

ЛЕКЦИЯ 1

ПЪЛНА СТРУКТУРА НА КОМАНДАТА MODEL ЗА ОПИСАНИЕ НА КОМПОНЕНТИ. МОДЕЛИ НА ПАСИВНИ АНАЛОГОВИ ЕЛЕМЕНТИ

1. ПЪЛНА СТРУКТУРА НА КОМАНДАТА MODEL

```
.MODEL <име на модела> [ АКО: <име на модел прототип> ]  
+ <име на типа>  
+ ( [ <име на параметър> = <value>  
+ [<толеранс>= <value>] ] ...  
+ [ T_MEASURED = <value> ]  
+ [ [T_ABS = <value>]  
+ [ T_REL_GLOBAL = <value>]  
или  
+ [ T_REL_LOCAL = <value> ] ] )
```

1.1. Име на модела

<име на модела>

- Започва с резервираната буква и следва каталожен номер на компонента.
- **Примери:**
D1N4001, Q2N2220.

1.2. Име на модел-прототип

[АКО: <име на модел прототип>]

АКО (A Kind Of)

- Текущият модел и моделът прототип трябва да бъдат от един и същи тип.
- В текущия модел се използват стойностите на всички параметри от модела прототип с изключение на тези параметри, които са дефинирани в текущия модел.

ПРИМЕР:

- модел прототип

```
.MODEL QDRIVE NPN (<списък параметри>)
```

- текущ модел

```
.MODEL QDRV_NEW АКО:QDRIVE NPN (BF=90)
```

1.3. Име на типа

- Резервирана служебна дума, която указва точно типа на компонента;

- В таблица 1 е дефинирано съответствието между компонент, означение и служебна дума за типа на компонента.

Таблица 1.

| Тип на компонента (служебна дума) | Означение на компонента | Тип на компонента |
|-----------------------------------|-------------------------|---------------------------------|
| CAP | Cxxx | Кондензатор |
| CORE | Kxxx | Магнитопровод на трансформатор |
| D | Dxxx | Диод |
| DINPUT | Nxxx | ЦАП |
| DOUTPUT | Oxxx | АЦП |
| GASFET | Vxxx | GaAs FET (N-канален) |
| IND | Lxxx | Индуктивност |
| ISWITCH | Wxxx | Ключ, управляван по ток |
| NJF | Jxxx | Полеви транзистор с N канал |
| NMOS | Mxxx | MOS транзистор с N канал |
| NPN | Qxxx | Биполярен транзистор NPN |
| PJF | Jxxx | Полеви транзистор с P канал |
| PMOS | Mxxx | MOS транзистор с P канал |
| PNP | Qxxx | Биполярен транзистор PNP |
| RES | Rxxx | Резистор |
| TRN | Txxx | Закъснителна линия |
| UADC | Uxxx | АЦП |
| UDAC | Uxxx | ЦАП |
| UDLY | Uxxx | Цифрова закъснителна линия |
| UEFF | Uxxx | Тригер (по фронт) |
| UGFF | Uxxx | Тригер (по ниво) |
| UGATE | Uxxx | Логически примитив |
| UIO | Uxxx | I/O модел на цифрово устройство |
| UTGATE | Uxxx | ЛЕ в трето състояние |
| VSWITCH | Sxxx | Ключ, управляван по напрежение |

1.4. Име на параметър и стойност

<име на параметър> = <value>

- Задава се списък от параметри и техните стойности и ако този списък е празен, PSpice избира стойности на параметрите по подразбиране.

1.5 Толеранс - незадължителен параметър.

[<толеранс> = <value>]

- Задава се спецификация на случайно изменение на параметрите. Използва се за извършване на статистически и Monte Carlo анализи, които се прилагат за изследване поведението на схемата при случайни изменения на параметри на моделите на електрически компоненти, използвани в схемата;
- DEV – дефинира независимо (некорелирано) отклонение на параметрите на устройството, т.е. параметрите на всяко устройство се изменят независимо от параметрите на другите устройства.
- LOT – дефинира зависимо (корелирано) отклонение от параметрите на всички устройства, които използват този модел.

