

Теория на електронните схеми

Основни понятия и определения : източници на енергия

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
- Източници на енергия



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 обяснявате различните видове източници на енергия
- ▶ Да познавате и практически да прилагате различните видове източници на енергия



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

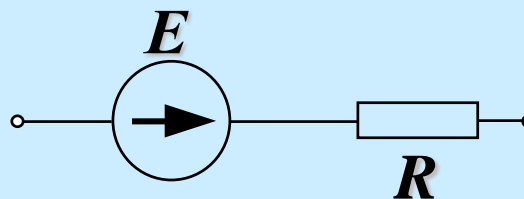
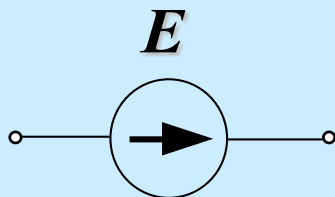
„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”

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!

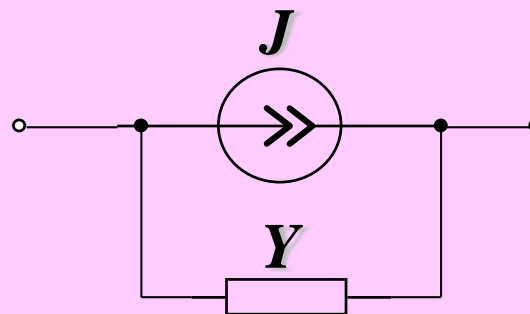
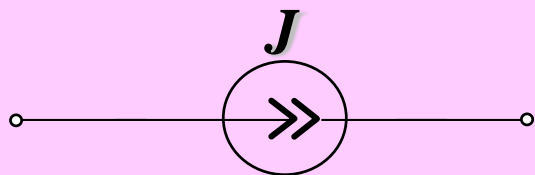


Независими източници на енергия

Независими източници на напрежение



Независими източници на ток



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

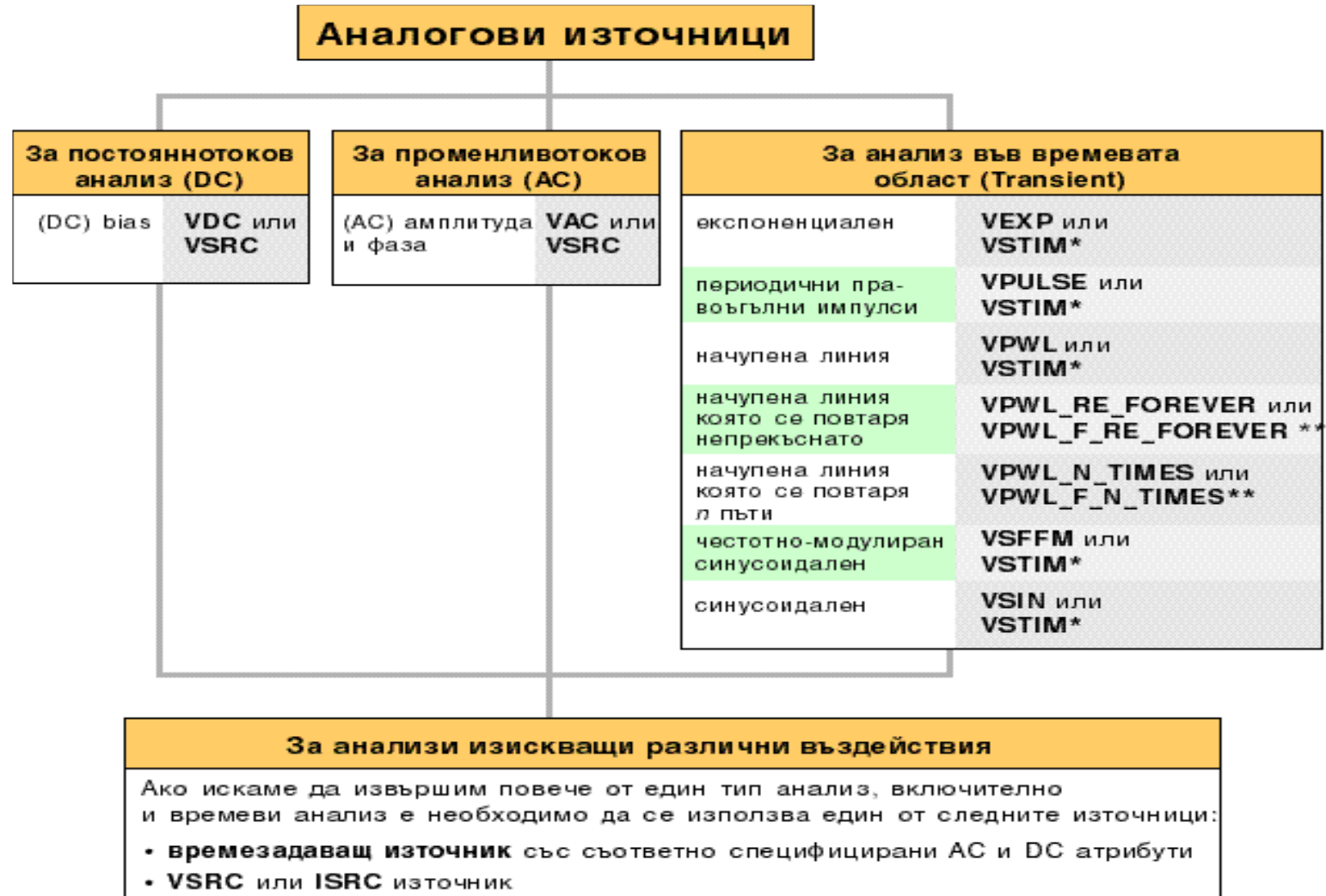
„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”

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

Аналогови източници на напрежение в PSpice



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

Зависими източници

- Зависимите източници на напрежение или ток представляват основен метод за моделиране на активността на електронните елементи и схеми.



