

**2.8. Алгоритми за символен анализ на линейни електронни схеми. Определяне на схемните функции в символен вид.**

При анализа на линейни електронни схеми (ЛЕС) понякога е удобно част от елементите на схемата да фигурират в резултата за схемната функция като буквени (символни) променливи.

**1. Начини на представяне** на схемните функции в зависимост от броя и типа на елементите символи:

- ❑ **в пълен символен вид ;**
- ❑ **в числено-символен вид ;**
- ❑ **като дробно-рационални функции на комплексната променлива  $p$  с реални коефициенти.**

- **В пълен символен вид** – всички елементи участват с буквени означения (символи). Полученият резултат представлява аналитичен израз (формула);
- **В числено-символен вид** – част от елементите са заместени със своите стойности, а други фигурират като символи;
- **Като дробно-рационални функции на комплексната променлива  $p$**  с реални коефициенти. Получават се в резултат от заместването на всички елементи с техните проводимости и групирането им по степените на  $p$ .

## **2. Приложения на символните схемни функции**

- ❑ **За ускоряване на анализа** на ЛЕС при извършване на многократно повтарящи се изследвания в честотна или времева област;
- ❑ **За изчисляване на полюсите и нулите** на предавателните функции и за оценка на тяхното влияние върху схемните характеристики при промяна на някой от параметрите в схемата;
- ❑ **За повишаване на точността на изчисленията**, като се намали влиянието на грешките от закръгление и загубата на точност, възникваща при изваждане на близки по модул числа.

- **Вторичните параметри (ВП) на линейната схема, разглеждана като четириполусник, се получават като отношение на детерминанти и адюнгирани количества на матрицата на проводимостите  $[Y]$ .**
- **Задачата на символния анализ се свежда до съставянето на формула за адюнгираните количества в числителя и знаменателя на ВП.**

### **3. Методи за пълен символен анализ**

**Използват се топологични и теоретико-множествени подходи**

#### **3.1. Топологични методи:**

##### **а) метод на сигналните графи**

**$\det[Y]$  се определя чрез построяване на съвкупността от недопиращи се контури и пътища в сигналния граф.**

##### **б) метод на ненасочените графи**

**$\det[Y]$  се определя чрез построяване на съвкупността от дървета в структурния граф.**

#### **3.2. Теоретико-множествени подходи**

**(метод на структурните числа, метод на обобщените числа)**

**Основният недостатък** на методите за пълен символен анализ в сравнение с алгебричните е големият брой комбинации (контури или дървета).  
Броят на дърветата на граф с  $n$  възела е

$$n^{(n-2)}$$

и нараства бързо с  $n$ .

При числените методи максималният брой операции, необходими за обръщането на матрица от ред  $n$  е

$$n^3$$

#### **4. Методи за числено-символен анализ:**

**комбинирани (матрично-топологични).**

**Част от елементите са в символен вид, а останалите – в числен вид.**

**Анализът на схемата се свежда до:**

- извличане на символните параметри от детерминантата**

**(чрез топологичен метод);**

- изчисляване на детерминантата**

**(чрез числен метод).**

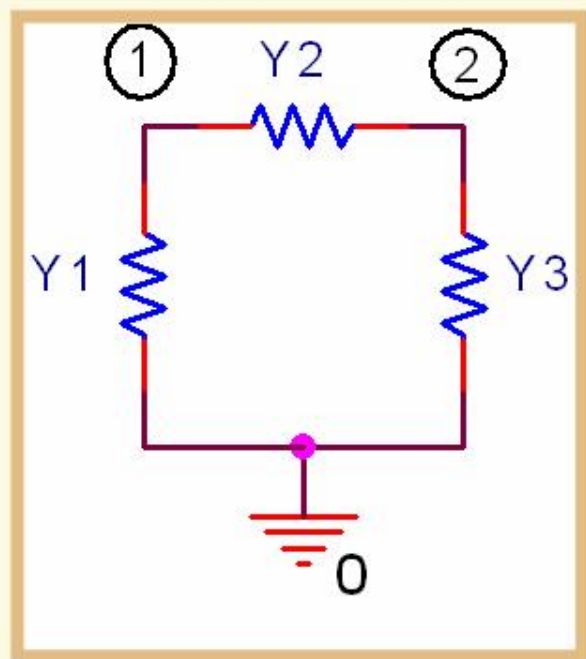
**Тези методи се отличават с високо бързодействие при малък брой символи.**



