

# Импулсни кола

## Нелинеарна електроника

Проф. д-р Јосиф Ќосев  
Доц. д-р Томислав Карталов

(во соработка со проф. д-р Методија Камиловски)

Електроника, 3FEIT05Z018

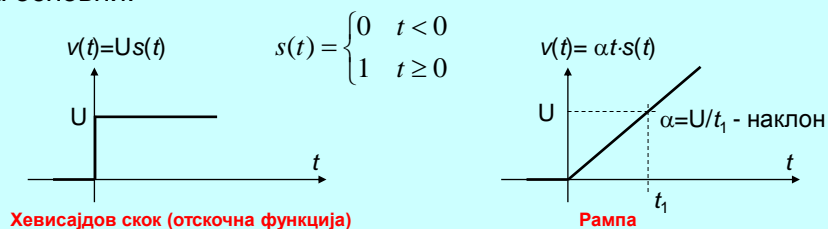
## Теми

- Импулсни сигнали
- Линеарно обликување (кола од прв ред)
  - RC/CR коло
  - RL коло
  - Фреквенциски карактеристики на засилувачите и влијание врз обликувањето на импулсите
- Нелинеарно обликување
  - Ограничувачи
  - Воспоставувачи на ниво

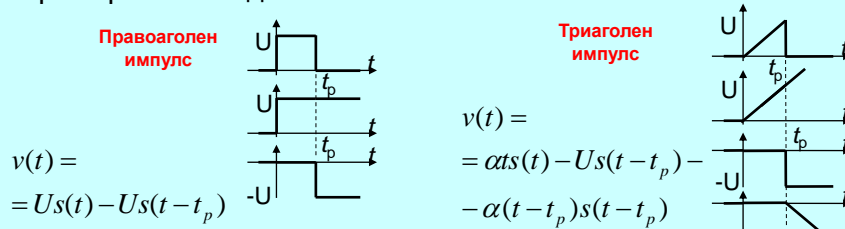
Електроника, 3FEIT05Z018

## Импульсни сигнали (временски домен)

Два основни:



Примери за изведени:



Електроника, 3FEIT05Z018

## Што се случува кога импулсите минуваат низ засилувач ?

### ■ Одговор:

- Настануваат **линеарни изобличувања**
  - **Нискофреквенциски** (спрежни кондензатори)
  - **Високофреквенциски** (паразитни кондензатори)

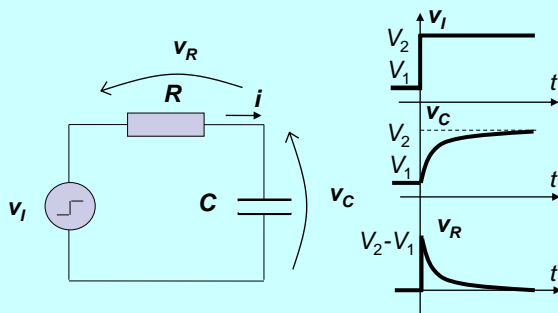
### ■ Анализа:

- Одзив на **RC/CR** коло од **Хевисајдов скок**

Електроника, 3FEIT05Z018

## RC/CR коло (коло од прв ред)

- RC коло = одзив е напонот на C
- CR коло = одзив е напонот на R



$$v_C + Ri = v_I$$

$$v_C + RC \frac{dv_C}{dt} = v_I$$

$$\frac{dv_C}{dt} + \frac{v_C}{\tau} = \frac{v_I}{\tau}$$

$$v_C(0^+) = v_C(0^-) = V_1$$

$$v_C(\infty) = V_2$$

диф. р. од прв ред

5

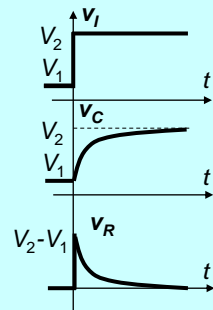
Електроника, 3FEIT05Z018

## Решение на диференцијалната равенка

- Одзив на C: 
$$v_C(t) = \begin{cases} V_1 & t < 0 \\ V_2 - (V_2 - V_1)e^{-\frac{t}{\tau}} & t \geq 0 \end{cases}$$
- Одзив на R: 
$$v_R(t) = v_I(t) - v_C(t) = \begin{cases} 0 & t < 0 \\ (V_2 - V_1)e^{-\frac{t}{\tau}} & t \geq 0 \end{cases}$$

- Генерална форма на експоненцијален одзив:

$$v(t) = v(\infty) - (v(\infty) - v(0))e^{-\frac{t}{\tau}}, t \geq 0$$



6

Електроника, 3FEIT05Z018

## Колку реално „трае“ експоненцијалниот одзив?

### ■ Одговор: $5 \tau$

- Компатибилно со толеранциите од 1% на отпорниците и кондензаторите

Деф. на **временска константа**:

Време за кое експоненцијалниот одзив „изминува“ **63%** од својата почетна вредност.

