

Теория на електронните схеми

Анализ на електронни схеми: Компонентни и топологични уравнения и матрици на електронните схеми

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

1. **Образователни цели**
2. **Анализ и синтез - дефиниции**
3. **Компонентни уравнения и матрици на електронните схеми**
4. **Топологични уравнения и матрици на електронните схеми**
5. **Координатни системи и определяне на напреженията в клоните чрез тях**
6. **Пример**



Европейски съюз



Образователни цели

След изучаването на този раздел вие ще трябва да можете:

- Да дефинирате и съставяте компонентните уравнения и матрици на електронни схеми
- Да дефинирате и съставяте топологичните уравнения и матрици на електронните схеми
- Да определяте напреженията в клоните чрез координатната система на възловите напрежения



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



АНАЛИЗ И СИНТЕЗ - ДЕФИНИЦИИ



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

Анализ

- Анализът е използван при изучаване на математика и логика още преди Аристотел (384 ВС – 322 ВС), въпреки че като формална концепция се разви в модерните времена



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

Анализ

- Анализът (от гръцкото *ἀνάλυσις* - *раздробяване*) е процес на раздробяване на сложен проблем/система на по-малки части, с цел по-добро разбиране на същността му
- Анализът е изследване на съставните части на цяло и техните отношения в изграждането на това цяло



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!



Анализ

- В електрониката, анализът на схеми е изучаването и прилагането на методите за съставяне и решаване на уравненията на електронните схеми с цел определяне на потенциали във възли, токове в клоно и предавателни функции на схемите.
- Общоприетият аналитичен инструмент в електрониката е схемният симулатор SPICE



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!



Синтез

- Най-общо, съществителното синтез (от гръцки *σύνθεσις* “*поставям заедно*”) се отнася за комбиниране на две и повече образувания да създадат нещо ново
- Синтезът е комбинацията от идеи да създадат ново сложно цяло



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!



Синтез

- В електрониката, синтезът е процес, чрез който една абстрактна форма на желаното схемно поведение се превръща в реална схема с определен тип елементи



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

Анализ и синтез

- **Анализът на електронни схеми започва със схемата и чрез прилагането на различни методи и средства предсказва нейната реакция**
- **Синтезът на електронни схеми, от друга страна, започва с желаната реакция и чрез своите методи създава схеми, които реализират достатъчно точно тази реакция**
- **Анализът е еднозначен, докато синтезът е многозначен**



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

Анализ на електронни схеми

- В процеса на анализа се **определят свойствата** на дадената схема:
 - Потенциали във възли
 - Токовете в клони
 - Предавателни функции
 - Чувствителност
 - Шум на входа/изхода
 - Хармоници и неленейни изкривявания.....



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

Анализ на електронни схеми

- За целите на анализа, математическият модел на схемата се съставя и решава чрез прилагане на алгебрични и топологични методи
- В курса по ТЕС, централно място заемат матричните методи за анализ на електронни схеми, които използват теорията на матриците, заедно с някои топологични ПОНЯТИЯ



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

Анализ на електронни схеми

- Математическият модел на схемата се съставя чрез прилагане на подходящи модели за електронните компоненти и според основните електротехнически закони - закон на Ом, първи закон на Кирхов, втори закон на Кирхов



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!



Анализ на електронни схеми

- Математическият модел на схемата включва два вида информация:
 - за типа и параметрите на схемните елементи
 - За топологията - как схемните елементи са свързани помежду си в общата схема



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!



Анализ на електронни схеми

- Компонентни матрици и уравнения - дават информация за типа и параметрите на схемните елементи
- Топологични матрици и уравнения – дават информация за свързаността на компонентите
- Обобщаването на двата вида информация води до съставяне на математическия модел на схемата (напр. възловото уравнение), чието решение е задачата на анализа



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!



Анализ на електронни схеми

Решение на възловото уравнение

Математически модел на схемата –
Възлово уравнение

Топологични матрици и уравнения

Компонентни матрици и уравнения

Еквивалентна схема

1 брой клони
у брой сечения
v = у + 1 брой възли

$$[U] = [Y]^{-1}[J]$$

$$[J] = [Y].[U]$$

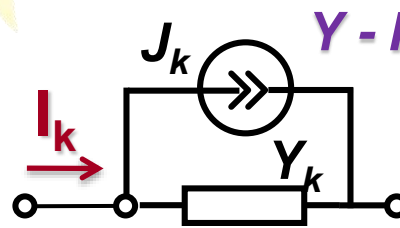
$u \times 1 \quad u \times u \quad u \times 1$

$$[\Pi] [I_k] = [0]$$

$u \times l \quad l \times 1 \quad u \times 1$

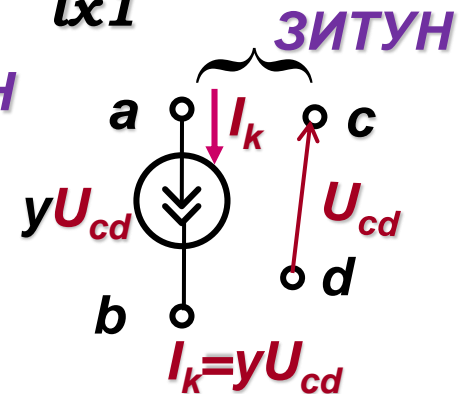
$$[I_k] = [Y_k] [U_k] + [J_k]$$

$l \times 1 \quad l \times l \quad l \times 1 \quad l \times 1$



$$I_k = Y_k U_k + J_k$$

Y - КЛОН



ЗИТУН



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



Компонентните матрици и уравнения дават информация за
типа и параметрите на схемните елементи