## 5. Пример за пълен символен анализ по метода с построяване на съвкупността от всички дървета в структурния граф

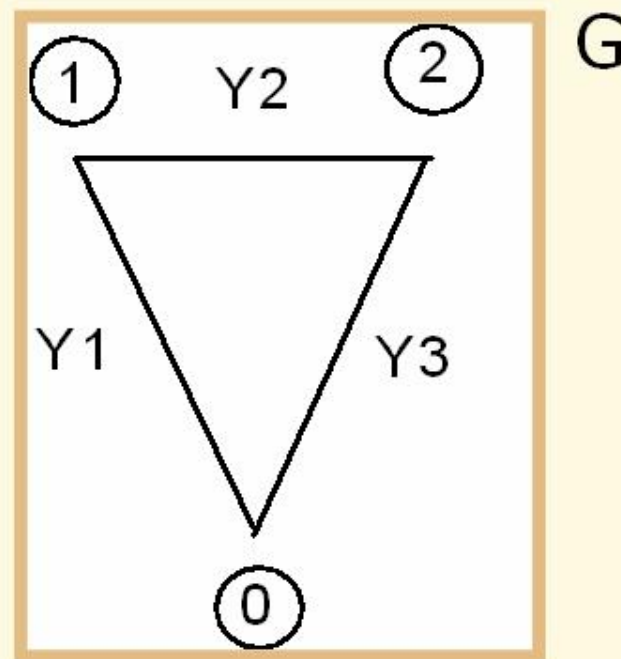
### 5.1. Пример с пасивна схема

Схема  $N$



$N$

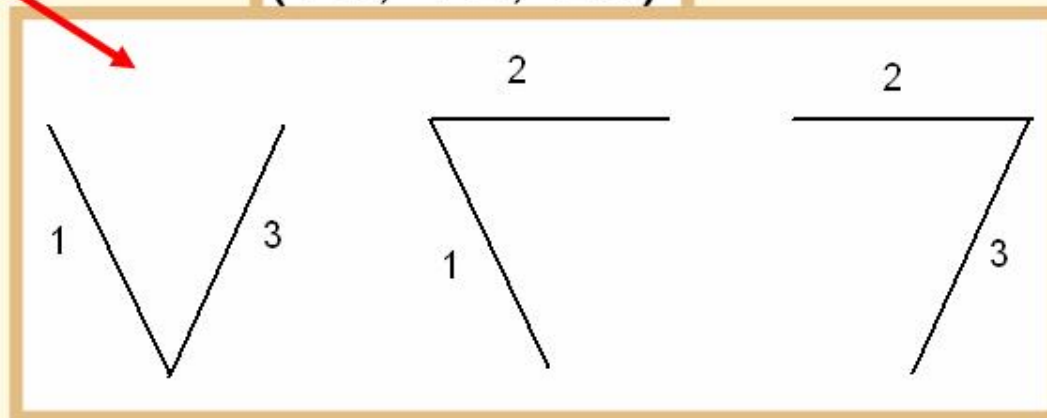
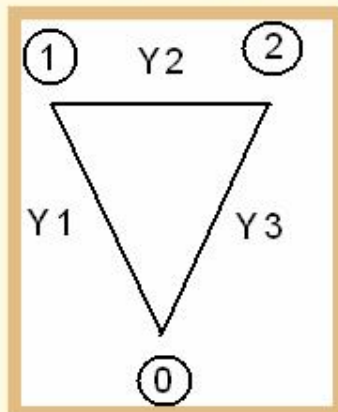
Граф  $G$



