

# Теория на електронните схеми

## Анализ на електронни схеми: Многополюсници. Свойства на обобщените матрици

Доц. д-р инж. Тодор Тодоров



Катедра Електронна техника, ФЕТТ



Технически университет – София



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

*„Организационна и технологична инфраструктура за учене през  
целия живот и развитие на компетенции”*

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на  
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,  
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз  
*Инвестира във вашето бъдеще!*



Европейски социален фонд

# Съдържание

- Образователни цели
- Многополюсник. Свойства на обобщените матрици на многополюсници
- Примери: Матрици на проводимостите на триполюсник



Европейски съюз

**ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042**

**„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”**

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на  
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,  
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз  
**Инвестира във вашето бъдеще!**



Европейски социален фонд

# Образователни цели:

След изучаването на този раздел вие ще трябва да можете:

- Да дефинирате понятието многополюсник
- Да познавате и използвате свойствата на обобщената матрица на многополюсника
- Да определяте обобщените параметри на триполюсник



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

*„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”*

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на  
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,  
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз  
*Инвестира във вашето бъдеще!*





# МНОГОПОЛЮСНИК



Европейски съюз

**ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042**

***„Организационна и технологична инфраструктура за учене през  
целия живот и развитие на компетенции”***

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на  
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,  
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз  
***Инвестира във вашето бъдеще!***



Европейски социален фонд



# Многополюсник

- Освен с еквивалентни схеми, активните електронни елементи могат да се представят като многополюсници
- Многополюсникът има  $n$  полюса, които са *равноправни* по отношение на свързването им в схемата, за разлика от четириполусника с два входни и два изходни полюса



Европейски съюз

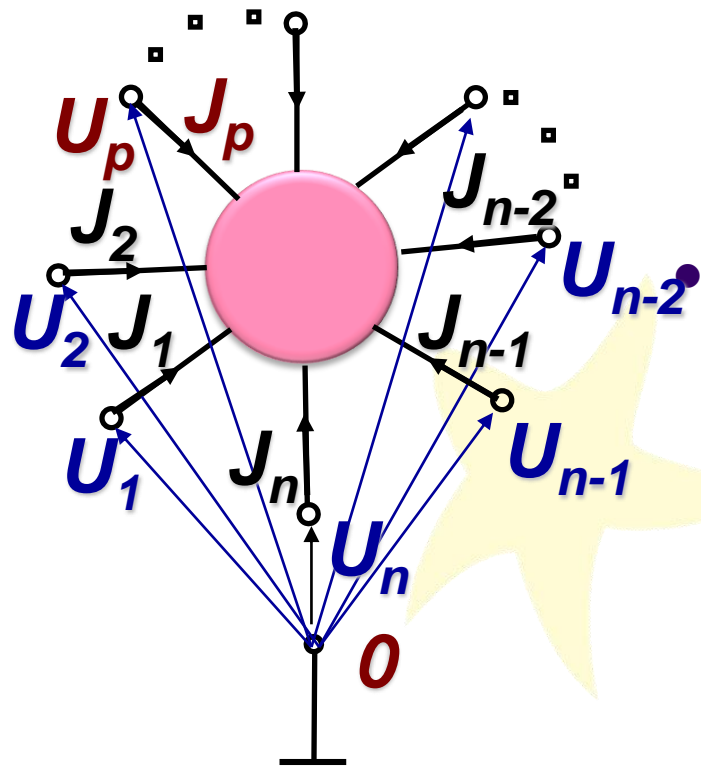
ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

*„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”*

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на  
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,  
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз  
*Инвестира във вашето бъдеще!*



# Многополюсник



- В общия случай, многополюсниците се описват чрез възловото уравнение, т.е.

$$[J] = [Y]_o [U]$$

При малки амплитуди на сигналите зависимостта между токовете и напреженията е линейна, т.е. тук се разглежда теорията на **линейните n-полюсници**

- В тези уравнения коефициентите на пропорционалност са проводимости



Европейски съюз

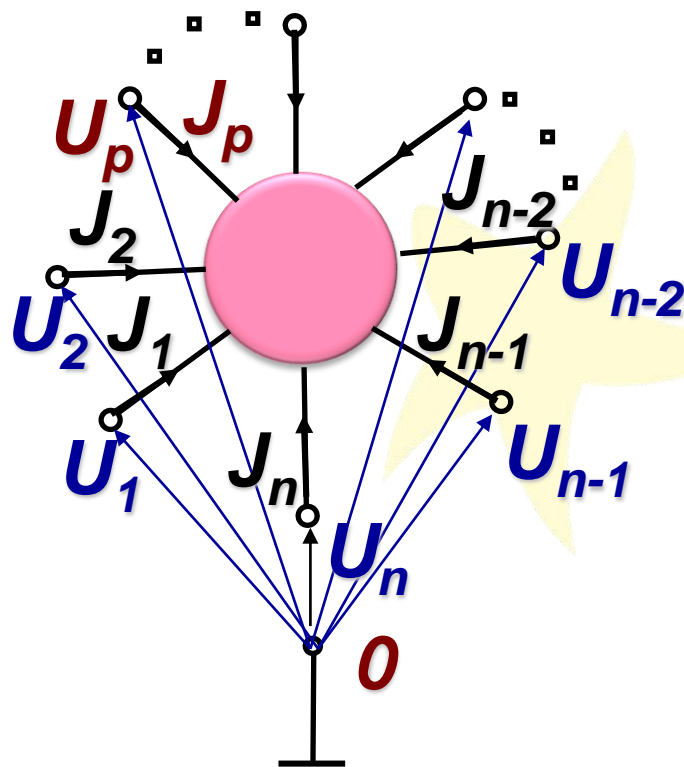
ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

*„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”*

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на  
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,  
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз  
*Инвестира във вашето бъдеще!*



# Многополюсник



- Всеки полюс  $p$  се характеризира със задаващ ток  $J_p$ , с положителна посока навътре към многополюсника, и напрежение  $U_p$ , с положителна посока към полюса, отчетено спрямо базисен възел ИЗВЪН МНОГОПОЛЮСНИКА



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

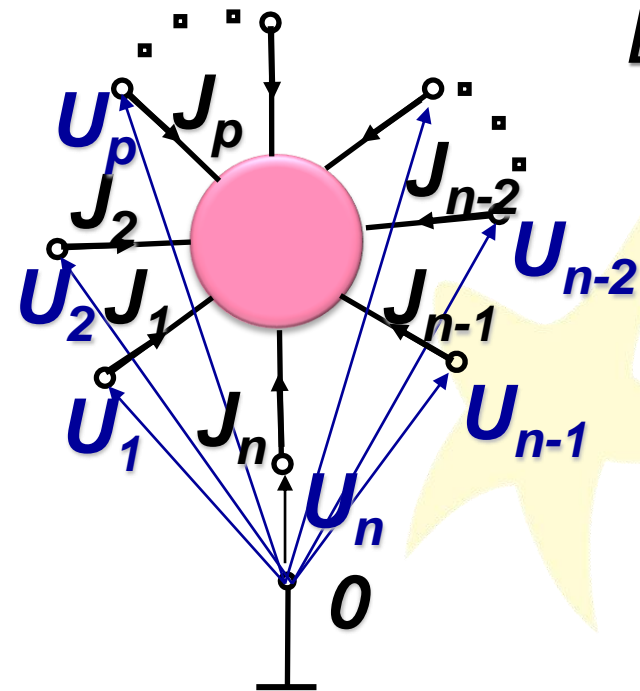
*„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”*

