \frac{e \cdot U}{kT} - 1 \right) = A^* \cdot T^2 \cdot S \cdot \exp \left( \frac{-e \cdot \phi_{Bn}}{kT} \right) \cdot \exp \left( \frac{e \cdot \Delta \phi}{kT} \right) \cdot \left( \exp \frac{e \cdot U}{kT} - 1 \right)$$

**Schottkyho jev: pokles výšky bariéry s rostoucí intenzitou el. pole  $\Rightarrow$  malá hodnota  $U_{RRM}$  pro Si**

# Schottkyho dioda

Si

## 1 AMP SCHOTTKY BARRIER RECTIFIERS

### FEATURES

- Metal-semiconductor junction with guard ring
- Epitaxial Construction
- Low forward voltage drop
- High current capacity
- For use in low voltage, high frequency inverters, free wheeling, and polarity protection applications

### MECHANICAL DATA

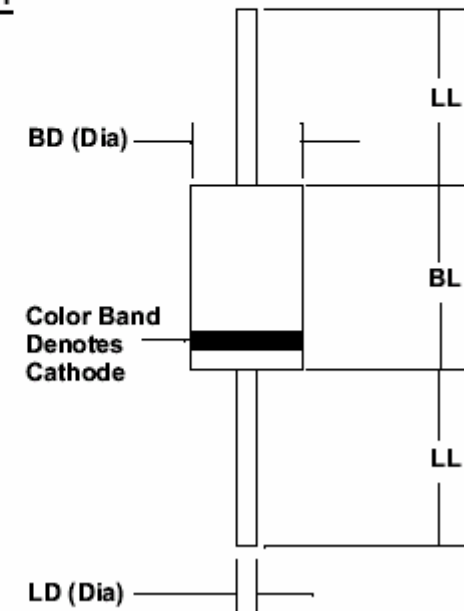
- Case: JEDEC DO-41, molded epoxy (UL Flammability Rating 94V-0)
- Terminals: Plated axial leads
- Soldering: Per MIL-STD 202 Method 208 guaranteed

### MECHANICAL SPECIFICATION

ACTUAL SIZE OF  
DO-41 PACKAGE

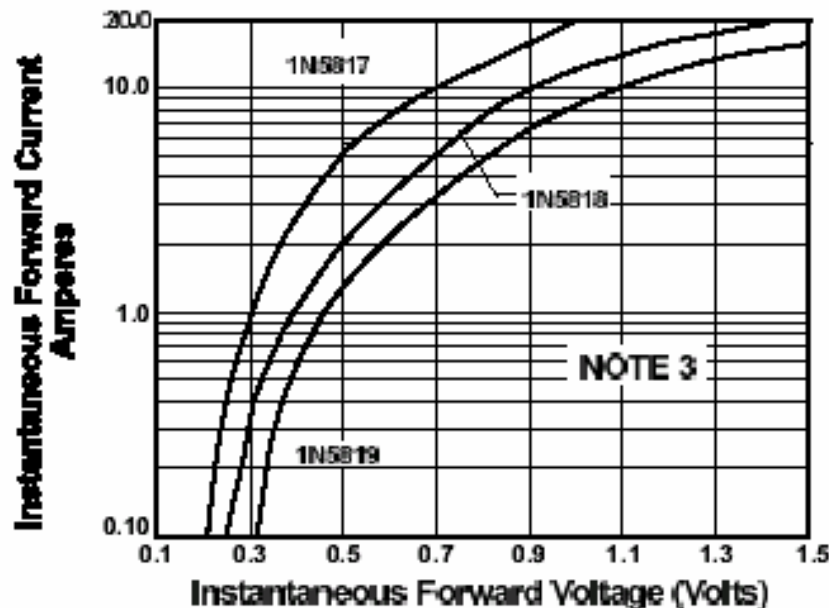
SERIES 1N5817 - 1N5819

DO - 41



# Schottkyho dioda

Si



## TRICAL CHARACTERISTICS

SYMBOL	RATINGS			UNITS
	1N5817	1N5818	1N5819	
V <sub>RM</sub>	20	30	40	VOLTS
V <sub>RMS</sub>	14	21	28	
V <sub>RRM</sub>	20	30	40	
I <sub>O</sub>	1			AMPS
I <sub>FSM</sub>	25			
V <sub>FM</sub>	0.45	0.55	0.6	VOLTS
V <sub>FM</sub>	0.75	0.875	0.9	
I <sub>RM</sub>	1 10			mA
R <sub>θJA</sub>	80			°C/W
C <sub>J</sub>	110			pF
T <sub>J</sub>	-65 to +125			°C
T <sub>STG</sub>	-65 to +150			

Maximum Forward Voltage at 1 Amp DC	
Maximum Forward Voltage at 3 Amps DC	
Maximum Average DC Reverse Current At Rated DC Blocking Voltage (Note 1)	@ $T_L = 25^\circ\text{C}$ @ $T_L = 100^\circ\text{C}$
Typical Thermal Resistance, Junction to Ambient	
Typical Junction Capacitance (Note 2)	
Junction Operating Temperature Range	
Storage Temperature Range	

NOTES: (1) Lead temperature reference is cathode lead 1/32 in from case.  
(2) Measured at 1MHz & applied reverse voltage of 4 volts

1N5817

A1

# Schottkyho dioda



**SDT02S60**

## Silicon Carbide Schottky Diode

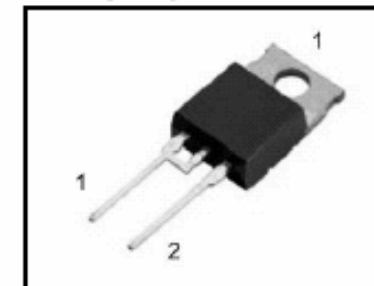
- World's first **600V** Schottky diode
- Revolutionary semiconductor material - Silicon Carbide
- Switching behavior benchmark
- No reverse recovery
- No temperature influence on the switching behavior
- No forward recovery

## thinQ!™ SiC Schottky Diode

### Product Summary

$V_{RRM}$	600	V
$Q_C$	4.6	nC
$I_F$	2	A

P-TO220-2-2.



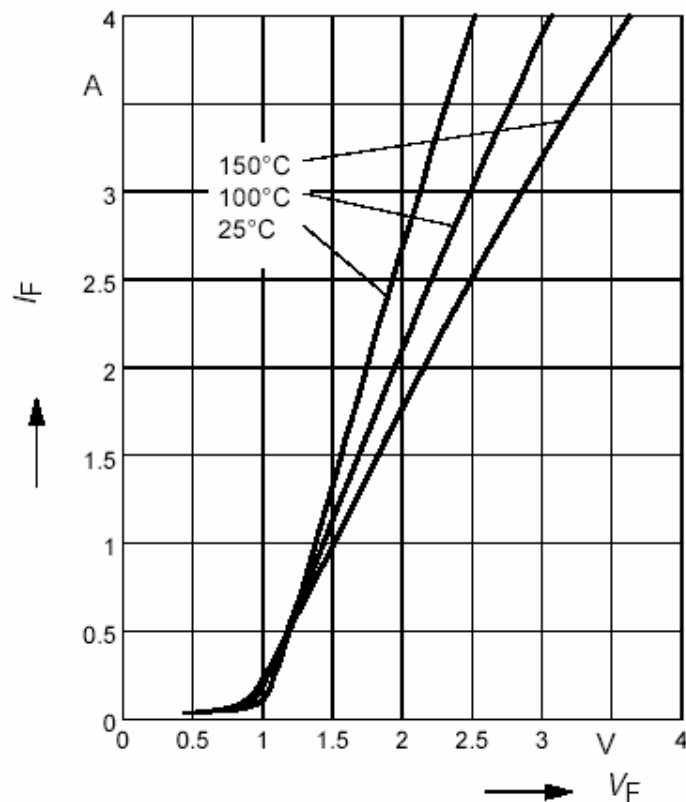


# Schottkyho dioda

SiC

**Maximum Ratings**, at  $T_j = 25^\circ\text{C}$ , unless otherwise specified

Parameter	Symbol	Value	Unit
Continuous forward current, $T_C=100^\circ\text{C}$	$I_F$	2	A
RMS forward current, $f=50\text{Hz}$	$I_{FRMS}$	2.8	
Surge non repetitive forward current, sine halfwave $T_C=25^\circ\text{C}$ , $t_p=10\text{ms}$	$I_{FSM}$	4.1	
Repetitive peak forward current $T_j=150^\circ\text{C}$ , $T_C=100^\circ\text{C}$ , $D=0.1$	$I_{FRM}$	7.3	
Non repetitive peak forward current $t_p=10\mu\text{s}$ , $T_C=25^\circ\text{C}$	$I_{FMAX}$	17	
$i^2t$ value, $T_C=25^\circ\text{C}$ , $t_p=10\text{ms}$	$\int i^2 dt$	0.08	$\text{A}^2\text{s}$
Repetitive peak reverse voltage	$V_{RRM}$	600	V
Surge peak reverse voltage	$V_{RSM}$	600	
Power dissipation, $T_C=25^\circ\text{C}$	$P_{tot}$	15	W
Operating and storage temperature	$T_j$ , $T_{stg}$	-55... +175	$^\circ\text{C}$



# ottkyho dioda

SiC

= 25 °C, unless otherwise specified

	Symbol	Values			Unit
		min.	typ.	max.	
	$V_F$	-	1.75 2.2	2 2.6	V
	$I_R$	-	7 30	100 500	$\mu$ A

## AC Characteristics

Total capacitive charge

$V_R=400V$ ,  $I_F=2A$ ,  $di_F/dt=200A/\mu s$ ,  $T_J=150^\circ C$

$Q_C$

-

4.6

-

nC

Switching time

$V_R=400V$ ,  $I_F=2A$ ,  $di_F/dt=200A/\mu s$ ,  $T_J=150^\circ C$

$t_{rr}$

-

n.a.

-

ns

Total capacitance

$V_R=1V$ ,  $T_C=25^\circ C$ ,  $f=1MHz$

$V_R=300V$ ,  $T_C=25^\circ C$ ,  $f=1MHz$

$V_R=600V$ ,  $T_C=25^\circ C$ ,  $f=1MHz$

C

-

50  
5.2  
5.0

-

pF

# Schottkyho dioda



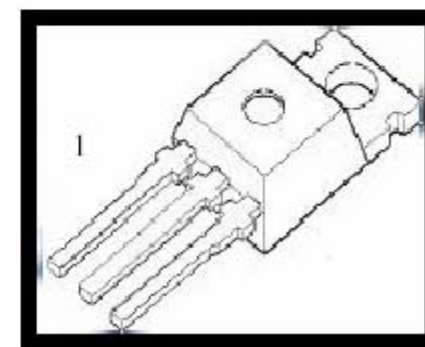
Sch1200\_7P5

## 1200V SiC SCHOTTKY DIODE

### Description:

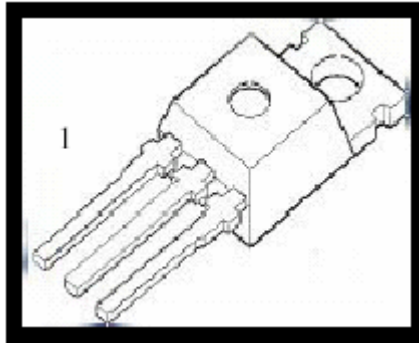
First generation SiC Schottky diode from RSC utilizes advanced processing techniques to achieve zero reverse recovery and benchmark switching behavior.

Package	PIN 1	PIN 2	PIN 3
TO220-3-1	n.c	C	A



$V_F$ $I_F = 7.5A$ $T_J = 25^\circ C$ $I_F = 7.5A$ $T_J = 150^\circ C$	Diode forward Voltage	2.10	2.12 2.72	2.17	V
$I_R$ $V_R = 1200V$ $T_J = 25^\circ C$ $V_R = 1200V$ $T_J = 150^\circ C$	Reverse Current	4.1	5.0 25	10	$\mu A$
Operating and Storage Temperature		-55	15	175	C

# Schottkyho dioda



Sch1200\_7P5

## 1200V SiC SCHOTTKY DIODE

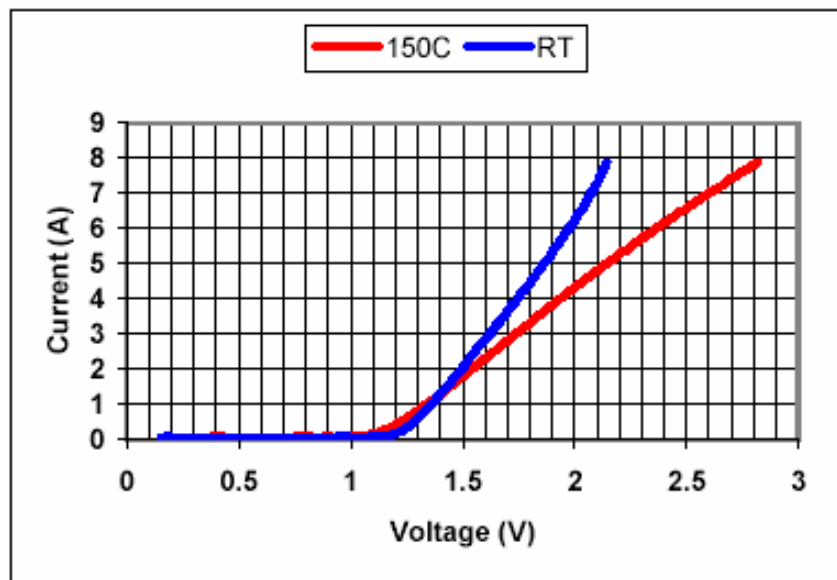


Fig. 1 Typical Forward IV of a 3.7mm<sup>2</sup> SiC Schottky Diode.

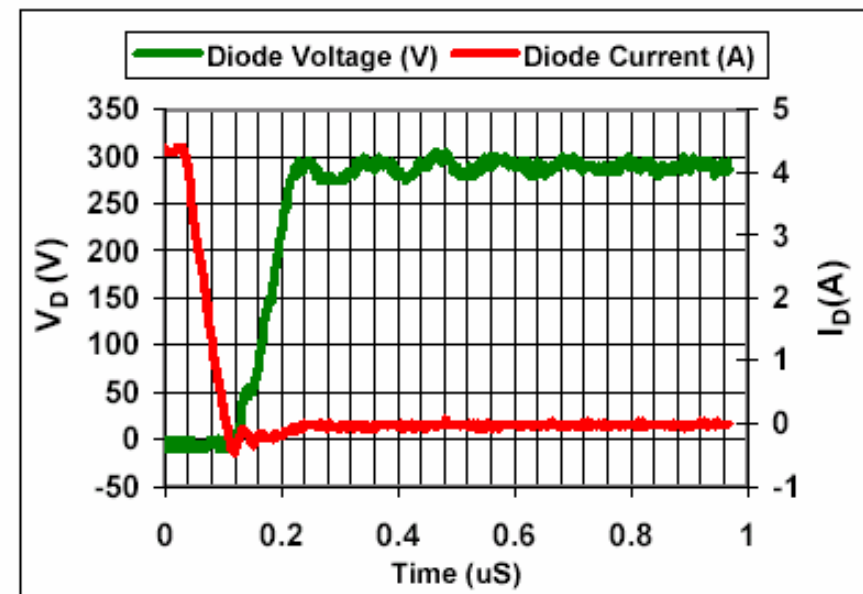


Fig. 3 Typical Reverse Recovery Waveform of 3.7mm<sup>2</sup> SiC Schottky Diode.