$G$

Построява се съвкупността от дървета  
в графа  $G$ :

$(13, 12, 23)$



Детерминанта на матрицата на проводимости  
 $\det[Y]$

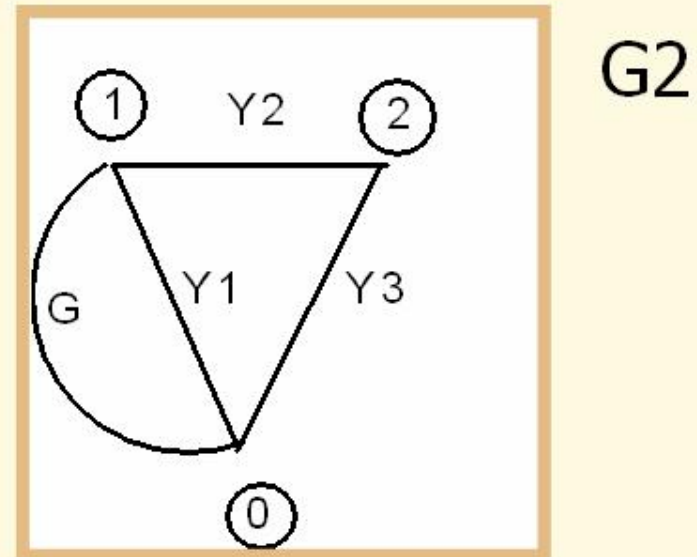
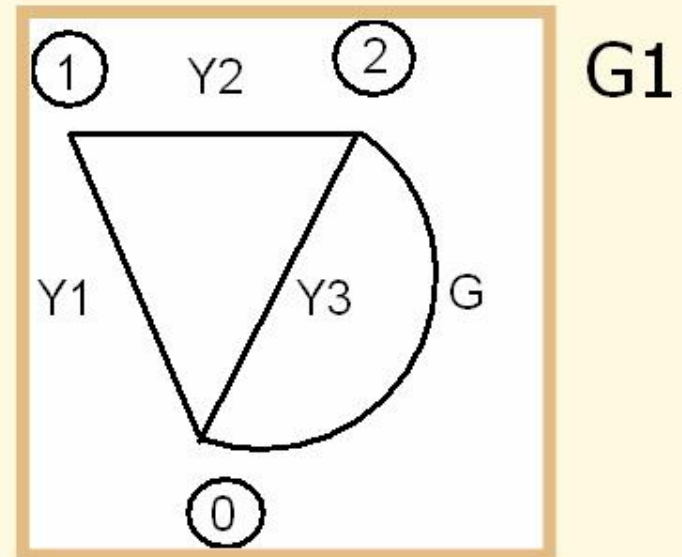
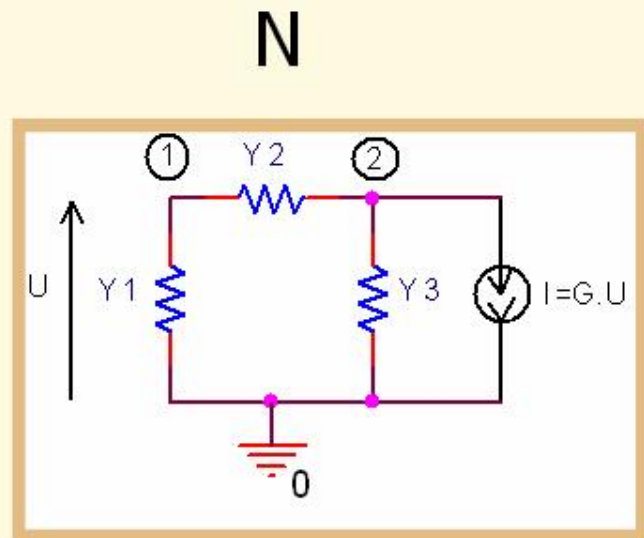
$$\Delta = \det[Y] = \sum \varepsilon_j Y_{j1} Y_{j2} \dots Y_{jv-1}$$

