

Spice - формальное описание языка

Система **Spice**, разработанная в конце 70-х годов в университете Беркли (Калифорния), де-факто стала стандартом для разрабатываемых и существующих в настоящее время коммерческих систем схемотехнического моделирования для персонального компьютера.

К таким системам, в первую очередь относятся:

HSPICE (фирма MetaSoftware), **PSpice** (Microsim),
IS_SPICE (Intusoft), **MicroCap V** (Spectrum Software),
Analog Workbench (Cadence), **Saber** (Analogy),
Dr. Spice и **ViewSpice** (Deutsch Research).

Spice - формальное описание языка

Система Spice предназначена для моделирования электрических процессов, протекающих в электрических схемах.

Математическая модель электрической схемы формируется на основе моделей элементов и схемы их соединений.

Если в электрической схеме функционального узла заменить все элементы схемы их топологическими моделями, то получим топологическую модель этого узла.

На основе топологической модели узла строится его аналитическая модель, представляющая собой систему уравнений.

Spice - формальное описание языка

Существуют два основных метода перехода от топологической модели схемы к аналитической модели - это метод переменных состояния и метод узловых потенциалов.

В большинстве используемых на сегодняшний день подсистемах схемотехнического моделирования, в том числе и системе Spice, применяется метод узловых потенциалов и его модификации.

Различают математические модели схемы в статическом режиме (DC), временной (Transient) и частотной областях (AC).

Spice - формальное описание языка

В системе моделирования Spice исходные данные для расчета делятся на три раздела:

- 1. Инструкции, описывающие топологию электрической схемы и значения элементов.**
- 2. Инструкции, описывающие параметры моделей элементов схемы.**
- 3. Инструкции, описывающие задание на расчет, включающие вид расчета и его параметры.**

Spice - формальное описание языка

Первая инструкция в исходных данных является заголовком рассчитываемой схемы, а последняя инструкция - **".END"** указывает на окончание описания схемы.

Порядок следования инструкций в исходных данных ***произвольный***, кроме строк, являющихся продолжением инструкций, которые должны следовать строго за началом инструкции.

Spice - формальное описание языка

Поля в инструкциях могут разделяться пробелами, знаком **запятая ","**, знаком **равно "="** и **левой "(" и правой ")"** скобками.

Инструкции могут записываться на нескольких строках. В этом случае в **строке продолжения** **первым символом записывается знак "+"**.

Нумерация узлов при описании топологии схемы осуществляется в произвольном порядке, однако **узел "земля"**, относительно которого будут отсчитываться потенциалы остальных узлов, должен иметь номер **"0"**.

Каждый узел должен быть гальванически связан с "землей"

Создание входного файла схемы

Остальные узлы должны иметь цифровую или буквенную маркировку.

Выберите имя входного файла - *.cir.

Расширение *.cir указывает на схемный файл.

Включите в файл команду для каждого компонента схемы.

Команды для компонентов могут идти в произвольной последовательности, однако первой командой входного файла должно идти название или описание.

Если на первой строке будет описание компонента, оно будет воспринято как название.

Последней должна быть команда .END (набранная в нижнем или верхнем регистре).

Создание входного файла схемы

К основным видам расчета относятся:

- 1. расчет в статическом режиме (DC), т.е. определение напряжений, токов, мощностей в момент, когда все переходные процессы в схеме установились;**
- 2. расчет переходных процессов (Transient), т.е. определение напряжений, токов, мощностей как функций времени в диапазоне от $t = 0$ до $t = T_{\text{кон}}$;**
- 3. расчет частотных характеристик (AC), т.е. определение АЧХ, ФЧХ, ЛАЧХ в диапазоне частот от $f = f_{\text{нач}}$ до $f = f_{\text{кон}}$. При этом схема моделируется в режиме малого сигнала.**