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

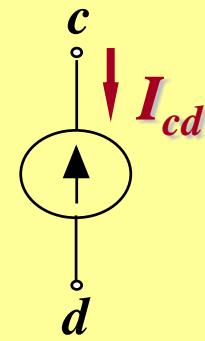
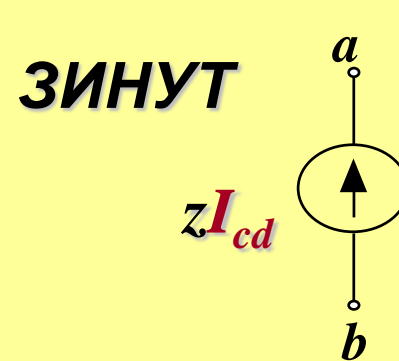
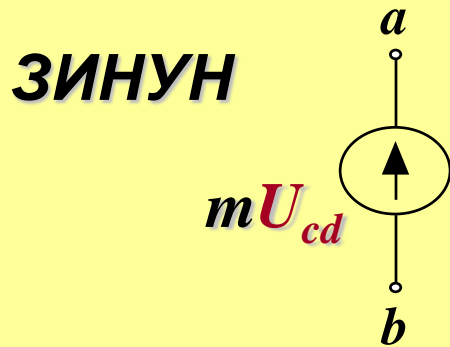
„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”

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

Зависими източници



- Всеки зависим източник на **напрежение** задава напрежението между два произволно избрани възела (a, b), което зависи от управляващата величина ток/напрежение, измерена на друго място в схемата (c, d).



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

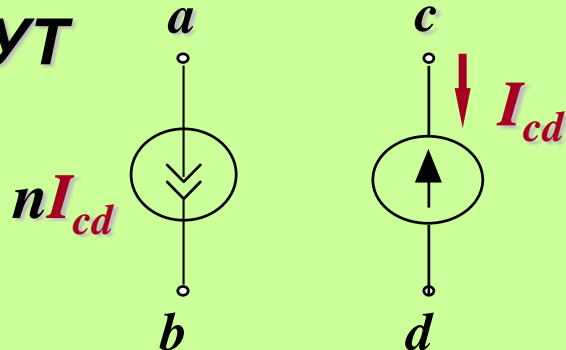
„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”

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!

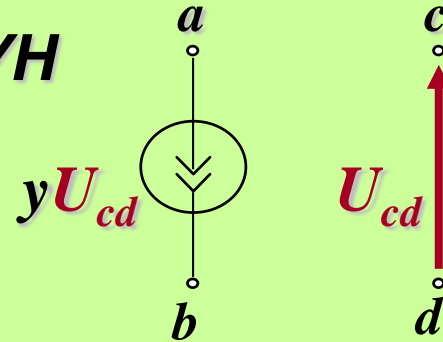


Зависими източници

ЗИТУТ



ЗИТУН



- Всеки **зависим източник на ток** задава тока в определен клон на електронната схема, който зависи от управляващата величина ток/напрежение, измерена на друго място в схемата.