$$\varepsilon_j = 1$$

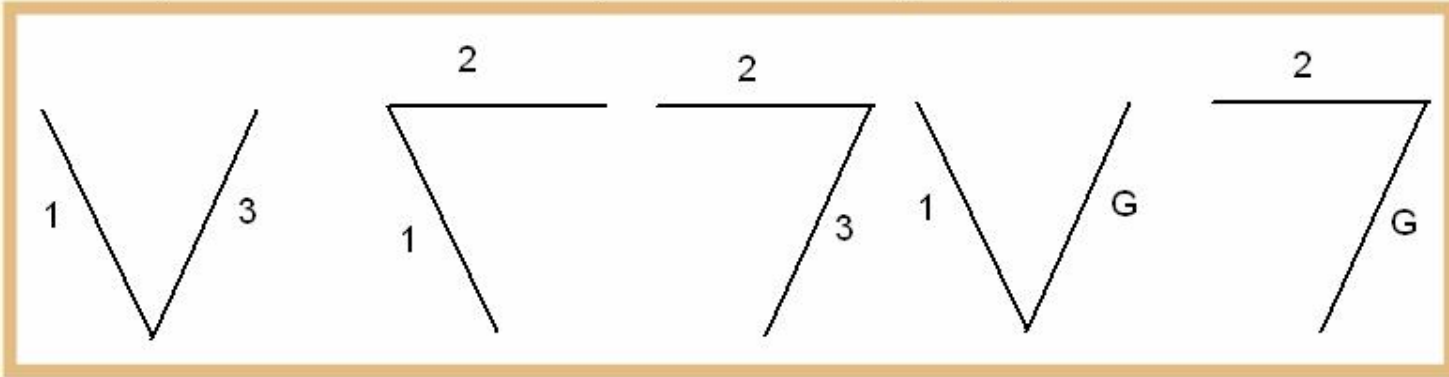
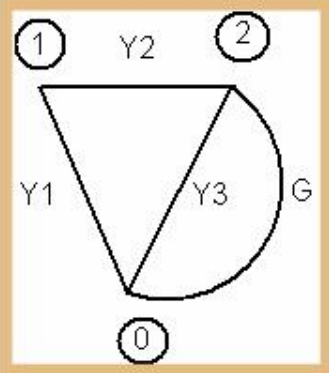
$\det[Y]$  включва произведения от про-  
водимости на клони, които формират дърво  
в графа  $G$ .

$$\Delta = \det[Y] = Y_1 Y_2 + Y_1 Y_3 + Y_2 Y_3$$

## 5.2. Пример с активна схема

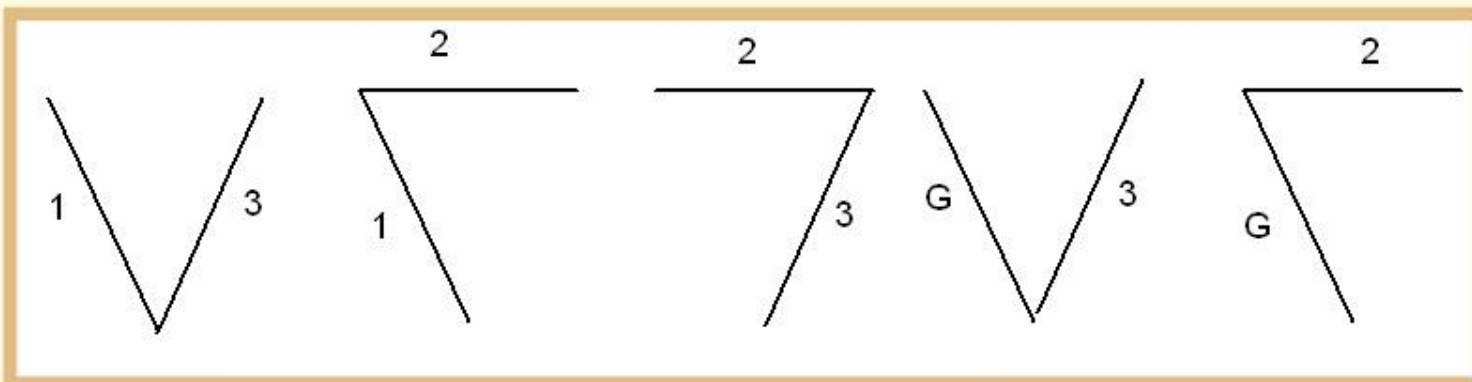
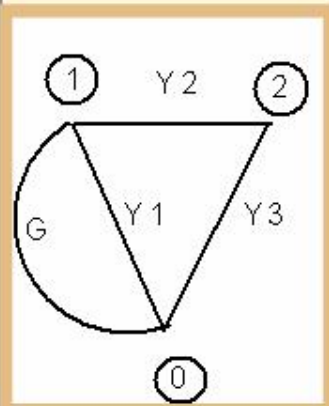