Создание входного файла схемы

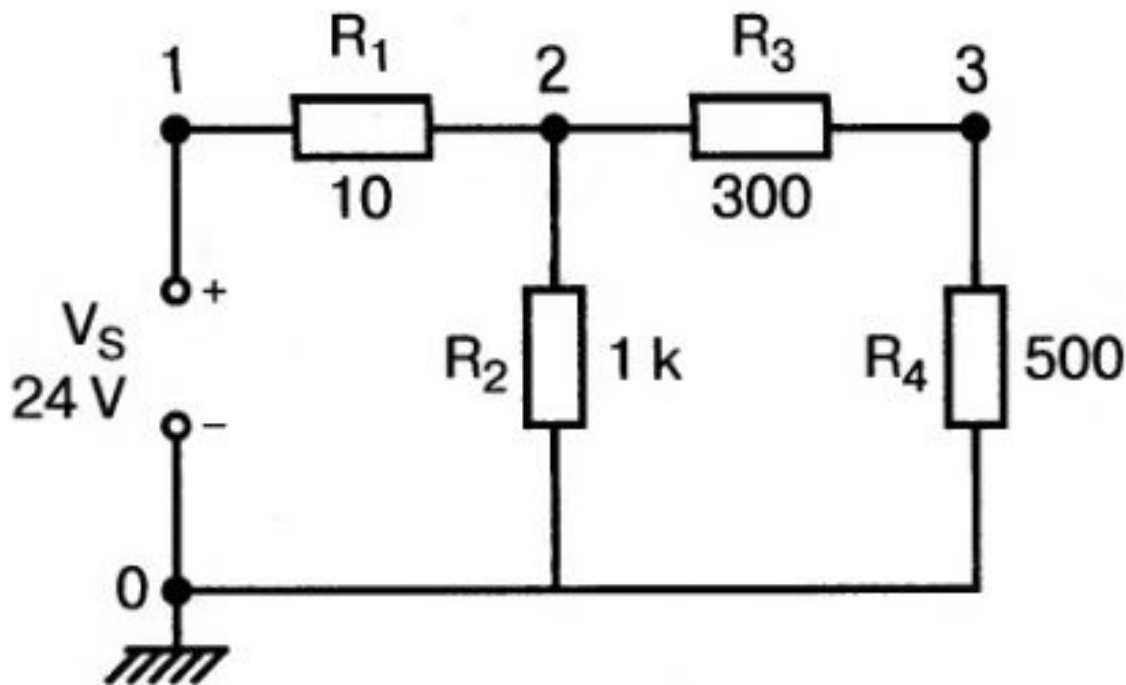
| Значение | Буквенное обозначение | Экспоненциальная форма |
|-----------------------|-----------------------|------------------------|
| 10^{-15} | F | 1E-15 |
| 10^{-12} | P | 1E-12 |
| 10^{-9} | N | 1E-9 |
| 10^{-6} | U | 1E-6 |
| 10^{-3} | M | 1E-3 |
| $25,4 \times 10^{-6}$ | MIL | 125,4E-16 |
| 10^3 | K | 1E3 |
| 10^6 | MEG | 1E6 |
| 10^9 | G | 1E9 |
| 10^{12} | T | 1E12 |

| Scale | Symbol | Name |
|------------------|--------|--------------------------|
| 10^{-15} | F | femto- |
| 10^{-12} | P | pico- |
| 10^{-9} | N | nano- |
| 10^{-6} | U | micro- |
| $25.4 * 10^{-6}$ | MIL | -- |
| 10^{-3} | M | milli- |
| | C | clock cycle ¹ |
| 10^{+3} | K | kilo- |
| 10^{+6} | MEG | mega- |
| 10^{+9} | G | giga- |
| 10^{+12} | T | tera- |

Для моделирования в Spice все узлы должны быть помечены номерами (или буквами).

Узлы помечены номерами от 0 до 3.

Должен присутствовать также опорный (нулевой) узел, помеченный цифрой 0.



Создание входного файла схемы

Описание конденсатора :

C 4 5 25nF

Это означает, что конденсатор подсоединен к узлам 4 и 5 и емкость его составляет 25 нФ (нанофарад).

Можно упростить запись, представив единицы в оптимальной форме:

C 4 5 25n

или

C 4 5 25E-9

Создание входного файла схемы

Описание

R3 2 3 33kiloohms

очевидно, описывает **резистор** сопротивлением 33 кОм (килоома), включенный между узлами 2 и 3.

Правильной является при этом и следующая запись:

R3 2 3 33k

Создание входного файла схемы

Независимый источник напряжения может быть представлен в форме:

V 1 0 40V

Символ V после значения 40 указывает обычно на источник постоянного напряжения.