# Schotkyho dioda

**IXYS**

DGS 20-018A  
DGSK 40-018A

## Gallium Arsenide Schottky Rectifier

$I_{FAV} = 23 \text{ A}$   
 $V_{RRM} = 180 \text{ V}$   
 $C_{Junction} = 33 \text{ pF}$

$V_{RSM}$ V	$V_{RRM}$ V	Type
180	180	DGS 20-018A

$V_{RSM}$ V	$V_{RRM}$ V	Type
180	180	DGSK 40-018A

Single

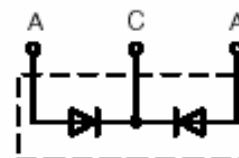


TO-220 AC



A = Anode, C = Cathode, TAB = Cathode

Common cathode



TO-220 AB



# Schottkyho dioda

GaAs

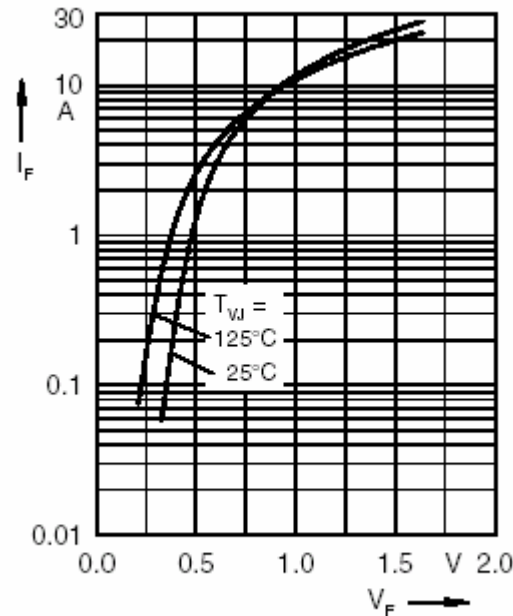


Fig. 1 typ. forward characteristics

## Maximum Ratings

	23	A
	17	A
50 Hz), sine	30	A
	-55...+175	°C
	-55...+150	°C
	48	W
	0.4...0.6	Nm

## Features

- Low forward voltage
- Very high switching speed
- Low junction capacity of GaAs
  - low reverse current peak at turn off
- Soft turn off
- Temperature independent switching behaviour
- High temperature operation capability
- Epoxy meets UL 94V-0

## Applications

- MHz switched mode power supplies (SMPs)
- Small size SMPs
- High frequency converters
- Resonant converters

## Characteristic Values

		typ.	max.	
	$T_{WJ} = 125^{\circ}\text{C}$ $V_R = V_{RRM}$	2.0	2.0	mA mA
$V_F$	$I_F = 7.5 \text{ A}; T_{WJ} = 125^{\circ}\text{C}$	0.8		V
	$I_F = 7.5 \text{ A}; T_{WJ} = 25^{\circ}\text{C}$	0.8	1.0	V
$C_J$	$V_R = 100 \text{ V}; T_{WJ} = 125^{\circ}\text{C}$	33		pF
$R_{thJC}$			3.1	K/W
$R_{thCH}$		0.5		K/W
Weight		2		g

Pulse test: ① Pulse Width = 5 ms, Duty Cycle < 2.0 %

Data according to IEC 60747 and per diode unless otherwise specified

# Vlastnosti Schottkyho diod

Výhody:

- malý  $U_F$  (0.25V) pro malé proudy a malé hodnoty  $U_{RRM}$  (Si)
- žádné závěrné zotavení  $\Rightarrow$  rychlé vypínání

Nevýhody:

- velký  $U_F$  pro velké proudy a vyšší hodnoty  $U_{RRM}$  (Si)
- nízké hodnoty  $U_{RRM}$  (typ. do 200 V u křemíku)



Přechod k materiálům s větší šířkou zakázaného pásu:

GaAs, GaP, SiC

$U_{RRM} \sim 600 \text{ V}, 1200 \text{ V}, \dots$

$U_F \sim 1 - 2 \text{ V}$

vyšší provozní teploty

# Aplikace diod

**Usměrňovací** - pro všeobecné použití (*general-purpose*)  
- s rychlým zotavením (*fast recovery*)

**Zenerova** - stabilizace napětí (zdroj ref. napětí)

**Varikap** - ladicí obvody, VCO, ...

**Varaktor** - násobení kmitočtu ...

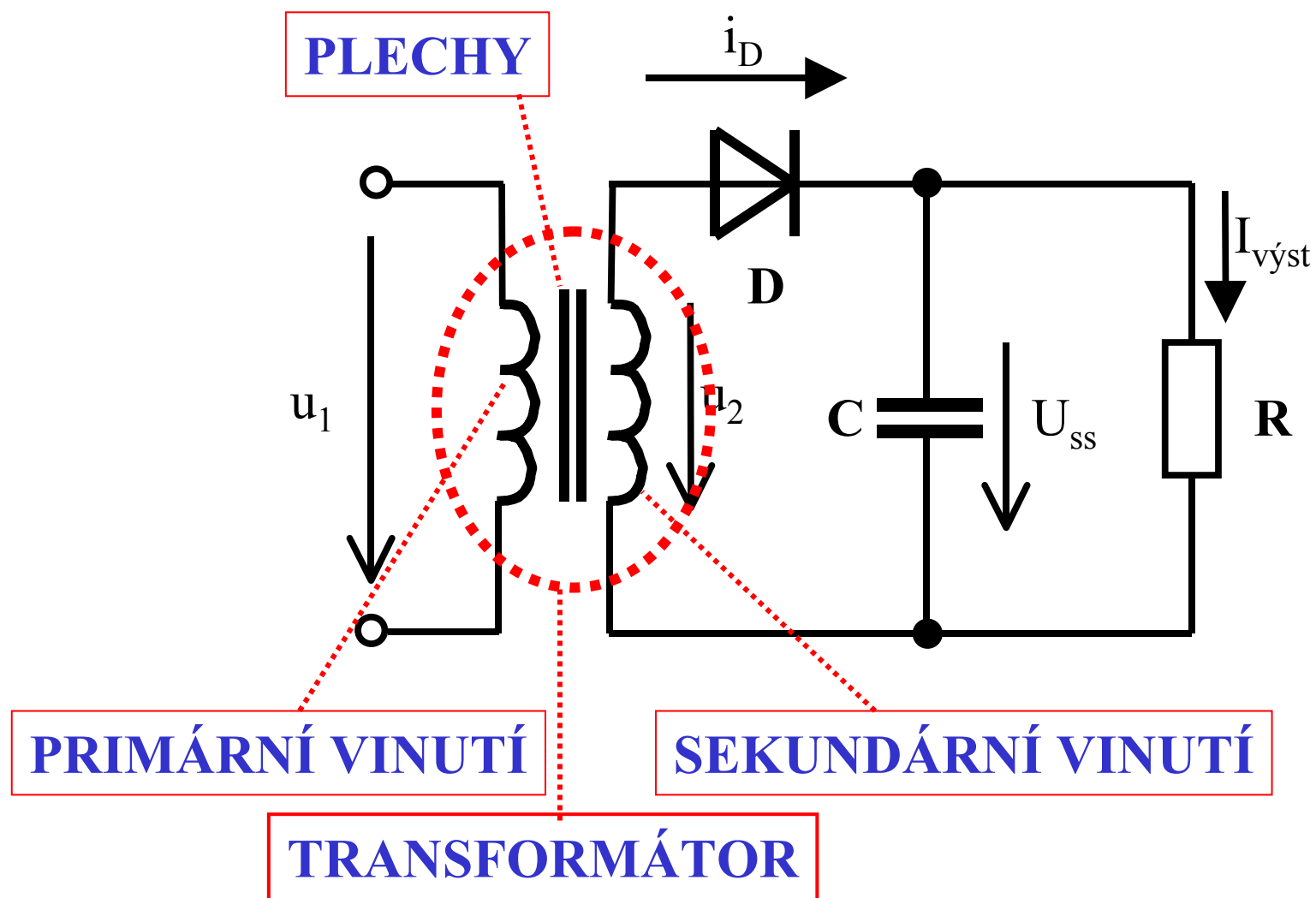
## Optoelektronické součástky:

**LED** (*Light Emitting Diode*)

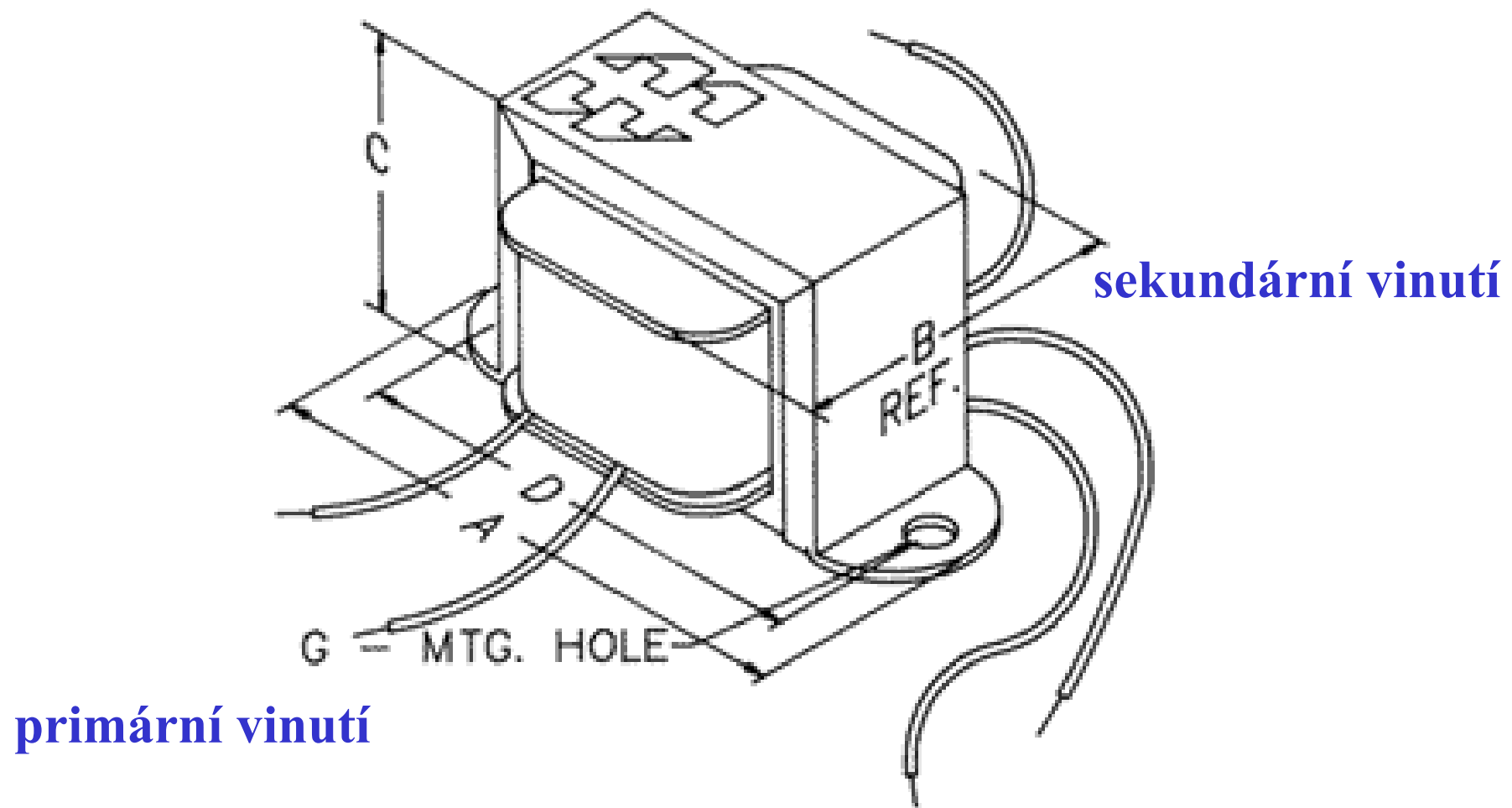
**Fotodioda** (*Photodiode*)



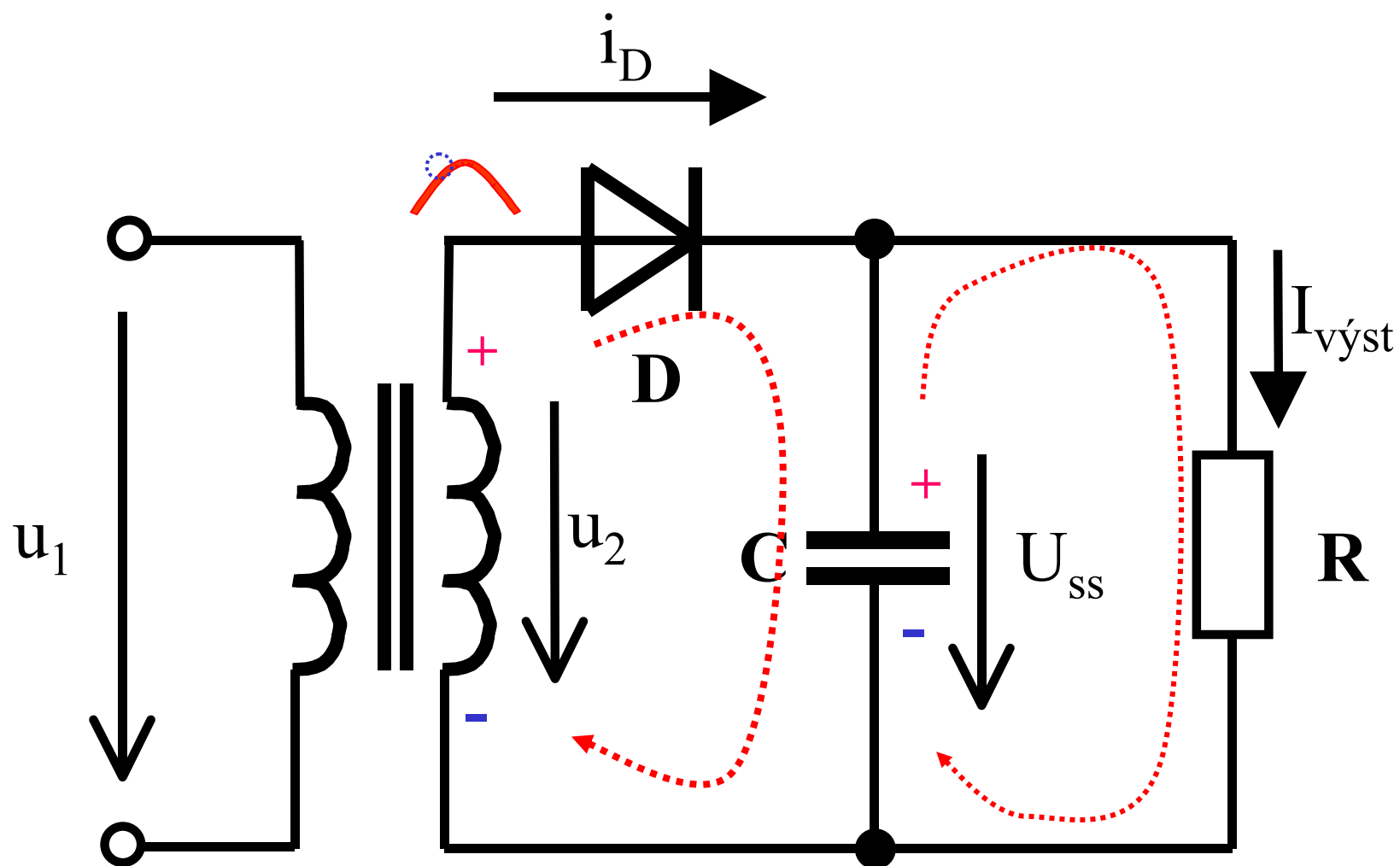
## Jednopolzní usměrňovač - *Single wave rectifier*