Европейски съюз

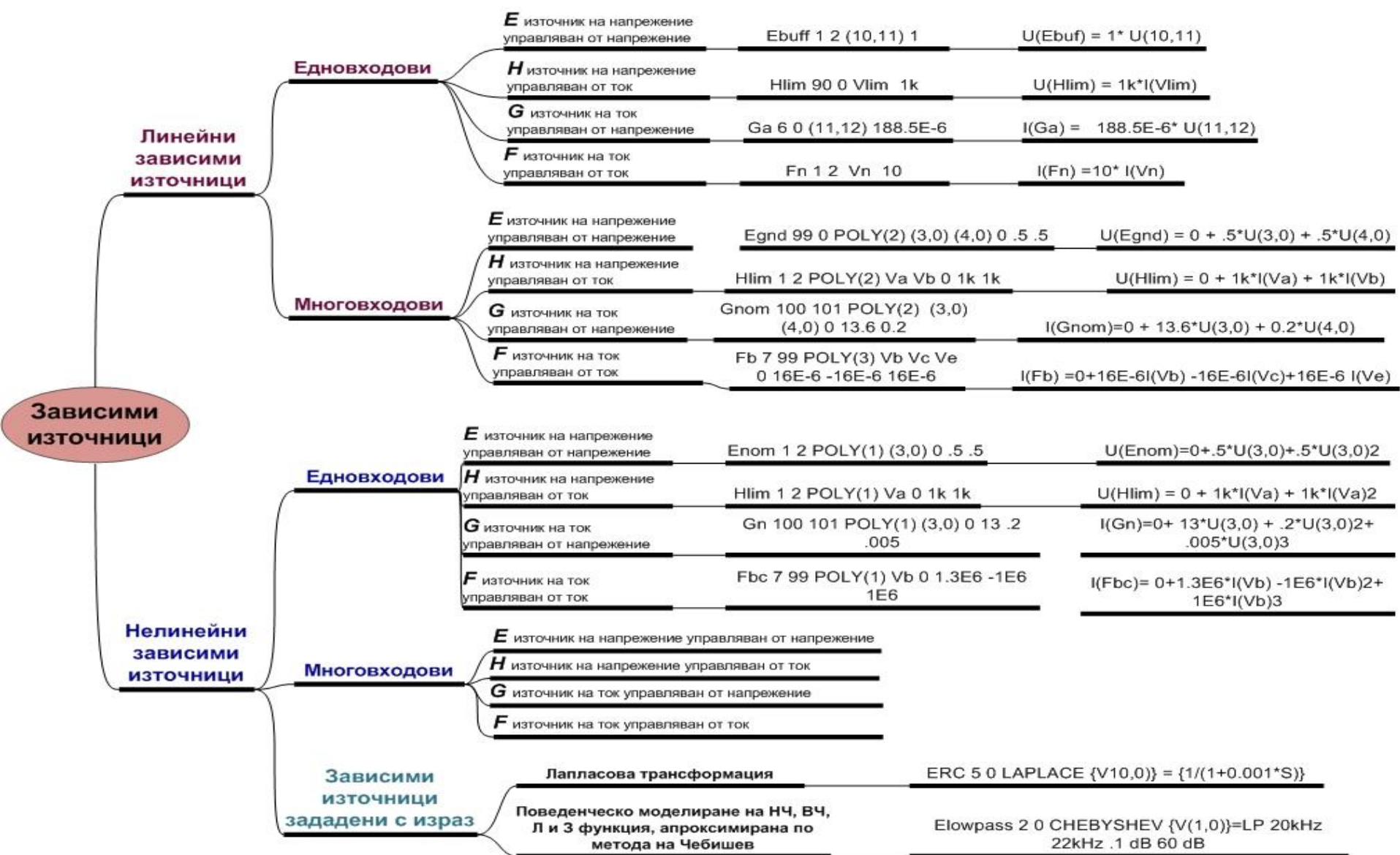
ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

„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!



Европейски социален фонд



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!

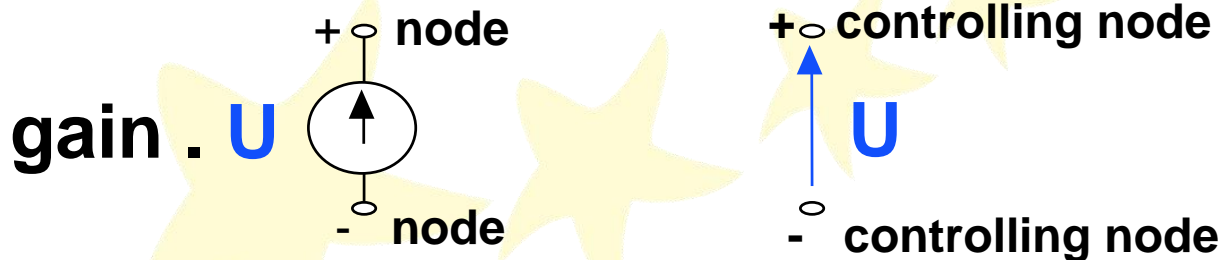


Европейски социален фонд

Линейни едновходови зависими източници в PSpice

ИНУН E

E<name> <+ node> <-node> + <(+ controlling node, - controlling node)> <gain>



Пример: EBUFF 1 2 (10, 11) 1.0

$$U(EBUFF) = 1.0 U(10, 11)$$



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!

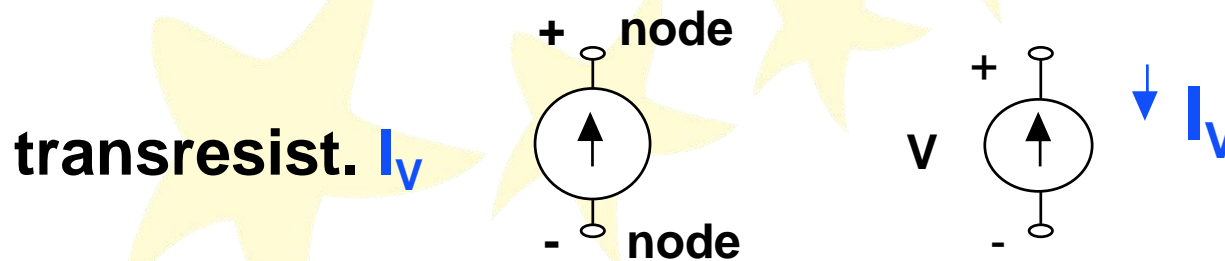


Европейски социален фонд

Линейни едновходови зависими източници в PSpice

ИНУТ Н

H<name> <+ node> <-node> + <controlling V device name> <transresistance>



Пример: HLIM 90 0 Vlim 1K

$$U(\text{HLIM}) = 1\text{k} \cdot I(\text{VLIM})$$



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!