КОМПОНЕНТНИ МАТРИЦИ И УРАВНЕНИЯ



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

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

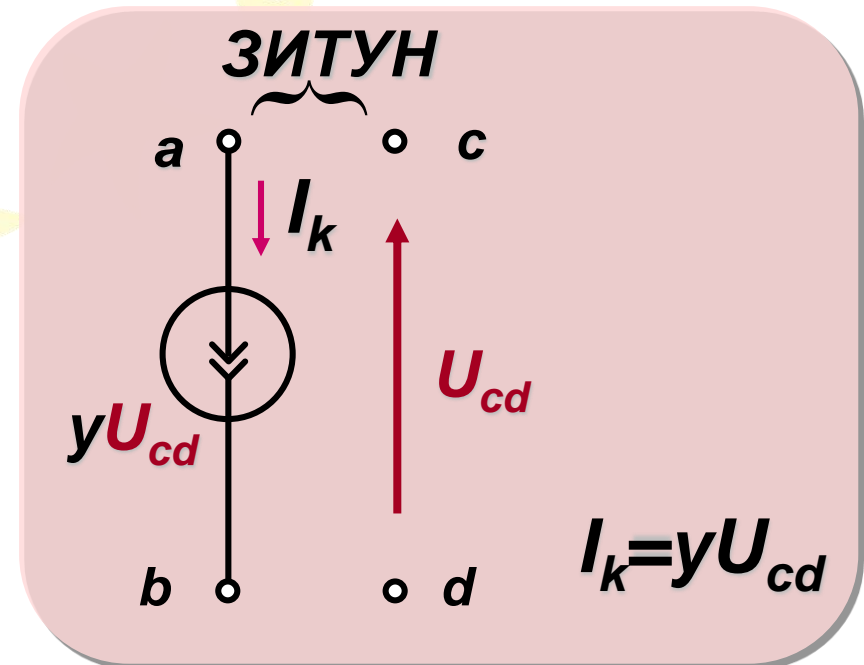
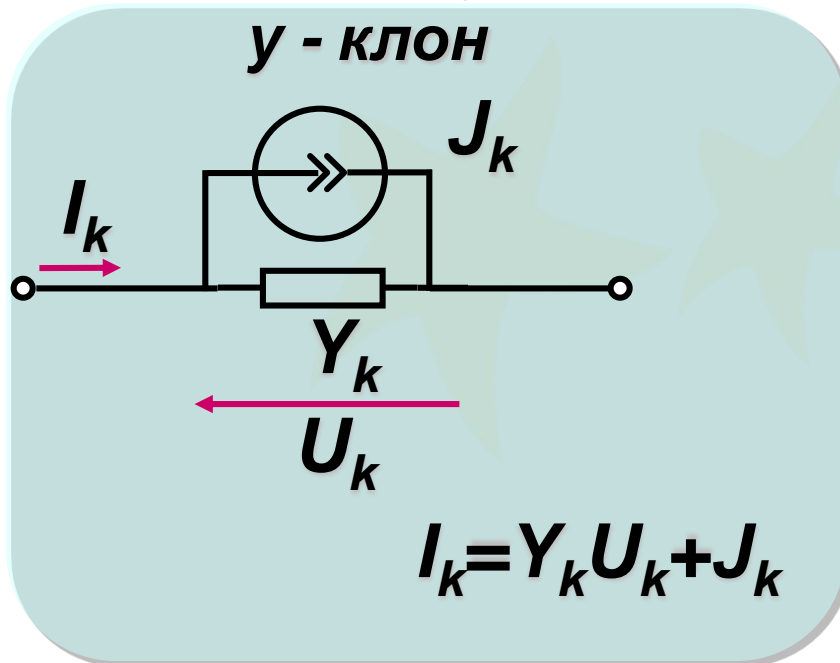
Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!