# Sít'ový transformátor napětí

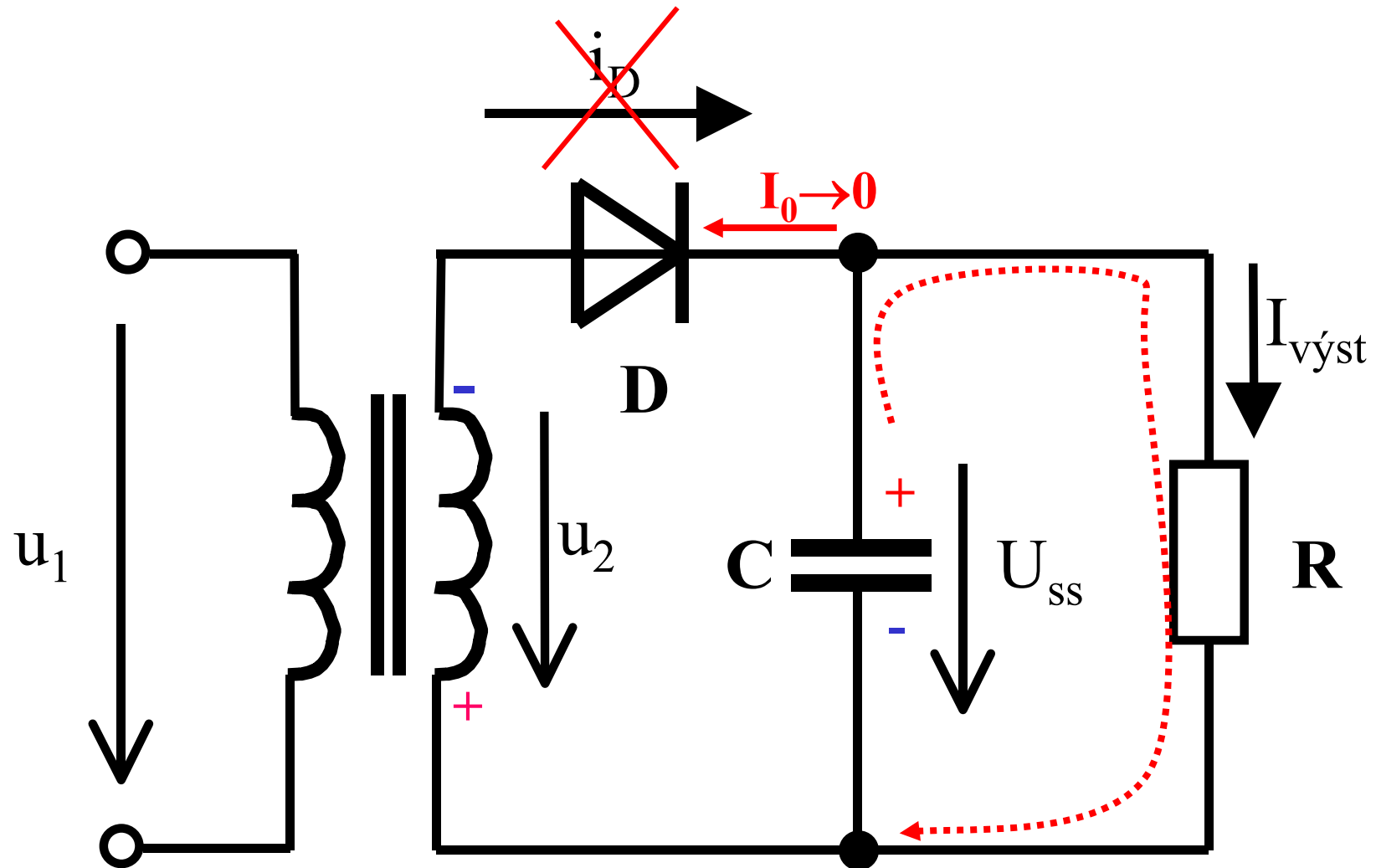


## Jednopolzní usměrňovač - *Single wave rectifier*



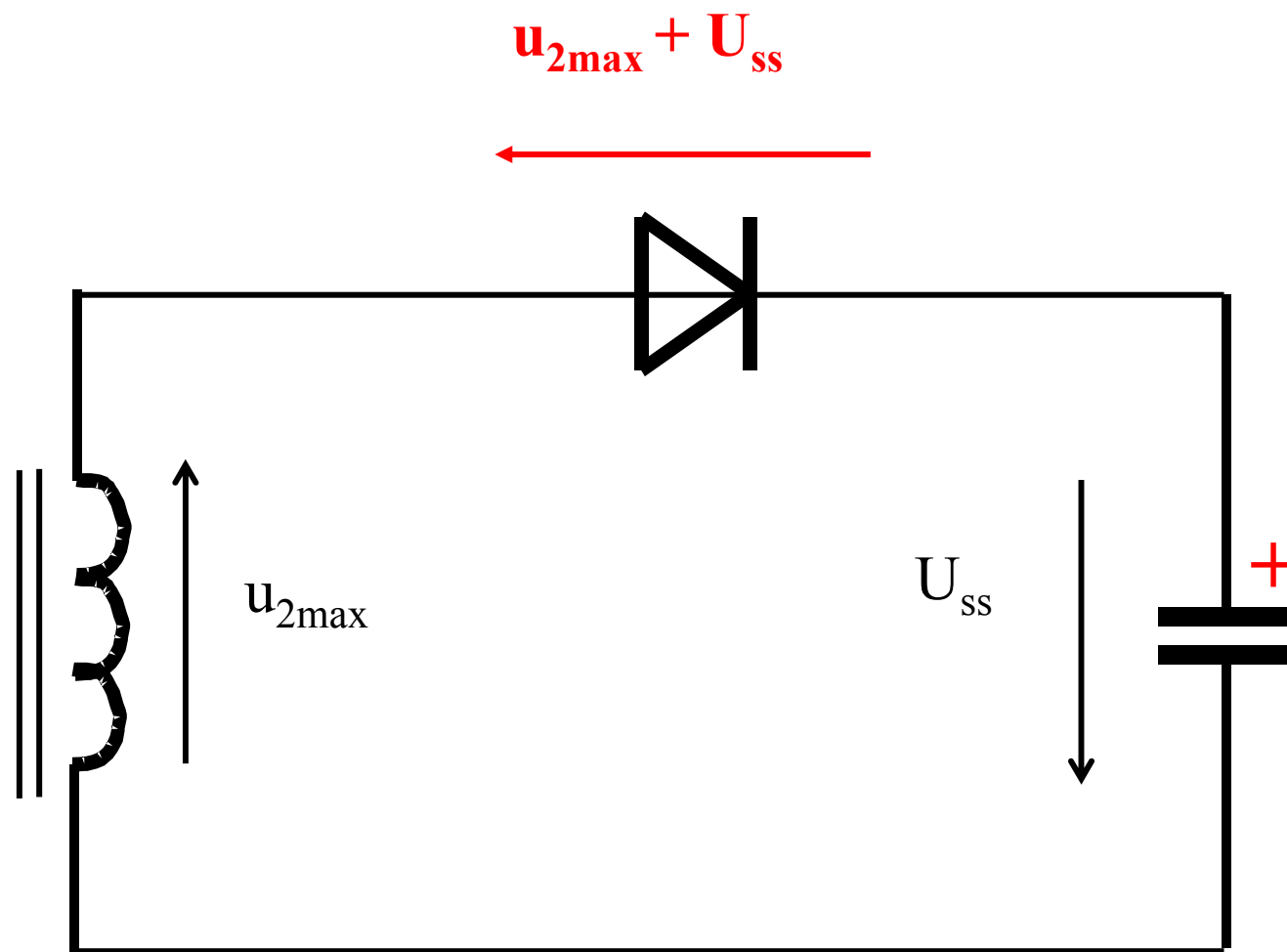
**Diodou teče proud, až když  $u_2$  překročí  $U_p + U_{ss}$ !!! ( $U_p$  = prahové napětí)**  
**nabití na hodnotu  $U_{ss}$  vyžaduje:  $u_{2\text{ef}} = (U_p + U_{ss})/\sqrt{2}$**

## Jednopolzní usměrňovač - *Single wave rectifier*



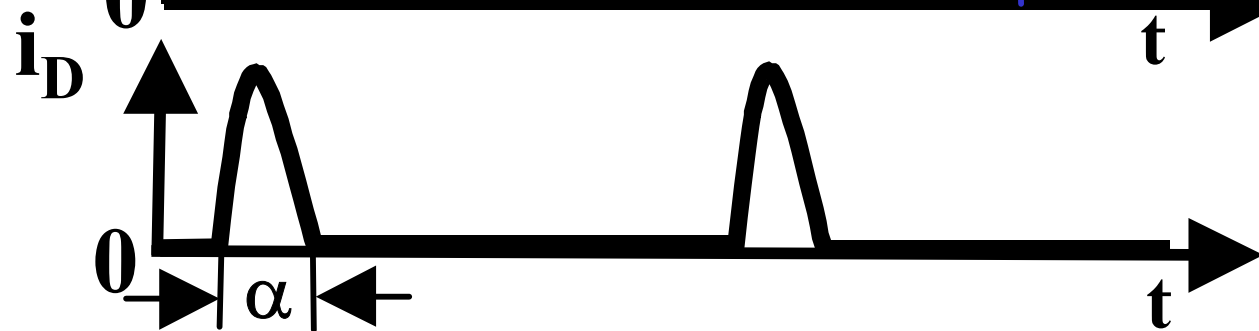
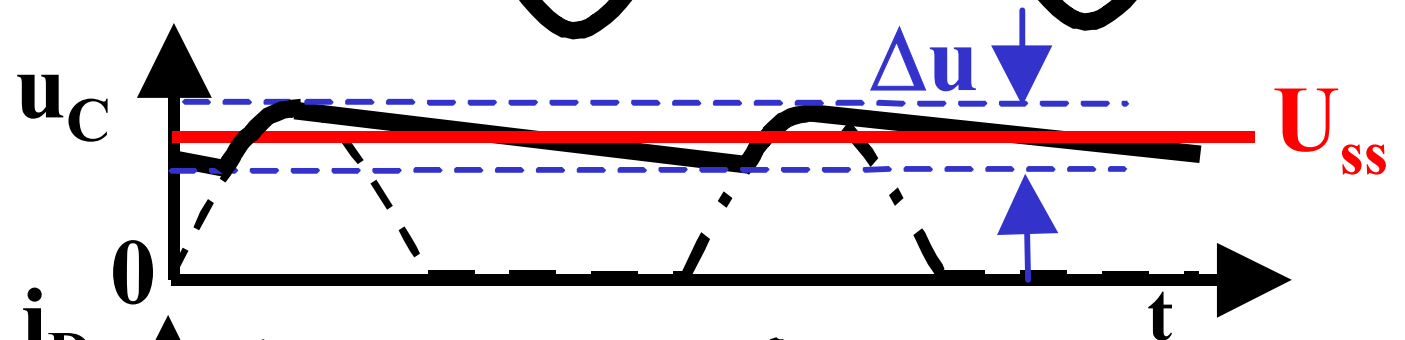
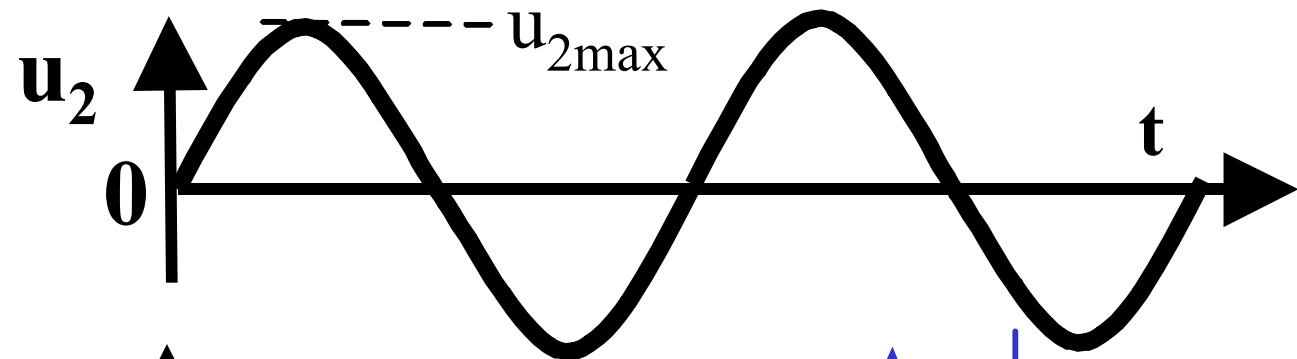
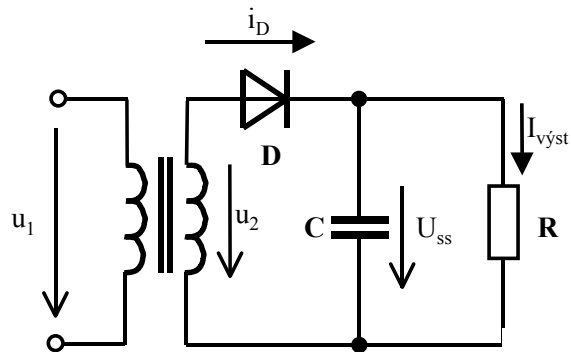
Dioda je v závěrném směru namáhána napětím  $u_2 + U_{ss} \Rightarrow U_{RRM} > u_{2M} + U_{ss}$

# NEJHORŠÍ PŘÍPAD ZÁVĚRNÉHO NAMÁHÁNÍ DIODY

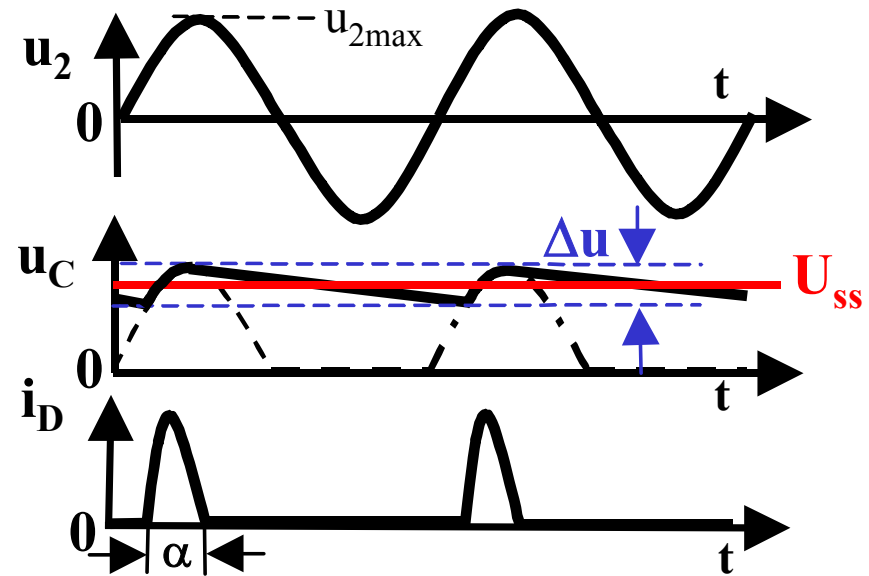
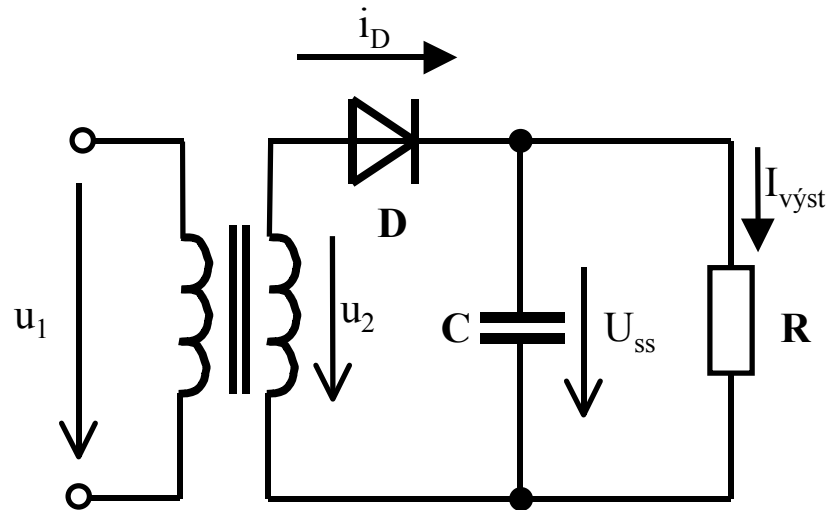


Dioda je v závěrném směru namáhána napětím  $u_2 + U_{ss} \Rightarrow U_{RRM} > u_{2M} + U_{ss}$