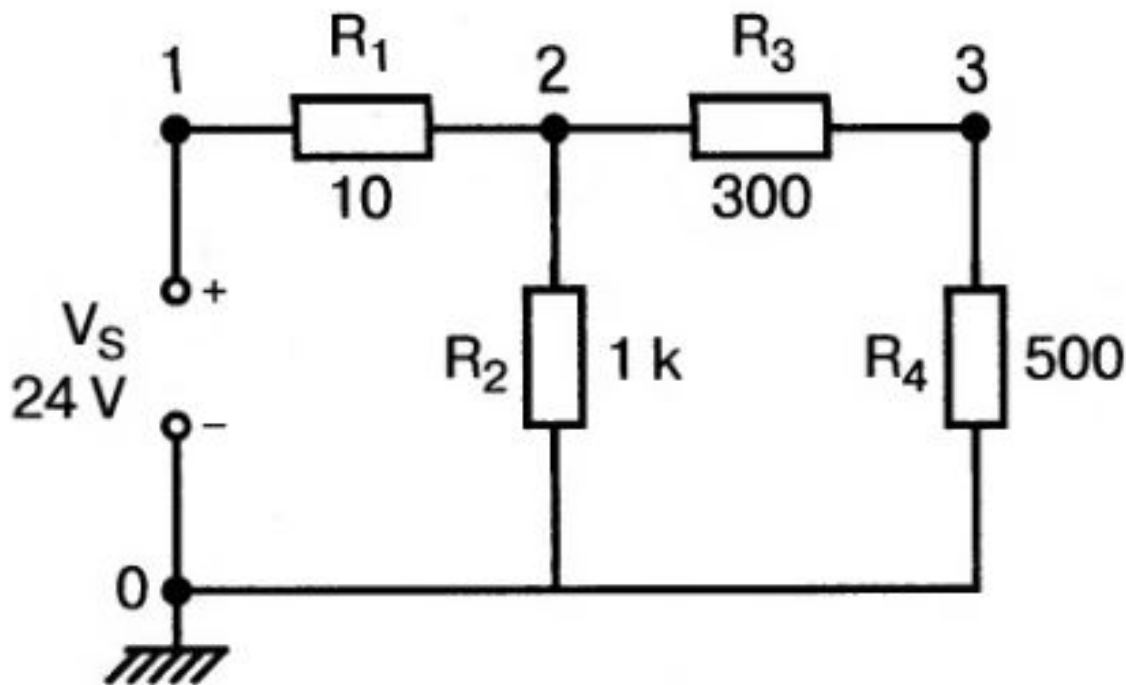
Другая форма записи:

V 1 0 40

Для моделирования в Spice все узлы должны быть помечены номерами (или буквами).

Узлы помечены номерами от 0 до 3.

Должен присутствовать также опорный (нулевой) узел, помеченный цифрой 0.



Для ввода схемы в Pspice A/D выберите позиции меню *File, New, Text File*.

Появится пустое окно, позволяющее ввести текст.
Наберите текст:

First Circuit for Pspice

VS 1 0 24V

RI 1 2 10

R2 2 0 1k

R3 2 3 300

R4 3 0 500

.OPT norpage

.OP

.END

Создание входного файла схемы

First Circuit for Pspice

```
VS 1 0 24V
```

```
RI 1 2 10
```

```
R2 2 0 1k
```