Европейски социален фонд

Компонентни матрици и уравнения на електронните схеми

- Разглеждат електронни схеми с пасивни и активни елементи, чийто еквивалентни схеми съдържат **y – клони** и **зависими източници**



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

Компонентни матрици и уравнения на електронните схеми

- Ако схемата е съставена от общо l на брой u -клони, може да се запише системата линейни уравнения:

$$I_{k1} = Y_{k1} U_{k1} + J_{k1}$$

$$I_{k2} = Y_{k2} U_{k2} + J_{k2}$$

.....

$$I_{kl} = Y_{kl} U_{kl} + J_{kl}$$

- В матричен вид:

$$\begin{matrix} [I_k] & = & [Y_k] [U_k] + [J_k] \\ l \times 1 & & l \times l \quad l \times 1 \quad l \times 1 \end{matrix}$$



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

Компонентни матрици и уравнения на електронните схеми

$$[I_k] = [Y_k] [U_k] + [J_k]$$

$l \times 1$ $l \times l$ $l \times 1$ $l \times 1$

1
2
....
l

I_{k1}	=	1	Y_{k1}				·	U_{k1}	+	J_{k1}
I_{k2}		2		Y_{k2}		Gm		U_{k2}		J_{k2}
.....	
I_{kl}		l				Y_{kl}		U_{kl}		J_{kl}

Вектор-стълб на клоновите токове

Компонентна матрица на проводимостите. Тя е диагонална при пасивни елементи, а при наличие на зависими източници и многополюсници, има допълнителни елементи извън диагонала

Вектор-стълб на клоновите напрежения

Вектор-стълб на задаващите токове в клоните



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

Компонентни матрици и уравнения на електронните схеми

Правила за съставяне на $[Y_k]$:

- Начертава еквивалентната схема по променлив ток;
- Начертава се квадратна таблица с размер $l \times l$, където l е броят на клоните в схемата;



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!



Компонентни матрици и уравнения на електронните схеми

Правила за съставяне на $[Y_k]$:

- Проводимостите на y -клоните се записват чрез собствените си проводимости Y_k в клетките от главния диагонал;
- За клон със ЗИТУН, тип yU , проводимостта y се записва в клетка разположена в ред с номер равен на номера на клона със зависимия източник и стълб с номер определен от номера на клона с управляващото напрежение;



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!

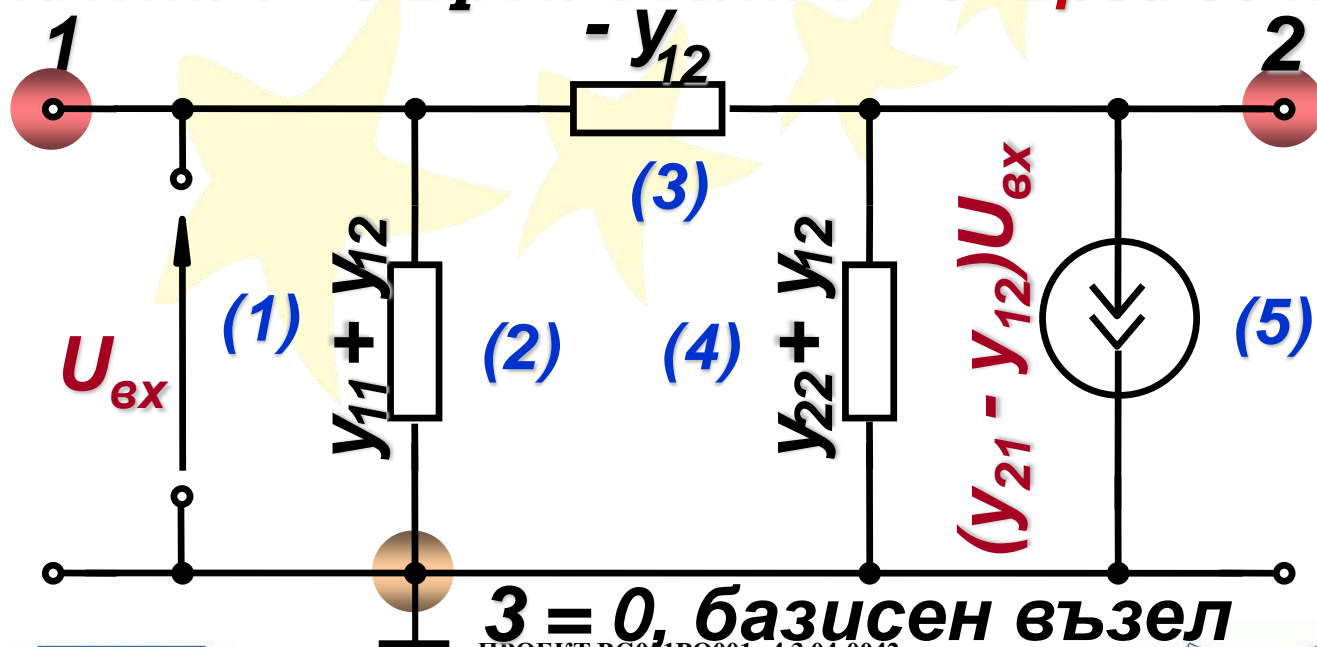


Европейски социален фонд

Компонентни матрици и уравнения на електронните схеми

Пример: Да се състави компонентната матрица на проводимостите за схемата на П-образния четириполюсен модел, за която:

Брой клонове $l = 5$ Брой възли $v = 3$ Брой сечения $u = 2$



Европейски съюз

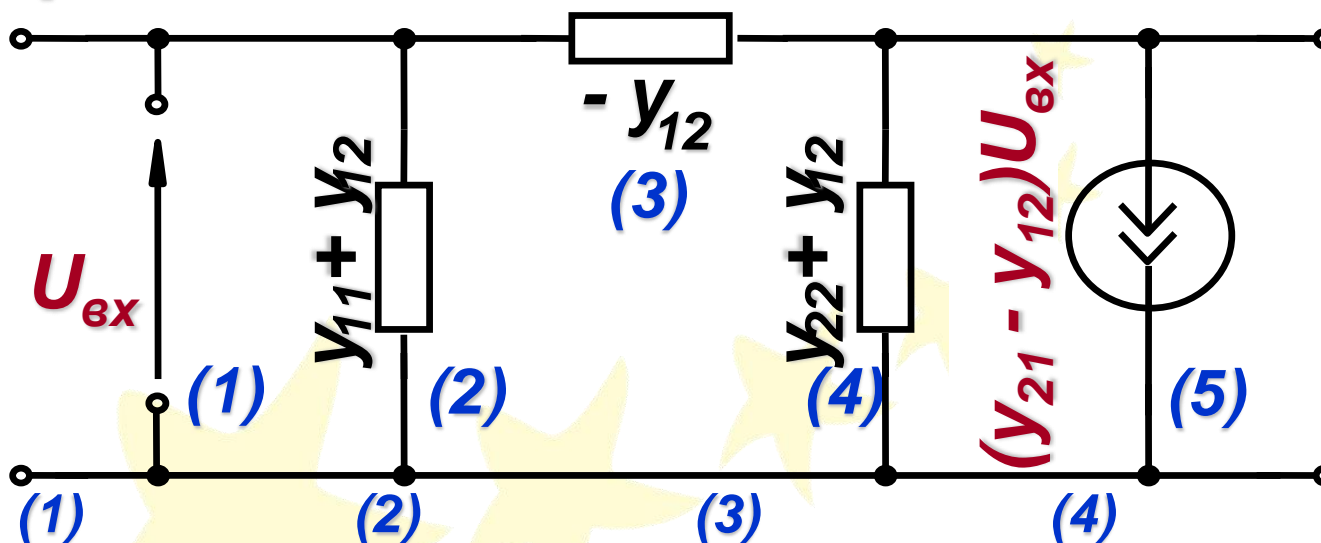
ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042
 „Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”

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

Компонентни матрици и уравнения на електронните схеми



$[Y_k]=$

(1)				
(2)	$y_{11} + y_{12}$			
(3)		$-y_{12}$		
(4)			$y_{22} + y_{12}$	
(5)	$y_{21} - y_{12}$			



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



Топологичните матрици и уравнения дават информация за свързаността на компонентите в схемата

ТОПОЛОГИЧНИ УРАВНЕНИЯ И МАТРИЦИ



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

Елементи на топологията на схемите

- Някои от електротехническите зависимости, които се използват в теорията на веригите, например законите на Кирхов, не зависят от типа на схемните елементи, а само от начина на тяхното свързване в общата схема или от топологията на схемите



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!



Граф

- Начинът на свързване между клоните на принципната схема може да се представи чрез скелетна схема, наречена още граф
- **Графът** представлява опростена схема, в която клоните са заменени с линии, наречени ребра, а възлите – с върхове на ребрата



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!