# Jednopolzní usměrňovač - *Single wave rectifier*



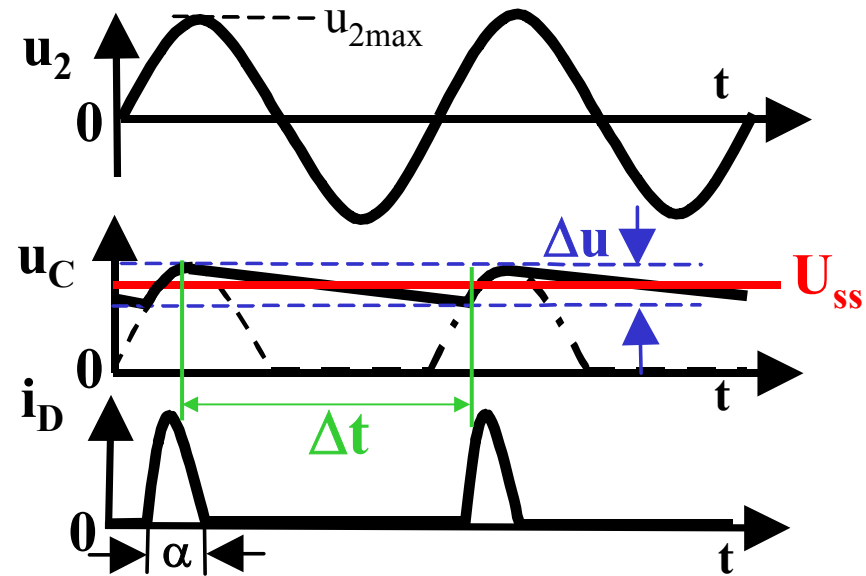
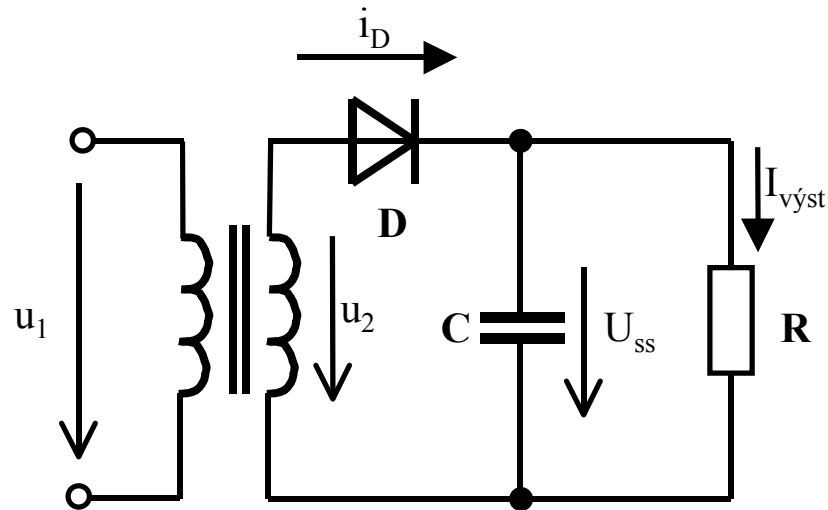
## Zvlnění jednopulzního usměrňovače – *voltage ripple*



**Definice zvlnění:**

$$p = \frac{u_{ef}}{U_{ss}} \cdot 100 \quad [\%]$$

## Zvlnění jednopulzního usměrňovače – *voltage ripple*



$$C \cdot \Delta u = Q = I_{\text{vyst}} \cdot \Delta t$$

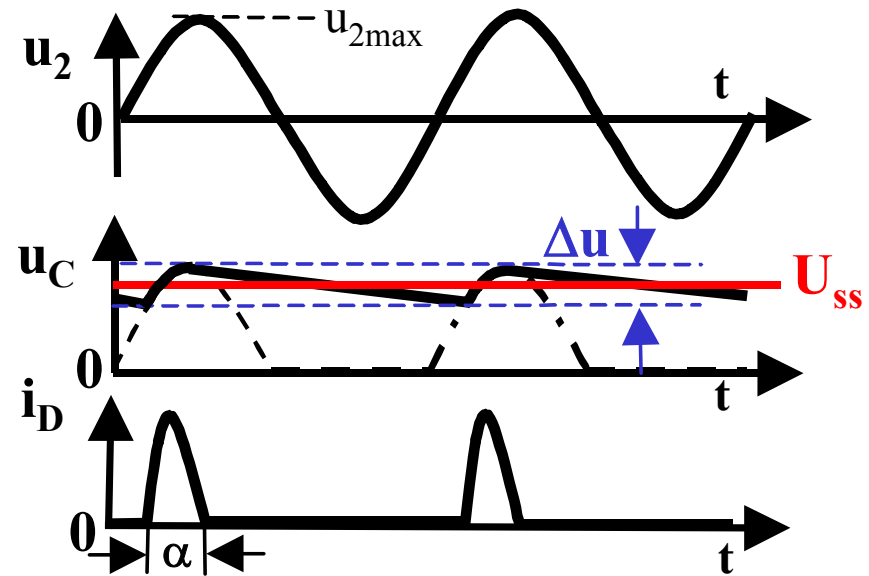
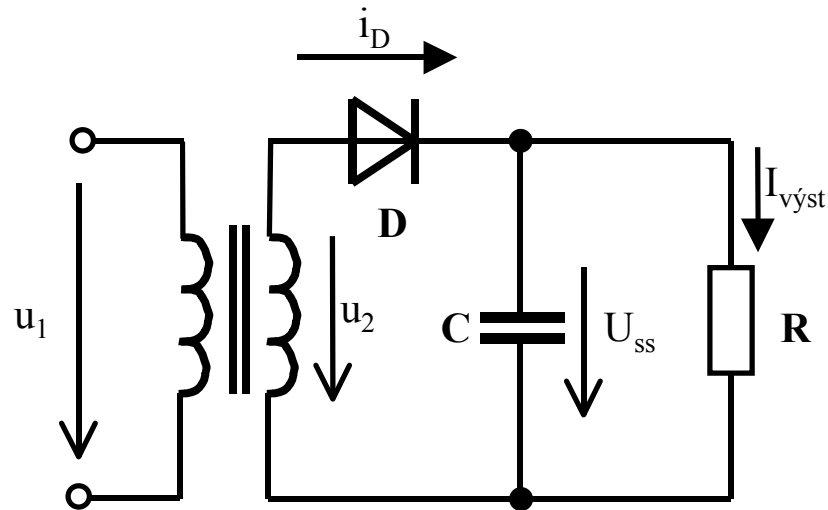
Empirická volba  $\Delta t = 16 \text{ ms}$  pro jednopulzní usměrňovač

Empirická volba  $\Delta t = 8 \text{ ms}$  pro dvoupulzní usměrňovač

Empirická volba  $\Delta t = 8 \text{ ms}$  pro můstkový usměrňovač



# Zvlnění jednopulzního usměrňovače – *voltage ripple*

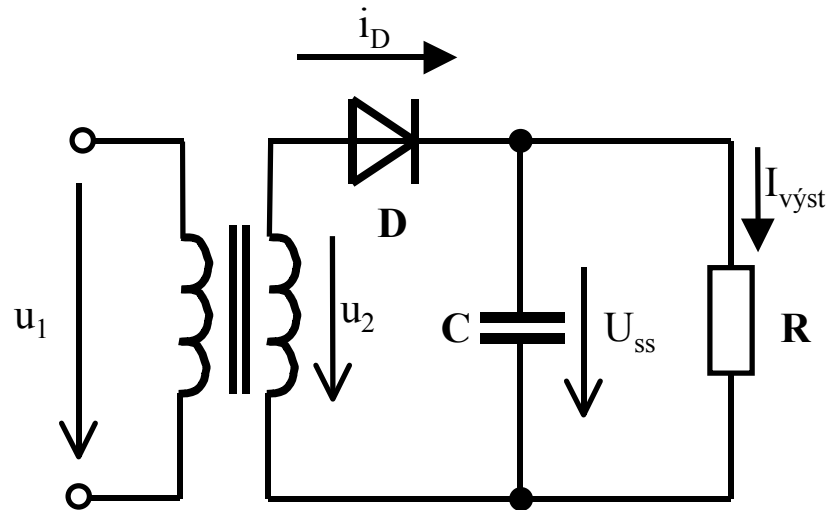


$$p = \frac{u_{ef}}{U_{ss}} \cdot 100 \quad [\%] \quad C \cdot \Delta u = Q = I_{vyst} \cdot \Delta t$$

$\downarrow$   
 $u_{ef}$

$$p = \frac{K \cdot I_{vyst}}{C \cdot U_{ss}} \quad [\%; \quad s, mA, \mu F, V]$$

# Návrh jednopulzního usměrňovače - příklad



Zadání:  $U_{ss} = 12\text{ V}$   
 $p < 1\%$   
 $I_{vyst} = 100\text{ mA}$

**Mezní parametry diody:**

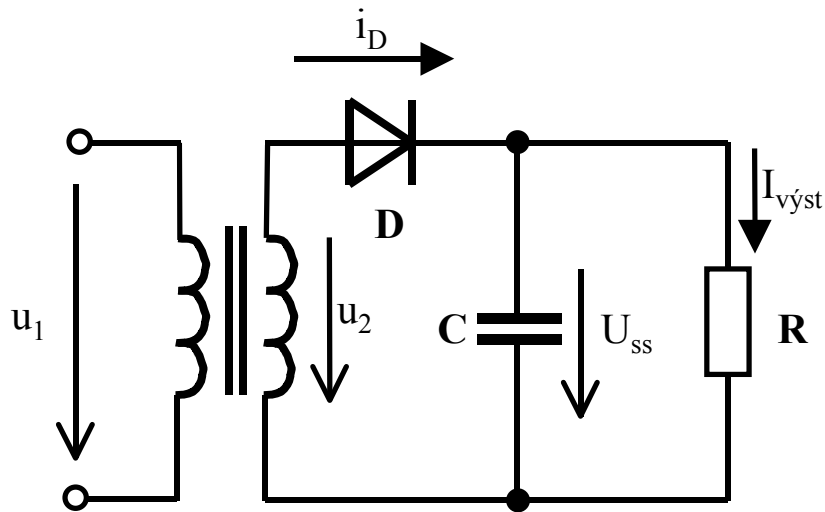
$$I_{FAV} > I_{vyst} \Rightarrow I_{FAV} > 100\text{ mA}$$

$$U_{RRM} > u_{2max} + U_{ss} \Rightarrow U_{RRM} > (12 + 0.7) + 12 \approx 25\text{ V}$$



Volba diody z katalogu

## Návrh jednopulzního usměrňovače - příklad



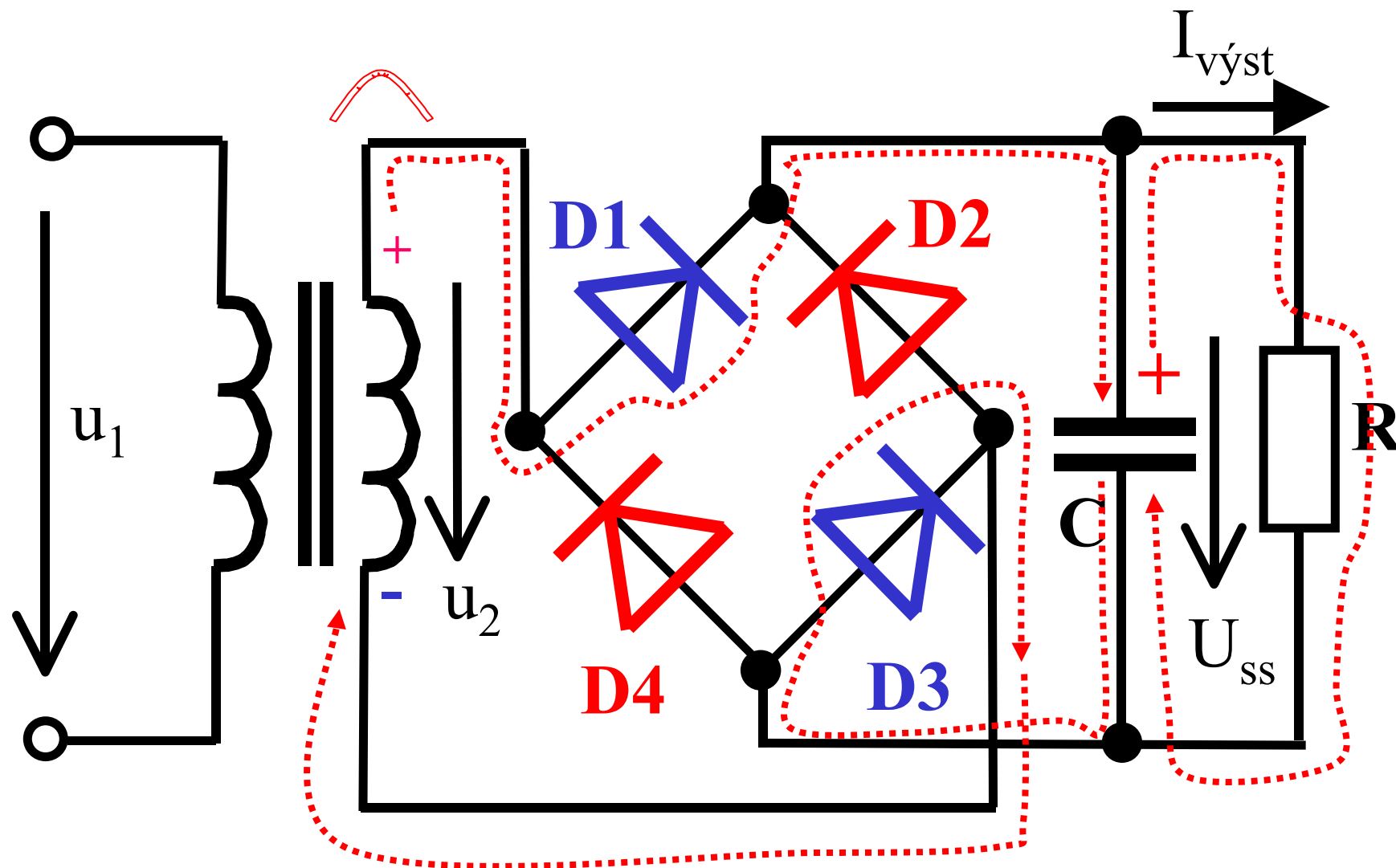
Zadání:  $U_{ss} = 12\text{ V}$   
 $p < 1\%$   
 $I_{vyst} = 100\text{ mA}$

$$p = \frac{K \cdot I_{vyst}}{C \cdot U_{ss}} \quad [\% ; \quad s, mA, \mu F, V], \quad K = 600.$$

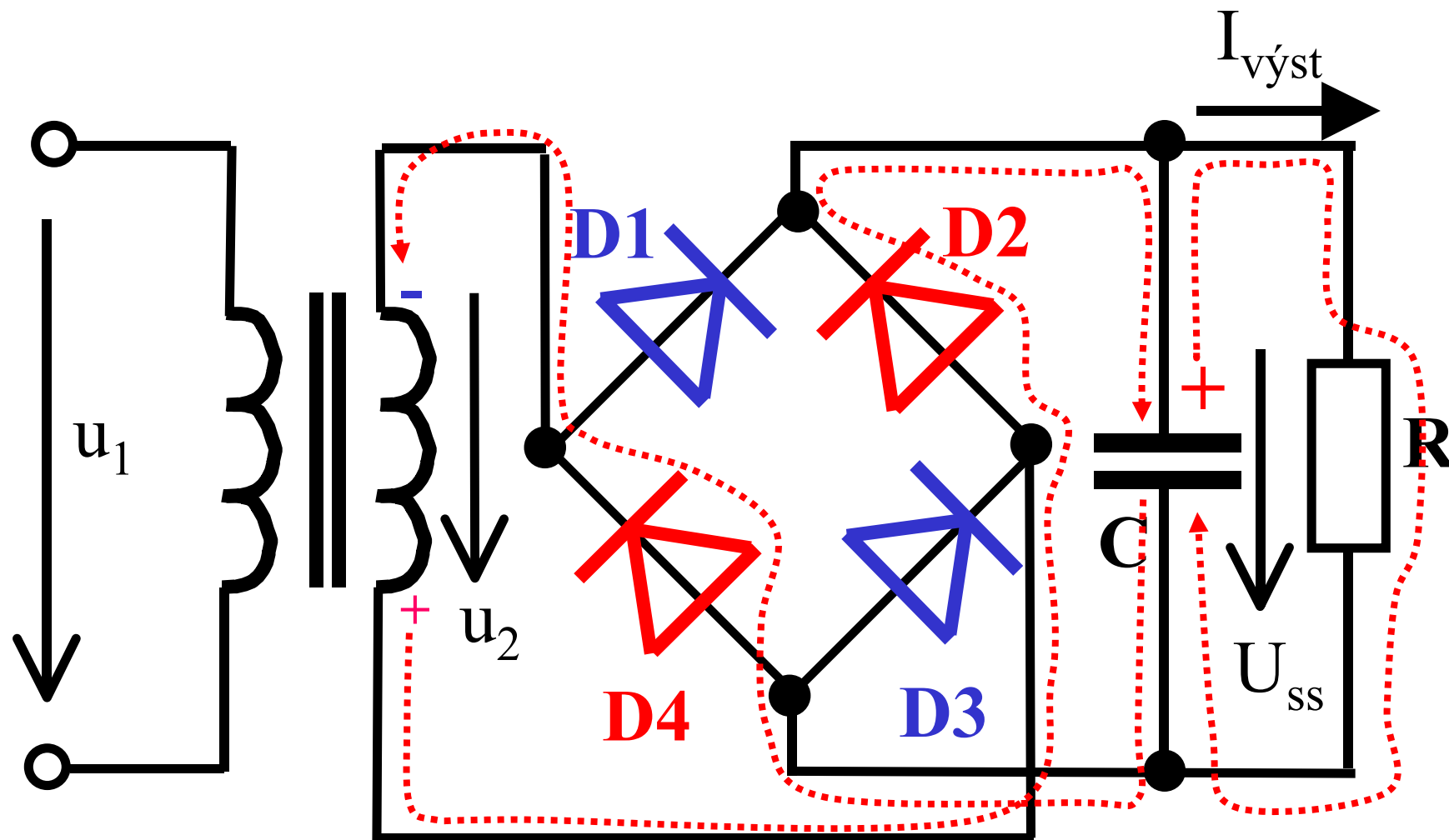
$$C = \frac{K \cdot I_{vyst}}{p \cdot U_{ss}} = \frac{600 \cdot 100}{1 \cdot 12} = 5000 \mu F = 5 G \quad .$$

