



# TREĆE PREDAVANJE

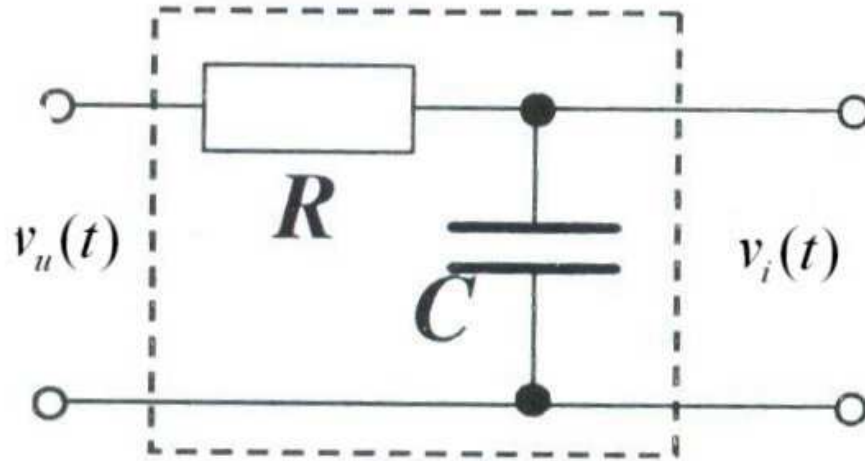
**KOLA ZA INTEGRALJENJE I  
DIFERENCIRANJE  
TRANSFORMATORI, RELEA I  
KRISTAL KVARCA**

# RC KOLO ZA INTEGRACIJU

$$i(t) = C \frac{dv_i(t)}{dt}$$

$$i(t) = \frac{v_u(t) - v_i(t)}{R}$$

$$\underbrace{RC}_{\tau} \frac{dv_i(t)}{dt} + v_i(t) = v_u(t)$$



$$\tau = RC$$

# RC KOLO ZA INTEGRACIJU

- **ULAZNI SIGNAL**  
 $v_u(t) = Vh(t) \quad h(t) = \begin{cases} 0, t < 0 \\ 1, t \geq 0 \end{cases}$

- **IZLAZNI SIGNAL**

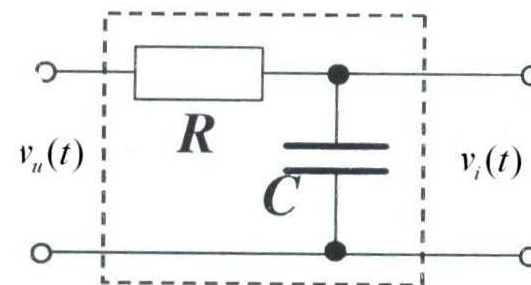
$$v_i(t) = v_i(\infty) + [v_i(0) - v_i(\infty)]e^{-\frac{t}{\tau}}$$

$$v_i(t) = V(1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$$

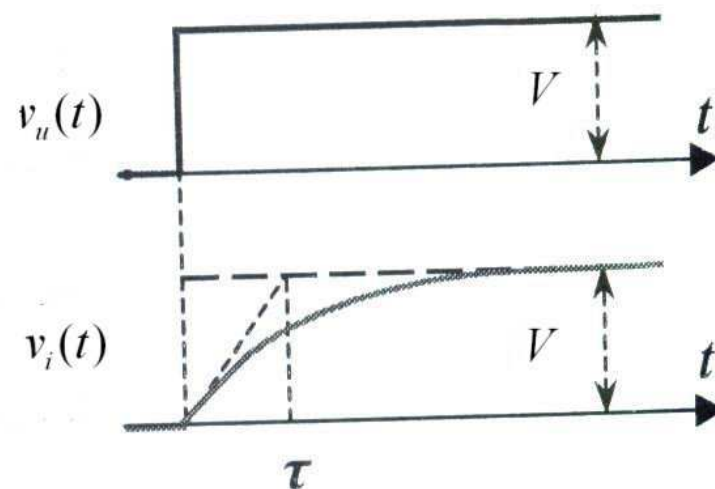
- **$\tau = RC$  – VREMENSKA KONSTANTA**

**NAPON NA IZLAZU DOSTIGNE  
NAPONA NA ULAZU ZA  $\sim 4.7 \tau$**

**SMATRA SE DA JE NAPON NA IZLAZU DOSTIGAO  
KTAJNJU VREDNOST ZA  $5\tau$ - $10\tau$**



$$\tau = RC$$



# RC INTEGRATOR

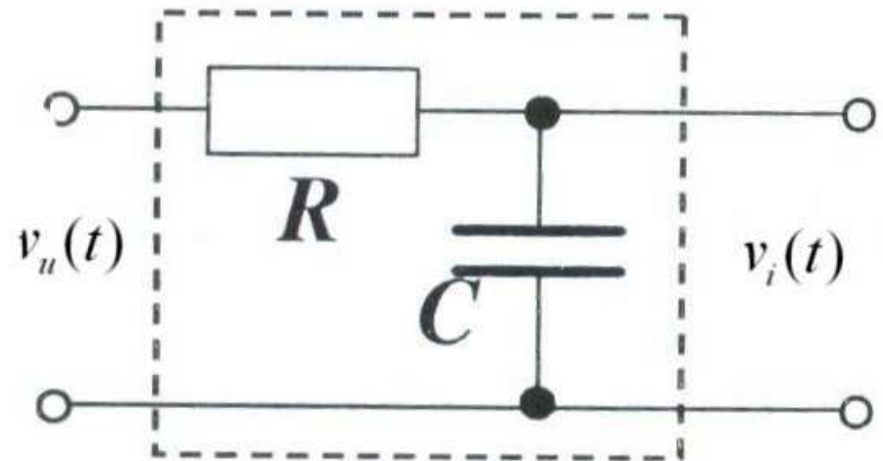
$$v_i(t) = \frac{1}{C} \int \frac{v_u(t) - v_i(t)}{R} dt$$