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на  
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,  
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз  
*Инвестира във вашето бъдеще!*



# Уравнения на многополюсника

- Като се приложи възловото уравнение  $[J] = [Y][U]$  и принципът на суперпозицията за линейния многополюсник, се получава системата линейни уравнения



$$J_1 = Y_{11}U_1 + \dots + Y_{1p}U_p + \dots + Y_{1n}U_n$$

$$J_2 = Y_{21}U_1 + \dots + Y_{2p}U_p + \dots + Y_{2n}U_n$$

...

$$J_p = Y_{p1}U_1 + \dots + Y_{pp}U_p + \dots + Y_{pn}U_n$$

...

$$J_n = Y_{n1}U_1 + \dots + Y_{np}U_p + \dots + Y_{nn}U_n$$



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

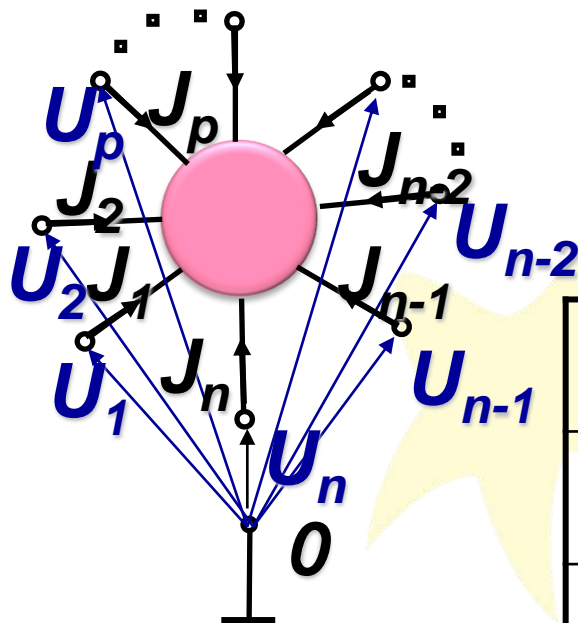
„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на  
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,  
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз  
*Инвестира във вашето бъдеще!*



Европейски социален фонд

# Уравнения на многополюсника



- В матричен вид:

$$\begin{matrix}
 J_1 \\
 J_2 \\
 \dots \\
 J_n
 \end{matrix}
 =
 \begin{matrix}
 & \begin{matrix} 1 & 2 & & n \end{matrix} \\
 \begin{matrix} 1 \\ 2 \\ \dots \\ n \end{matrix} &
 \begin{bmatrix}
 Y_{11} & Y_{12} & \dots & Y_{1n} \\
 Y_{21} & Y_{22} & \dots & Y_{2n} \\
 \dots & \dots & \dots & \dots \\
 Y_{n1} & Y_{n2} & \dots & Y_{nn}
 \end{bmatrix}
 \end{matrix}
 \begin{matrix}
 U_1 \\
 U_2 \\
 \dots \\
 U_n
 \end{matrix}$$



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

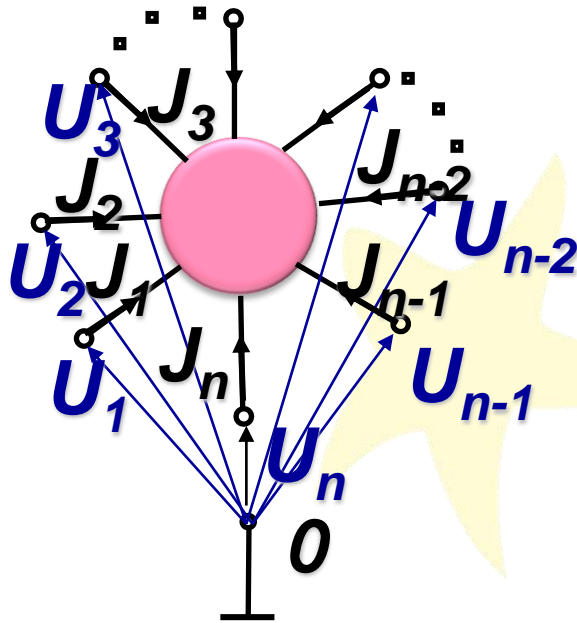
*„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”*

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на  
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,  
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз  
*Инвестира във вашето бъдеще!*



Европейски социален фонд

# Матрица на проводимостите на многополюсник



- Квадратната матрица от  $n$  ред, чиито елементи имат размерност на проводимости се нарича **обобщена матрица на проводимостите**:

$$[Y]_0 =$$

$Y_{11}$	$Y_{12}$	.....	$Y_{1n}$
$Y_{21}$	$Y_{22}$	.....	$Y_{2n}$
.....	.....	.....	.....
$Y_{n1}$	$Y_{n2}$	.....	$Y_{nn}$



ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

*„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”*

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на  
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,  
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз  
*Инвестира във вашето бъдеще!*



Свойствата на обобщената матрица на многополюсника и техните следствия имат голямо значение за теорията на електронните схеми и се използват широко за решаване на практически задачи

## СВОЙСТВА НА ОБОБЩЕНАТА МАТРИЦА НА МНОГОПОЛЮСНИК



Европейски съюз

**ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042**

*„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”*

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на  
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,  
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз  
*Инвестира във вашето бъдеще!*



Европейски социален фонд



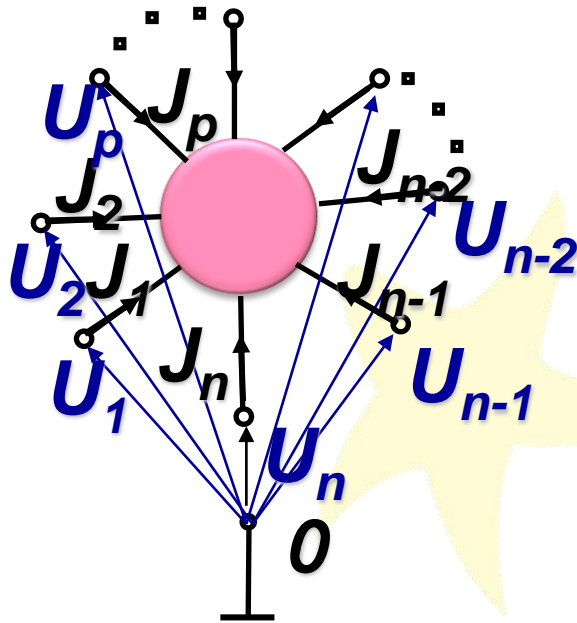
# Свойства на обобщената матрица на многополюсник