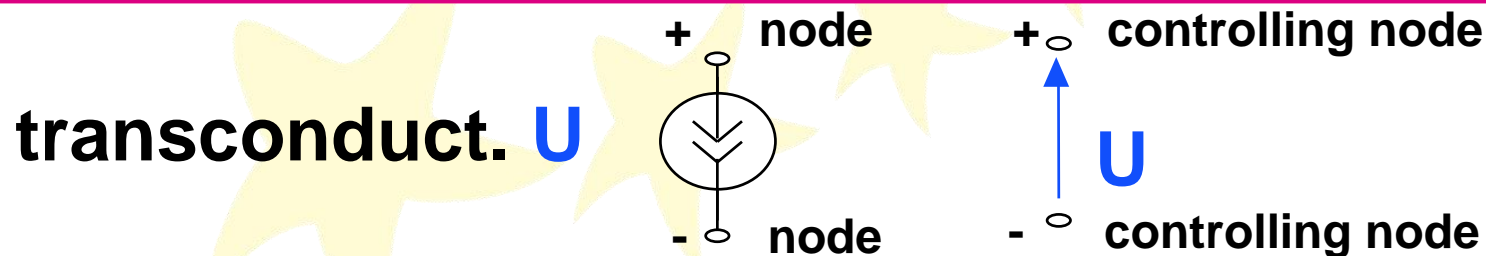


Европейски социален фонд

Линейни едновходови зависими източници в PSpice

ИТУН **G**

G<name> <+ node><-node> <(+ controlling node, - controlling node)> <transconductance>



Пример: **Ga 6 0 (11, 12) 188.5E-6**
 I(GA) = 188.5E-6. U(11,12)



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!

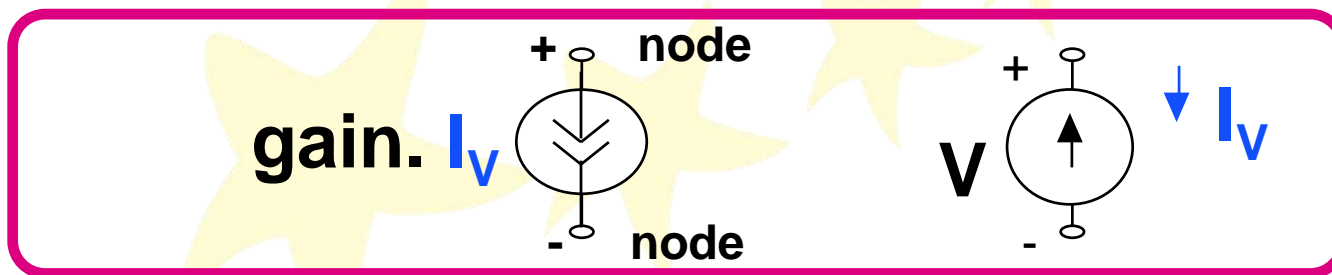


Европейски социален фонд

Линейни едновходови зависими източници в PSpice

ИТУТ F

F<name> <+node><-node> <controlling V device name><gain>



Пример: **FSENSE 1 2 VSENSE 10.0**
I(Fsense) = 10.0 I(Vsense)



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

Линейни многовходови зависими източници в PSpice

ИНУН

E<name> <+ node> <-node> POLY(value)
<<(+ controlling node, - controlling node)>>*
<<polynomial coefficient value>>*

$$E = P_0 + P_1 U_1 + P_2 U_2 + \dots + P_n U_n, \quad \text{value}=n$$

Пример: EGND 99 0 poly(2) (3,0) (4,0) 0 .5 .5

$$U(\text{Egnd}) = 0 + 0.5 U(3,0) + 0.5 U(4,0)$$



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

Линейни многовходови зависими източници в PSpice

ИНУТ Н

H<name> <+ node> <-node> POLY(value)
+ <<controlling V device name>>*
+ <<polynomial coefficient value>>*

H = $P_0 + P_1 I_1 + P_2 I_2 + \dots + P_n I_n$, value=n

Пример: Hlim 1 2 poly(2) Va Vb 0 1K 1K

$$U(Hlim) = 0 + 1k I(Va) + 1k I(Vb)$$



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

Линейни многовходови зависими източници в PSpice

ИТУН G

G<name> <+ node> <-node> POLY(value)
<<(+ controlling node, - controlling node)>>*
<<polynomial coefficient value>>*

$$G = P_0 + P_1 U_1 + P_2 U_2 + \dots + P_n U_n, \quad \text{value}=n$$

Пример:

GNON 100 101 poly(2) (3,0) (4,0) 0 13.6 0.2

$$I(\text{GNON}) = 0 + 13.6 U(3,0) + 0.2 U(4,0)$$



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

Линейни многовходови зависими източници в PSpice

ИТУТ F

F<name> <+ node> <-node> POLY(value)
<<controlling V device name>>* <<polynomial
coefficient value>>*

$$F = P_0 + P_1 I_1 + P_2 I_2 + \dots + P_n I_n, \quad \text{value}=n$$

Пример: FB 7 99 poly(5) vb vc ve vlp vln
0 16E6 -16E6 16E6 16E6 -16E6

$$I(\text{FB}) = 0 + 16.32\text{E}6 I(\text{Vb}) - 16\text{E}6 I(\text{Vc}) + 16.32\text{E}6 I(\text{Ve}) \\ + 16.32\text{E}6 I(\text{Vlp}) - 16\text{E}6 I(\text{Vln})$$