- ZA

$$v_i(t) \ll v_u(t)$$

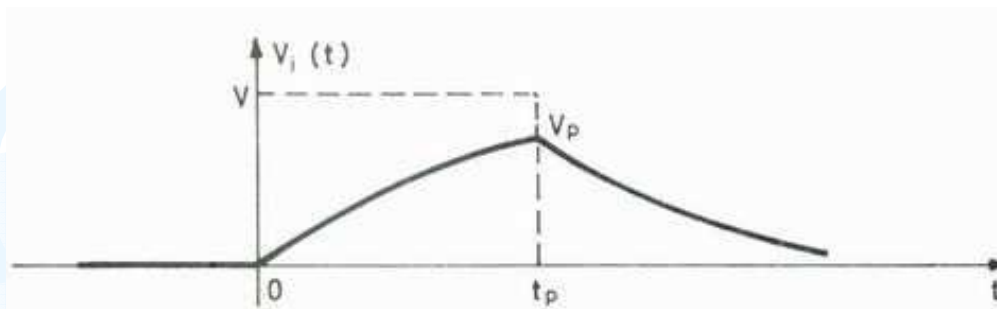
- IZLAZNI SIGNAL

$$v_i(t) = \frac{1}{\tau} \int v_u(t) dt$$

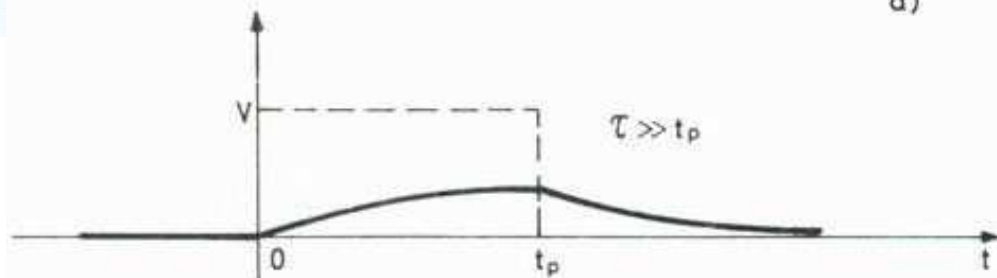


$$\tau = RC$$

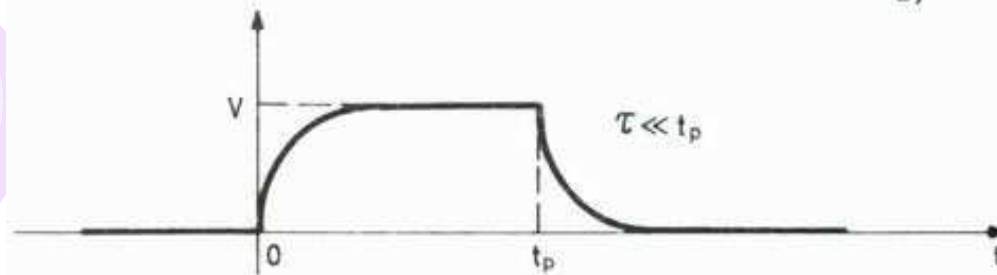
# • ODZIV RC KOLA NA IMPULSNU POBUDU



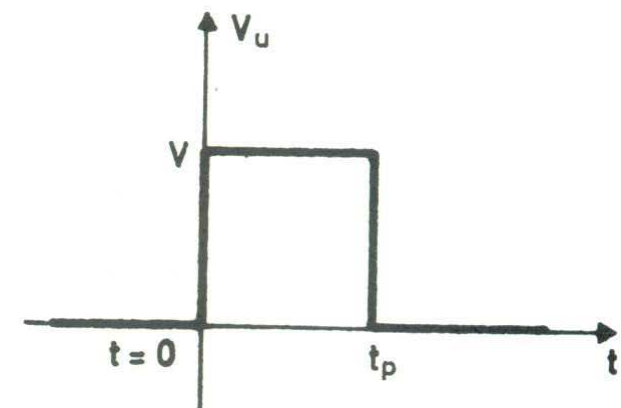
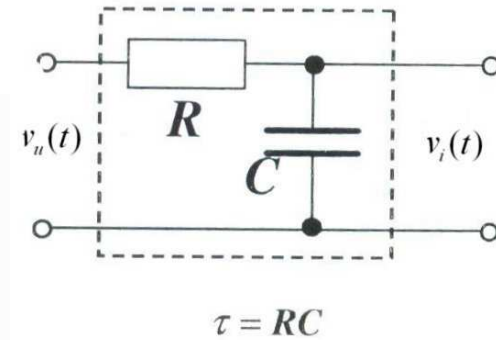
a)



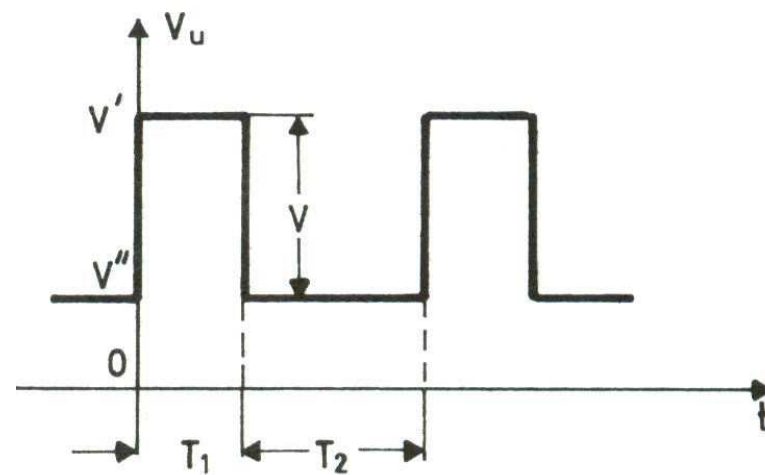
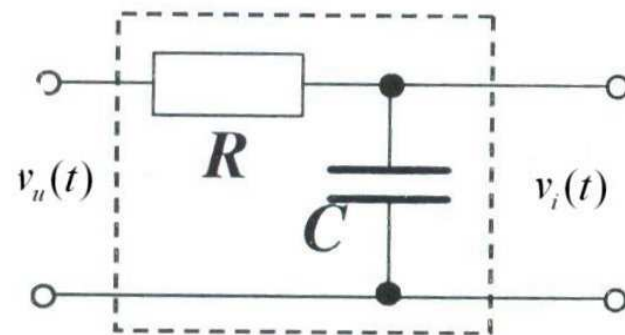
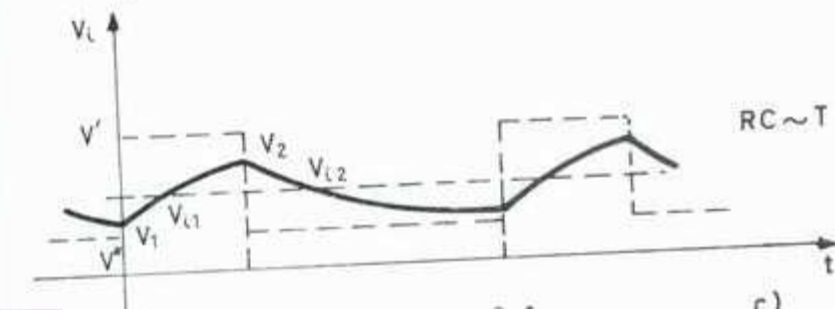
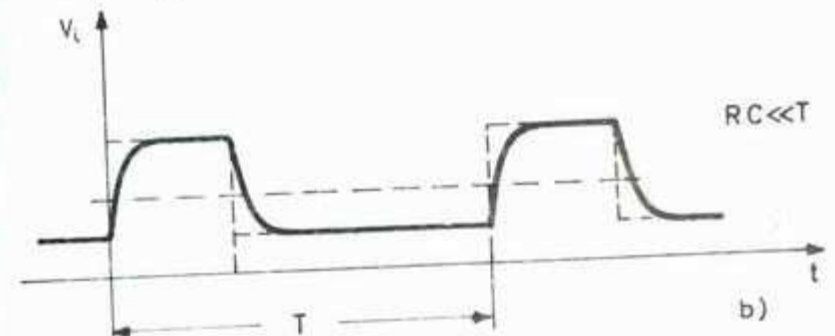
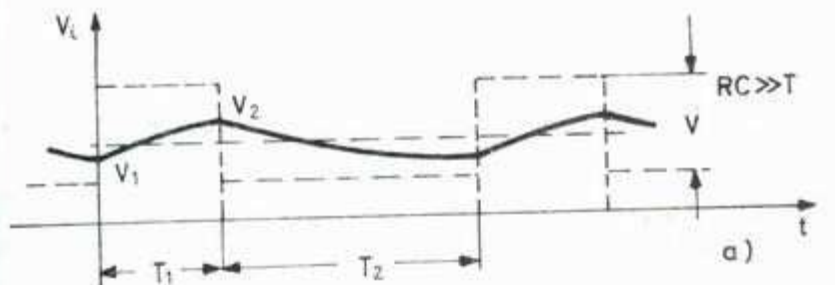
b)



c)



# ODZIV RC KOLA NA POVORKU IMPULSA



# RC KOLO ZA DIFERENCIRANJE

$$v_i(t) = Ri(t)$$

$$i(t) = C \frac{dv_c(t)}{dt}$$

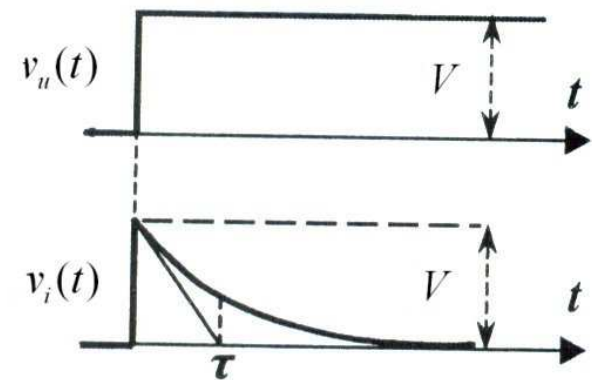
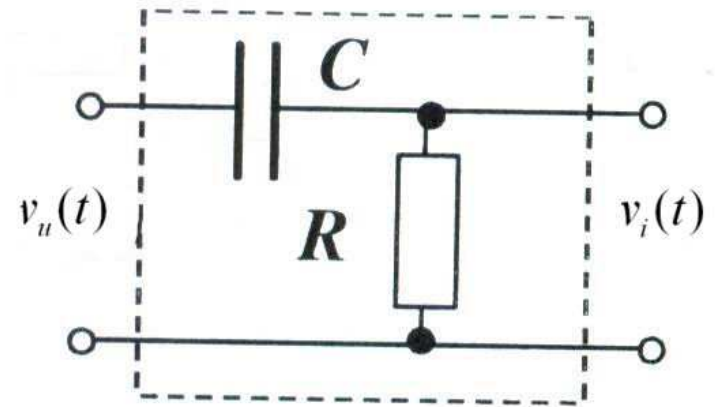
$$v_i(t) = RC \frac{d(v_u(t) - v_i(t))}{dt}$$