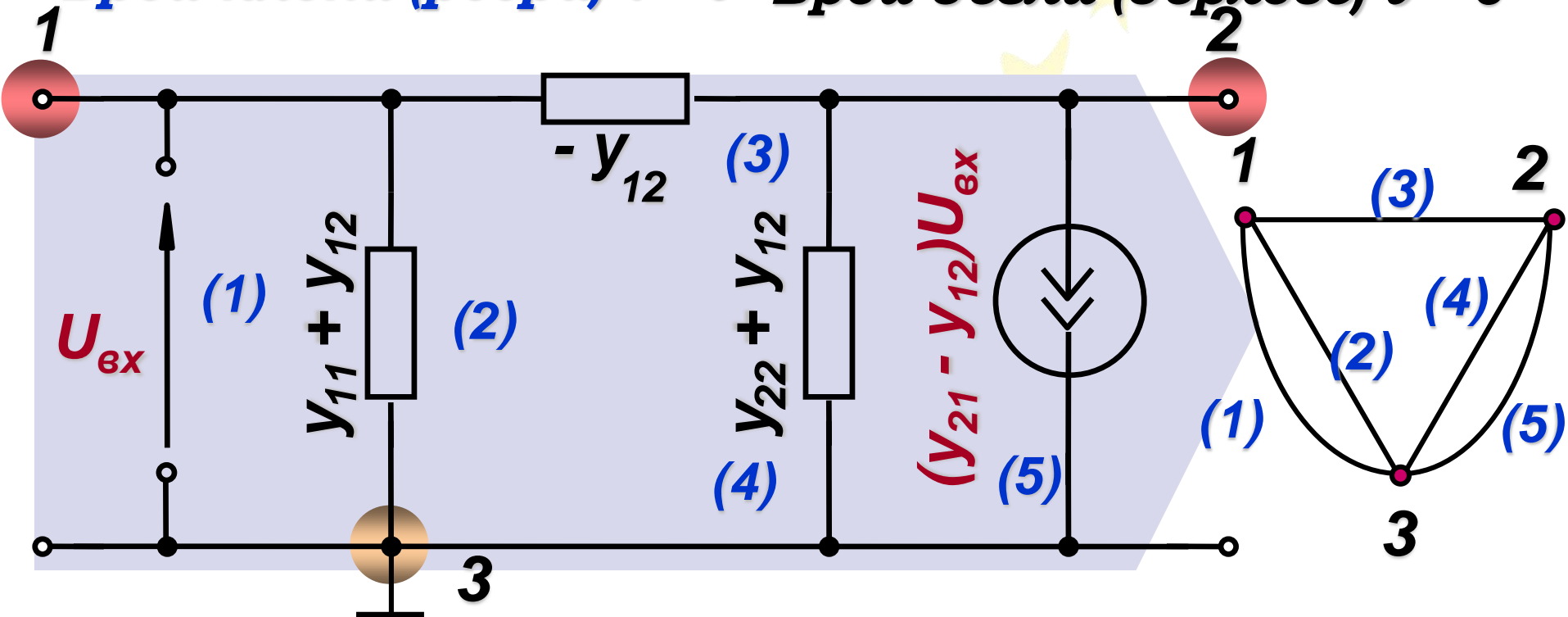


Европейски социален фонд

Граф

Пример: Граф на схемата на П-образния четириполюсен модел, за който:

Брой клони (ребра) $l = 5$ Брой възли (върхове) $v = 3$



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

Дърво на графа

- Съществено значение в топологията на схемите има разделянето на клоните на две групи: клони на дървото и хорди
- **Дърво на графа** на схемата се нарича съвкупността от взаимно свързани клони (ребра), които обхващат всички възли, без да образуват контур
- Между броя ν на клоните на дървото и броя v на възлите му съществува зависимостта $\nu = v - 1$, тъй като първият клон обхваща два възела, а за всеки следващ клон се прибавя по още един възел
- Останалите клони на графа допълват дървото и се наричат хорди



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!



Независими сечения

- За независими напрежения се избират напреженията на *клоните на дървото*, тъй като те *не образуват контур*
- Всяко сечение пресича един клон на дървото и произволен брой хорди
- Положителната посока на сечението съвпада с посоката на независимото напрежение в клона на дървото, което го дефинира



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

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

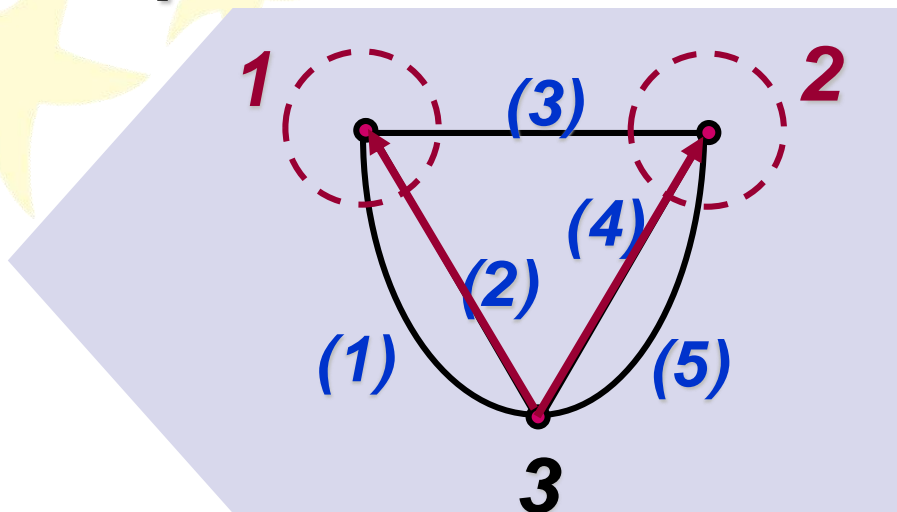
Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!



Независими сечения

Броят на независимите напрежения е равен на броя на клоните на дървото u , или $e =$ броя на независимите сечения или $e =$ броя на независимите уравнения по първия закон на Кирхов

Брой на възлите $v = 3$
Брой клони на дървото $u = v - 1 = 3 - 1 = 2$
Брой сечения $u = 2$



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!



Канонична система на сеченията

- Видът и сложността на матрично-векторните параметри на схемите зависят от начина на избиране на дървото, т.е. от системата независими променливи
- Те имат най-прост вид и най-много нулеви елементи при използването на т.нар. **канонична система на сеченията**



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!