$t$	$e^{-t/\tau}$
0	1
$0,5 \tau$	0,6
<b><math>1 \tau</math></b>	<b>0,37</b>
$2 \tau$	0,15
$3 \tau$	0,05
$4 \tau$	0,02
<b><math>5 \tau</math></b>	<b>0,007 &lt; 1%</b>

Електроника, 3FEIT05Z018

7

## Како да ги најдам $v_O(0)$ и $v_O(\infty)$ ?

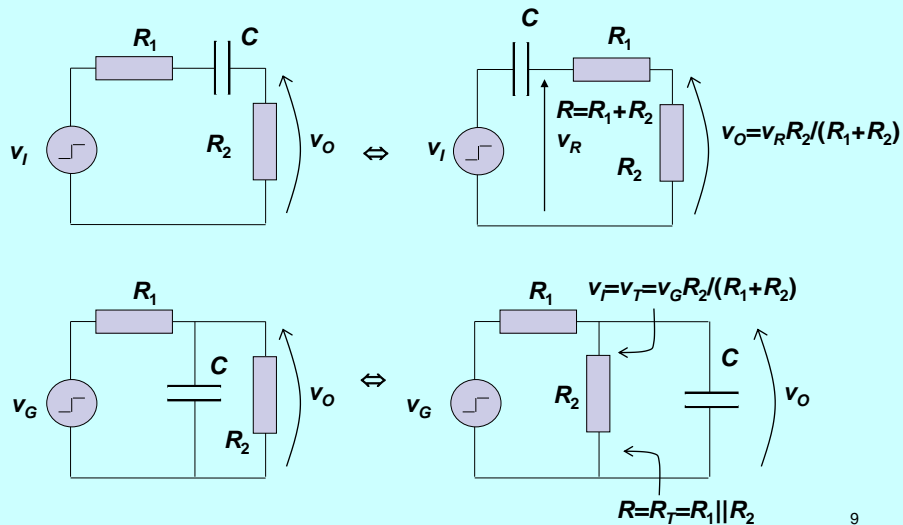
### ■ Одговор:

- Напонот на кондензаторот во RC коло не може нагло да се промени
  - $\Delta v_C(0)=0$
- По бескрајно долго време кондензаторот е полн и струјата е 0
  - $i(\infty)=0$

Електроника, 3FEIT05Z018

8

## Примери за RC кола од прв ред



Електроника, 3FEIT05Z018

9

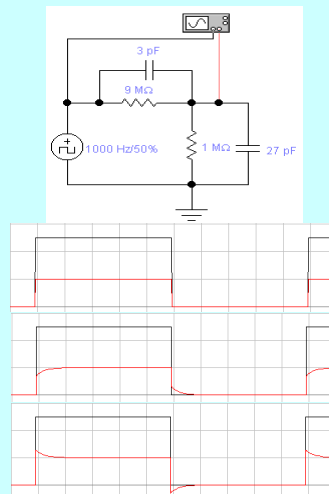
## Компензиран делител (осцилоскопска сонда) (информативно)

### ■ Специфично коло од прв ред:

- Напонот на кондензаторот се менува скоковито

$$\Delta v_O(0) = \Delta v_I(0) \frac{C_1}{C_1 + C_2}$$

- Компензиран делител:  
 $R_1 C_1 = R_2 C_2$
- Подкомпензиран делител:  
 $R_1 C_1 < R_2 C_2$
- Надкомпензиран делител:  
 $R_1 C_1 > R_2 C_2$



Електроника, 3FEIT05Z018

10

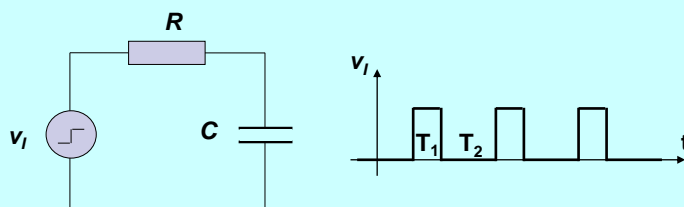
## Задача

- Влезот на засилувачот со мосфет има вкупна капацитивност  $C_{gs}=100\text{pF}$ . Генераторот на сигнал има отпорност  $10\text{k}\Omega$ . Каков ќе биде обликот на напонот на гејтот ако генераторот генерирал правоаголен импулс со траење а)  $t_p=10\mu\text{s}$ , а каков ако импулсот е со траење б)  $t_p=1\mu\text{s}$ ?
- Упатство: прво одреди ја временската константа на колото.