$$\underbrace{RC}_{\tau} \frac{dv_i(t)}{dt} + v_i(t) = \underbrace{RC}_{\tau} \frac{dv_u(t)}{dt}$$

$$v_i(t) \ll v_u(t)$$

$$v_i(t) \approx RC \frac{dv_u(t)}{dt}$$

- **$\tau = RC$  – VREMENSKA KONSTANTA**



# KOLO ZA DIFERENCIRANJE

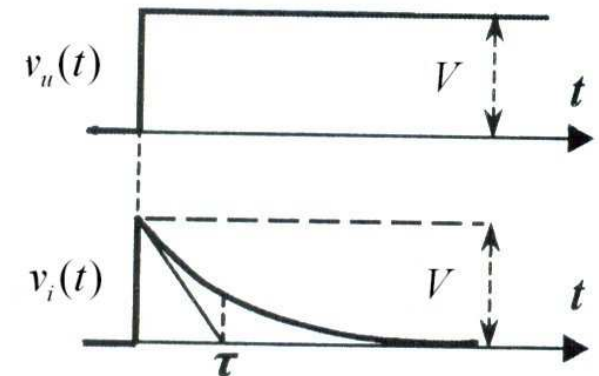
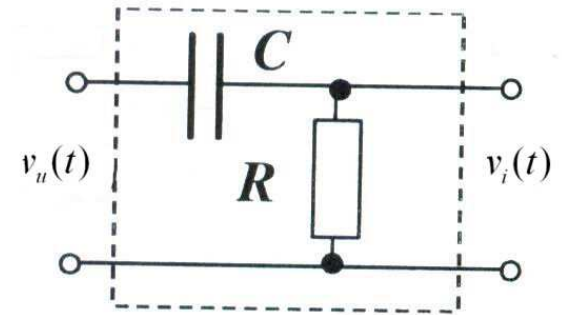
- ULAZNI SIGNAL

$$v_i(t) = Vh(t) \quad h(t) = \begin{cases} 0, & t < 0 \\ 1, & t \geq 0 \end{cases}$$

- IZLAZNI SIGNAL

$$v_i(t) = v_i(\infty) + [v_i(0) - v_i(\infty)]e^{-\frac{t}{\tau}}$$

$$v_i(t) = Ve^{-\frac{t}{\tau}}$$

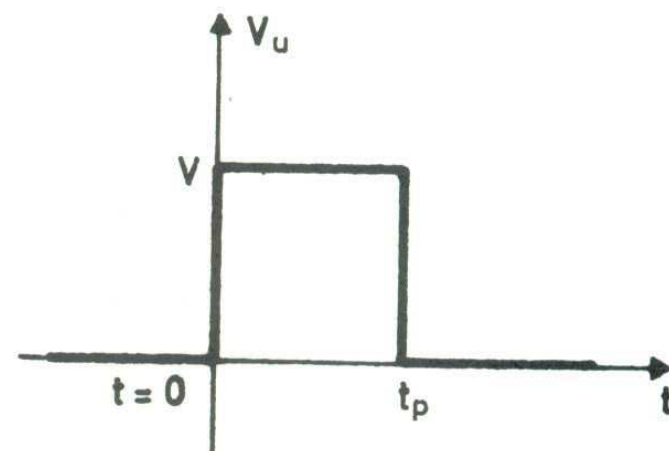
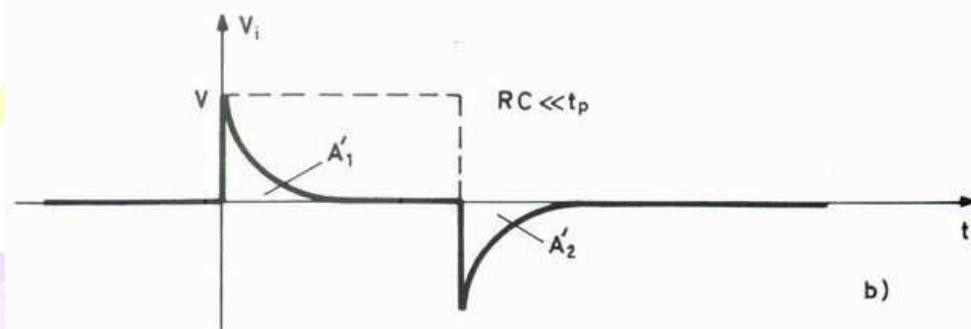
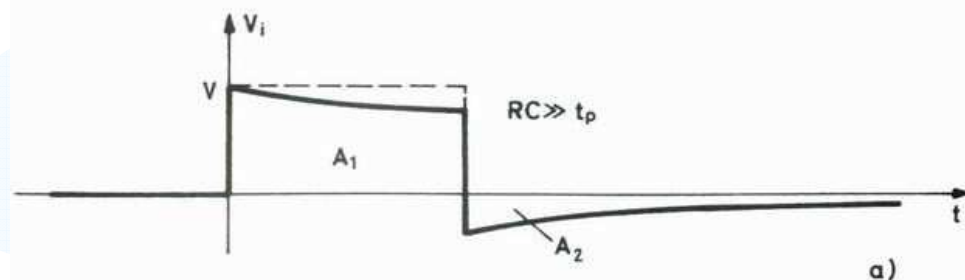
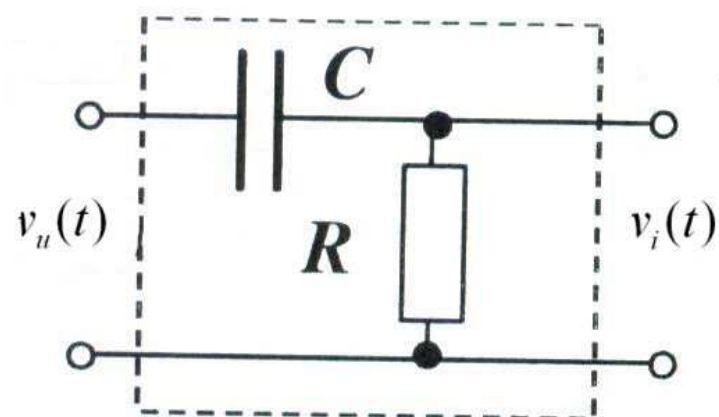