1.6. Температурни параметри на модела

1.6.1. [T_MEASURED = <value>]

- Незадължителен параметър;
- Задава температурата, при която са измерени параметрите, описани в командата .MODEL;
- Тази стойност замества номиналната температура по подразбиране, заложена в PSPICE = 27C°.

1.6.2. [T_ABS = <value>]

- Задава абсолютната (физическата) температура на разглежданото устройство.

$$t^{\circ}_{\text{device}} = T_ABS$$

1.6.3. [T_REL_GLOBAL = <value>]

- Незадължителен параметър;
- Задава промяна по отношение на текущата (глобалната) температура, която се дефинира с команди .TEMP , или .STEP TEMP или .DC TEMP.

$$t^{\circ}_{\text{device}} = t^{\circ}_{\text{global}} + T_REL_GLOBAL$$

1.6.4. [T_REL_LOCAL = <value>]

- Незадължителен параметър;
- Задава промяна по отношение на температурата на модела прототип:

$$t^{\circ}_{\text{device}} = T_ABS(\text{AKO model}) + T_REL_LOCAL$$

1.7. Примери за описание на компоненти с команда .MODEL

а) Дефиниране на моделни параметри на резистор

```
.MODEL RMAX RES ( R=1.5 TC1=0.02 TC2=0.05 )
```

б) Дефиниране на толеранс на моделните параметри на диод

```
.MODEL DLOAD D ( IS=1E-9 DEV 0.5% LOT 10% )
```

в) Дефиниране на моделни параметри на транзистор на базата на модел прототип

```
.MODEL QDRIV NPN ( IS=1E-9 BF = 30 )
```

```
.MODEL QDR-NEW AKO: QDRIV NPN ( BF = 50 IKF = 50m)
```

Текущият QDR-NEW ще използва стойностите на всички параметри от модела прототип QDRIV (например параметъра IS=1E-9), с изключение на стойностите за параметрите, дефинирани в текущия

модел (за параметъра BF ще се използва стойност = 50, а не тази от модела прототип 30, както и за IKF ще се използва стойност = 50m).

г) Дефиниране на температурни моделни параметри на транзистор

.MODEL QNPN_NEW NPN (BF=30 T_ABS = 35 T_MEASURED = 0)

- Моделният параметър BF е измерен при температура 0 градуса;
- Всеки биполярен NPN транзистор, който се обръща към този модел ще има физическа температура на устройството 35 градуса;

д) Дефиниране на температурни моделни параметри на транзистор по отношение на глобалната температура

.TEMP 10 30 50

.MODEL Q_NEW NPN(моделни параметри T_REL_GLOBAL = -5)

- Първата команда дефинира глобалната температура (могат да се използват и другите команди за дефиниране на глобална температура.DC TEMP , .STEP TEMP)и предполага 3 стартирания на PSPICE за 10, 30, 50 градуса.

- Всеки биполярен транзистор, който се обръща към модела Q_NEW се изследва за температури съответно 5, 25 и 45 градуса, защото е дефинирано отклонение – 5 градуса.

е) Дефиниране на температурни моделни параметри на транзистор по отношение на температурата на модел-прототип

.MODEL QNPN_OLD NPN (параметри T_ABS = 20)

.MODEL QNPN_NEW AKO: QNPN_OLD NPN (параметри + T_REL_LOCAL = 10)

- Първата команда дефинира температурата на модел-прототип;
- Температурата на всеки транзистор, обръщаш се към модела QNPN_NEW, ще се определя от температурата на модела-прототип T_ABS = 20 и от относителното изменение T_REL_LOCAL = 10 т.е. температурата на транзистора ще бъде 30 градуса.