**1 свойство:** Обобщената матрица на проводимостите е особена, т.е. нейната детерминанта е равна на нула:  $\det [Y]_0 = 0$

Това се дължи на факта, че сумата от елементите на матрицата във всеки ред, както и във всеки стълб, е равна на нула:

$$\sum_{s=1,n} Y_{1s} = \sum_{s=1,n} Y_{2s} = \dots = \sum_{s=1,n} Y_{ns} = 0$$

$$\sum_{s=1,n} Y_{s1} = \sum_{s=1,n} Y_{s2} = \dots = \sum_{s=1,n} Y_{sn} = 0$$



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”

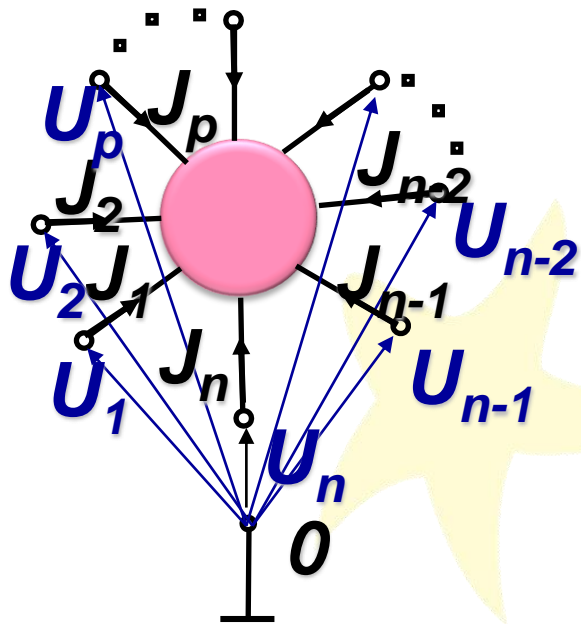
Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на  
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,  
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз  
*Инвестира във вашето бъдеще!*



Европейски социален фонд



# Свойства на обобщената матрица на многополюсник



## Следствия от I свойство:

- Всеки елемент в даден ред (или стълб) на матрицата  $[Y]_0$  е равен на сумата от останалите елементи в реда (стълба), взети със знак минус
- От общо  $n$  уравнения на многополюсника, независими са само  $n-1$  уравнения



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

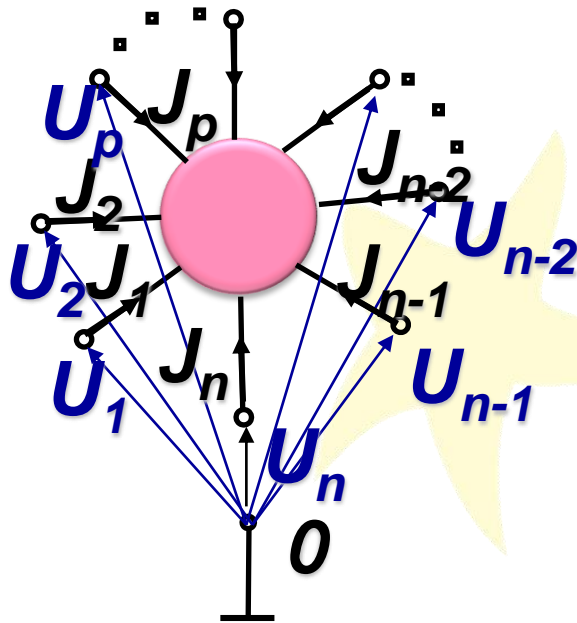
„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на  
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,  
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз  
*Инвестира във вашето бъдеще!*



Европейски социален фонд

# Свойства на обобщената матрица на многополюсник



## II свойство:

Обобщената матрица съответства на определен начин на номериране на полюсите на многополюсника



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

*„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”*

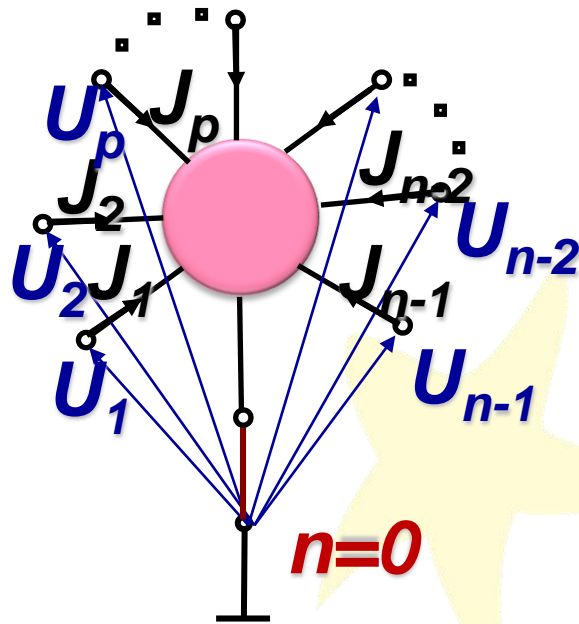
Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на  
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,  
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз  
*Инвестира във вашето бъдеще!*



Европейски социален фонд

# Свойства на обобщената матрица на многополюсник

## III свойство:



Ако за базисен възел се избере един от полюсите на многополюсника, например полюса  $n$  (т.е.  $U_n = 0$ ), в матрицата на проводимостите  $[Y]_0$  трябва да отпаднат ред и стълб със същия номер. Новата матрица е от  $n-1$  ред и е неособена (канонична)

$$[Y]_0 \quad \det [Y]_0 = 0$$

$(n \times n)$                        $(n \times n)$

При  $n = 0$

$$[Y] \quad \det [Y] \neq 0$$

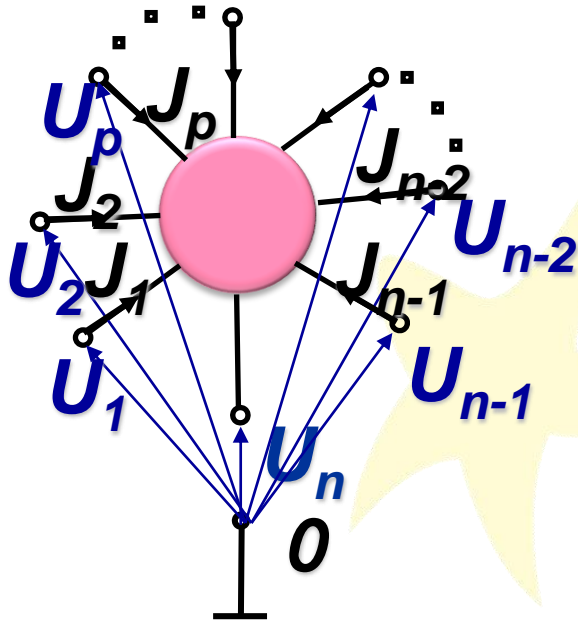
$(n-1 \times n-1)$                        $(n-1 \times n-1)$



ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042  
 „Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”  
 Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на  
 Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,  
 съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз  
*Инвестира във вашето бъдеще!*



# Свойства на обобщената матрица на многополюсник



## Следствия от III свойство:

- Ако е известна каноничната матрица  $[Y]$ , съставена при избор на полюс  $n$  за базисен възел, обобщената матрица на многополюсника  $[Y]_0$  може да се получи като се въведат допълнителен ред и стълб с номер  $n$
- Елементите в ред и стълб  $n$  са равни на сумата от останалите елементи в реда и стълба, взета с обратен знак



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

*„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”*

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на  
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,  
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз  
*Инвестира във вашето бъдеще!*



Европейски социален фонд



# ОБОБЩЕНА МАТРИЦА НА ПРОВОДИМОСТИТЕ НА ТРИПОЛЮСНИК



Европейски съюз

**ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042**

*„Организационна и технологична инфраструктура за учене през  
целия живот и развитие на компетенции”*

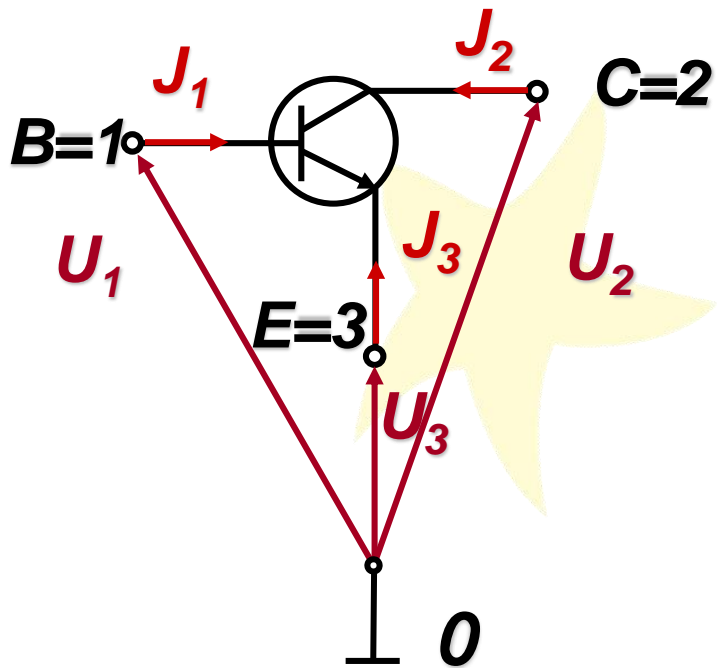
Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на  
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,  
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз  
*Инвестира във вашето бъдеще!*



Европейски социален фонд

# Обобщена матрица на проводимостите на биполярен транзистор

- Уравненията на транзистора като триполюсник и неговата обобщена матрица се съставят като се използват четириполюсните уравнения и  $y$  параметри



Например, за схема на свързване общ емитер:

$$I_B = y_{11e} U_{BE} + y_{12e} U_{CE}$$

$$I_C = y_{21e} U_{BE} + y_{22e} U_{CE}$$

$$I_B = J_1; \quad I_C = J_2$$

$$U_{BE} = U_1 - U_3; \quad U_{CE} = U_2 - U_3$$

$$J_3 = -(J_1 + J_2)$$



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

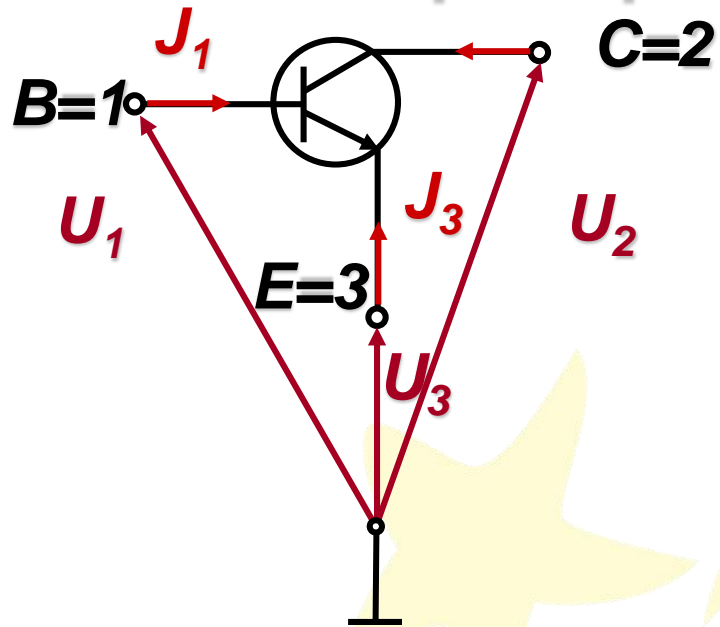
„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”, съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз  
*Инвестира във вашето бъдеще!*



Европейски социален фонд

# Обобщена матрица на проводимостите на биполярен транзистор



- След заместване, за уравненията на транзистора като триполюсник се получава:

$$J_1 = y_{11e} U_1 + y_{12e} U_2 - (y_{11e} + y_{12e}) U_3$$

$$J_2 = y_{21e} U_1 + y_{22e} U_2 - (y_{21e} + y_{22e}) U_3$$

$$J_3 = -(y_{11e} + y_{21e}) U_1 - (y_{12e} + y_{22e}) U_2 + (y_{11e} + y_{12e} + y_{21e} + y_{22e}) U_3$$



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”, съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз  
*Инвестира във вашето бъдеще!*



Европейски социален фонд



# Обобщена матрица на проводимостите на биполярен транзистор

$$J_1 = y_{11e}U_1 + y_{12e}U_2 - (y_{11e} + y_{12e})U_3$$

$$J_2 = y_{21e}U_1 + y_{22e}U_2 - (y_{21e} + y_{22e})U_3$$

$$J_3 = -(y_{11e} + y_{21e})U_1 - (y_{12e} + y_{22e})U_2 + (y_{11e} + y_{12e} + y_{21e} + y_{22e})U_3$$

- В матричен вид уравненията на транзистора като триполюсник са:

		1	2	3	
$J_1$	1	$y_{11e}$	$y_{12e}$	$-(y_{11e} + y_{12e})$	$U_1$
$J_2$	2	$y_{21e}$	$y_{22e}$	$-(y_{21e} + y_{22e})$	$U_2$
$J_3$	3	$-(y_{11e} + y_{21e})$	$-(y_{12e} + y_{22e})$	$y_{11e} + y_{12e} + y_{21e} + y_{22e}$	$U_3$



ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042  
 „Организационна и технологична инфраструктура за учене през  
 целия живот и развитие на компетенции”  
 Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на  
 Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,  
 съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз  
*Инвестира във вашето бъдеще!*





# Обобщена матрица на проводимостите на биполярен транзистор

- Следователно, обобщената матрица на проводимостите на триполюсника, чиито елементи са изразени чрез четириполюсните параметри на транзистора в схема общ емитер е:

$$[Y]_{0E} = \begin{array}{c} \mathbf{B} \\ \mathbf{C} \\ \mathbf{E} \end{array} \begin{array}{c} \mathbf{B} \\ \mathbf{C} \\ \mathbf{E} \end{array} \begin{array}{|c|c|c|} \hline Y_{11e} & Y_{12e} & -(Y_{11e} + Y_{12e}) \\ \hline Y_{21e} & Y_{22e} & -(Y_{21e} + Y_{22e}) \\ \hline -(Y_{11e} + Y_{21e}) & -(Y_{12e} + Y_{22e}) & Y_{11e} + Y_{12e} + Y_{21e} + Y_{22e} \\ \hline \end{array}$$



ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042  
 „Организационна и технологична инфраструктура за учене през  
 целия живот и развитие на компетенции”  
 Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на  
 Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,  
 съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз  
*Инвестира във вашето бъдеще!*



# Обобщена матрица на проводимостите на биполярен транзистор

- Обобщената матрица на проводимостите на транзистор  $[Y]_0$  може да бъде съставена по-лесно като се използват разгледаните свойства на обобщените матрици
- Редът на номерирането на полюсите може да се приеме произволно. Най-удобно за транзистора е да се приеме следния ред на номериране на полюсите:

**1 – база (B)**

**2 – емитер (E)**

**3 – колектор (C)**



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

*„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”*

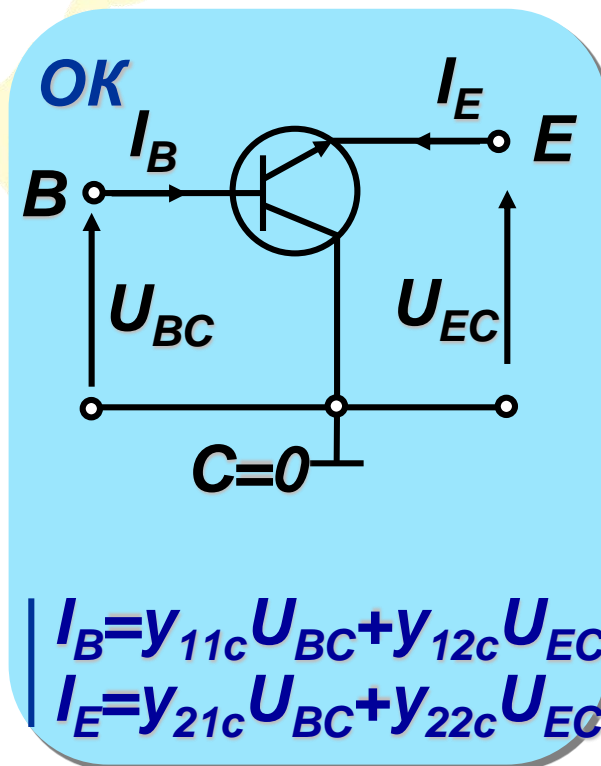
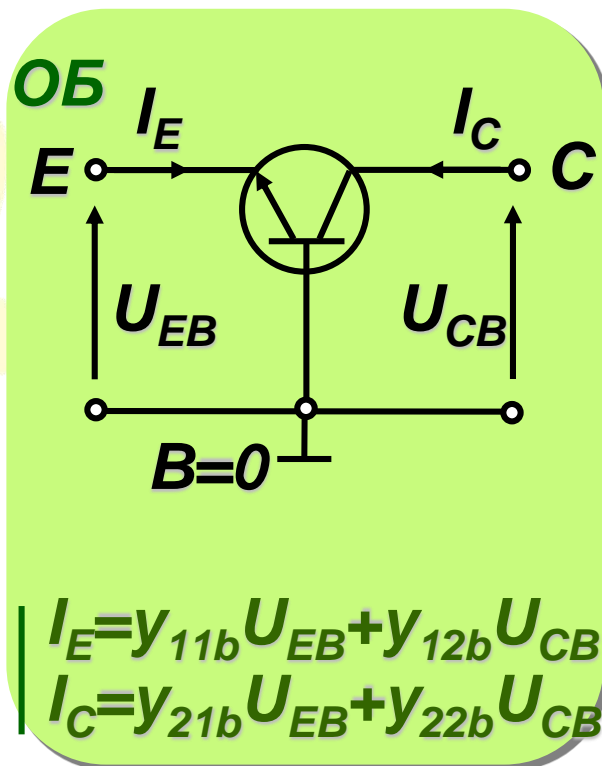
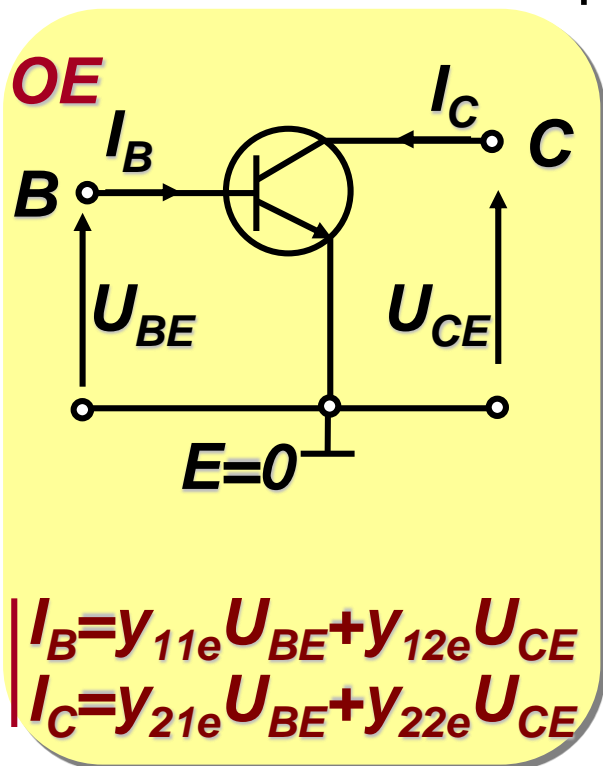
Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на  
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,  
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз  
*Инвестира във вашето бъдеще!*



Европейски социален фонд

# Обобщена матрица на проводимостите на биполярен транзистор

- Обобщената матрица може да се състави като се използват четириполюсните  $y$  параметри в трите схеми на свързване