- NAPON NA IZLAZU OPADNE NA  $0.01 \cdot V$  ZA  $\sim 4.7\tau$

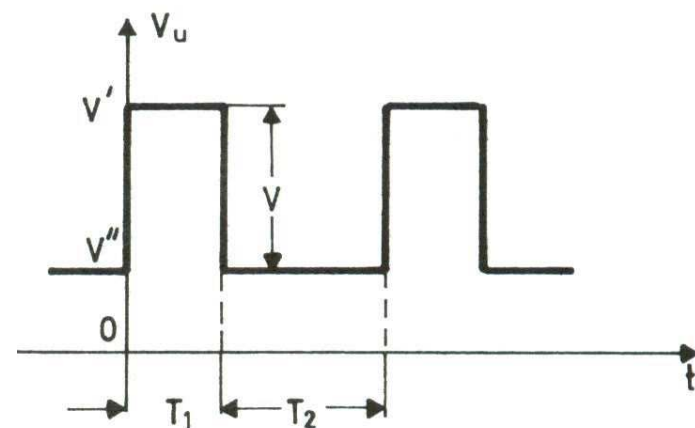
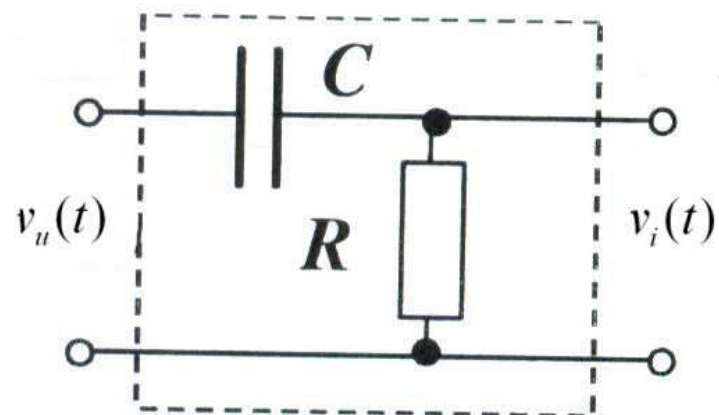
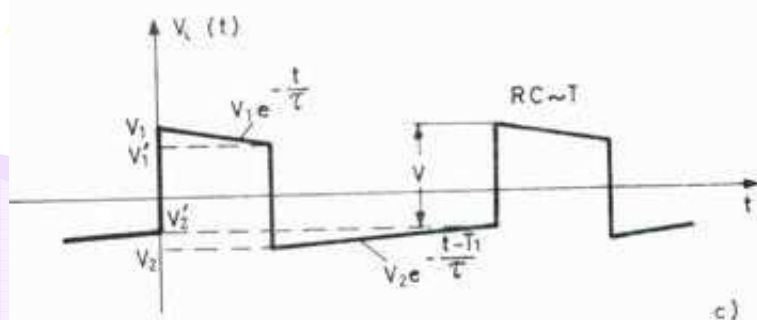
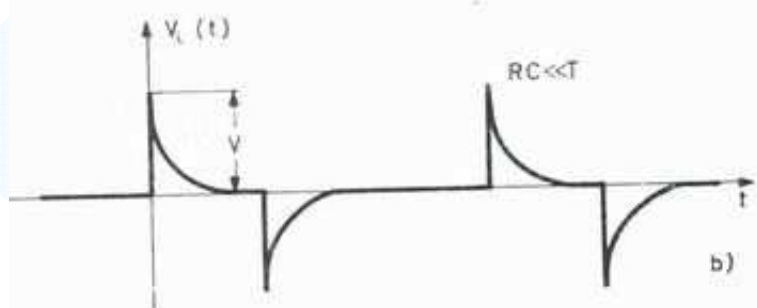
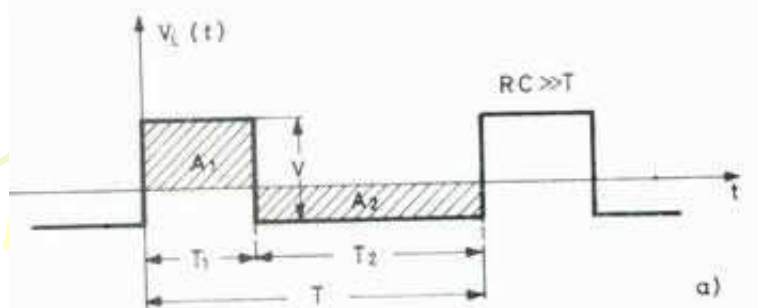
SMATRA SE DA NAPON NA IZLAZU DOSTIGNE  
KRAJNJU VREDNOST POSLE  $5\tau$ - $10\tau$



# ODZIV CR KOLA NA IMPULSNU POBUDU



# ODZIV CR KOLA NA POVORKU IMPULSA



# RC KOLO PROSTOPERIODIČAN REŽIM

- PRI POBUDU  $u_i(t) = U \sin(2\pi ft)$
- IZLAZ:  $u_o(t) = U_o \sin(2\pi ft + \varphi)$
- NAPON NA ULAZU I IZLAZU SE ODNOSI:

$$\frac{U_o(j\omega)}{U_i(j\omega)} = \frac{1}{R + \frac{1}{j\omega C}} = \frac{j\omega C}{1 + j\omega RC}$$

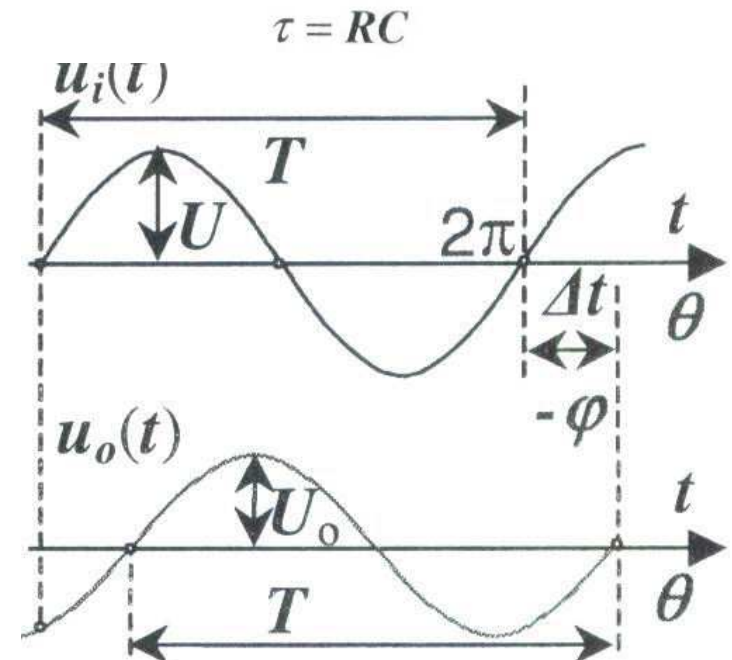
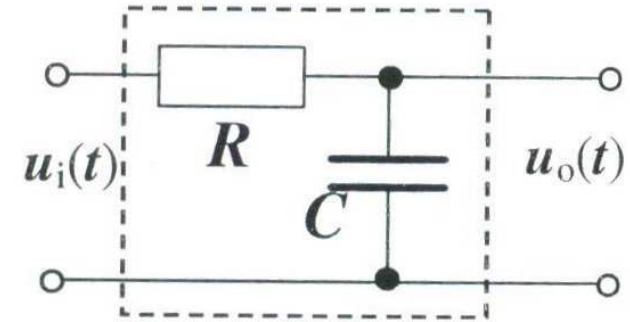
$$|U_o(j\omega)| = \frac{1}{\sqrt{1 + (\omega RC)^2}} |U_i(j\omega)|$$

$$\varphi = -\arctg(\omega RC)$$

- ZA RC BESKONAČNO VELIKO

$$\varphi = -\frac{\pi}{2}$$

- KOLO SE PONAŠA KAO INTEGRATOR ZA
- VELIKE VREDNOSTI RC



# CR KOLO PROSTOPERIODIČNA POBUDA

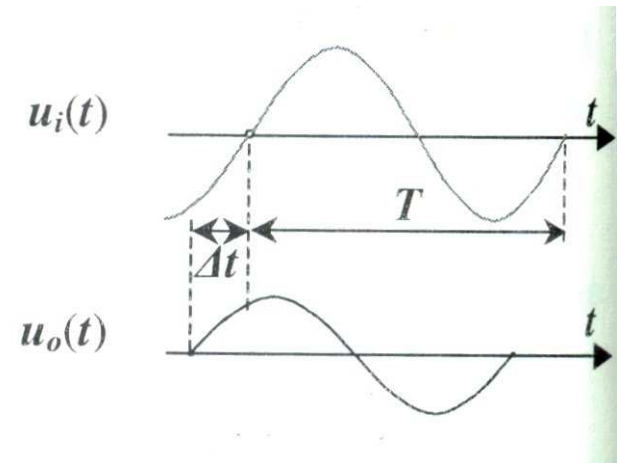
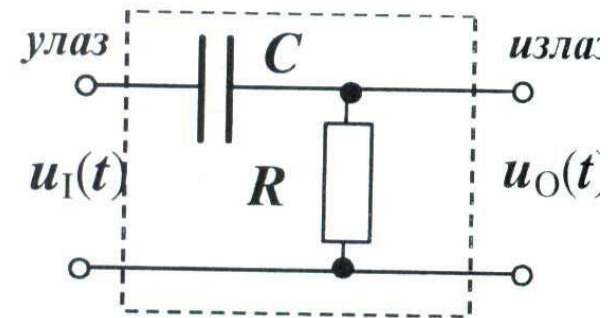
- ZA POBUDU  $u_i(t) = U \sin(2\pi ft)$
- IZLAZ  $u_o(t) = U_o \sin(2\pi ft + \varphi)$
- NAPON NA IZLAZU I ULAZU SE ODNOSI

$$\frac{U_o(j\omega)}{U_i(j\omega)} = \frac{R}{R + \frac{1}{j\omega C}} = \frac{j\omega RC}{1 + j\omega RC}$$