$$\tau = C_{gs} R_g = 1\mu\text{s} \dots$$

Електроника, 3FEIT05Z018

## Правоаголен периодичен напон

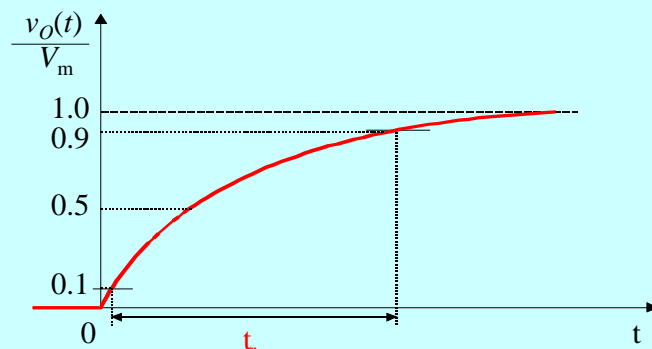


- Ако  $T_1 > 5\tau$  или  $T_2 > 5\tau$  тогаш секоја периода претставува независен импулс.
- Во спротивно се претпоставува некоја почетна вредност на почетокот од  $T_1$  и се испишуваат изразите за двата интервала последователно. Пресметаниот израз на крајот од  $T_2$  се изедначува со претпоставената вредност на почетокот од  $T_1$ , од каде се одредува непознатата вредност. (пример лаб. вежби)

Електроника, 3FEIT05Z018

## Импулсен одзив на засилувачот – горна гранична фреквенција (информативно)

- Одзив на RC коло
- Време на пораст  $t_r$ : од 10% до 90%



Електроника, 3FEIT05Z018

$$v_o(t) = V_m \left( 1 - e^{-\frac{t}{\tau}} \right) \quad \tau = RC \quad f_H = \frac{1}{2\pi RC}$$

$$v_o(t) = V_m (1 - e^{-2\pi f_H t}) \quad 0,1 = 1 - e^{-2\pi f_H t_1} \quad 0,9 = 1 - e^{-2\pi f_H t_2}$$

$$t_r = t_2 - t_1 = \frac{\ln 9}{2\pi f_H}$$

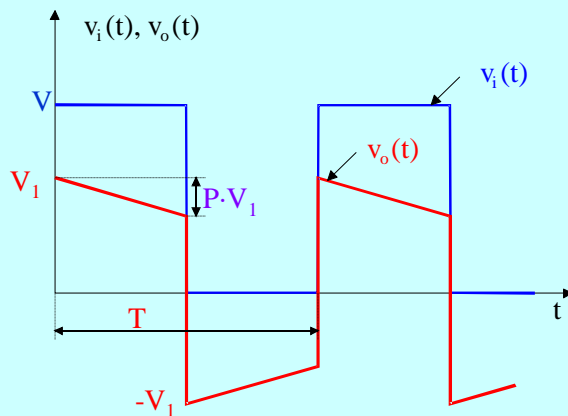
$$t_r = \frac{0,35}{f_H}$$

Електроника, 3FEIT05Z018

## Импулсен одзив на засилувачот – долна гранична фреквенција (информативно)

### ■ Одзив на CR коло

$$v_o(t) = V_1 e^{-\frac{t}{\tau}} = V_1 e^{-2\pi f_L t}$$



$$v_o\left(\frac{T}{2}\right) = V_1 e^{-2\pi f_L \frac{T}{2}} \approx V_1 (1 - \pi f_L T) = V_1 - P \cdot V_1$$