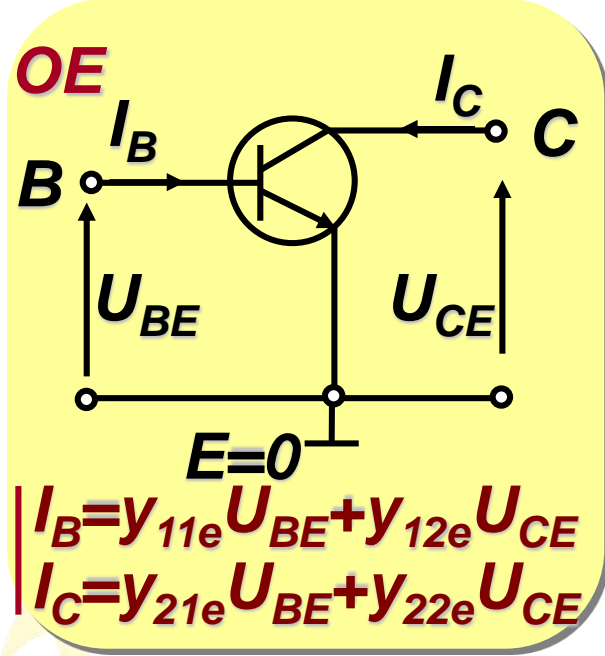
ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”, съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз  
*Инвестира във вашето бъдеще!*



# Обобщена матрица на проводимостите на биполярен транзистор при схема на свързване с общ емитер



$$[Y]_{OE} = \begin{matrix} & B & E & C \end{matrix}$$

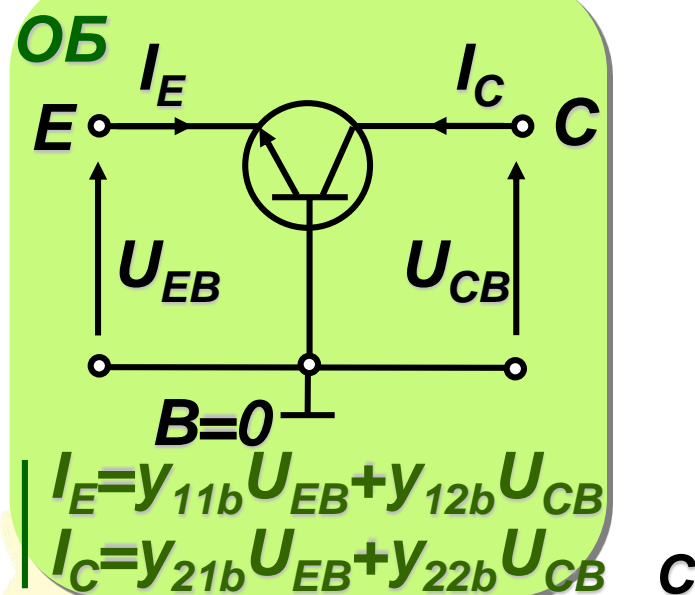
B	$y_{11e}$	$-(y_{11e} + y_{12e})$	$y_{12e}$
E	$-(y_{11e} + y_{21e})$	$y_{11e} + y_{12e} + y_{21e} + y_{22e}$	$-(y_{12e} + y_{22e})$
C	$y_{21e}$	$-(y_{21e} + y_{22e})$	$y_{22e}$



ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042  
 „Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”  
 Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”, съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз  
*Инвестира във вашето бъдеще!*



# Обобщена матрица на проводимостите на биполярен транзистор при схема на свързване с обща база



$$[Y]_{OB} = \begin{matrix} & B & E & C \end{matrix}$$

B	$y_{11b} + y_{12b} + y_{21b} + y_{22b}$	$-(y_{11b} + y_{21b})$	$-(y_{12b} + y_{22b})$
E	$-(y_{11b} + y_{12b})$	$y_{11b}$	$y_{12b}$
C	$-(y_{21b} + y_{22b})$	$y_{21b}$	$y_{22b}$



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

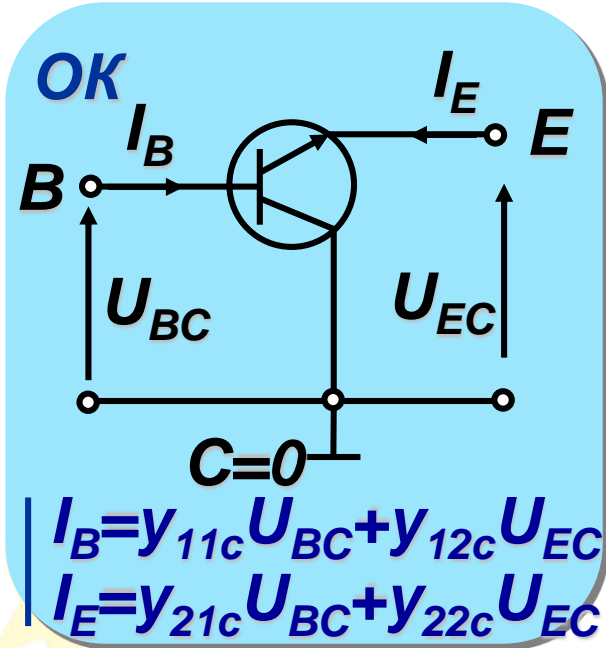
„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”, съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз  
*Инвестира във вашето бъдеще!*



Европейски социален фонд

# Обобщена матрица на проводимостите на биполярен транзистор при схема на свързване с общ емитер



$$[Y]_{0C} =$$

B

E

$$\begin{cases} I_B = y_{11c} U_{BC} + y_{12c} U_{EC} \\ I_E = y_{21c} U_{BC} + y_{22c} U_{EC} \end{cases} \quad C$$

B	$y_{11c}$	$y_{12c}$	$-(y_{11c} + y_{12c})$
E	$y_{21c}$	$y_{22c}$	$-(y_{21c} + y_{22c})$
C	$-(y_{11c} + y_{21c})$	$-(y_{12c} + y_{22c})$	$y_{11c} + y_{12c} + y_{21c} + y_{22c}$



ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042  
 „Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”  
 Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”, съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз  
*Инвестира във вашето бъдеще!*



# Връзка между четириполюсните у-параметри на биполярен транзистор

Обобщените матрици на транзистора  $[Y]_{0E}$ ,  $[Y]_{0B}$  и  $[Y]_{0C}$  са равни помежду си, ако четириполюсните  $[y]_e$ ,  $[y]_b$  и  $[y]_c$  параметри са дефинирани в еднакъв постоянен ток режим