- ZA  $RC=0$   $|U_o(j\omega)| = \sqrt{\frac{(\omega RC)^2}{1 + (\omega RC)^2}} |U_i(j\omega)|$

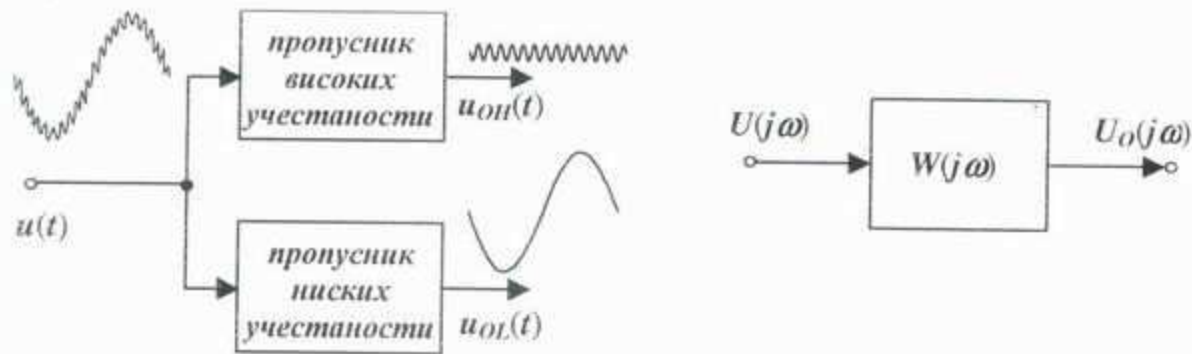
$$\varphi = \arctg\left(\frac{1}{\omega RC}\right)$$

- $\varphi = \pi/2$  KOLO SE PONAŠA KAO DIFERENCIJATOR ZA MALE VREDNOSTI  $\tau$



# RC I CR KOLO KAO FILTRI

- FILTER JE FREKVENCIJSKI SELEKTIVNO KOLO KOJE PROPUŠTA SIGNALS U ODREĐENOM FREKVENCIJSKOM OPSEGU, A SLABI SIGNALS SVIH DRUGIH UČESTANOSTI



- FILTRI SE OPISUJU KOMPLEKSNOM VELIČINOM  $W(j\omega)$ , KOJA POKAZUJE DELOVANJE KOLA NA AMPLITUDU I FAYU SIGNALA I NAZIVA SE **FREKVENCIJSKA KARAKTERISTIKA**

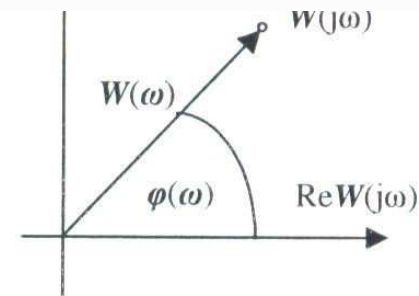
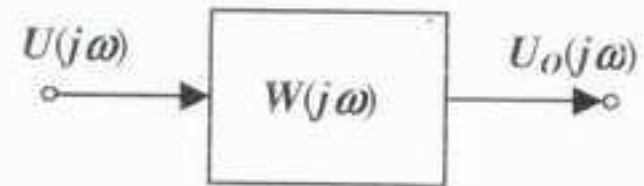
$$W(j\omega) = W(\omega)e^{j\varphi(\omega)}$$

- MODULO FREKVENCIJSKE KARAKTERISTIKE  $W(j\omega)$  JE AMPLITUDSKA FREKVENCIJSKA KARAKTERISTIKA KOJA OPISUJE ZAVISNOST ODNOSA AMPLITUDA IZLAZNOG I ULAZNOG SIGNALA

$$W(\omega) = |W(j\omega)| = \frac{U_o(\omega)}{U(\omega)}$$

- ARGUMENT FREKVENCIJSKE KARAKTERISTIKE  $\varphi(j\omega)$  JE FAZNA KARAKTERISTIKA KOLA I OPISIJE ZAVISNOST RAZLIKE FAZA IZLAZNOG I ULAZNOG SIGNALA:

$$\varphi(\omega) = \arg(W(j\omega)) = \arg(U_o(j\omega)) - \arg(U(j\omega))$$



$$W(j\omega) = \text{Re}(\omega) + j \text{Im}(\omega)$$

$$W(\omega) = |W(j\omega)| = \sqrt{\text{Re}^2 + \text{Im}^2}$$

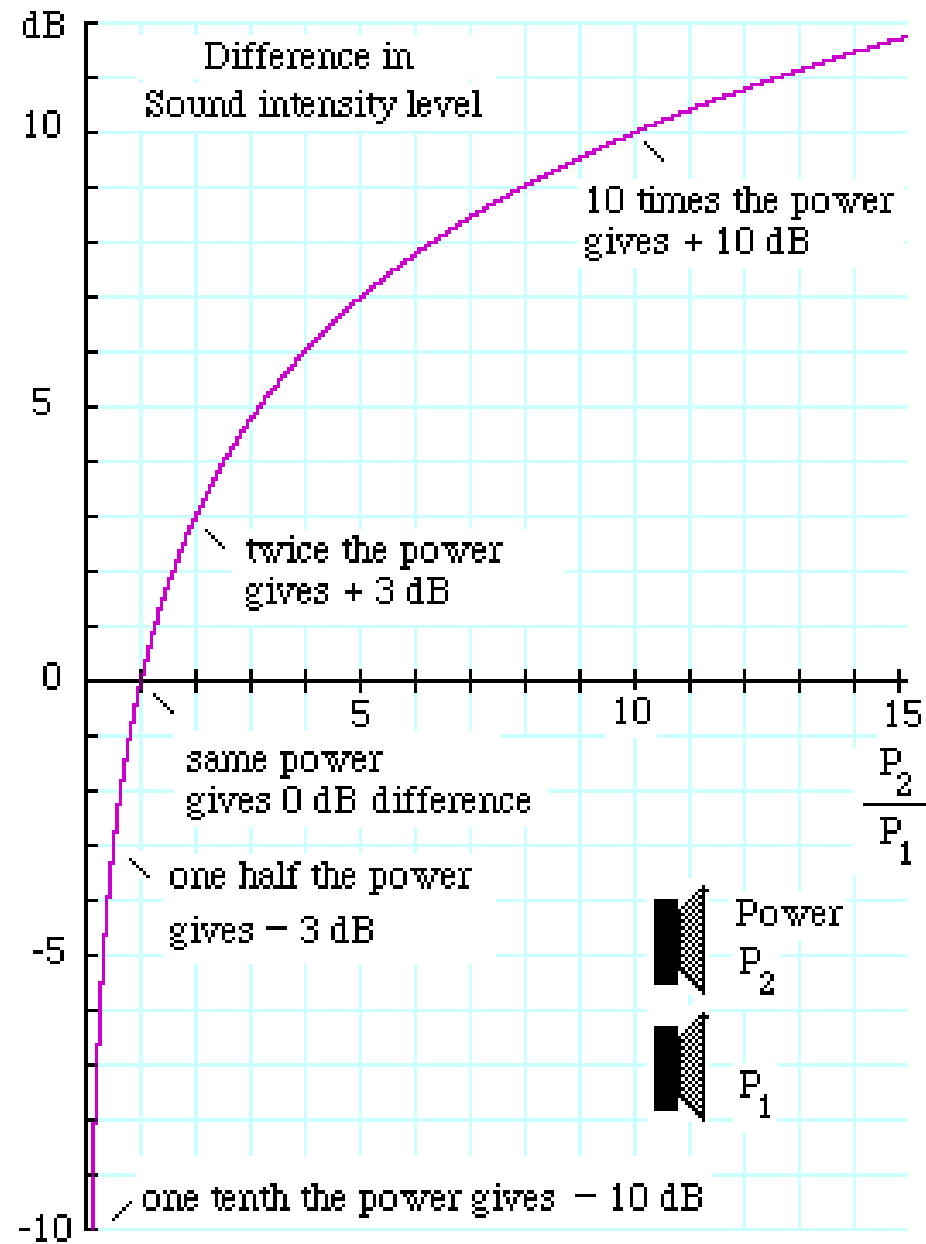
$$\varphi(\omega) = \arg W(j\omega) = \arctg \frac{\text{Im}(\omega)}{\text{Re}(\omega)}$$