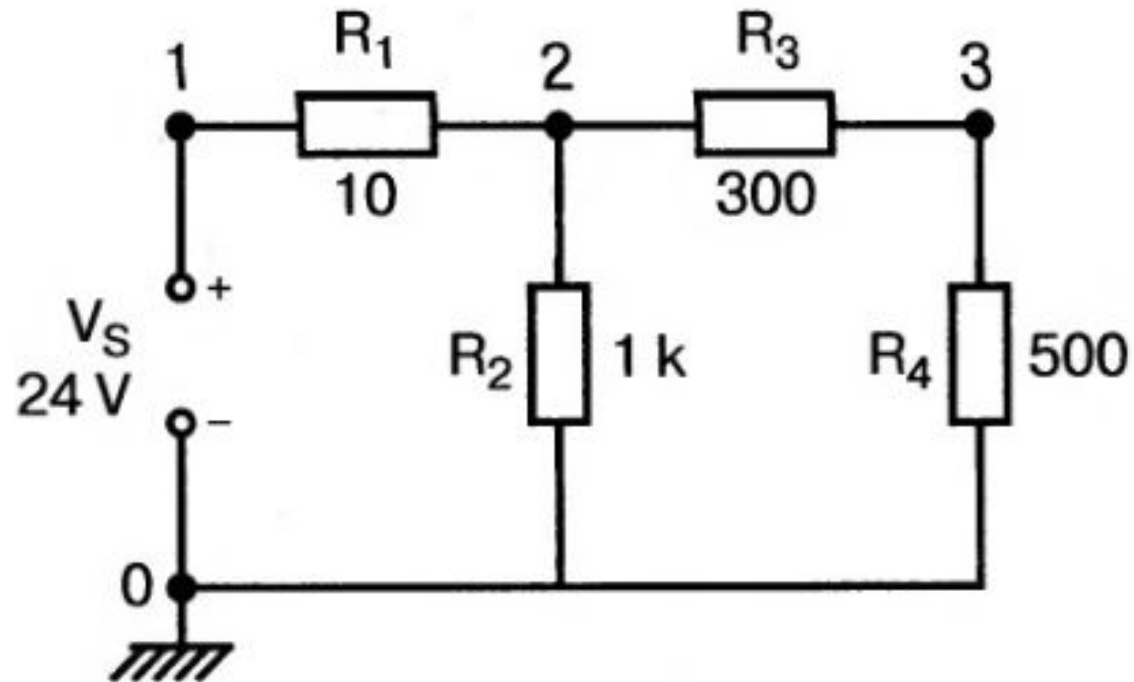
```
R3 2 3 300
```

```
R4 3 0 500
```

```
.OPT nopage
```

```
.OP
```

```
.END
```



Создание входного файла схемы

Важно: не нажимайте ENTER после ввода последней строки (.END)! Если сделать это, то программа решит, что вы хотите приступить к следующему анализу.

Используйте поля меню File, Save, чтобы сохранить входной файл.

Важно: использовать расширение *.cir.

Spice - формальное описание языка

Система Spice может моделировать электрические схемы, содержащие:

- резисторы, конденсаторы, индуктивности,
- независимые источники напряжения и тока,
- пять типов зависимых источников,
- длинные линии, ключи

пять типов полупроводниковых приборов:

- диоды, биполярные транзисторы (BJT),
- полевые транзисторы (JFET),
- арсенид - галлиевые транзисторы (MESFET) и
- МОП - транзисторы (MOSFET).

Spice - формальное описание языка

Резистор

Инструкция для описания резистора:

RXXXXXXXX N1 N2 VALUE

Примеры:

R1 1 2 100

RC1 12 17 1K

N1 и N2 - узлы включения резистора в схеме.

VALUE - сопротивление резистора в Омах, может быть как положительным, так и отрицательным, но не может быть нулевым.

Spice - формальное описание языка

Конденсатор

Инструкция для описания конденсатора:

CXXXXXXXX N+ N- VALUE <IC=INCOND>

Примеры:

CBYP 13 0 1UF

COSC 17 23 10U IC=3V

N+ и N- положительный и отрицательный узлы включения конденсатора соответственно. VALUE - емкость конденсатора в Фарадах. IC - значение напряжения на конденсаторе (в Вольтах) в момент времени $t=0$, действует только если в инструкции TRAN установлен флаг UIC.

Spice - формальное описание языка

Индуктивность

Инструкция для описания индуктивности:

LYYYYYYY N+ N- VALUE <IC=INCOND>

Примеры:

LLINK 42 69 1UH

LSHUNT 23 51 10U IC=15.7MA

N+ и N- положительный и отрицательный узлы включения индуктивности соответственно. VALUE - значение индуктивности в Генри. IC - значение тока в индуктивности (в Амперах) в момент времени $t=0$, действует только если в инструкции TRAN установлен флаг UIC.

Spice - формальное описание языка

Взаимная индуктивность

Инструкция для описания взаимной индуктивности:

KXXXXXXX LYYYYYYYY LZZZZZZZZ VALUE

Примеры:

K43 LAA LBB 0.999

KXFRMR L1 L2 0.87

LYYYYYYYY и LZZZZZZZZ - имена взаимных индуктивностей. VALUE коэффициент связи K , который может изменяться от 0 до 1.