**Volba kapacitoru:  $C = 5\text{ G}$ ,  $U_{max} = 12\text{ V}$**

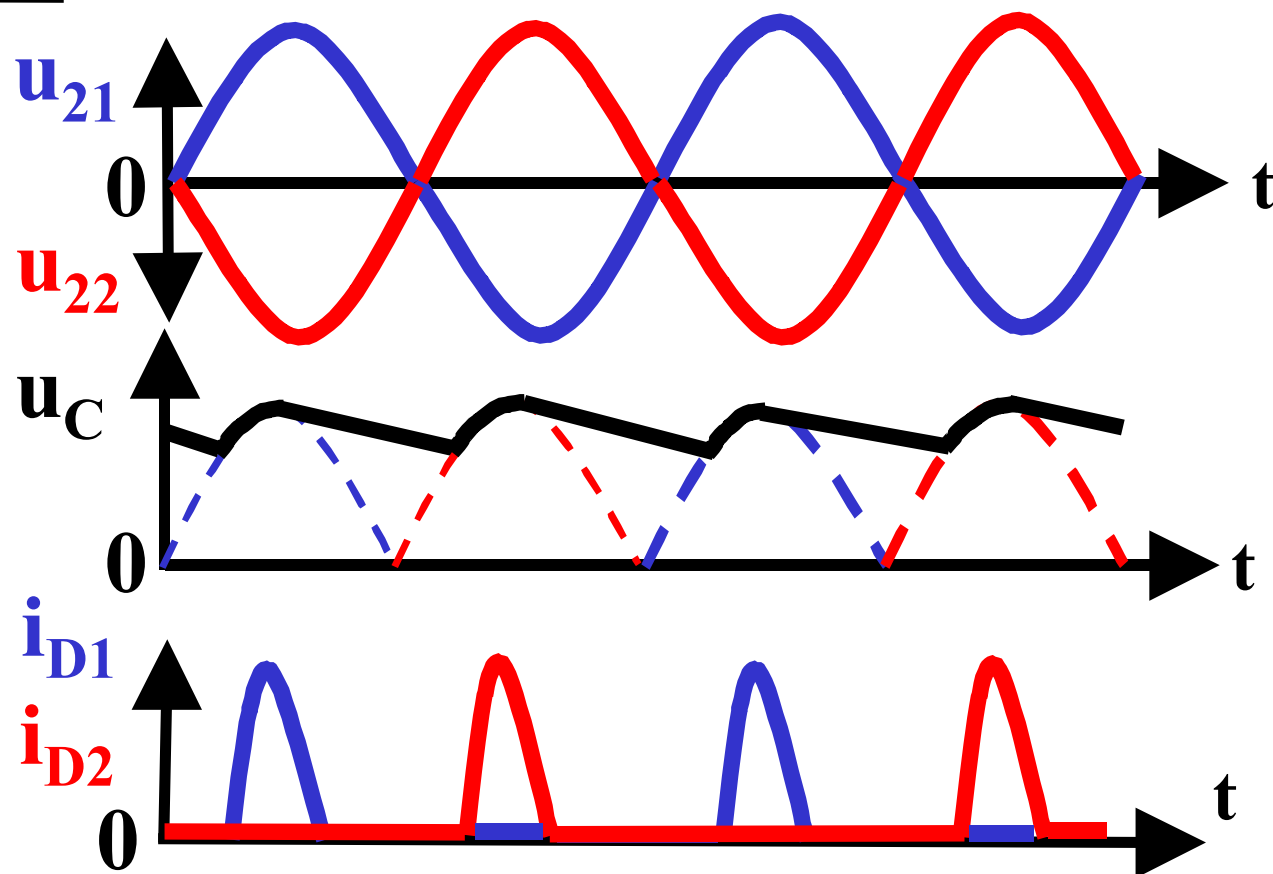
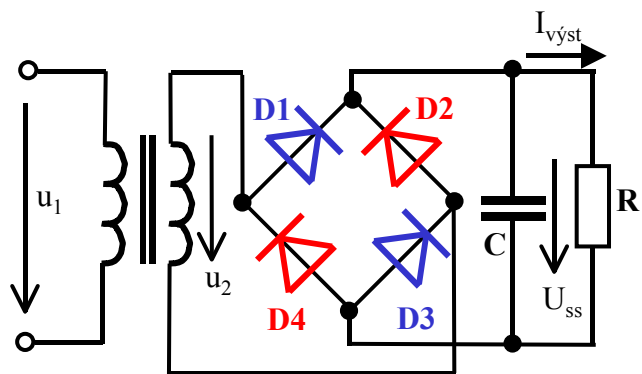
## Můstkový usměrňovač – *Bridge rectifier*



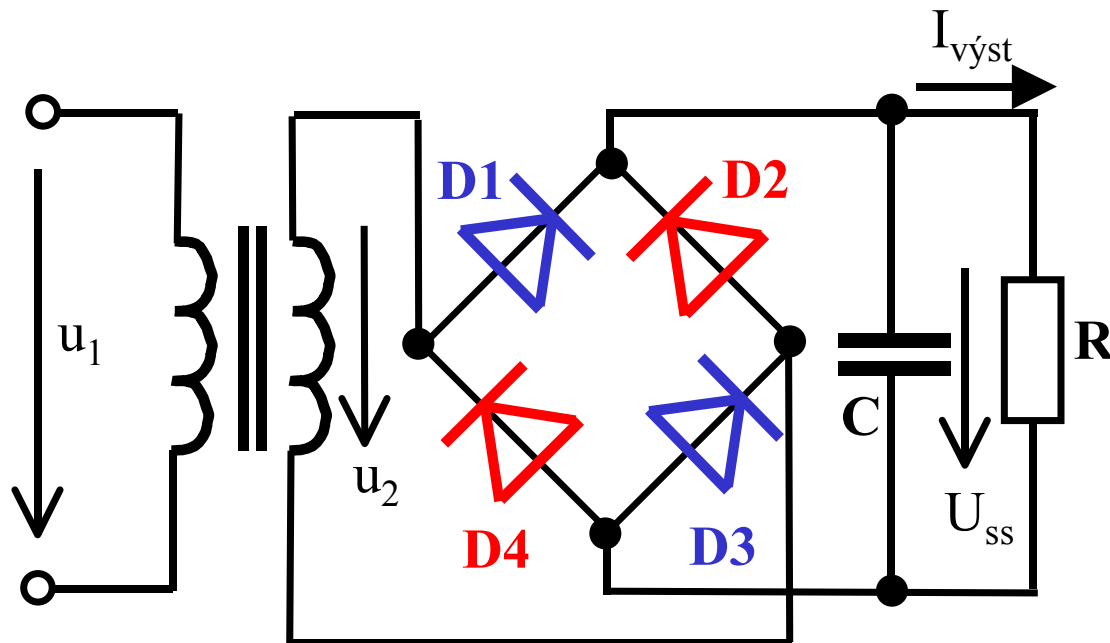
## Můstkový usměrňovač – *Bridge rectifier*



## Můstkový usměrňovač – *Bridge rectifier*



## Můstkový usměrňovač – *Bridge rectifier*



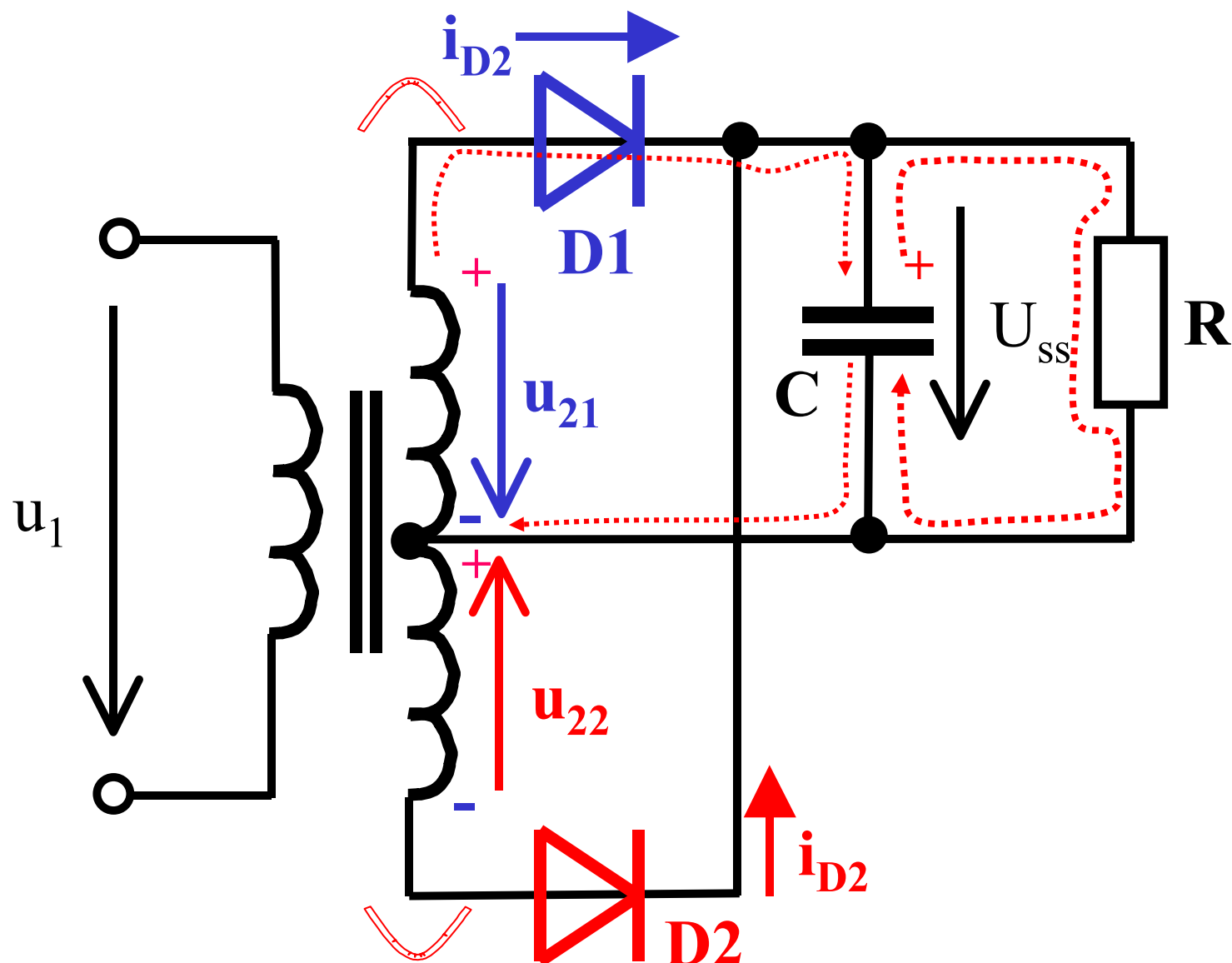
$$I_{\text{FAV}} = I_{\text{výst}} / 2$$

$$U_{\text{RRM}} = U_{\text{výst}}$$

$$p = \frac{K \cdot I_{\text{výst}}}{C \cdot U_{ss}} \quad [\%; \quad s, mA, \mu F, V], \quad K = 300.$$