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

Нелинейни едновходови зависими източници в PSpice

ИНУН

E<name> <+ node> <-node> POLY(1)
<<(+ controlling node, - controlling node)>> *
<<polynomial coefficient value>> *

$$E = P_0 + P_1 U_1 + P_2 U_1^2 + \dots + P_n U_1^n, \quad \text{value}=n$$

Пример: Enom 1 2 poly(1) (3,0) 0 .5 .5

$$U(\text{Enom}) = 0 + 0.5 U(3,0) + 0.5 U(3,0)^2$$



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

Нелинейни едновходови зависими източници в PSpice

ИНУТ

H<name> <+ node> <-node> POLY(1)
+ <<controlling V device name>>*
+ <<polynomial coefficient value>>*

H = $P_0 + P_1 I_1 + P_2 I_1^2 + \dots + P_n I_1^n$, value=n

Пример: Hlim 1 2 poly(1) Va 0 1K 1K

$U(\text{Hlim}) = 0 + 1\text{k} I(\text{Va}) + 1\text{k} I^2(\text{Va})$



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

Нелинейни едновходови зависими източници в PSpice ИТУН

G<name> <+ node> <-node> POLY(1)
<<(+ controlling node, - controlling node)>>*
<<polynomial coefficient value>>*

G = $P_0 + P_1 U_1 + P_2 U_1^2 + \dots + P_n U_1^n$,
value=n

Пример:

GN 100 101 poly(1) (3,0) 0 13.6 0.2 0.005

I(GN) = 0 + 13.6 U(3,0) + 0.2 U(3,0)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

Нелинейни многовходови зависими източници в PSpice

ИНУН

E<name> <+ node> <-node> POLY(value)
<<(+ controlling node, - controlling node)>>*
<<polynomial coefficient value>>*

$$E = P_0 + P_1 U_1 + P_2 U_2 + P_3 U_1^2 + P_4 U_1 U_2 + \dots$$

ИНУТ

H<name> <+ node> <-node> POLY(value)
<<controlling V device name>>*
<<polynomial coefficient value>>*

$$H = P_0 + P_1 I_1 + P_2 I_2 + P_3 I_1^2 + P_4 I_1 I_2 + \dots$$



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

Нелинейни многовходови зависими източници в PSpice

ИТУН

G<name> <+ node> <-node> POLY(value)
<<(+ controlling node, - controlling node)>>*
<<polynomial coefficient value>>*

$$G = P_0 + P_1 U_1 + P_2 U_2 + P_3 U_1^2 + P_4 U_1 U_2 + \dots$$

ИТУТ

F<name> <+ node> <-node> POLY(value)
<<controlling V device name>>*
<<polynomial coefficient value>>*

$$F = P_0 + P_1 I_1 + P_2 I_2 + P_3 I_1^2 + P_4 I_1 I_2 + \dots$$



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

Защо са необходими зависимите източници?

- Те се използват за моделиране на активни схеми: тези, които съдържат електронни елементи, за разлика от RLC веригите които са известни като пасивни схеми.
- Зависимите източници не служат като задаващи източници.



Европейски съюз

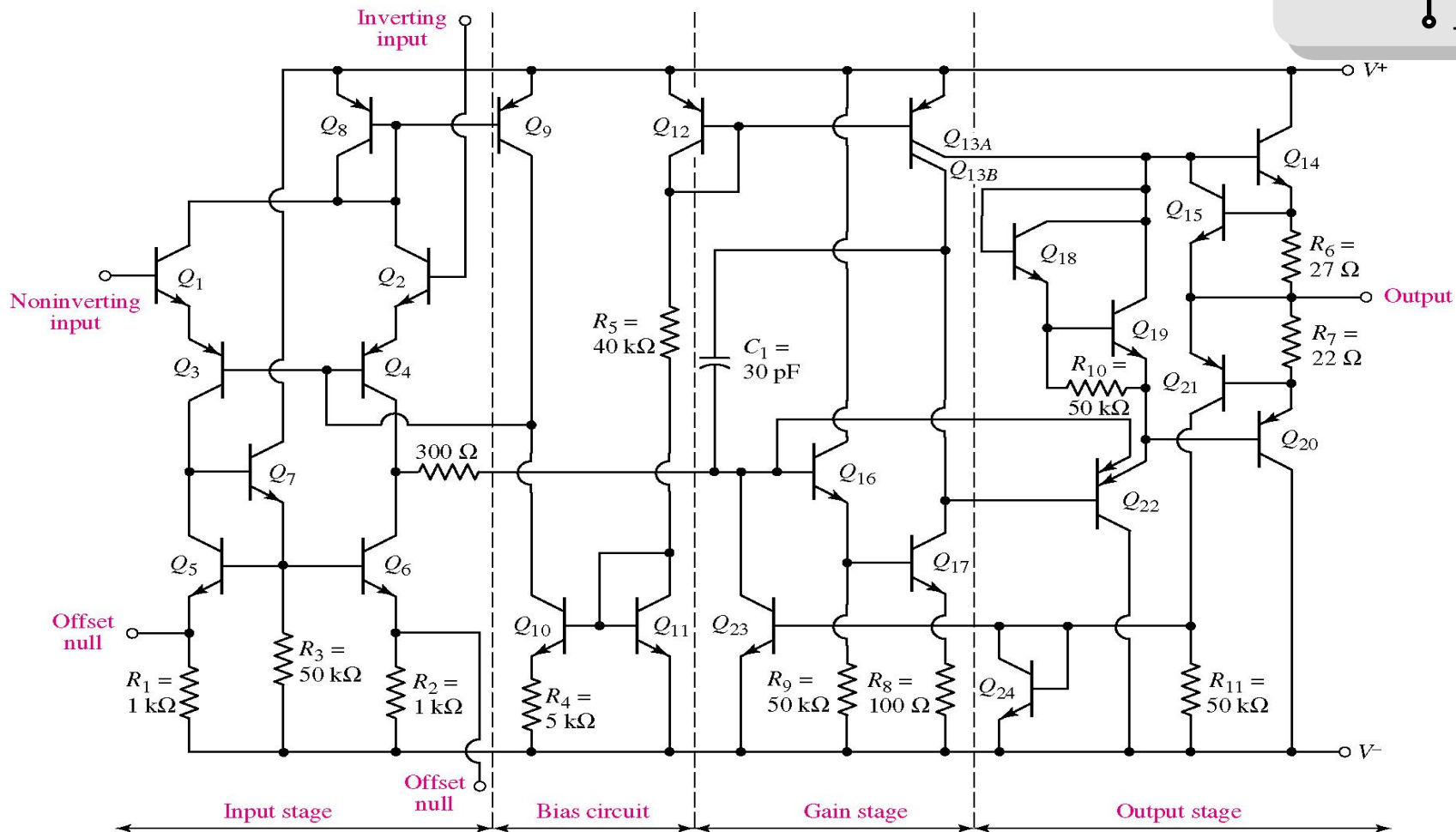
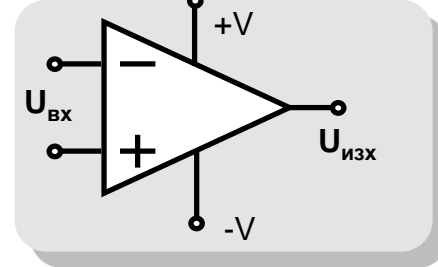
ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