Spice - формальное описание языка

Независимые источники напряжения и тока

Инструкция для описания независимых источников:

```
VXXXXXXX N+ N- <<DC> DC/TRAN VALUE> <AC <ACMAG ACPHASE>>>  
IYYYYYYYY N+ N- <<DC> DC/TRAN VALUE> <AC <ACMAG <ACPHASE>>>
```

Примеры:

```
VCC 10 0 DC 6
```

```
VIN 13 2 0.001 AC 1 SIN(0 1 1MEG)
```

```
VMEAS 12 9
```

N+ и N- положительный и отрицательный узлы включения соответственно.

DC- значение источника в расчете статического режима.

TRAN - функция, описывающая источник во временной области.

ACMAG - значение амплитуды и ACPHASE - значение фазы источника в при расчете в частотной области.

Spice - формальное описание языка

Импульсная функция

Формат:

PULSE(V1 V2 TD TR TF PW PER)

Пример:

VIN 3 0 PULSE(-1 1 2NS 2NS 2NS 50NS 100NS)

Таблица

| Обозначение | Параметр | Значение по умолчанию | Единицы измерения |
|-------------|-------------------------------|-----------------------|-------------------|
| V1 | Начальное значение | | В и А |
| V2 | Максимальное значение | | В и А |
| TD | Начало переднего фронта | 0.0 | С |
| TR | Длительность переднего фронта | TSTEP | С |
| TF | Длительность заднего фронта | TSTEP | С |
| PW | Ширина импульса | TSTEP | С |

Spice - формальное описание языка

Кусочно-линейная функция

Формат:

PWL(T1 V1 <T2 V2 T3 V3 T4 V4 ...>)

Пример:

VCLOCK 7 5 PWL(0 -7 10NS -7 11NS -3 17NS -3 18NS -7 50NS -7)

Каждая пара значений (T_i , V_i) является координатами точек, через которые проходит функция. Соседние точки соединяются прямыми линиями.

Spice - формальное описание языка

Синусоидальная функция с частотной модуляцией

Формат:

SFFM(VO VA FC MDI FS)

Пример:

V1 12 0 SFFM(0 1M 20K 5 1K)

Таблица

| Обозначение | Параметр | Значение по умолчанию | Единицы измерения |
|-------------|----------------------------|-----------------------|-------------------|
| VO | Постоянная составляющая | | В и А |
| VA | Амплитуда | | В и А |
| FC | Частота несущей | 1/TSTOP | Гц |
| MDI | Индекс частотной модуляции | | |
| FS | Частота модуляции | 1/TSTOP | Гц |

Spice - формальное описание языка

Источник тока, управляемый напряжением

Вид:

GXXXXXXX N+ N- NC+ NC- VALUE

Пример:

G1 2 0 5 0 0.1MMHO

N+ и N- узлы включения источника.

NC+ и NC- положительный и отрицательный узлы управляемого напряжения.

VALUE - значение крутизны.

Spice - формальное описание языка

Источник напряжения, управляемый напряжением

Вид:

EXXXXXXXXX N+ N- NC+ NC- VALUE

Пример:

E1 2 0 5 0 0.1MMHO

N+ и N- узлы включения источника.

NC+ и NC- положительный и отрицательный узлы управляемого напряжения.

VALUE - значение коэффициента усиления.

Spice - формальное описание языка

Источник тока, управляемый током

Вид:

FXXXXXXX N+ N- VNAM VALUE

Пример:

F1 13 5 VSENS 5

N+ и N- узлы включения источника.

VNAM - имя ветви в которой протекает управляемый ток.

VALUE - значение коэффициента усиления тока.

Spice - формальное описание языка

Источник напряжения, управляемый током

Вид:

NXXXXXXXX N+ N- VNAME VALUE

Пример:

NX 5 17 VZ 0.5K

N+ и N- узлы включения источника.

VNAME - имя ветви в которой протекает управляемый ток.

VALUE - значение коэффициента передачи сопротивления.

Spice - формальное описание языка

Нелинейный зависимый источник

Вид:

VXXXXXX N+ N- I=EXPR V=EXPR

Примеры:

V1 0 1 I=cos(v(1))+sin(v(2))

V1 0 1 V=ln(cos(log(v(1,2)^2)))-v(3)^4+v(2)^v(1)

V1 3 4 I=17

V1 3 4 V=exp(pi^i(vdd))

N+ и N- узлы включения источника.