Канонична система на сеченията

- При каноничната система на сеченията няма клони, които да се пресичат от повече от две сечения
- Дървото за каноничната форма на сеченията се избира така, че клоните му да излизат от един базисен възел
- Около останалите възли се прекарват затворени сечения (с положителна посока навътре към възела)
- Напреженията на сеченията (на възлите) се отчитат спрямо базисния възел



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

Канонична система на сеченията

- Канонична форма на сеченията може да се състави винаги, независимо от това, дали всеки възел е свързан с реален клон към базисния възел или липсва такъв
- В последния случай може да се прибави фиктивен клон с $Y_k = 0$ (т.е. прекъснатата верига) между съответния възел и базисния възел
- При това матрицата на проводимостите на схемата не се променя, тъй като клон с $Y_k = 0$ не изменя собствените проводимости на отделните сечения



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!



Топологична матрица на сеченията

- Взаимното съответствие между независимите сечения (на брой u) и клоните (на брой l) на схемата, се изразява чрез **топологичната матрица $[P]$** с u реда и l стълба, наречена още **матрица на сеченията**



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

Топологична матрица на сеченията

Правила за съставяне на $[П]$:

$P_{ij} =$	+1	Когато сечението i включва клона j и посоките им съвпадат
	-1	Когато сечението i включва клона j , но посоките им са противоположни
	0	Когато сечението i не включва клона j



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

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

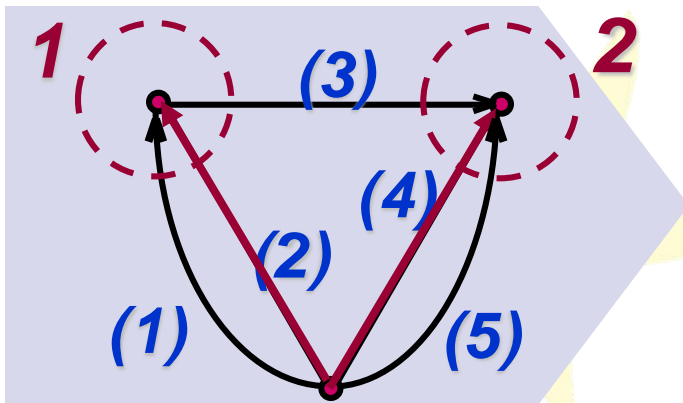
Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на
Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”,
съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!



Европейски социален фонд

Топологична матрица на сеченията

- Пример:



$$[\Gamma] = \begin{matrix} 1 \\ 2 = \nu \end{matrix}$$

1	2	3	4	5 = l
+1	+1	-1		
		+1	+1	1

$$l = 5$$

$$\nu = 3$$

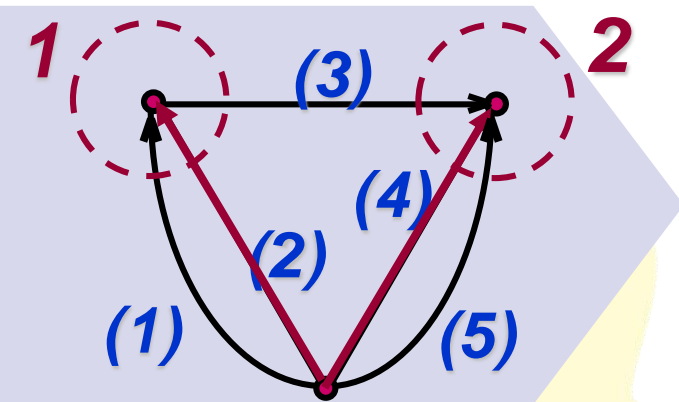
$$\nu = 2$$



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!



Топологична матрица на сеченията



$[M] =$

	1	2	3	4	5=l
1	+1	+1	-1		
2=л			+1	+1	1

- Всеки ред на матрицата $[M]$ показва съвкупността от клонове, които принадлежат към дадено сечение
- Всеки стълб на матрицата $[M]$ показва към кои сечения принадлежи дадения клон



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!



Първо топологично уравнение

- Първото топологично уравнение на схемата в *матричен вид* може да се изрази, като матрицата на сеченията $[П]$ се умножи отдясно на вектора-стълб на токовете в клоните $[I_k]$:

$$\begin{matrix} [П] & [I_k] & = & [0] \\ \nu \times 1 & 1 \times 1 & & \nu \times 1 \end{matrix}$$

- На това уравнение съответстват ν броя скаларни уравнения, които изразяват **първия закон на Кирхов** $\sum I_k = 0$ за всяко сечение



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!