*„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!



OY AD 741



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

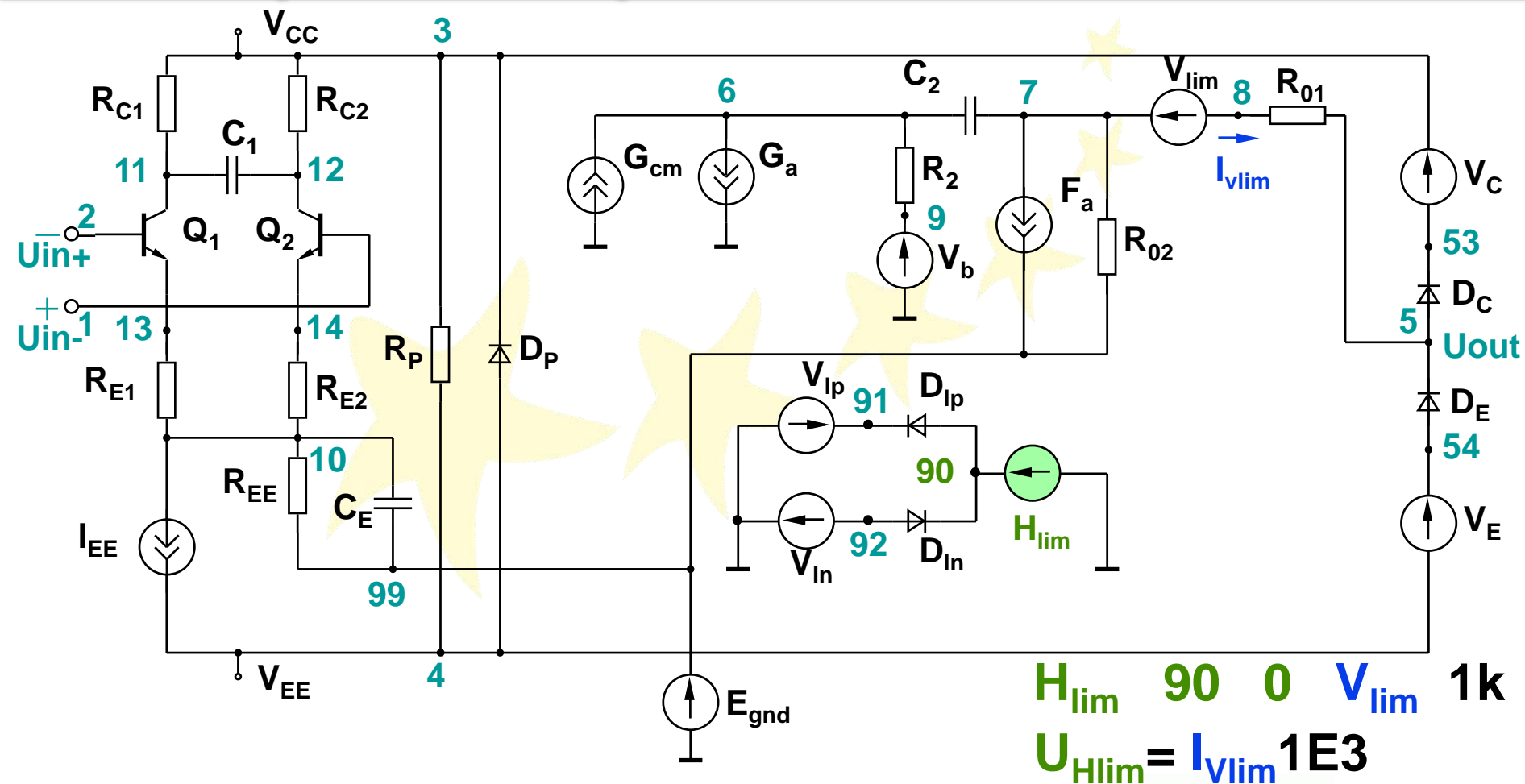
„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”