V и I – определяют тип зависимого источника и функцию закона управления.

I - источником тока, V - источник напряжения.

V и I могут быть функцией напряжений узлов и токов ветвей.

abs(), asinh(), cosh(), sin(), acos(), atan(), exp(), и тд- функции,

которые можно использовать в выражении для V и I. В

выражения допустимы операции +, -, *, /, ^.

Spice - формальное описание языка

Диод

Вид:

DXXXXXXX N+ N- MNAME <AREA> <IC=VD> <TEMP=T>

Примеры:

DBRIDGE 2 10 DIODE1 DCLMP 3 7 DMOD 3.0 IC=0.2

N+ и N- - узел анода и узел катода соответственно.

MNAME - имя модели.

AREA - коэффициент кратности, по умолчанию = 1.

IC=VD - позволяет задать начальное значение напряжение на диоде, если в инструкции TRAN указана опция UIC.

TEMP - значение температуры диода.

Spice - формальное описание языка

Биполярный транзистор

Вид:

`QXXXXX NC NB NE NS MNAME AREA IC=VBE,VCE TEMP=T`

Примеры:

`Q23 10 24 13 QMOD IC=0.6, 5.0`

`Q50A 11 26 4 20 MOD1`

NC, NB и NE - узлы коллектора, базы и эмиттера соответственно.

NS - узел подложки, если это узел не указан, то его номер считается нулевым.

MNAME - имя модели.

AREA - коэффициент кратности, по умолчанию = 1.

IC=VBE, VCE - позволяет задать начальное значение напряжений база-эмиттер и коллектор-эмиттер, если в инструкции TRAN указана опция UIC.

TEMP - значение температуры транзистора. .

Spice - формальное описание языка

Полевой транзистор

Вид:

JXXXXX ND NG NS MNAME AREA OFF IC=VDS,VGS TEMP=T

Пример:

J1 7 2 3 JM1 OFF

ND, NG, и NS - узлы стока, затвора и истока соответственно.

MNAME - имя модели.

AREA - коэффициент кратности, по умолчанию = 1.

IC=VDS, VGS - позволяет задать начальное значение напряжений сток-исток и затвор-исток, если в инструкции TRAN указана опция UIC.

TEMP - значение температуры транзистора.

Spice - формальное описание языка

МОП транзистор

Вид:

**MXXXXXX ND NG NS NB MNAME L=VAL W=VAL AD=VAL
AS=VAL + PD=VAL PS=VAL NRD=VAL NRS=VAL
IC=VDS,VGS,VBS TEMP=T**

Примеры:

M1 24 2 0 20 TYPE1

M31 2 17 6 10 MODM L=5U W=2U

**M1 2 9 3 0 MOD1 L=10U W=5U AD=100P AS=100P PD=40U
PS=40U**

ND, NG, NS NB - узлы стока, затвора и истока и подложки соответственно.

MNAME - имя модели. IC=VDS, VGS, VBS - позволяет задать начальное значение напряжений сток-исток, затвор-исток и подложка исток если в инструкции TRAN указана опция UIC. TEMP - значение температуры транзистора.

Spice - формальное описание языка

МОП транзистор

Вид:

**MXXXXXX ND NG NS NB MNAME L=VAL W=VAL AD=VAL
AS=VAL + PD=VAL PS=VAL NRD=VAL NRS=VAL
IC=VDS,VGS,VBS TEMP=T**

Примеры:

**M1 2 9 3 0 MOD1 L=10U W=5U AD=100P AS=100P PD=40U
PS=40U**

L и W - определяют длину и ширину канала в метрах.

AD и AS - определяют площадь диффузионной области стока и истока в квадратных метрах. Если L, W, AD, и AS не указаны, то используются умалчиваемые значения из инструкции OPTIONS.

PD и PS - периметр диффузионной области стока и истока, значение по умолчанию = 0.

NRD и NRS - удельное относительное сопротивление стока и истока, значение по умолчанию = 1.

Spice - формальное описание языка

Арсенид - галлиевый транзистор

Вид:

ZXXXXXXX ND NG NS MNAME <IC=VDS, VGS>

Пример:

Z1 7 2 3 ZM1

ND, NG, и NS - узлы стока, затвора и истока соответственно.

MNAME - имя модели.

AREA - коэффициент кратности, по умолчанию = 1.