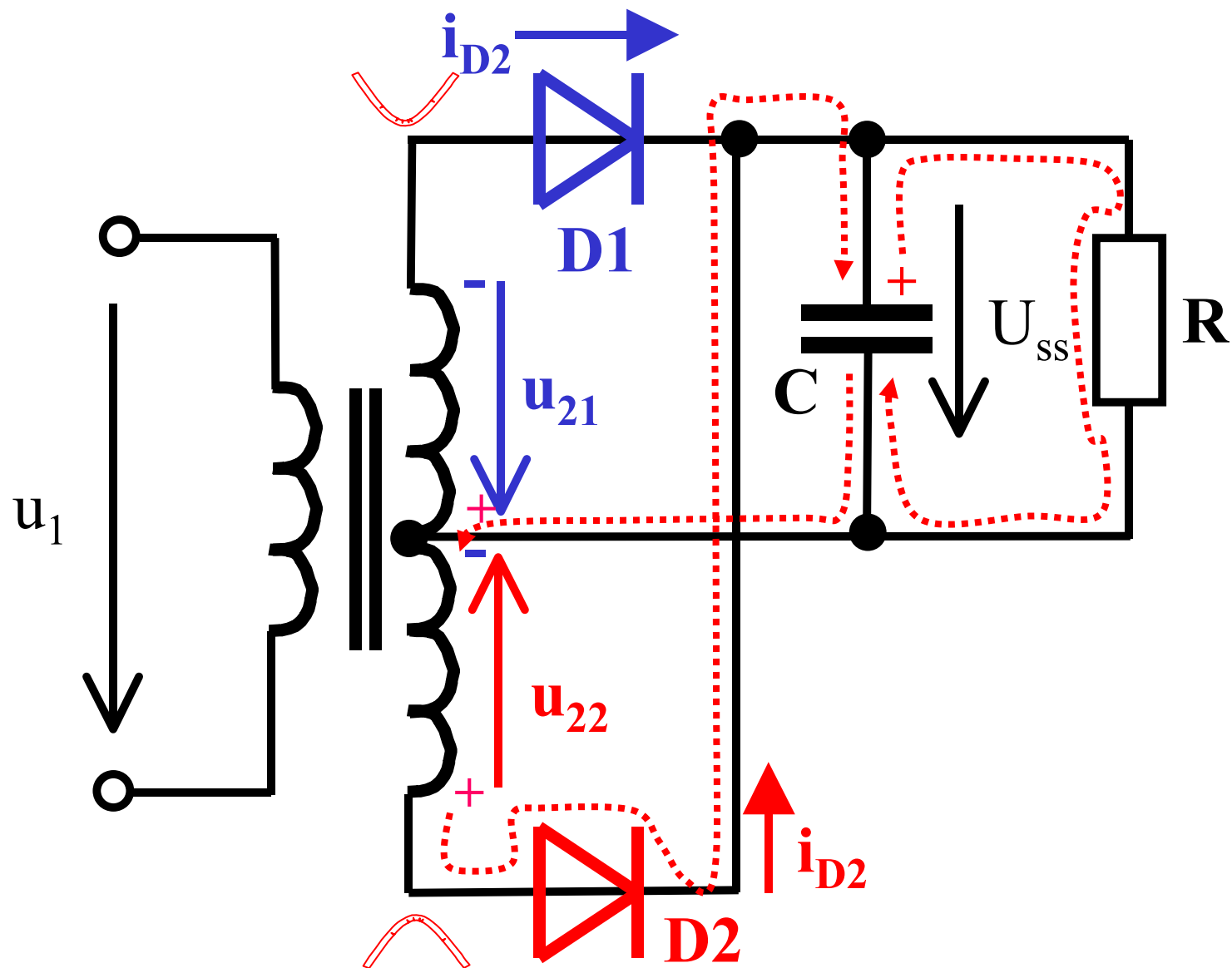
$$f = 100 \text{ Hz}$$

## Dvoupulzní usměrňovač – *Full wave rectifier*

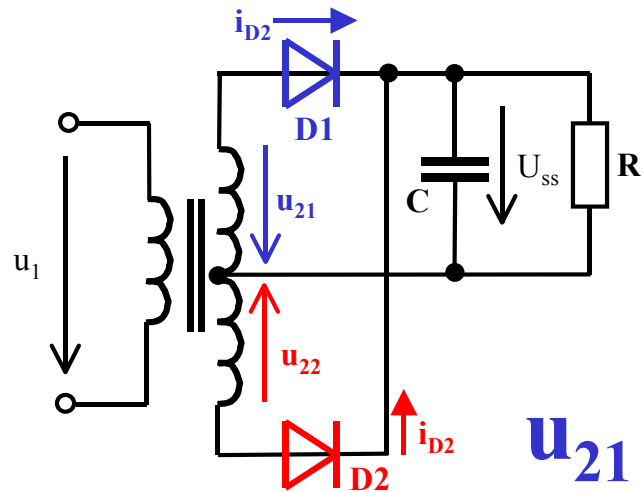




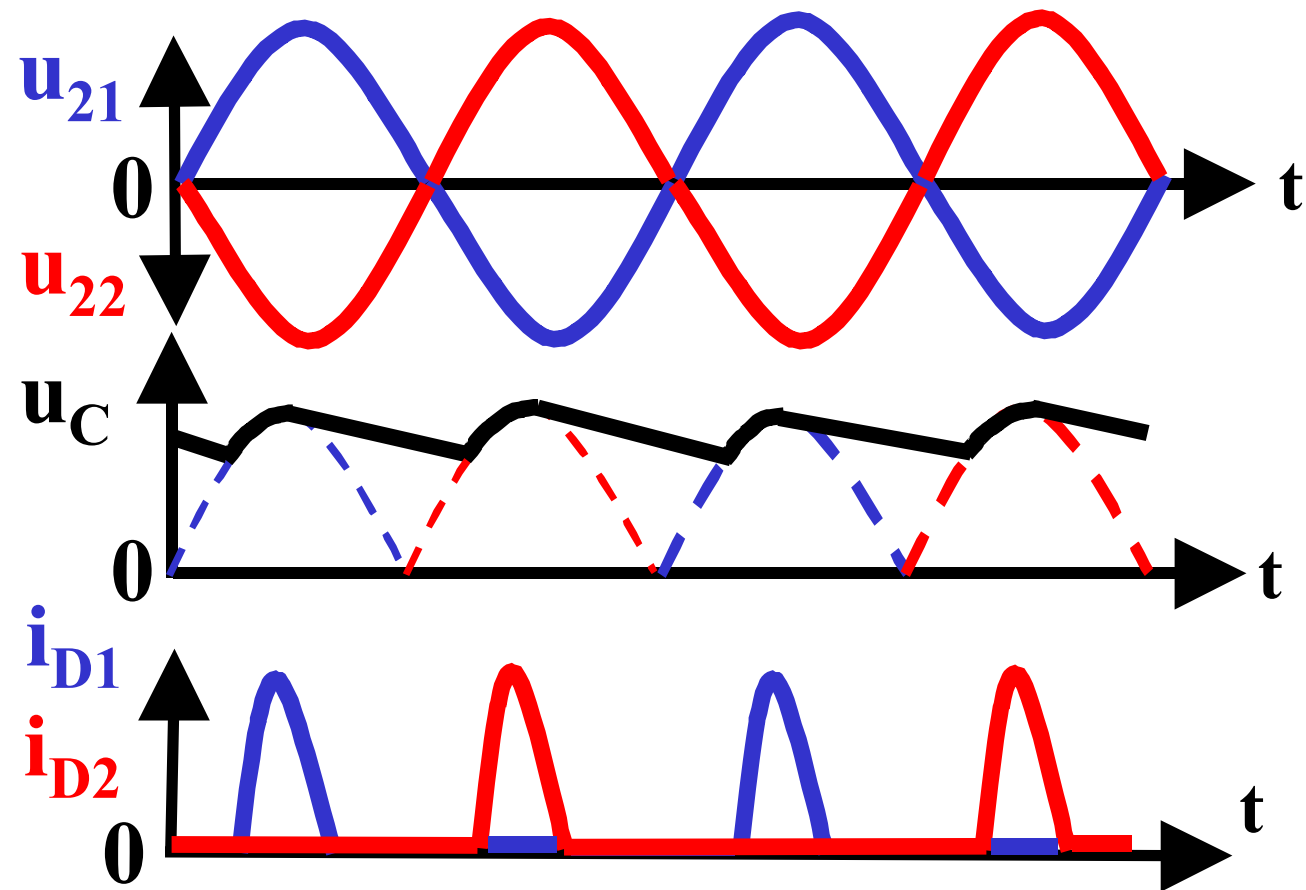
## Dvoupulzní usměrňovač – *Full wave rectifier*



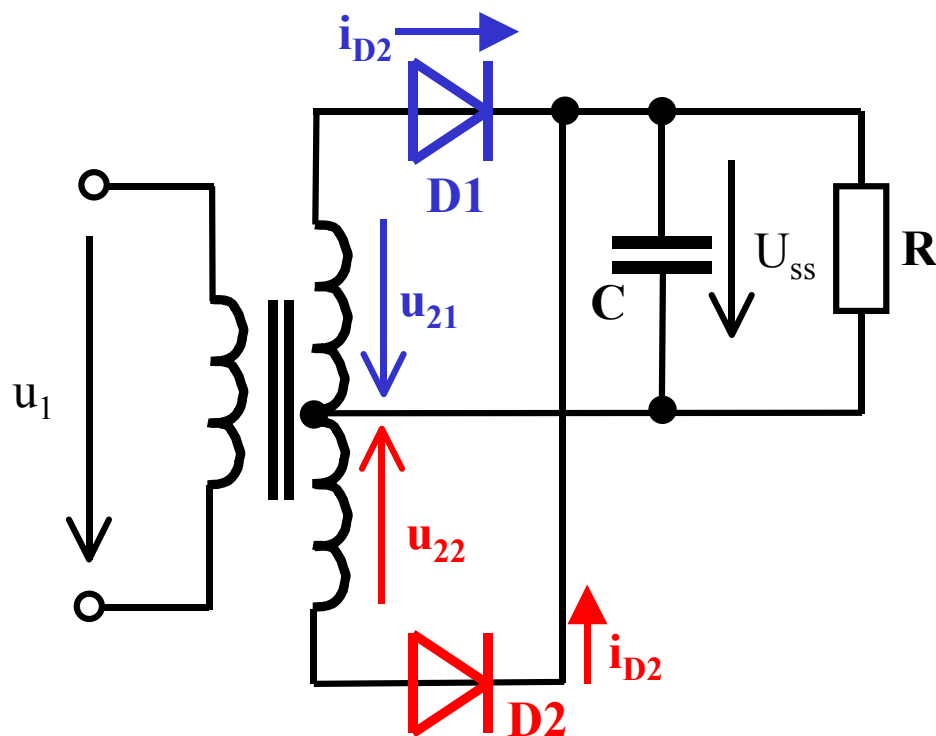
# Dvoupulzní usměrňovač – *Full wave rectifier*



$f = 100 \text{ Hz}$



## Dvoupulzní usměrňovač – *Full wave rectifier*



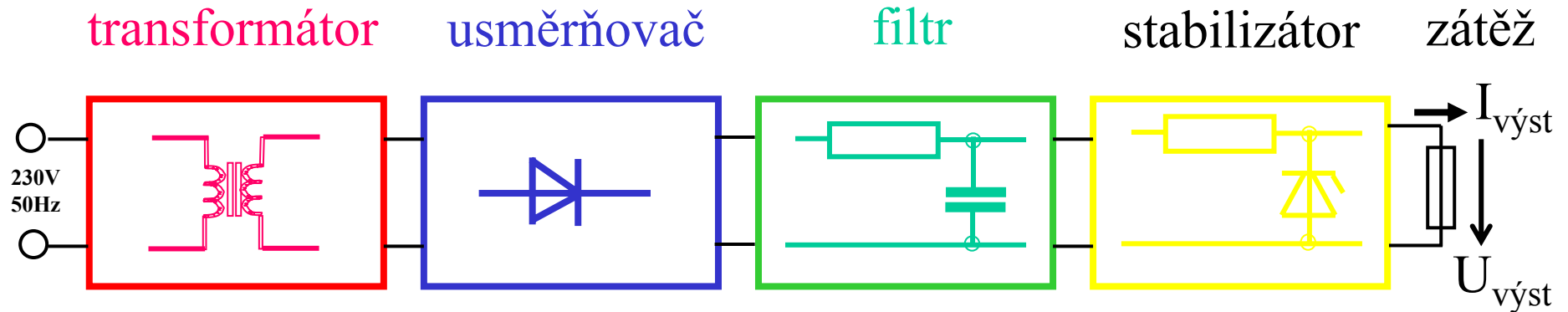
$$I_{FAV} = I_{výst} / 2$$

$$U_{RRM} = 2 \times U_{výst}$$

$$p = \frac{K \cdot I_{výst}}{C \cdot U_{ss}} \quad [\% ; \quad s, mA, \mu F, V], \quad K = 300.$$

$$f = 100 \text{ Hz}$$

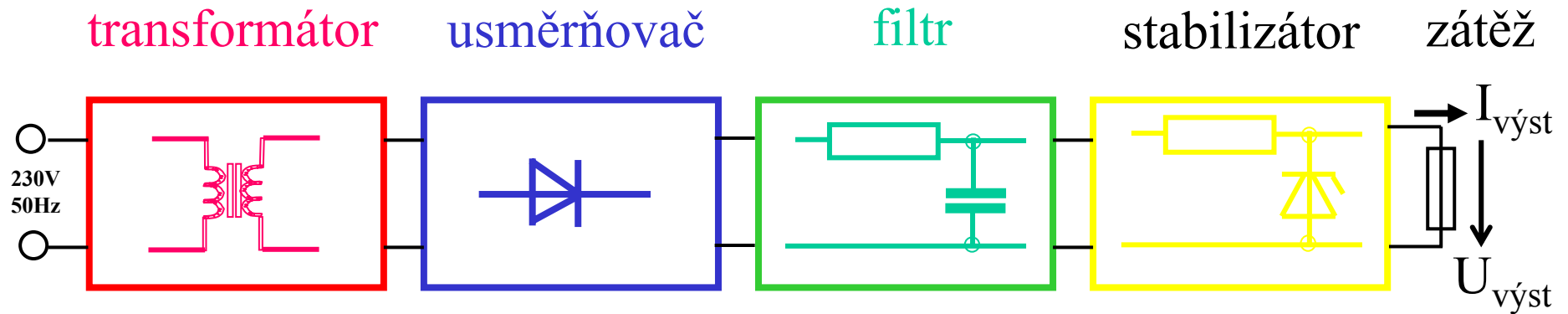
# Napájecí zdroj



Obvykle bývá zadáno:

- Výstupní napětí  $U_{\text{výst}}$  (V)
- Výstupní proud  $I_{\text{výst}}$  (A)
- Kolísání výstupního proudu  $\Delta I_{\text{výst}}$  (mA)
- Zvlnění výstupního napětí  $p$  (%)

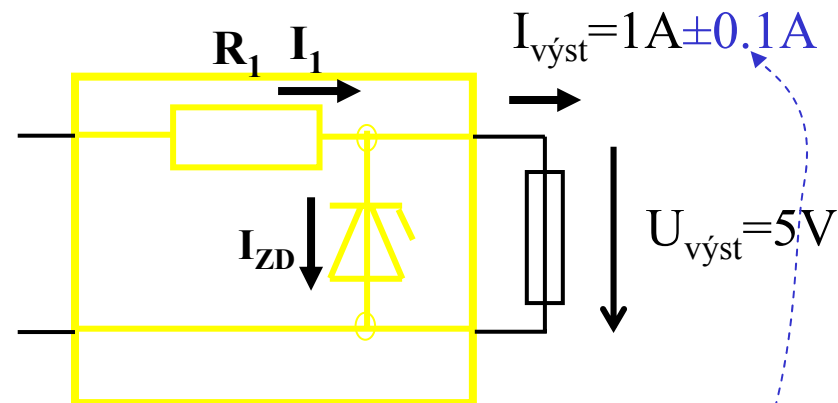
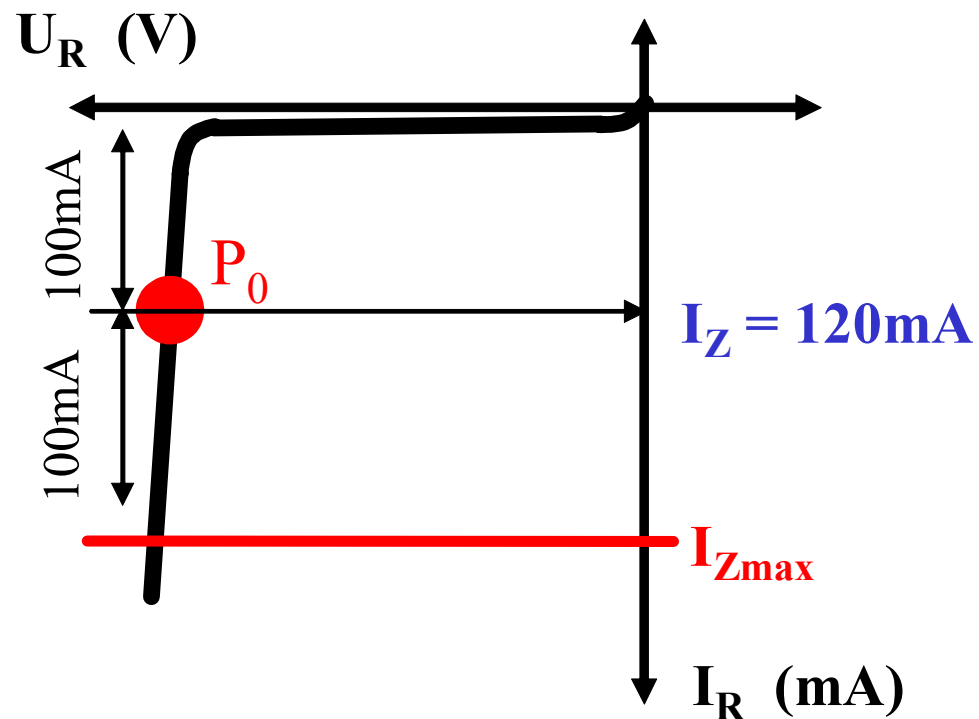
# Napájecí zdroj - příklad



## Zadání:

- Výstupní napětí  $U_{\text{výst}} = 5 \text{ V}$
- Výstupní proud  $I_{\text{výst}} = 1 \text{ A}$
- Kolísání výstupního proudu  $\Delta I_{\text{výst}} = 100 \text{ mA}$ 
  - Zvlnění výstupního napětí  $p < 0,5 \%$
  - zátěž nebude odpojována

# Stabilizátor



Volba Zenerovy diody:

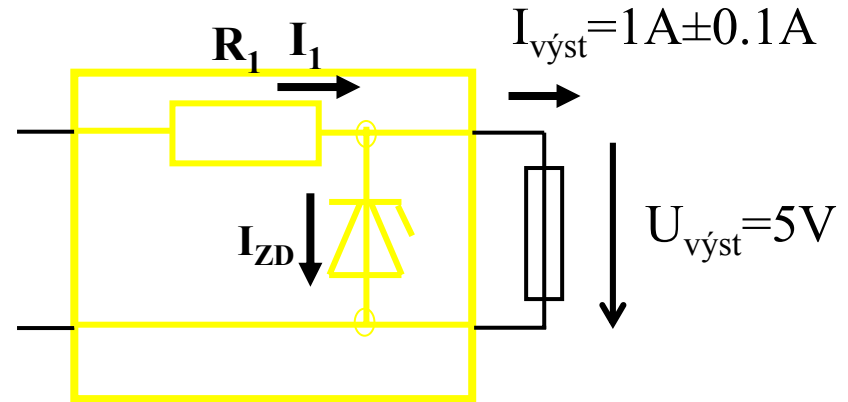
$$U_{ZD} = 5 \text{ V}$$

$$I_{ZD} = \Delta I_{\text{výst}} + \text{rezerva} = 100 + 20 = 120 \text{ mA}$$

$$I_{ZD\text{max}} = I_{ZD} + \Delta I_{\text{výst}} = 120 + 100 = \mathbf{220 \text{ mA}}$$

$$\Rightarrow \text{Vstupní proud: } I_1 = I_{\text{výst}} + I_{ZD} = 1 + 0.12 = 1.12 \text{ A}$$