- LOGARITAMSKA AMPLITUDSKA KARAKTERISTIKA:

$$W_L(\omega) = 20 \log_{10} W(\omega)$$

- IZRAŽAVA SE U **DECIBELIMA (dB)**
- GRAFIČKI PRIKAZ LOGARITAMSKE AMPLITUDSKE KARAKTERISTIKE I FAZNE KARAKTERISTIKE SA LOGARITAMSKOM SKALOM ZA UČESTANOST NAZIVAJU SE **BODEOVI DIJAGRAMI**
- **dB-** LOGARITAMSKA JEDINICA KOJA OPISUJE ODNOS DVEJU VELIČINA
- KORISTI SE U ELEKTRONICI, TELEKOMUNIKACIJAMA, AKUSTICI
- AKO JE U PITANJU ODNOS SNAGA:

$$10 \log_{10} \left( \frac{P_2}{P_1} \right)$$





# RC KOLO KAO FILTER PROPUSNIK NISKIH UČESTANOSTI

- FREKVENCIJSKA KARAKTERISTIKA KOLA

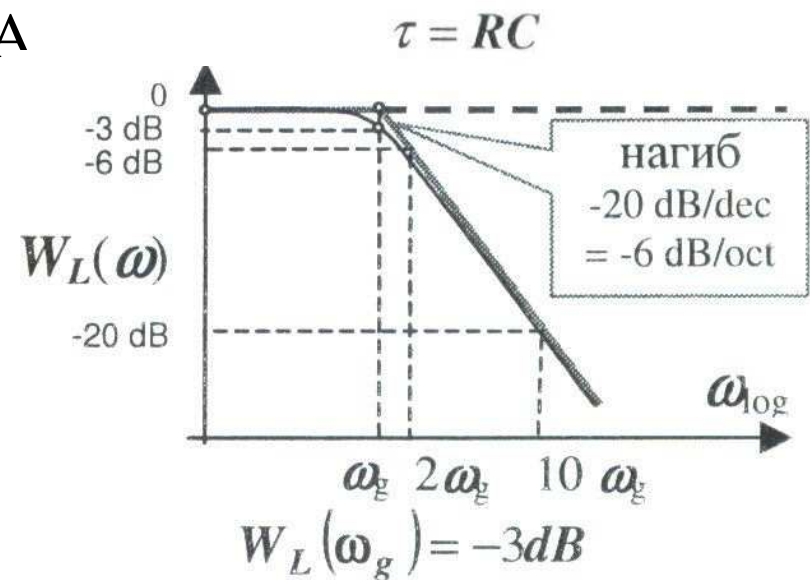
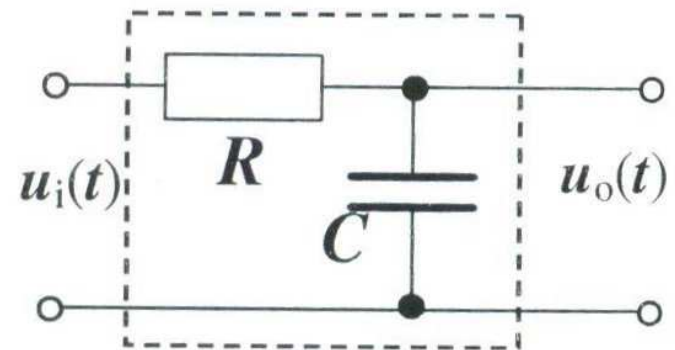
$$W(j\omega) = \frac{1}{R + \frac{1}{j\omega C}} = \frac{1}{1 + j\omega RC}$$

AMPLITUDSKA KARAKTERISTIKA

$$W(\omega) = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{\omega}{\omega_g}\right)^2}} \omega_g = \frac{1}{RC}$$

FAZNA KARAKTERISTIKA

$$\varphi(\omega) = -\arctg\left(\frac{\omega}{\omega_g}\right)$$



# CR KOLO KAO FILTER PROPUSNIK VISOKIH UČESTANOSTI

- FREKVENCIJSKA KARAKTERISTIKA

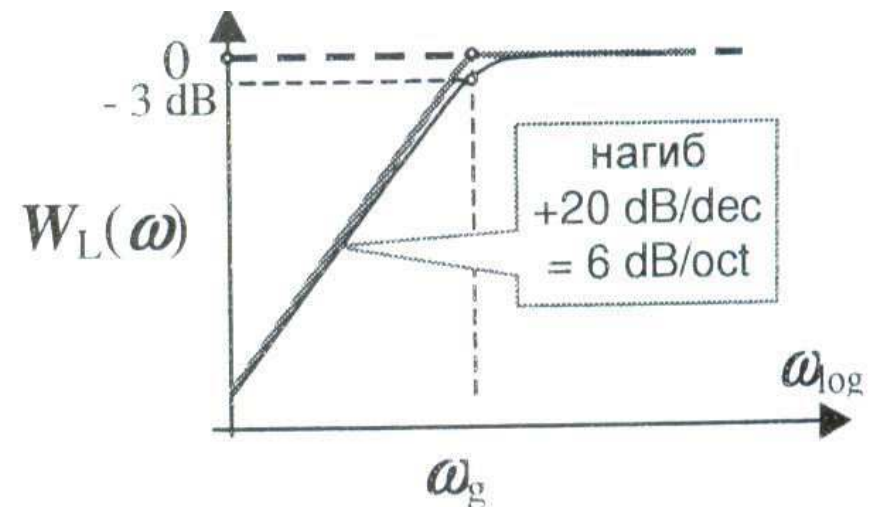
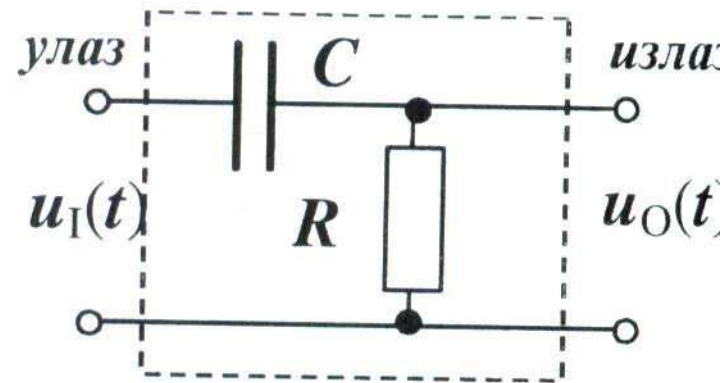
$$W(j\omega) = \frac{R}{R + \frac{1}{j\omega C}} = \frac{j\omega RC}{1 + j\omega RC}$$

- AMPLITUDSKA KARAKTERISTIKA

$$W(\omega) = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{\omega_g}{\omega}\right)^2}}, \quad \omega_g = \frac{1}{RC}$$