IC=VDS, VGS - позволяет задать начальное значение напряжений сток-исток и затвор-исток, если в инструкции TRAN указана опция UIC.

Spice - формальное описание языка

Линии задержки без потерь

Вид:

**TXXXXXX N1 N2 N3 N4 Z0=VALUE TD=VALUE F=FREQ NL=NRMLEN +
IC=V1,I1,V2,I2**

Пример:

T1 1 0 2 0 Z0=50 TD=10NS

N1 и N2 - входные узлы линии задержки.

N3 и N4 - выходные узлы линии задержки.

Z0 - волновое сопротивление линии задержки.

Длина линии задержки может быть задана двумя способами:
либо временем задержки TD, либо частотой F и электрической
длиной линии задержки NL (по умолчанию NL=0.25) на частоте F.

IC позволяет задать начальные значения входных и выходных
напряжений и токов при наличие в инструкции TRAN опции UIC.

Spice - формальное описание языка

Модели

Параметры моделей радиоэлементов моделируемой схемы указываются с помощью инструкции MODEL.

Инструкция для описания моделей имеет вид:

```
.MODEL MNAME TYPE(PNAME1=PVAL1  
PNAME2=PVAL2 ... )
```

Пример:

```
.MODEL MOD1 NPN (BF=50 IS=1E-13 VBF=50)
```

MNAME - имя модели.

TYPE - тип модели.

PNAME - имя параметра.

PVAL - значение параметра.

Spice - формальное описание языка

Перечень сайтов фирм-производителей электронных компонентов, на которых можно найти PSpice-модели элементов и их паспорта.

| | |
|--|--|
| Analog Devices | www.analog.com |
| Apex Microtechnology Corp. | www.teamapex.com |
| Burr-Brown Corp. | www.burr-brown.com |
| California Eastern Laboratory | www.cel.com |
| Fairchild | www.fairchildsemi.com |
| Harris Semiconductor | www.semi.harris.com |
| Infineon | www.infmeon.com |
| International Rectifier | www.irf.com |
| Linear Technology Corp. | www.linear-tech.com |
| Maxim Integrated Circuits | www.mxim.com |
| Motorola | www.motorola.com |
| National Semiconductors | www.natsemi.com |
| Philips | www.philipslogic.com |
| POLYFET RF Devices | www.polyfet.com |
| Shindengen | www.shindengen.com |
| Siemens | www.siemens.de |
| Texas Instruments | www.ti.com |
| Zetex Inc. | www.zetex.com |

Spice - формальное описание языка

| Имя | Параметр | Единицы измерения | Значение по умолчанию |
|------|---|-------------------|-----------------------|
| IS | Ток насыщения | A | 1.0e-14 |
| RS | Объемное сопротивление | W | 0 |
| N | Коэффициент неидеальности | - | 1 |
| TT | Время переноса заряда | с | 0 |
| CJO | Барьерная емкость при нулевом смещении | Ф | 0 |
| VJ | Контактная разность потенциалов | B | 1 |
| M | Коэффициент плавности перехода | - | 0.5 |
| EG | Ширина запрещенной зоны | эВ | 1.11 |
| XTI | Температурный коэффициент тока насыщения | - | 3.0 |
| KF | Коэффициент фликкер – шума | - | 0 |
| AF | Показатель степени фликкер – шума | - | 1 |
| FC | Коэффициент нелинейности барьерной емкости прямосмещенного перехода | - | 0.5 |
| BV | Напряжение обратного пробоя | B | ¥ |
| IBV | Начальный ток пробоя | A | 1.0e-3 |
| TNOM | Номинальная температура | °C | 27 |

Spice - формальное описание языка

Подсхемы

Описание подсхемы начинается с инструкции **SUBCKT** и заканчивается инструкцией **ENDS**.

Между ними инструкции, описывающие элементы подсхемы.

Номера узлов в подсхеме являются локальными и только узел "0" является глобальным.

Вид:

```
.SUBCKT subnam N1 N2 N3 ... .ENDS SUBNAM
```

. SUBNAM - имя подсхемы.

N1, N2, - внешние узлы подсхемы.

.ENDS SUBNAM - конец описания подсхемы

Подсхемы

Включение подсхемы в нужное место моделируемой схемы осуществляется следующей инструкцией языка Spice.