Първо топологично уравнение

$$[\Pi] [I_k] = [0]$$

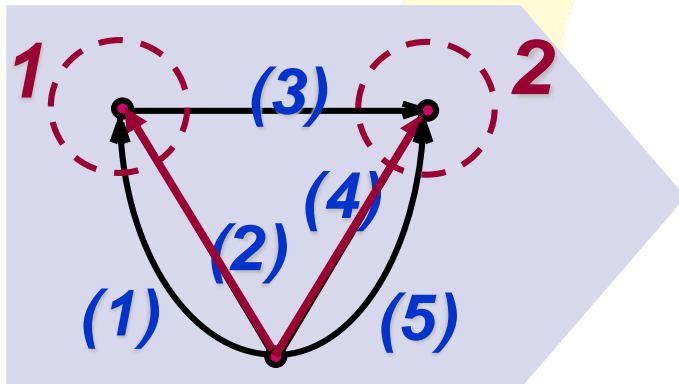
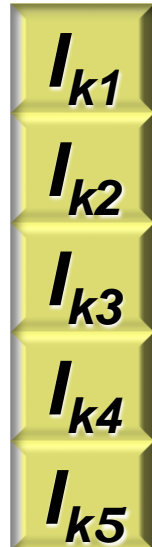
$\nu \times 1 \quad 1 \times 1 \quad \nu \times 1$

- Пример:

$[\Pi] =$

	1	2	3	4	5=1
1	+1	+1	-1		
2=y			+1	+1	+1

$[I_k] =$



За сечение 1: $I_{k1} + I_{k2} - I_{k3} = 0$

За сечение 2: $I_{k3} + I_{k4} + I_{k5} = 0$



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!





ОПРЕДЕЛЯНЕ НА НАПРЕЖЕНИЯТА В КЛОНИТЕ ЧРЕЗ ВЪЗЛОВИТЕ НАПРЕЖЕНИЯ



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

Координатна система ‘сечения’ и определяне на напреженията в клоните чрез тях

- Топологичното понятие сечение може да се разглежда като координатна система, спрямо която да се определят напреженията във всички клони, които са най-често търсените величини при анализа на електронни схеми
- Тъй като сеченията се прекарват така, че да минават само през един клон на дървото, на всяко сечение съответства напрежението на този клон на дървото



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!



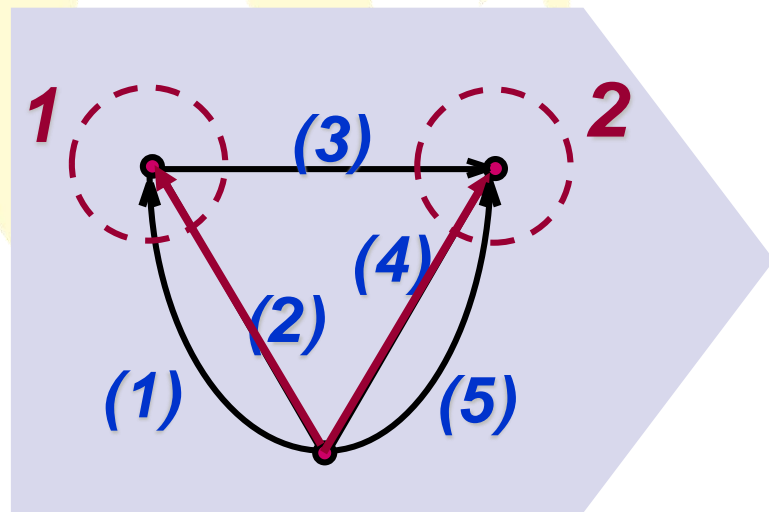
Европейски социален фонд

Координатна система 'сечения' и определяне на напреженията в клоните чрез тях

- Съвкупността от напреженията на клоните на дървото образуват U мерен вектор-стълб на напреженията на сеченията, които са независими помежду си

$$[U] = \begin{matrix} U_1 \\ U_2 \\ \dots \\ U_y \end{matrix}$$

Пример:



$$[U] = \begin{matrix} U_1 \\ U_2 \end{matrix}$$



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

Координатна система 'сечения' и определяне на напреженията в клоните чрез тях

- Тъй като при каноничната система на сеченията няма клонони, които да се пресичат от повече от две сечения, а всеки стълб на матрицата $[P]$ показва към кои сечения принадлежи даден клон, то векторът-стълб на напреженията в клоните ще се получи при извършване на матричното умножение на транспонираната матрица на сеченията $[P]^t$ и вектора-стълб на напреженията в сеченията:

$$[U_k] = [P]^t [U]$$

$$l \times 1 \quad l \times n \quad n \times 1$$



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

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

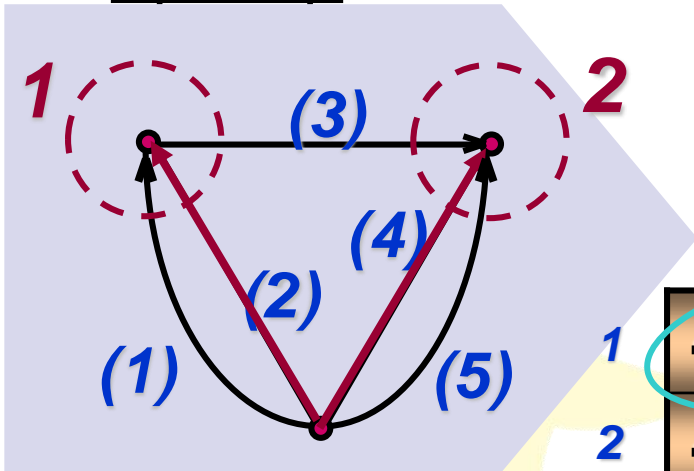
Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”, съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!