$$P = \pi \frac{f_L}{f} 100(\%)$$

Електроника, 3FEIT05Z018

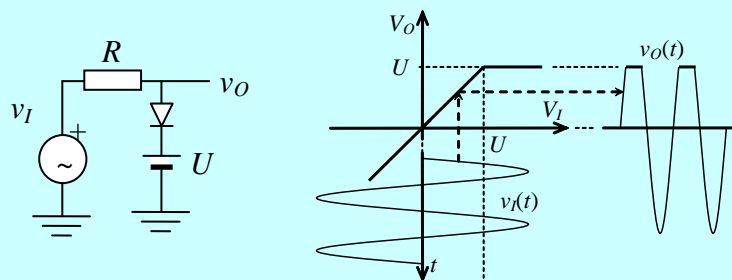
## Нелинеарно обликување на сигналите

### ■ Ќе користиме модел на идеална диода

Електроника, 3FEIT05Z018

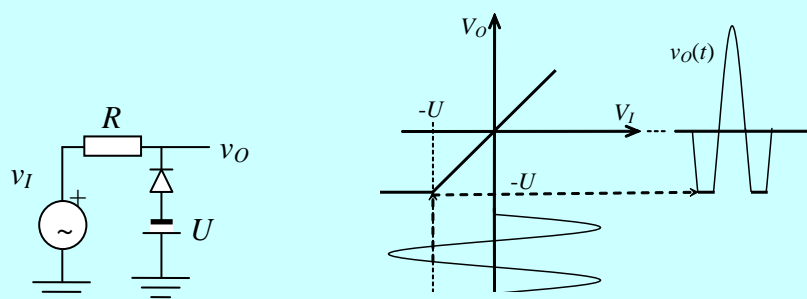


## Ограничувач „од горе“



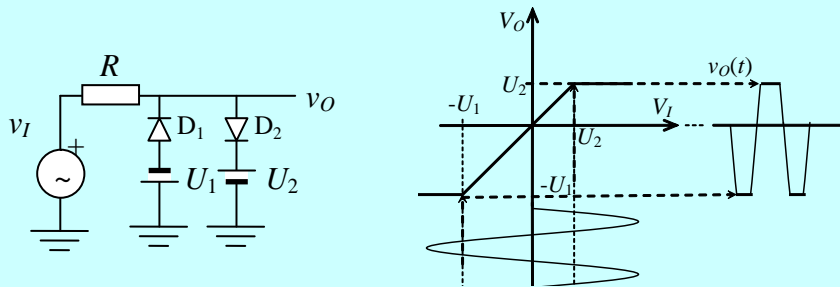
Електроника, 3FEIT05Z018

## Ограничувач „од долу“



Електроника, 3FEIT05Z018

## Двостран ограничувач

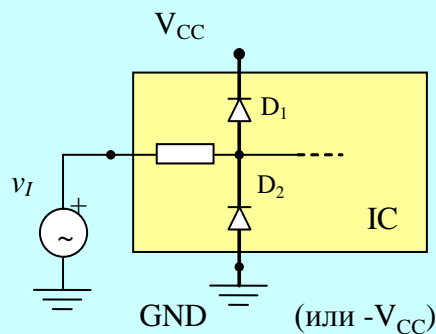


Електроника, 3FEIT05Z018

## Примена на двостран ограничувач

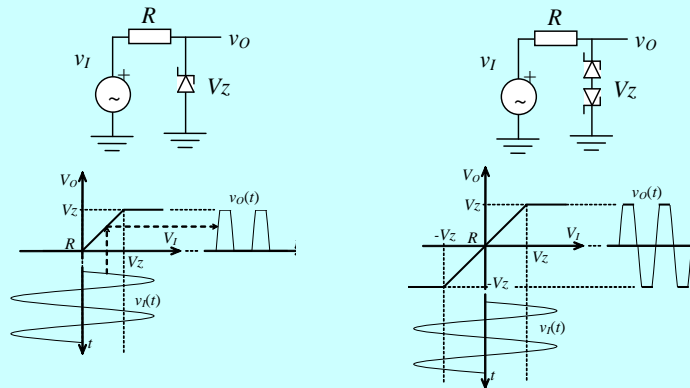
### ■ Заштита на влез за сигнал од пренапон

□ кај засилувачи, логички кола, микроконтролери ...



Електроника, 3FEIT05Z018

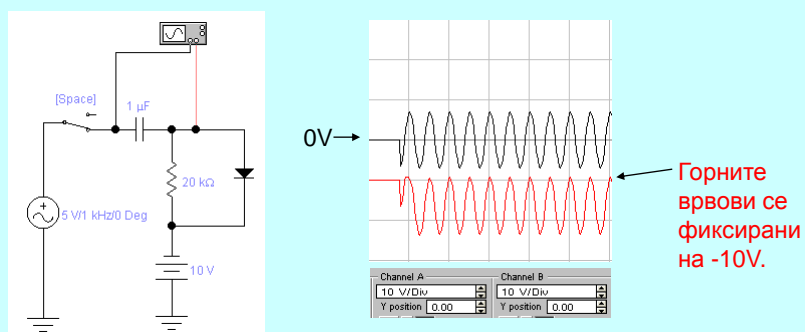
## Двостран ограничувач со зенер диоди (информативно)



Електроника, 3FEIT05Z018

## Фиксатор (информативно)

- Воспоставувач на ниво (фиксатор)
  - Примена: за додавање DC ниво кај сигнал по демодулација



Електроника, 3FEIT05Z018