ЛЕКЦИЯ 2

МОДЕЛИ НА ПАСИВНИ АНАЛОГОВИ КОМПОНЕНТИ И ПОЛУПРОВОДНИКОВИ ПРИБОРИ

1. Описание на резистор

1.1. Описание с вграден модел

**Rxxx <+възел><-възел> [<име на модел>]
+ <ст-ст на съпротивлението> [TC1 = <value> [,TC2 = <value>]**

където

TC1 – линеен температурен коефициент, TC2 – квадратичен температурен коефициент.

Пример:

R12 5 0 2.4Meg TC1=0.05

1.2. Описание на резистор с команда MODEL

1.2.1. Общ формат на описание на модела на резистор

**.MODEL <name> RES (R=<value> TC1=<value>
+TC2=<value> [,TCE=<value>])**

1.2.2 Параметри на модела на резистор

| Параметър | Описание | Стойност по подразбиране |
|--------------|-----------------------------------------------------------------|--------------------------|
| R | мащабен множител | 1 |
| TC1 | Линеен температурен коефициент [$^{\circ}\text{C}^{-1}$] | 0 |
| TC2 | Квадратичен температурен коефициент [$^{\circ}\text{C}^{-2}$] | 0 |
| TCE | Експоненциален температурен коефициент [%/ $^{\circ}\text{C}$] | 0 |
| T_MEASURED | | |
| T_ABS | | |
| T_REL_LOCAL | | |
| T_REL_GLOBAL | | |

1.2.3 Изчисляване на стойността на съпротивлението при зададени параметри на модела TC1 и TC2

$$R_{\text{sum}} = \text{<ст-ст на съпротивлението>} * R * (1 + TC1 * (T - T_{\text{nom}}) + TC2 * (T - T_{\text{nom}})^2)$$

$$T_{\text{nom}} = 27^{\circ}$$

Пример:

```
R12 12 8 RTEMP 10K  
.MODEL RTEMP RES(R=2 TC1 = 0.02 TC2 = 0.005)
```

1.2.4. Изчисляване на стойността на съпротивлението при зададен експоненциален коефициент TCE

$$R_{sum} = \text{<ст-ст на съпротивлението>} * R * 1,01^{TCE * (T - T_{nom})}$$

Линейният и квадратичният коефициент не могат да се дефинират едновременно с експоненциалния коефициент.

```
Пр.: .MODEL RMODEL RES (R = 3 DEV = 5% TCE = 0.015)
```

2. Описание на кондензатор

2.1. Описание с вграден модел

```
Sxxx <+възел><-възел> [<име на модел>]  
+ <ст-ст на капацитет> [IC = <start value of voltage>]
```

където IC – начална стойност на напрежението върху кондензатора

Пример:

```
C12 2 0 10p IC = 0.5
```

2.2. Описание на кондензатор с команда MODEL

2.2.1. Общ формат на описание на модела на кондензатор

```
.MODEL <name> CAP(C = <value> VC1 = <value> VC2 = <value>  
+ TC1 = <value> TC2 = <value>)
```

2.2.2. Параметри на модела на кондензатор

| Параметър | Описание | Стойност по подразбиране |
|-----------|----------------------------------------------------------|--------------------------|
| C | Мащабен множител | 1 |
| VC1 | Линеен коефициент на напрежението [V^{-1}] | 0 |
| VC2 | Квадратичен коефициент на напрежението [V^{-2}] | 0 |
| TC1 | Линеен температурен коефициент [$^{\circ}C^{-1}$] | 0 |
| TC2 | Квадратичен температурен коефициент [$^{\circ}C^{-2}$] | 0 |

Във всички модели задължително участват:

T_ABS, T_MEASURED, T_REL_LOCAL, T_REL_GLOBAL

2.2.3. Изчисляване на стойността на кондензатора при дефинирани параметри

$$C_{sum} = \text{<capacity value>} * C * (1 + VC1 * V + VC2 * V^2) + (1 + TC1 * (T - T_{nom}) + TC2 * (T - T_{nom})^2)$$