	B	E	C
B	$y_{11e} =$ $y_{11b} + y_{12b} + y_{21b} + y_{22b}$ $= y_{11c}$	$-(y_{11e} + y_{12e}) =$ $-(y_{11b} + y_{21b}) =$ $y_{12c}$	$y_{12e} =$ $-(y_{12b} + y_{22b}) =$ $-(y_{11c} + y_{12c})$
E	$-(y_{11e} + y_{21e}) =$ $-(y_{11b} + y_{12b}) =$ $y_{21c}$	$y_{11e} + y_{12e} + y_{21e} + y_{22e}$ $= y_{11b} =$ $y_{22c}$	$-(y_{12e} + y_{22e}) =$ $y_{12b} =$ $-(y_{21c} + y_{22c})$
C	$y_{21e} =$ $-(y_{21b} + y_{22b}) =$ $-(y_{11c} + y_{21c})$	$-(y_{21e} + y_{22e}) =$ $y_{21b} =$ $-(y_{12c} + y_{22c})$	$y_{22e} =$ $y_{22b} =$ $y_{11c} + y_{12c} + y_{21c} + y_{22c}$



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”, съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз  
*Инвестира във вашето бъдеще!*



Европейски социален фонд



# Обобщени $Y$ - параметри на биполярен транзистор

$$[Y]_0 =$$

	$B$	$E$	$C$
$B$	$Y_{BB}$	$Y_{BE}$	$Y_{BC}$
$E$	$Y_{EB}$	$Y_{EE}$	$Y_{EC}$
$C$	$Y_{CB}$	$Y_{CE}$	$Y_{CC}$

Елементите на обобщената матрица  $[Y]_0$ , които са на брой 9 и имат буквени индекси съвпадащи с буквените индекси на полюсите (B,E,C), се наричат обобщени параметри на транзисторите

Само 4 от обобщените параметри са независими, а останалите пет са равни на сумите от елементите в редовете и стълбовете, взети с обратен знак, според следствието от I свойство



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

*„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”*

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на  
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,  
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз  
*Инвестира във вашето бъдеще!*



Европейски социален фонд



# Връзка между четириполюсните у-параметри на биполярен транзистор

	B	E	C	
B	$Y_{BB}$	$Y_{BE}$	$Y_{BC}$	$Y_{11e} =$ $Y_{11b} + Y_{12b} + Y_{21b} + Y_{22b}$ $= Y_{11c}$
E	$Y_{EB}$	$Y_{EE}$	$Y_{EC}$	$-(Y_{11e} + Y_{21e}) =$ $-(Y_{11b} + Y_{12b}) =$ $Y_{21c}$
C	$Y_{CB}$	$Y_{CE}$	$Y_{CC}$	$Y_{21e} =$ $-(Y_{21b} + Y_{22b}) =$ $-(Y_{11c} + Y_{21c})$

	B	E	C
B	$-(Y_{11e} + Y_{12e}) =$ $-(Y_{11b} + Y_{21b}) =$ $Y_{12c}$	$Y_{11e} + Y_{12e} + Y_{21e} + Y_{22e}$ $= Y_{11b} =$ $Y_{22c}$	$Y_{12e} =$ $-(Y_{12b} + Y_{22b}) =$ $-(Y_{11c} + Y_{12c})$
E	$-(Y_{11e} + Y_{21e}) =$ $-(Y_{11b} + Y_{12b}) =$ $Y_{21c}$	$Y_{11e} + Y_{12e} + Y_{21e} + Y_{22e}$ $= Y_{11b} =$ $Y_{22c}$	$-(Y_{12e} + Y_{22e}) =$ $Y_{12b} =$ $-(Y_{21c} + Y_{22c})$
C	$Y_{21e} =$ $-(Y_{21b} + Y_{22b}) =$ $-(Y_{11c} + Y_{21c})$	$-(Y_{21e} + Y_{22e}) =$ $Y_{21b} =$ $-(Y_{12c} + Y_{22c})$	$Y_{22e} =$ $Y_{22b} =$ $Y_{11c} + Y_{12c} + Y_{21c} + Y_{22c}$

Това равенство позволява да се намерят полезни взаимни връзки между четириполюсните  $[y]_e$ ,  $[y]_b$  и  $[y]_c$  параметри. Например от изразите за  $Y_{BB}$  следва:

$$Y_{11e} = Y_{11b} + Y_{12b} + Y_{21b} + Y_{22b} = Y_{11c}$$

и т.н....

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”, съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз  
*Инвестира във вашето бъдеще!*



Европейски съюз



Европейски социален фонд

# Връзка между четириполюсните у-параметри на биполярен транзистор

Тези зависимости могат да се намерят и като се използва третото свойство на обобщената матрица

Например, от матрицата  $[Y]_{0E}$  могат да се намерят четириполюсните  $[y]_b$  и  $[y]_c$  параметри, като се зачертаят ред и стълб с индекс **B** и съответно ред и стълб с индекс **C**

$B=0$

	<b>E</b>	<b>C</b>	
<b>E</b>	$y_{11b}$	$y_{12b}$	
<b>C</b>	$y_{21b}$	$y_{22b}$	

$=$

	<b>B</b>	<b>E</b>	<b>C</b>
<b>B</b>	$y_{11e}$	$-(y_{11e} + y_{12e})$	$y_{12e}$
<b>E</b>	$-(y_{11e} + y_{21e})$	$y_{11e} + y_{12e} + y_{21e} + y_{22e}$	$-(y_{12e} + y_{22e})$
<b>C</b>	$y_{21e}$	$-(y_{21e} + y_{22e})$	$y_{22e}$

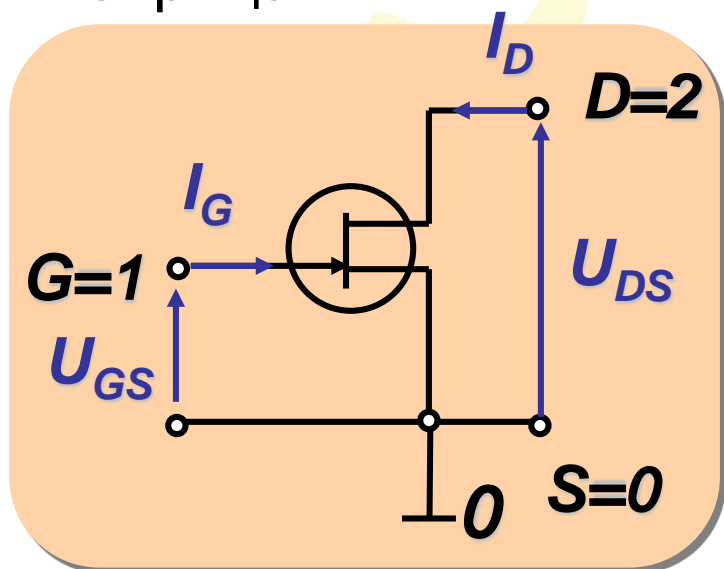


ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042  
 „Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”  
 Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на  
 Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,  
 съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз  
*Инвестира във вашето бъдеще!*