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

Приложение на зависимите източници в стандартния макромодел на Бойл - AD 741



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

*ИЗВОДИ:

*
*
*
*
*
*

неинвертиращ извод

| инвертиращ извод

| | положително захранване

| | отрицателно захранване

| | изход

| |

.subckt AD741 1 2 3 4 5

q1 11 2 13 qx

q2 12 1 14 qx

rc1 3 11 5.305E3

rc2 3 12 5.305E3

re1 13 10 1.837E3

re2 14 10 1.837E3

ree 10 99 13.19E6

iee 10 4 dc 15.16E-6

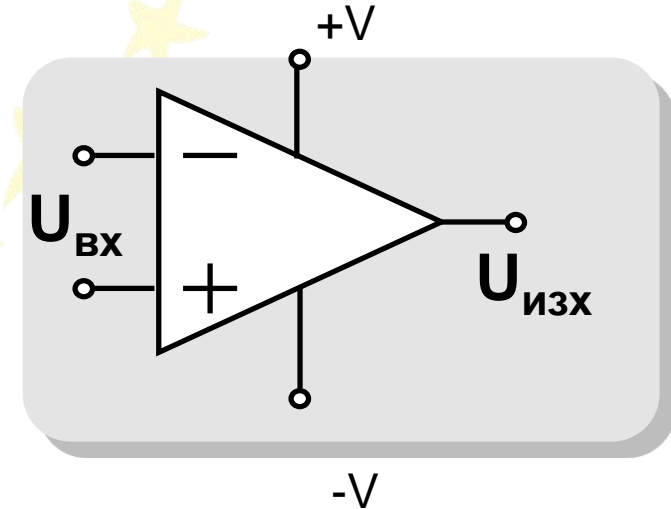
c1 11 12 2.645E-12

rp 3 4 18.16E3

dp 4 3 dx

egnd 99 0 poly(2) (3,0) (4,0) 0 .5 .5

Подсхема
AD741
PSpice Netlist



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

AD741 Pspice Netlist

c2 6 7 30.00E-12

ga 6 0 11 12 188.5E-6

gcm 0 6 10 99 5.961E-9

r2 6 9 100.0E3

vb 9 0 dc 0

fb 7 99 poly(5) vb vc ve vlp vln + 0 16.32E6 -16E6 16E6 16E6 -16E6

vlim 7 8 dc 0

hlim 90 0 vlim 1K

vlp 91 0 dc 25

vln 0 92 dc 25

dlp 90 91 dx

dln 92 90 dx

dc 5 53 dx

de 54 5 dx

vc 3 53 dc 1

ve 54 4 dc 1

ro1 8 5 45

ro2 7 99 65

.model dx D(Is=800.0E-18)

.model qx NPN(Is=800.0E-18 Bf=93.75)

.ends



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!



Аналогово поведенческо моделиране

- ▶ Аналоговото поведенческо моделиране позволява на проектантите да моделират функциите на електронните схеми чрез *математически уравнения, таблици и предавателни функции*
- ▶ След това, системите се симулират като комбинация от блокови диаграми, всяка от които изпълнява специфични функции



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!

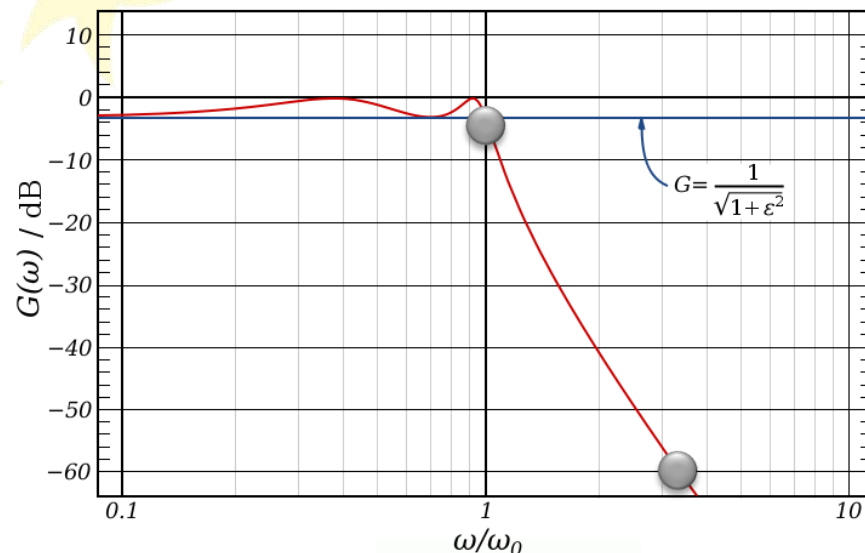
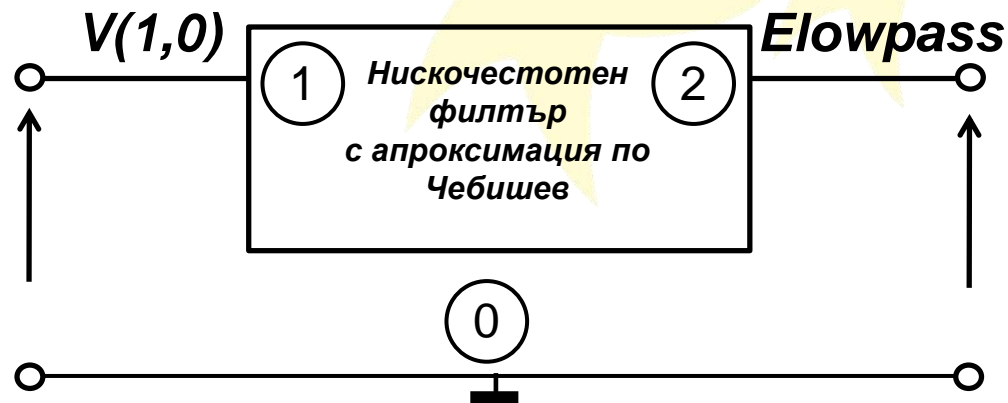