V – стойност на напрежението върху кондензатора по време на преходен процес

3. Описание на бобина

3.1. Описание на бобина с вграден модел

**Lxxx <+възел><-възел> [<име на модел>]
+ <ст-ст на индуктивността> [IC = <start value of current>]**

където **IC** – начална стойност на на тока през бобината

Пример:

L12 1 0 12m IC = 20u

3.2. Описание на бобина с команда MODEL

3.2.1. Общ формат на описание на модела

**.MODEL <name> IND (L = <value> IC1 = <value>
+ IC2 = <value> + TC1 = <value> TC2 = <value>)**

3.2.2. Параметри на модела на бобина

| Параметър | Описание | Стойност по подразбиране |
|-----------|-----------------------------------------------------------------|--------------------------|
| L | Мащабен множител | 1 |
| IC1 | Линеен коефициент на тока през бобината [A ⁻¹] | 0 |
| IC2 | Квадратичен коефициент на тока през бобината [A ⁻²] | 0 |
| TC1 | Линеен температурен коефициент [°C ⁻¹] | 0 |
| TC2 | Квадратичен температурен коефициент [°C ⁻²] | 0 |

Във всички модели задължително участват:

T_ABS, T_MEASURED, T_REL_LOCAL, T_REL_GLOBAL

3.2.3. Стойност на индуктивността при зададени параметри на модела

$$L_{sum} = \text{<inductivity value>} * L * (1 + IC1 * I + IC2 * I^2) + (1 + TC1 * (T - T_{nom}) + TC2 * (T - T_{nom})^2)$$

I - стойност на тока през бобината по време на преходен процес

ОПИСАНИЕ НА ПОЛУПРОВОДНИКОВИ ПРИБОРИ

1. Описание на диод

1.1. Обръщение към модела на диода

**Dxxx <в. анод> <в. катод> <име на модел>
[<коэф. на кратност AREA>]**

AREA служи за имитиране на паралелно включени еднакви прибори

1.2. Общ формат на описание на модела на диод

.MODEL <име на модел> D ([<параметри на модела>])

Пример:

D12 1 0 D1N4001

Стандартни библиотеки с модели на диоди:

**diode.lib
ediode.lib
jdiode.lib**

2. Описание на биполярен транзистор

2.1. Обръщение към модела на биполярен транзистор

**Qxxx <в. колектор> <в. база> <в. емитер> [<възел на
подложката>] + <име на модел> [<коэф. на кратност AREA >]**

2.2. Общ формат на описание на модела на биполярен транзистор

**.MODEL <име на модел> NPN ([<параметри на модела >])
.MODEL <име на модел> PNP ([<параметри на модела >])**

Пример:

Q3 5 12 8 Q2N2220

Стандартни библиотеки с модели на биполярни транзистори:

**bipolar.lib
ebipolar.lib
jbipolar.lib**

3. Описание на полеви транзистор

3.1. Обръщение към модела на полеви транзистор

**Jxxx <drain> <gate> <source> [<възел на подложката>]
+ <име на модел> [<коэф. на кратност AREA >]**

3.2. Общ формат на описание на модела на полеви транзистор

**.MODEL <име на модел> NJF ([<параметри на модела >])
.MODEL <име на модел> PJF ([<параметри на модела >])**

Пример:

J1 5 12 8 J2N3370

Стандартни библиотеки с модели на полеви транзистори:

**jfet.lib
ejfet.lib,
jjfet.lib**

4. Описание на MOS транзистор

4.1. Обръщение към модела на MOS транзистори

**Mxxx <drain><gate><source> <възел на подложката>
+ <име на модел> [W= <value>] [L= <value>]...**

4.2. Общ формат на описание на модела на MOS транзистори

.MODEL <име на модел> NMOS ([<параметри на модела>])

.MODEL <име на модел> PMOS ([<параметри на модела>])

Пример:

M1 5 12 8 2 M2N6659

Стандартни библиотеки с модели на MOS транзистори:

**pwrmos.lib,
jpwrmos.lib,
motormos.lib**