# Stabilizátor



## Volba rezistoru $R_1$ :

*jako kompromis mezi malým  $P_{R1}$  (W) a velkým činitelem stabilizace ZD*

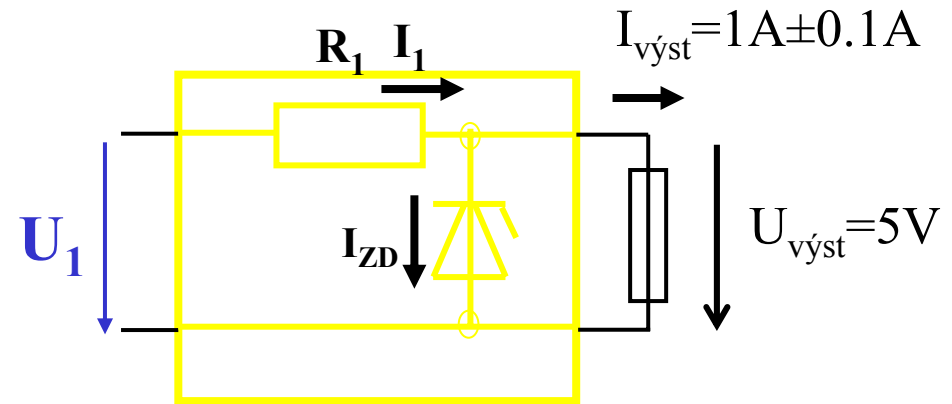
Volíme např.  $U_{R1} = 3\text{ V} \Rightarrow$

$$R_1 = U_{R1} / I_{R1} = 3 / 1.2 = 2.5\ \Omega \rightarrow \mathbf{2.7\ \Omega \text{ z řady E6}}$$

## Výpočet ztrátového výkonu:

$$P_{R1} = U^2 / R_1 = 9 / 2.7 = 3.3\text{ W} \rightarrow \mathbf{\text{volíme } 2.7\ \Omega / 5\text{ W}}$$

# Stabilizátor



Vstupní napětí stabilizátoru:

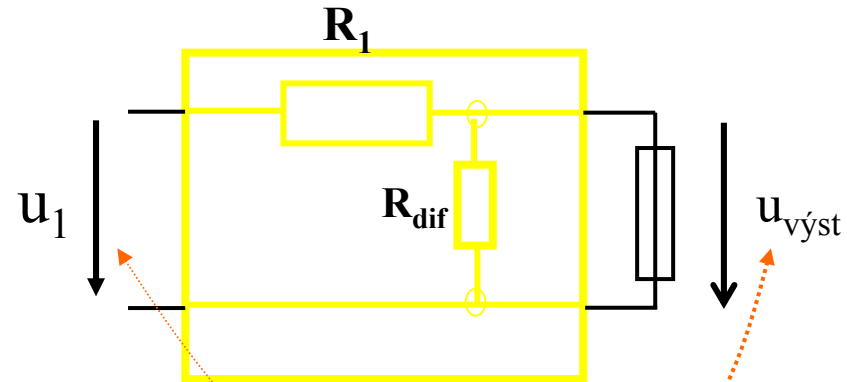
$$U_1 = U_{výst} + U_{R1} = U_{výst} + R_1 \times I_1 = 5 + 2.7 \times 1.2 = \mathbf{8.24 \text{ V}}$$

Zvlnění výstupního napětí:

$$p < 0.5 \% \quad \mathbf{u_{výst} = (0.5 \times 5) / 100 = 25 \text{ mV}}$$



# Stabilizátor



Vstupní napětí stabilizátoru:

$$U_1 = U_{\text{výst}} + U_{R1} = U_{\text{výst}} + R_1 \times I_1 = 5 + 2.7 \times 1.2 = \mathbf{8.24 \text{ V}}$$

Zvlnění výstupního napětí:

$$p < 0.5 \% \quad \mathbf{u_{\text{výst}} = (0.5 \times 5) / 100 = 25 \text{ mV}}$$

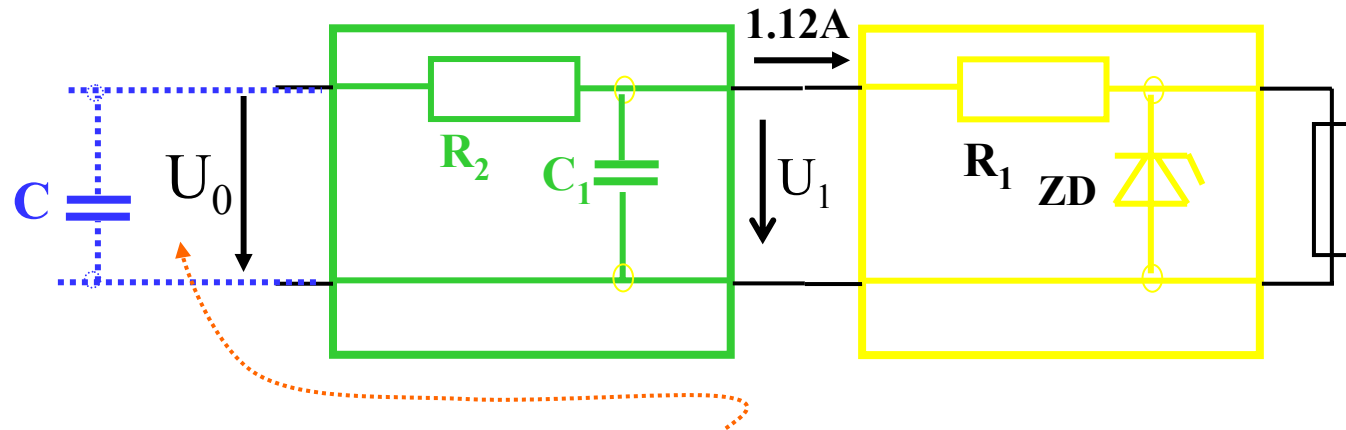
Činitel filtrace stabilizátoru:

Stabilizátor snižuje zvlnění vstupního napětí  $u_1$  (filtruje) v důsledku dělicího poměru  $R_1$  a  $R_{\text{dif}}$  pro střídavé napětí  $\Rightarrow$

$$\phi = (R_1 + R_{\text{dif}}) / R_{\text{dif}} = (2.7 + 2) / 2 = \mathbf{2.35}$$

Maximální zvlnění na vstupu může být  $\mathbf{u_1 = \phi \cdot u_{\text{výst}} = 2.35 \times 25 = 59 \text{ mV}}$

## Filtr

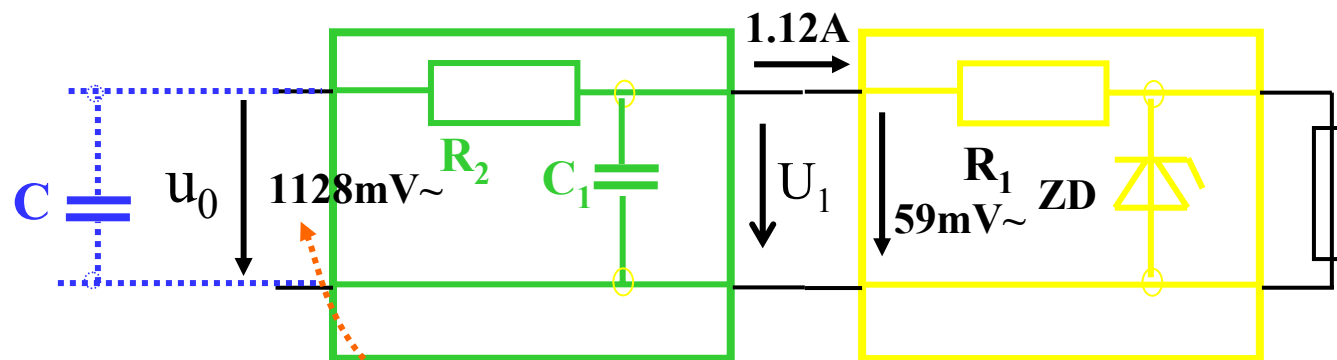


Vycházíme ze zvlnění na výstupu usměrňovače,  
předpokládáme  $f = 100 \text{ Hz}$  (můstkový usměrňovač).

$$p = \frac{K \cdot I_{vyst}}{C \cdot U_{ss}} \quad [\%; \quad s, mA, \mu F, V], \quad K = 300.$$

Odhad: volba  $C = 3G$ ,  $U_0 = 24V \Rightarrow$   
 $p = (300 \cdot 1120) / (24 \cdot 3000) = 4.7 \% \Rightarrow$

## Filtr



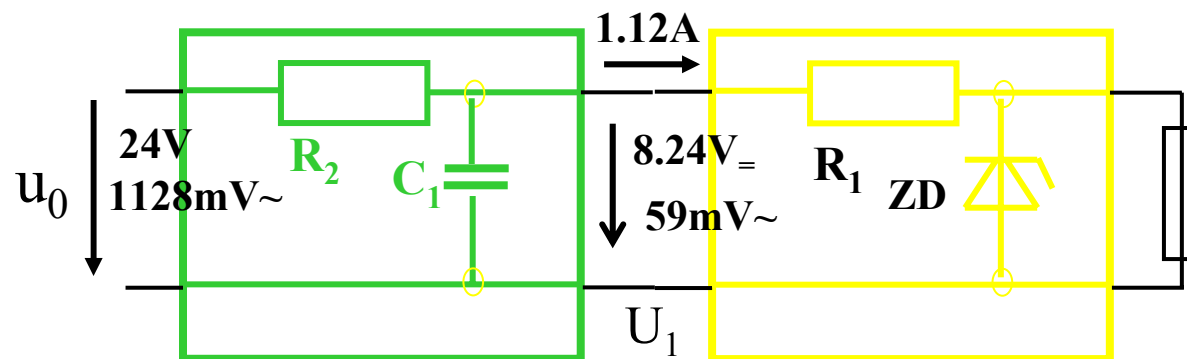
Vycházíme ze zvlnění na výstupu usměrňovače,  
předpokládáme  $f = 100 \text{ Hz}$  (můstkový usměrňovač).

$$p = \frac{K \cdot I_{vyst}}{C \cdot U_{ss}} \quad [\%; \quad s, mA, \mu F, V], \quad K = 300.$$

Odhad: volba  $C = 3G$ ,  $U_0 = 24V \Rightarrow$   
 $p = (300 \cdot 1120) / (24 \cdot 3000) = 4.7 \% \Rightarrow$

$\Rightarrow$  zvlnění na vstupu  $u_0 = 4.7 \cdot 24 / 100 = 1.128 \text{ V}$ ,  
 které musíme snížit  $\phi$ -krát:  $\phi = 1.128 / 0.059 = 19.1$

## Filtr



$\Rightarrow$  zvlnění na vstupu  $u_0 = 4.7 \cdot 24 / 100 = 1.128 \text{ V}$ ,  
které musíme snížit  $\phi$ -krát:  $\phi = 1.128 / 0.059 = 19.1$

$$U_{R2} = 24 - 8.24 = 15.76 \text{ V} \Rightarrow$$

$$R_2 = U_{R2} / I_1 = 15.76 / 1.12 = 14 \text{ } \Omega \rightarrow 15 \text{ } \Omega \text{ z řady jmen. hodnot}$$

$$P_{R2} = R_2 \cdot I^2 = 15 \cdot (1.12)^2 = 18.8 \text{ W} \Rightarrow R_2: 15 \text{ } \Omega / 25 \text{ W}$$

$$\text{Činitel filtrace RC filtru: } \phi = \omega \cdot C_1 \cdot R_2 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow C_1 = \phi / (2 \cdot \pi \cdot f \cdot R_2) = 19.1 / (2 \cdot \pi \cdot 100 \cdot 15) = 0.002 \text{ F} = 2 \text{ G/35V}$$

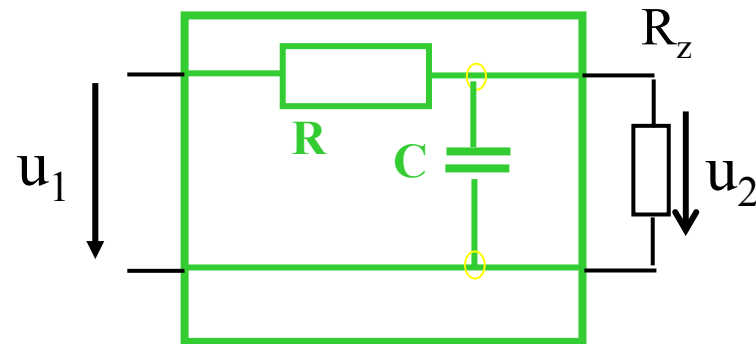
Vstupní ss napětí filtru:

$$U_0 = U_{R2} + U_1 = R_2 \cdot I_1 + U_1 = 15 \cdot 1.12 + 8.24 = 25 \text{ V}$$

## Činitel filtrace

$$\phi = \frac{u_1}{u_2}$$

## RC filtr

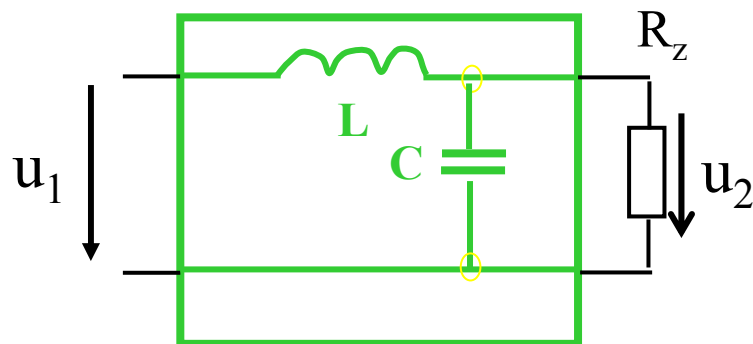


$$\phi = \frac{u_1}{u_2} = \frac{R + \frac{R_z / \omega C}{R_z + \frac{1}{\omega C}}}{\frac{R_z / \omega C}{R_z + 1 / \omega C}} \cong \omega \cdot R \cdot C$$

## Činitel filtrace

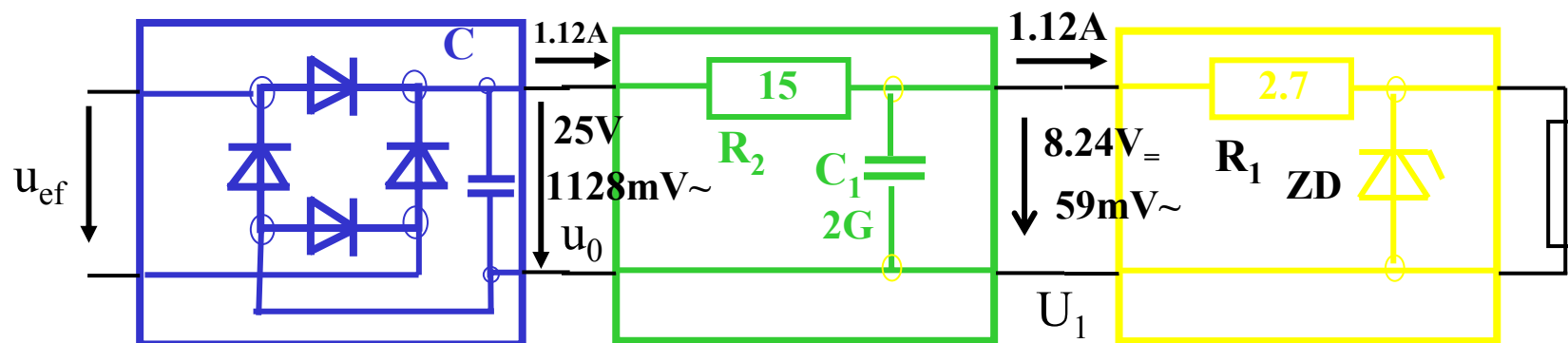
$$\phi = \frac{u_1}{u_2}$$

## LC filtr



$$\phi = \frac{u_1}{u_2} = \frac{\omega L + \frac{R_z / \omega C}{R_z + \frac{1}{\omega C}}}{\frac{R_z / \omega C}{R_z + 1 / \omega C}} \cong \omega^2 L \cdot C \Rightarrow \phi_L \gg \phi_C$$

# Usměrňovač



Již jsme zvolili  $C = 3G/35V$  ( $U_0 = 25V$ )

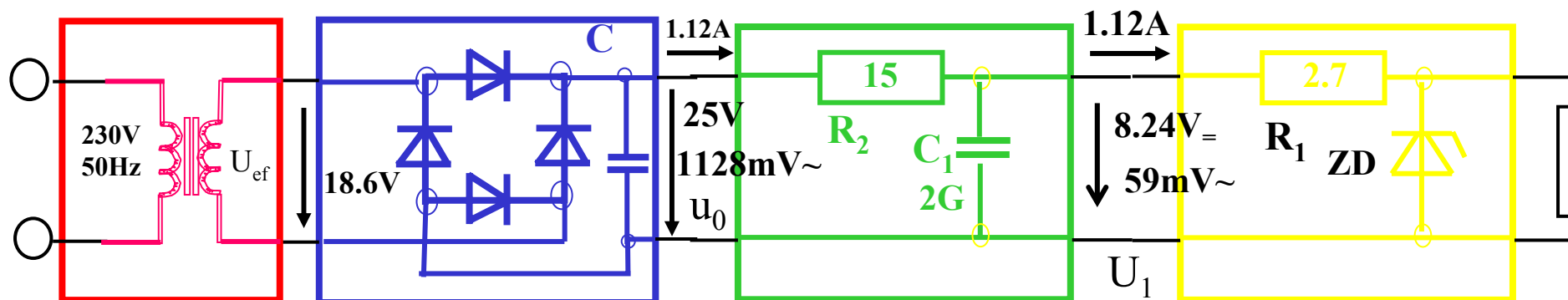
$$u_{ef} = (U_0 + 2 \cdot U_F) / \sqrt{2} = (25 + 2 \cdot 0.7) = 18.6 V$$