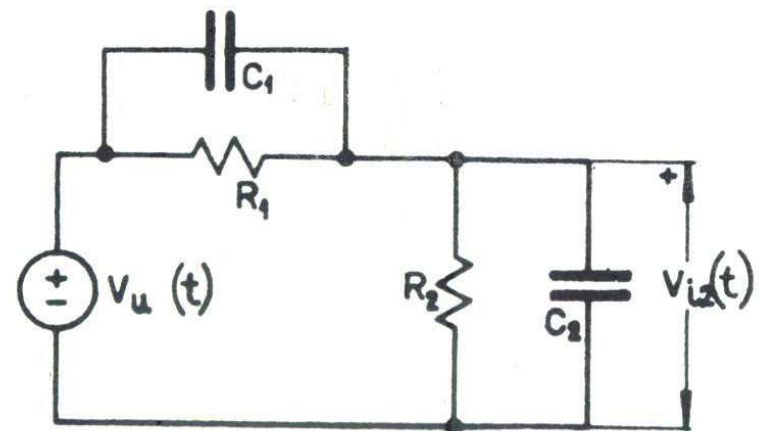
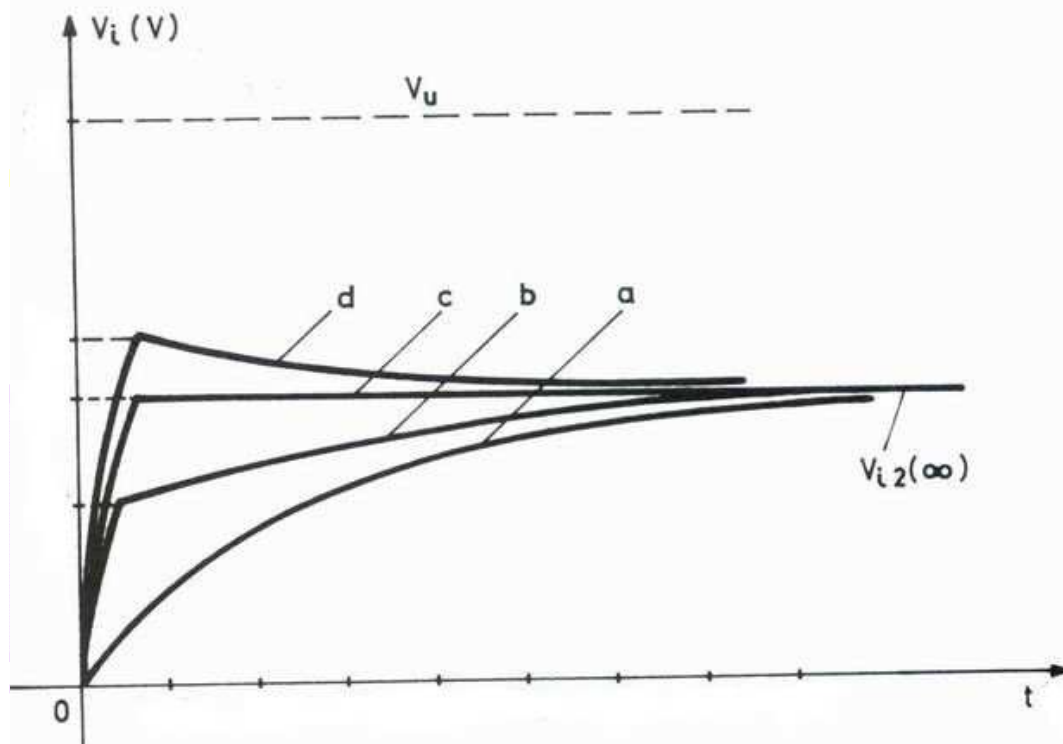
- FAZNA KARAKTERISTIKA

$$\varphi(\omega) = -\arctg\left(\frac{\omega_g}{\omega}\right)$$

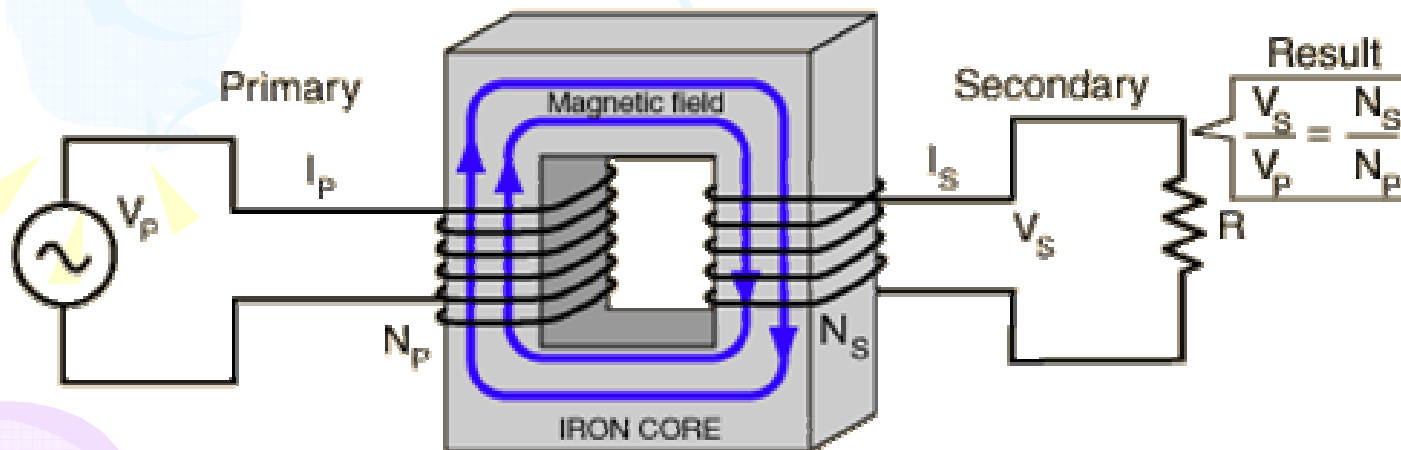


# KOMPENZOVANI RAZDELNIK NAPONA

- A- BEZ KOMPENZACIJE
- B- NEDOVOLJNA KOMPENZACIJA
- C-POTPUNA KOMPENZACIJA
- D-PREKOMPENZACIJA

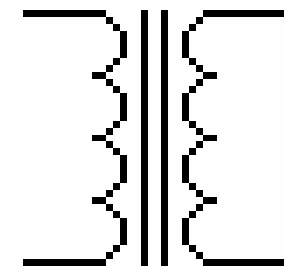
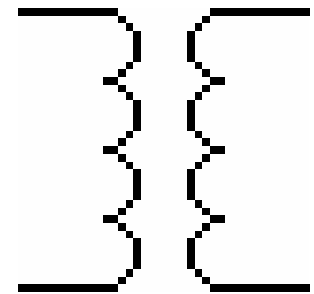


# TRANSFORMATORI



Result

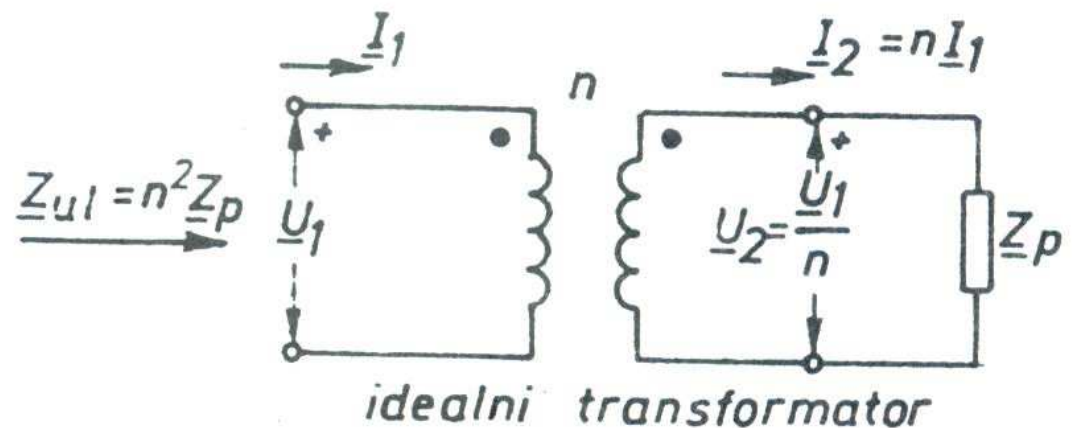
$$\frac{V_s}{V_p} = \frac{N_s}{N_p}$$



# IDEALAN (SAVRŠEN) TRANSFORMATOR

- ZANEMARENA OTPORNOST PRIMARA I SEKUNDARA
- NEMA RASIPNOG FLUKSA
- NE POSTOJE GUBICI U JEZGRU

$$n = \frac{N_1}{N_2}, \frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2}, \frac{I_1}{I_2} = \frac{N_2}{N_1}$$