## Съвкупност от дървета в графа **G1**:



(13, 12, 23, 1G, 2G)

## Съвкупност от дървета в графа **G2**:



(13, 12, 23, 3G, 2G)

$$\Delta = \det[Y] = \sum \varepsilon_j Y_{j1} Y_{j2} \dots Y_{jv-1} ,$$

За активна схема:  $\varepsilon_j = \pm 1$

$\det[Y]$  включва произведения от проводимости на клони, които формират дърво както в графа  $G_1$ , така и в графа  $G_2$ :

$$G_1 \quad (13, 12, 23, 1G, 2G)$$

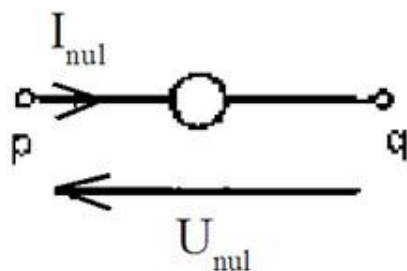
$$G_2 \quad (13, 12, 23, 3G, 2G)$$

Общи дървета:  $(13, 12, 23, 2G)$

$$\Delta = \det[Y] = \varepsilon_1 Y_1 Y_2 + \varepsilon_2 Y_1 Y_3 + \varepsilon_3 Y_2 Y_3 + \varepsilon_4 Y_2 G$$

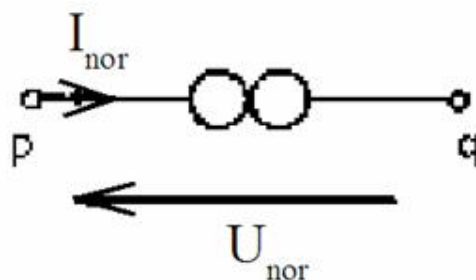
## Приложение на нулатори и норатори при символен анализ на активни схеми