Европейски социален фонд

Аналогово поведенческо моделиране

Пример: Поведенческо моделиране на нискочестотна функция (НЧ) функция, апроксимирана по метода на Чебишев

Elowpass 2 0 CHEBYSHEV {V(1,0)}=LP 20kHz
64kHz 2,2 dB 60 dB

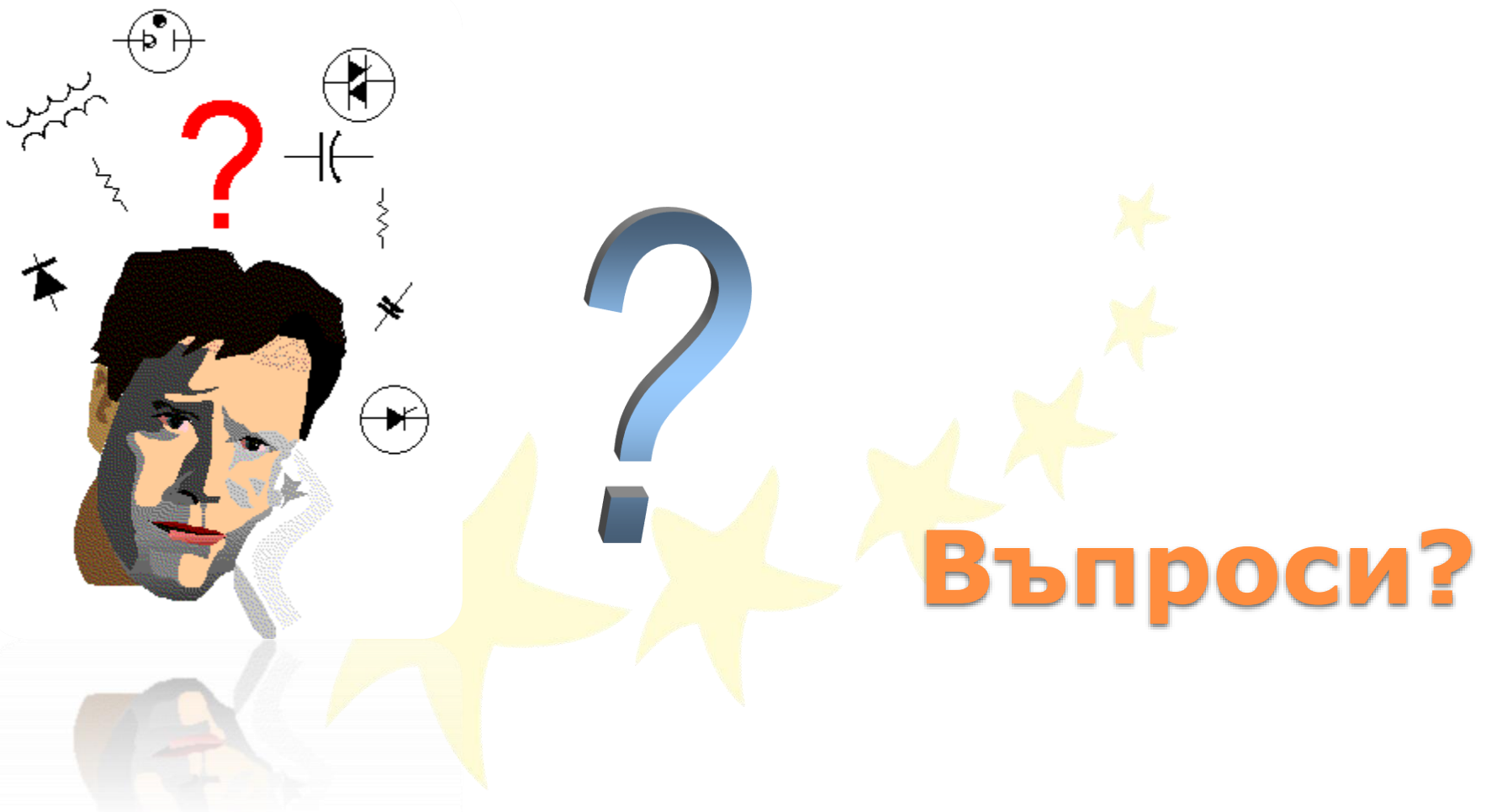


ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

„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



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