Европейски социален фонд

Координатна система 'сечения' и определяне на напреженията в клоните чрез тях

• Пример:



$$[\Gamma]^t [U] = [U_k]$$

$l \times y$ $y \times 1$ $l \times 1$

	1	2=y
1	+1	0
2	+1	0
3	-1	+1
4	0	+1
5=l	0	+1

U_1
U_2

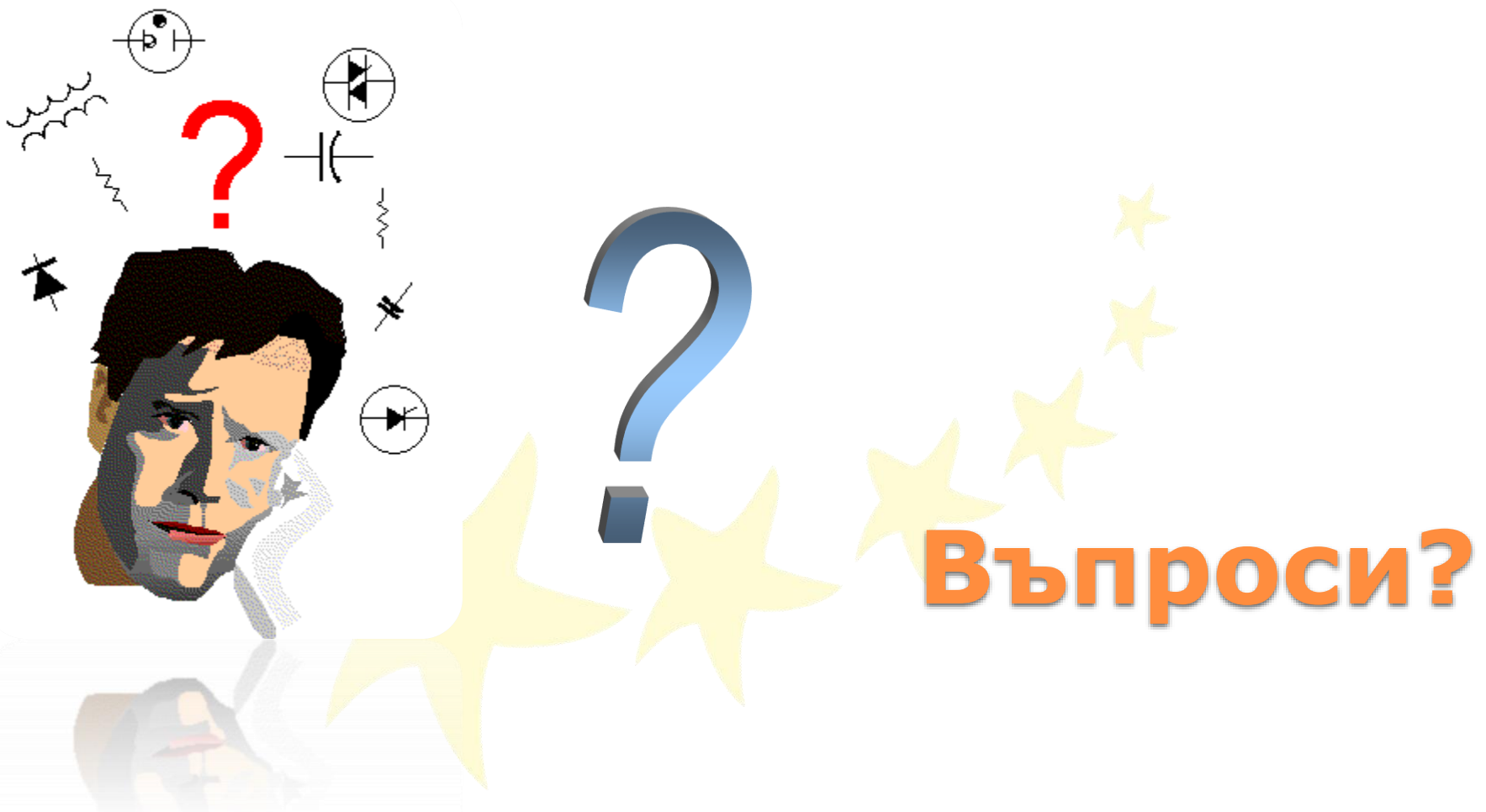
U_1
U_1
$-U_1 + U_2$
U_2
U_2

U_{k1}
U_{k2}
U_{k3}
U_{k4}
U_{k5}



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!





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!