нулатор



$$I_{nul} = 0$$
$$U_{nul} = 0$$

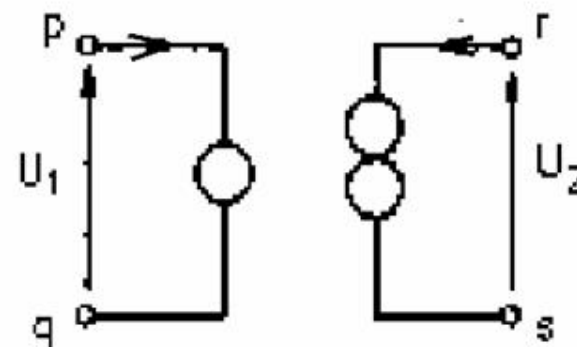
норатор



$$I_{nor}, U_{nor} -$$

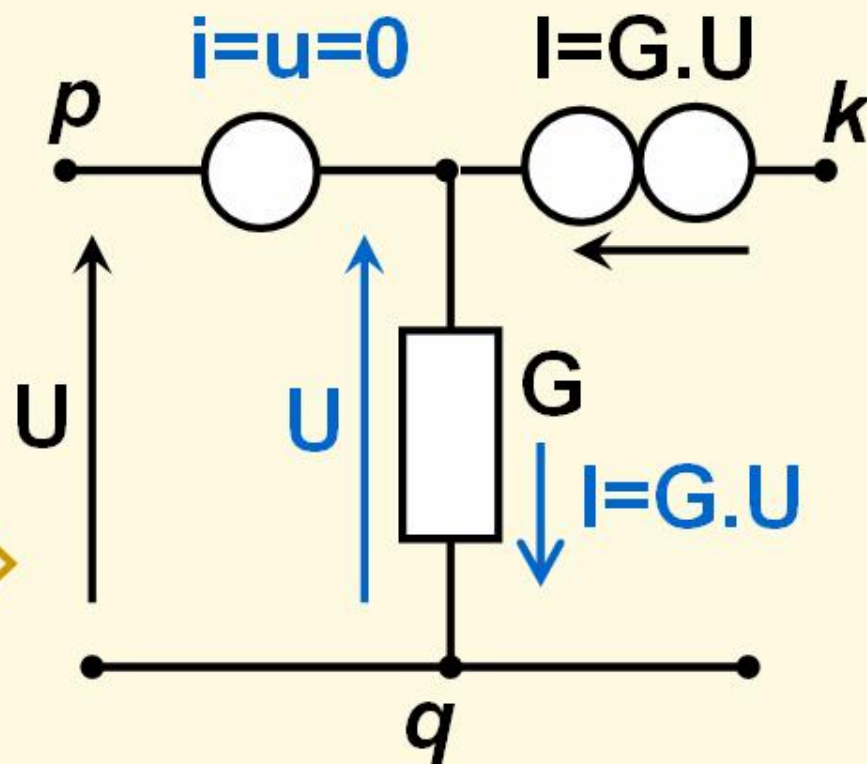
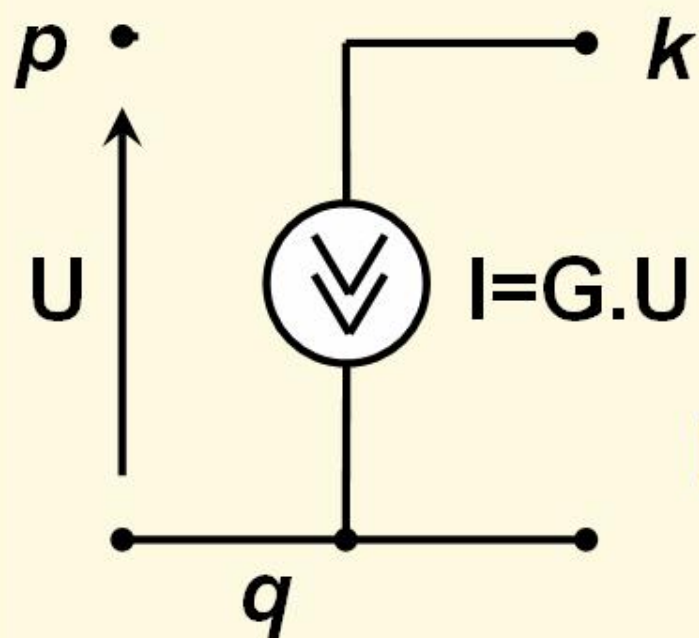
неопределени

нулор



**Нулорът е еквивалентен на идеален операционен усилвател**

# Нулаторно-нораторен модел на ЗИТУН



## **Процедура за символен анализ за схеми с нулатори и норатори**

- 1. Преобразува се графът на схемата  $G$  чрез свързване накъсо на нулаторите и отстраняване на нораторите – получава се напрежителният граф  $G_u$**
- 2. Преобразува се графът  $G$  чрез свързване накъсо на нораторите и отстраняване на нулаторите – получава се токовият граф  $G_i$**
- 3. Намират се общите дървета за  $G_u$  и  $G_i$  . Произведенията от проводимостите им участват в символния израз за  $\det[Y]$ .**