# Обобщена матрица на проводимостите на полеви транзистор

Обобщената матрица на проводимостите на полеви транзистор може да бъде определена като се използват четириполюсните уравнения на транзистора при схема с общ сорс и разгледаните свойства на обобщената матрица :



$$\begin{cases} I_G = G_{вх} U_{GS} + G_{пр} U_{DS} \\ I_D = G_m U_{GS} + G_{изх} U_{DS} \end{cases}$$



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

*„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”*

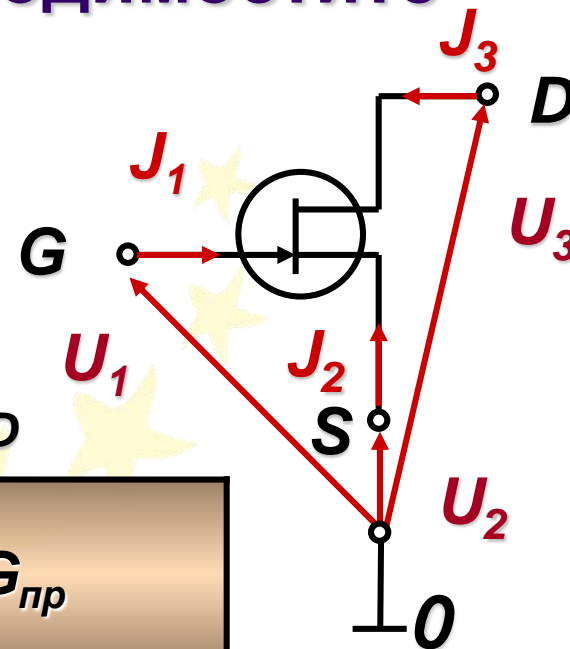
Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на  
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,  
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз  
*Инвестира във вашето бъдеще!*



# Обобщена матрица на проводимостите на полеви транзистор

$$[Y]_{oS} = \begin{matrix} & \begin{matrix} G & S & D \end{matrix} \\ \begin{matrix} G \\ S \\ G \\ D \end{matrix} & \begin{bmatrix} Y_{GG} & Y_{GS} & Y_{GD} \\ Y_{SG} & Y_{SS} & Y_{SD} \\ Y_{DG} & Y_{DS} & Y_{DD} \end{bmatrix} \end{matrix} =$$

G	$G_{ex}$	$-(G_{ex} + G_{пр})$	$G_{пр}$
S	$-(G_{ex} + G_m)$	$G_{ex} + G_m + G_{пр} + G_{узх}$	$-(G_{пр} + G_{узх})$
D	$G_m$	$-(G_m + G_{узх})$	$G_{узх}$



Европейски съюз

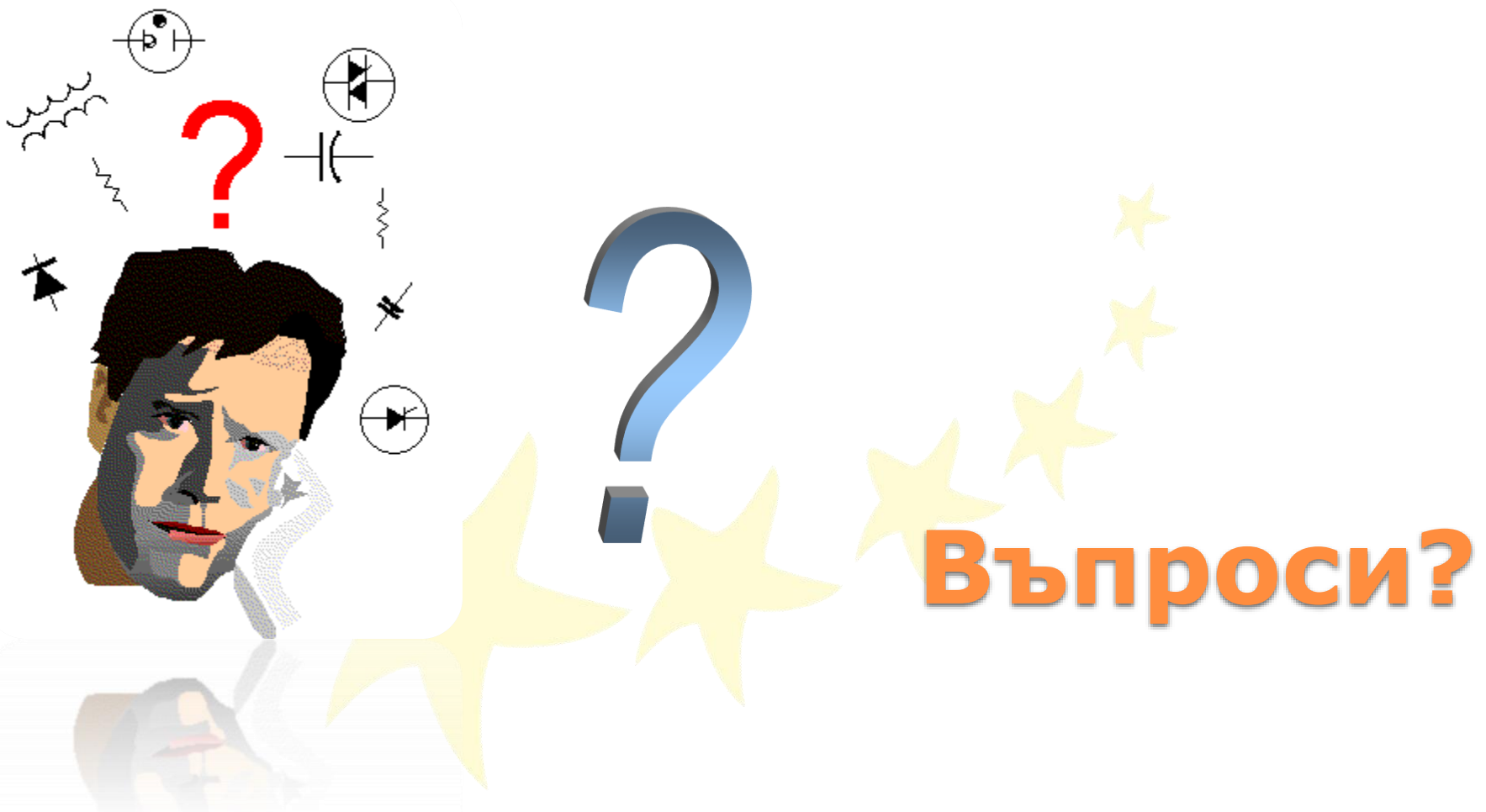
ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

*„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”*

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на  
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,  
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз  
*Инвестира във вашето бъдеще!*



Европейски социален фонд



[ttodorov@tu-sofia.bg](mailto:ttodorov@tu-sofia.bg)



**ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042**  
**„Организационна и технологична инфраструктура за учене през**  
**целия живот и развитие на компетенции”**

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на  
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,  
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз  
**Инвестира във вашето бъдеще!**