Volba diod: usměrňovací pro všeobecné použití

$$I_{FAV} = I_{výst} / 2 = 1.12 / 2 = 0.56 A$$

$$U_{RRM} = (U_0 + 2 \cdot U_F) = (25 + 2 \cdot 0.7) = 26.4 V$$

## Celkové schema zapojení



### Transformátor

Zadané parametry:

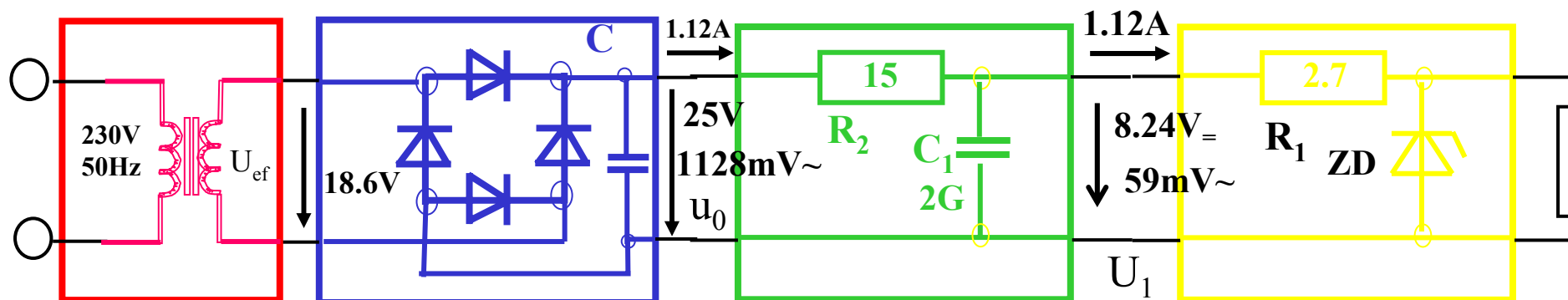
Primární napětí  $u_{1ef} = 230V$

Sekundární napětí  $u_{2ef} = 18.6\ V$

Přenášený výkon  $P = (U_C + U_D) \cdot I_{výst} = (25 + 1.4) \cdot 1.12 = 29.6\ W$



## Celkové schema zapojení



### Transformátor

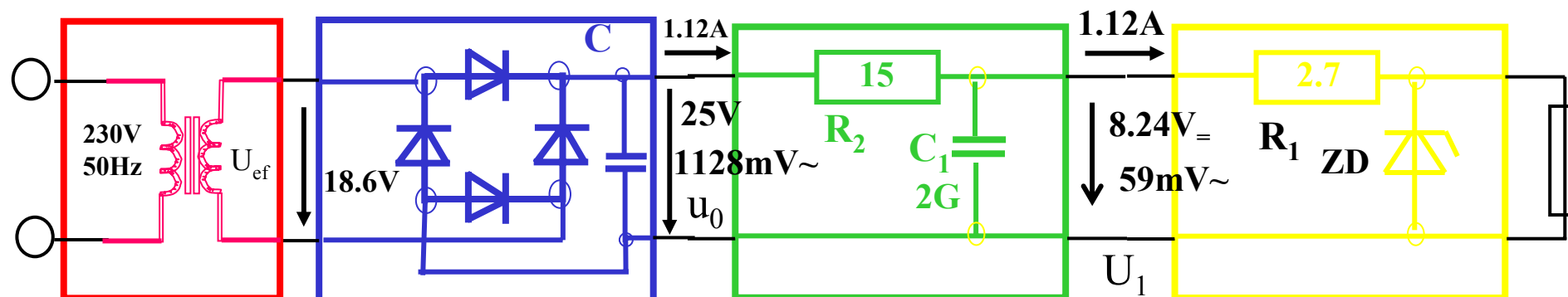
Vypočtené parametry:

Průřez středního sloupku  $\Rightarrow$  volba EI plechů

Počet závitů a průměr smaltovaných měděných vodičů primáru

Počet závitů a průměr smaltovaných měděných vodičů sekundáru

# Zdroj napětí – současný přístup



**ON Semiconductor®**

<http://onsemi.com>



TO-220-3  
T SUFFIX  
CASE 221A

Heatsink surface  
connected to Pin 2.



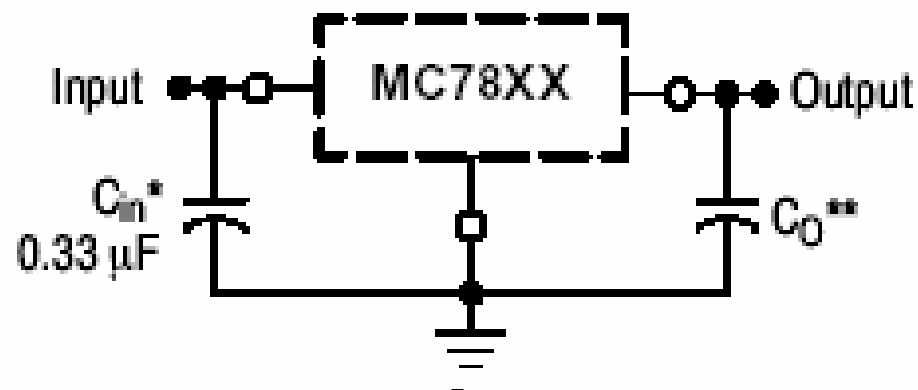
D<sup>2</sup>PAK-3  
D2T SUFFIX  
CASE 936

Pin 1. Input  
2. Ground  
3. Output

Heatsink surface (shown as terminal 4 in  
case outline drawing) is connected to Pin 2.



DPAK-3  
DT SUFFIX  
CASE 369A



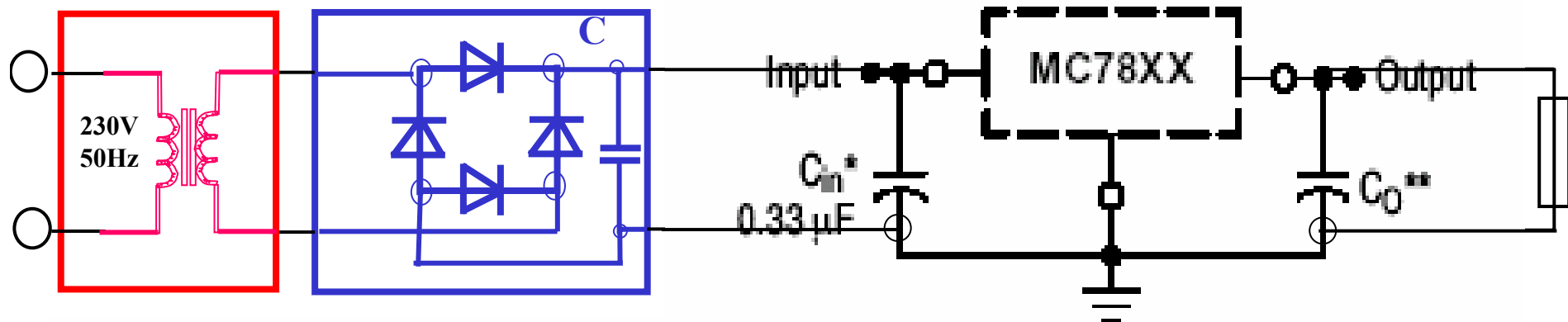
A common ground is required between the input and the output voltages. The input voltage must remain typically 2.0 V above the output voltage even during the low point on the input ripple voltage.

XX, These two digits of the type number indicate nominal voltage.

\*  $C_{in}$  is required if regulator is located an appreciable distance from power supply filter.

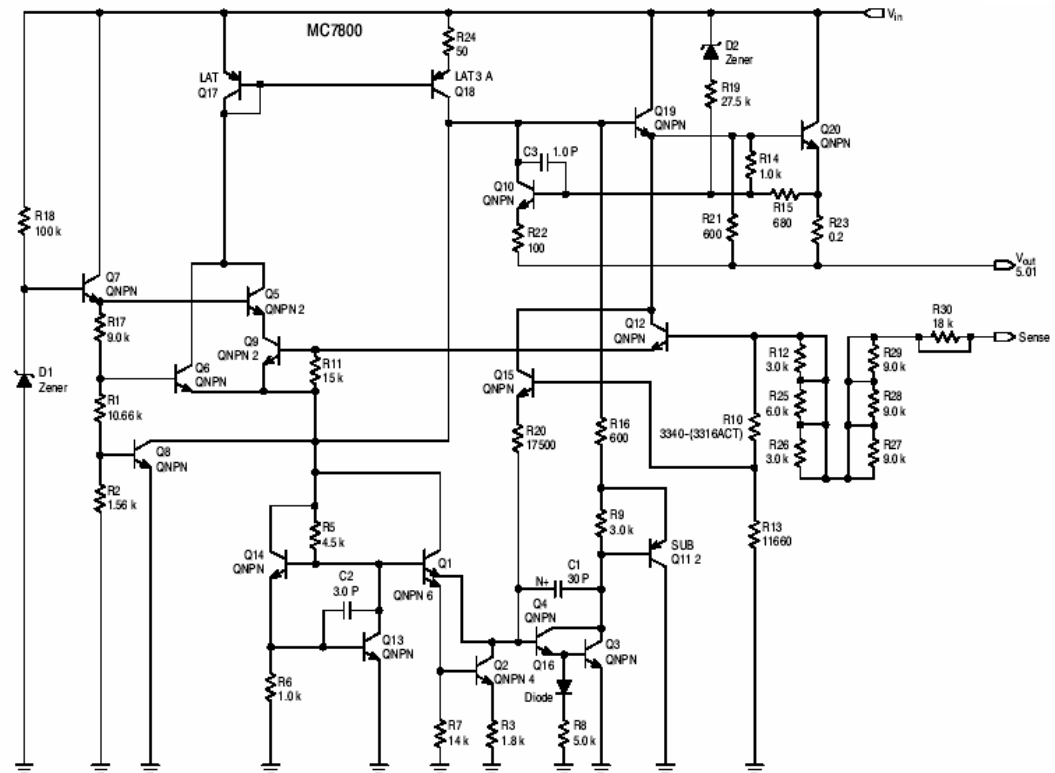
\*\*  $C_0$  is not needed for stability; however, it does improve transient response. Values of less than 0.1  $\mu F$  could cause instability.

# Zdroj napětí – současný přístup

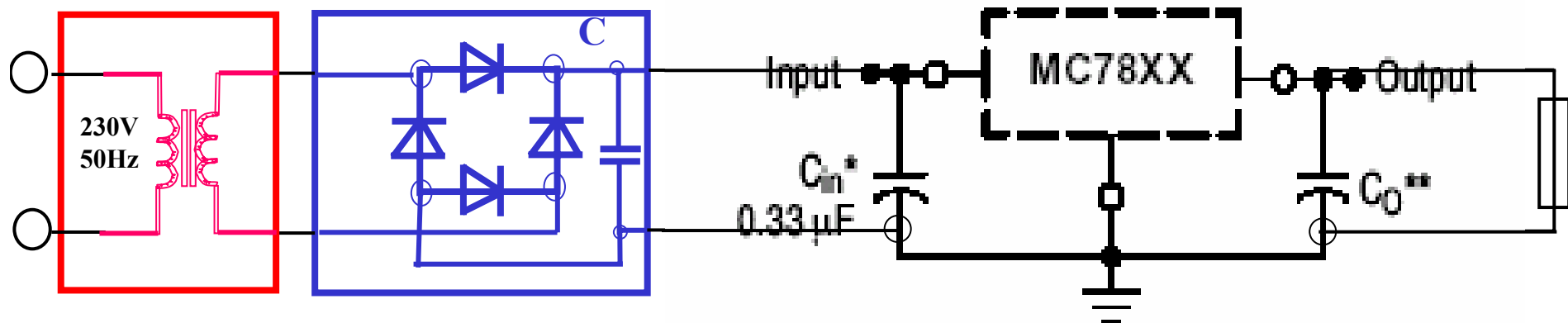


MAXIMUM RATINGS ( $T_A = 25^\circ\text{C}$ , unless otherwise noted.)

Rating	Symbol	Value	Unit
Input Voltage (5.0 – 18 V) (24 V)	$V_I$	35 40	Vdc
Power Dissipation			
Case 221A (TO-220-3) $T_A = 25^\circ\text{C}$	$P_D$	Internally Limited	W
Thermal Resistance, Junction-to-Ambient	$R_{\theta JA}$	65	$^\circ\text{C/W}$
Thermal Resistance, Junction-to-Case	$R_{\theta JC}$	5.0	$^\circ\text{C/W}$
Case 936 (D <sup>2</sup> PAK-3) $T_A = 25^\circ\text{C}$	$P_D$	Internally Limited	W
Thermal Resistance, Junction-to-Ambient	$R_{\theta JA}$	See Figure 14	$^\circ\text{C/W}$
Thermal Resistance, Junction-to-Case	$R_{\theta JA}$	5.0	$^\circ\text{C/W}$
Case 369A (DPAK-3) $T_A = 25^\circ\text{C}$	$P_D$	Internally Limited	W
Thermal Resistance, Junction-to-Ambient	$R_{\theta JA}$	92	$^\circ\text{C/W}$
Thermal Resistance, Junction-to-Case	$R_{\theta JC}$	5.0	$^\circ\text{C/W}$
Storage Junction Temperature Range	$T_{stg}$	-65 to +150	$^\circ\text{C}$
Operating Junction Temperature	$T_J$	+150	$^\circ\text{C}$



## Zdroj napětí – současný přístup



Quiescent Current	I <sub>B</sub>	-	3.2	8.0	-	3.2	6.5	mA
Quiescent Current Change 7.0 Vdc ≤ V <sub>in</sub> ≤ 25 Vdc 5.0 mA ≤ I <sub>O</sub> ≤ 1.0 A (T <sub>A</sub> = 25°C)	ΔI <sub>B</sub>	-	-	-	-	0.3 0.08	1.0 0.8	mA
Ripple Rejection 8.0 Vdc ≤ V <sub>in</sub> ≤ 18 Vdc, f = 120 Hz	RR	-	68	-	62	83	-	dB

$$RR = 20 \cdot \log \frac{u_{in}}{u_{out}} (dB)$$

$$u_{in} = u_{out} \cdot 10^{\frac{RR}{20}} = u_{out} \cdot 10^{\frac{62}{20}} = u_{out} \cdot 1259$$

## Zdroj napětí se 78xx

Quiescent Current	$I_B$	–	3.2	8.0	–	3.2	6.5	mA
Quiescent Current Change $7.0 \text{ Vdc} \leq V_{in} \leq 25 \text{ Vdc}$ $5.0 \text{ mA} \leq I_Q \leq 1.0 \text{ A}$ ( $T_A = 25^\circ\text{C}$ )	$\Delta I_B$	–	–	–	–	0.3 0.08	1.0 0.8	mA
Ripple Rejection $8.0 \text{ Vdc} \leq V_{in} \leq 18 \text{ Vdc}$ , $f = 120 \text{ Hz}$	RR	–	68	–	62	83	–	dB

$$u_{in} = u_{out} \cdot 10^{\frac{RR}{20}} = u_{out} \cdot 10^{\frac{62}{20}} = 0.025 \cdot 1259 = 31V$$

Splněno vždy...

$$p = \frac{K \cdot I_{vyst}}{C \cdot U_{ss}} \quad [\% ; \quad s, mA, \mu F, V], \quad K = 300.$$

Pro  $C = 1G$ ,  $U_0 = 10V \Rightarrow p = (300 \cdot 1100) / (10 \cdot 1000) = 33 \% \sim 3.3V$

$$u_{out} = \frac{u_{in}}{10^{\frac{RR}{20}}} = \frac{3.3}{1259} = 2.6 mV$$

konec