- $n$ - PRENOSNI BROJ TRANSFORMATORA

# REALAN TRANSFORMATOR

- NAMOTAJI REALNOG TRANSFORMATORA IMAJU IZVESNE ELEKTRIČNE OTPORNOSTI
- POSTOJI RASIPNI FLUKS (KOJI SE MODELUJE KAO RASIPNA INDUKTIVNOST PRIMARA I SEKUNDARA)
- KADA TRANSFORMATOR RADI U REŽIMU PRAZNOG HODA ZA ODRŽAVANJE FLUKSA KROZ JEZGRO POTREBNA JE NEKA STRUJA-STRUJA MAGNEĆENJA
- GUBICI U JEZGRU – GUBICI USLED VIHORNIH STRUJA, USLED HISTEREZISA
- IZNAD 500 Hz DOLAZE DO IZRAŽAJA I PARAZITNE KAPACITIVNOSTI

# TRANSFORMATORSKA JEZGRA

- PREDSTAVLJAJU PUTANJU MALE MAGNETNE OTPORNOSTI ZA ZAJEDNIČKI FLUKS PRIMARA I SEKUNDARA, ODNOSNO OMOGUĆAVAJU BOLJU SPREGU I BOLJI PRENOS ENERGIJE
- DA BI SE SMANJILI GUBICI USLED HISTEREZISA KORISTE SE MATERIJALI SA USKOM HISTEREZISNOM PETLJOM
- **DA BI SE SMANJILI GUBICI USLED VIHORNIH STRUJA KORISTE SE MATERIJALI SA VELIKOM VREDNOŠĆU SPECIFIČNE OTPORNOSTI** (ZA MREŽNE FILTRE KORISTE SELEGURE GVOŽĐA I SILICIJUMA ILI NIKLA A **ZA VISOKE FREKVENCije FERITI**
- **PRI OSTOJ SNAZI SA POVEĆANJEM UČESTANOSTI JEZGRO TRANSFORMATORA SE SMANJUJE**

# VRSTE TRANSFORMATORA

- MREŽNI TRANSFORMATORI (RADE NA UČETANOSTI 50 Hz)
- NISKOFREKVENTNI TRANSFORMATORI ( RADE NA UČESTANOSTIMA OD 20 Hz – 20000 Hz)
- VISOKOFREKVENTNI TRANSFORMATORI (UČESTANOSTI VEĆE OD 10 KHz)
- IMPULSNI TRANSFORMATORI – ŠIROKOPOJASNI TRANSFORMATOR PROJEKTOVAN DA ŠTO VERNIJE PRENOSI IMPULSE

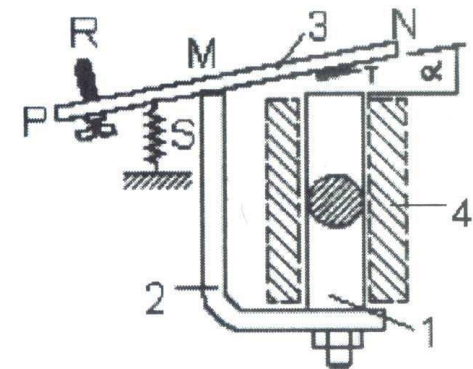
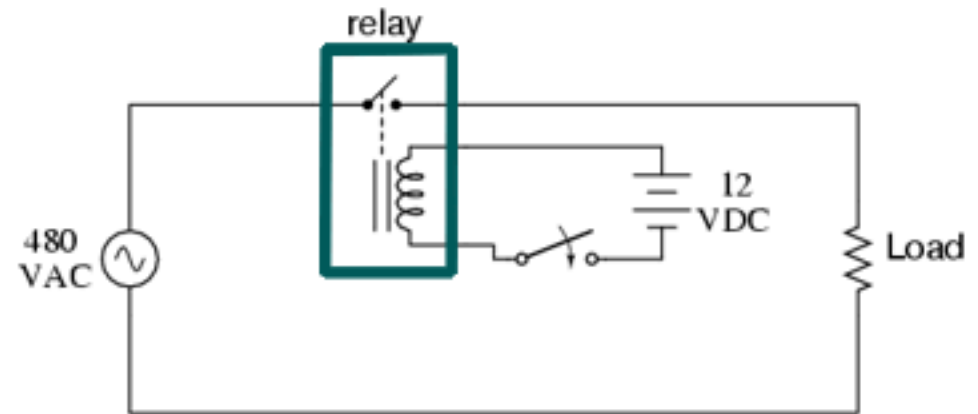


# RELEA

- ELEKTRIČNE KOMPONENTE ČIJA JE OSNOVNA ULOGA DA POD DEJSTVOM UPRAVLJAČKOG SIGNALA VRŠE NIZ OPERACIJA UKLJUČIVANJA I ISKLJUČIVANJA U ELEKTRIČNIM KOLIMA
- NAJZNAČAJNIJE OSOBINE:
  1. GALVANSKO ODVAJANJE
  2. KONTROLA VELIKE SNAGE POMOĆU SLABIH SIGNALA
  3. FUNKCIONALNOST U ŠIROKOM OPSEGU VREDNOSTI ULAZNIH SIGNALA

# PRINCIP RADA ELEKTROMAGNETNOG RELEA

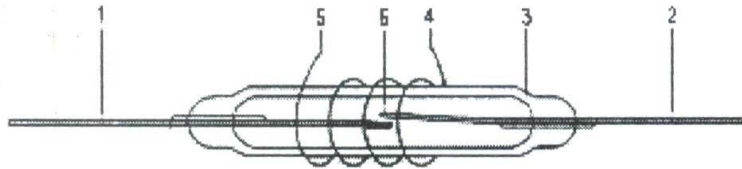
- SNAGA AKTIVIRANJA
  - NOMINALNA SNAGA
  - VREME AKTIVIRANJA
  - VREME OTPUŠTANJA
- KOEFICIJENT OTPUŠTANJA JE ODNOS SNAGE SIGNALA PRI KOME DOLAZI DO OTPUŠTANJA RELEA I SNAGE AKTIVIRANJA



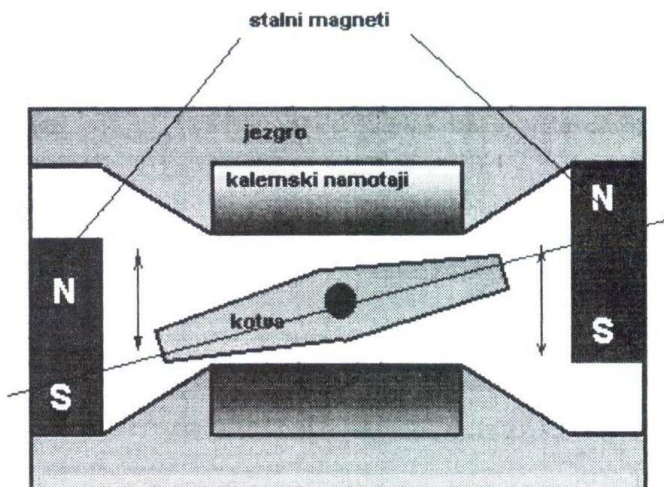
OBIČNO JE OVAJ KOEFICIJENT MANJI OD 1

ODNOSNO: **KONTAKTI RELEA ĆE OSTATI SPOJENI ČAK I KAD SNAGA ULAZNOG SIGNALA OPADNE ISPOD SNAGE AKTIVIRANJA**

- REED RELAY



- POLARIZOVANO RELE (MONOSTABILNA I BISTABILNA)



# KRISTAL KVARCA

$L_1$ -ZAVISI OD MASE

KRISTALNE PLOČICE

$C_1$ -ZAVISI OD ELASTIČNOSTI  
PLOČICE

$R_1$ -OTPORNOST GUBITAKA

$C_0$ -ZAVISI OD KAPACITIVNOSTI  
ELEKTRODA

$$f_s = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_1 C_1}}$$

$$f_p = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_1 \frac{C_1 C_0}{C_1 + C_0}}}$$