Инструкция для описания вызова подсхемы имеет вид:

XUUUUUUU N1 N2 N3 ... SUBNAM

Пример:

X1 2 4 17 3 1 MULTI

N1, N2... - узлы схемы к которым подключена подсхема.

Spice - формальное описание языка

Параметры расчета

Установка и изменение параметров расчета в системе Spice осуществляется с помощью инструкции `.OPTIONS`.

Вид:

`.OPTIONS OPT1 OPT2 ... (or OPT=OPTVAL ...)`

Примеры:

`.OPTIONS LIST`

`.OPTIONS RELTOL=.005 TRTOL=8`

OPT1 ... OPTN - опции изменяющие параметры расчета.

Spice - формальное описание языка

Параметры расчета

В Spice имеется два типа опций:

опции с устанавливаемыми величинами (директивы) и опции без величин (флаги).

Для флагов достаточно ввести их имя.

Команды директивы **.OPTIONS** являются кумулятивными. Это значит, что если имеется две (или более) директив .OPTIONS, то это равноценно тому, что эти опции заданы вместе в одной директиве. Если какая либо опция задана более чем один раз, то используется ее последнее значение.

Spice - формальное описание языка

Флаги

В таблице перечислены флаги. Для флагов действующим по умолчанию значением является "выключено" (то есть значение, противоположное заданию функции).

Опция Наименование

ACST Печать статистики времени выполнения видов расчета, характеристик схемы и других данных о задании на моделирование.

LIST Печать всех исходных данных.

NOMOD Запрещает печать списка параметров моделей.

NOPAGE Запрещает постраничное разбиение результатов моделирования.

NODE Печать таблицы узлов.

OPTS Печатает значения всех опций.

Spice - формальное описание языка

| Flag option | Meaning |
|---------------|--|
| ACCT | Summary and accounting information is printed at the end of all the analyses (refer to your <i>PSpice User's Guide</i> for further information on ACCT). |
| EXPAND | Lists devices created by subcircuit expansion and lists contents of the bias point file; see .SAVEBIAS (save bias point to file) and .LOADBIAS (load bias point file) . |
| LIBRARY | Lists lines used from library files. |
| LIST | Lists a summary of the circuit elements (devices). |
| NOBIAS | Suppresses the printing of the bias point node voltages. |
| NODE | Lists a summary of the connections (node table). |
| NOECHO | Suppresses a listing of the input file(s). |
| NOICTRANSLATE | Suppresses the translation of initial conditions (IC attributes) specified on capacitors and inductors into .IC statements (IC pseudocomponents). This means that IC attributes are ignored if the keyword Skip Bias Point (SKIPBP) is not put at the end of the .TRAN statement. See .TRAN (transient analysis) . |
| NOMOD | Suppresses listing of model parameters and temperature updated values. |
| NOOUTMSG | Suppresses simulation error messages in output file. |
| NOPAGE | Suppresses paging and the banner for each major section of output. |
| NOPRBMSG | Suppresses simulation error messages in Probe data file. |
| NOREUSE | Suppresses the automatic saving and restoring of bias point information between different temperatures, Monte Carlo runs, worst-case runs, and .STEP (parametric analysis) . See also .SAVEBIAS (save bias point to file) and .LOADBIAS (load bias point file) . |
| OPTS | Lists values for all options. |
| STEPGMIN | Enables GMIN stepping. This causes a GMIN stepping algorithm to be applied to circuits that fail to converge. GMIN stepping is applied first, and if that fails, the simulator falls back to supply |

Spice - формальное описание языка

Параметры расчета

Установка и изменение параметров расчета в системе Spice осуществляется с помощью инструкции `.OPTIONS`.

Вид:

`.OPTIONS OPT1 OPT2 ... (or OPT=OPTVAL ...)`

Примеры:

`.OPTIONS LIST`

`.OPTIONS RELTOL=.005 TRTOL=8`

OPT1 ... OPTN - опции изменяющие параметры расчета.

Spice - формальное описание языка

Опции

Ниже в таблице перечислены основные опции со значениями и их значения по умолчанию

| Опция | Наименование | Значение по умолчанию |
|----------|---|-----------------------|
| ABSTOL=x | Допустимая ошибка расчета токов в режиме TRAN. | 1pA |
| CHGTOL=x | Допустимая ошибка расчета заряда в режиме TRAN. | 1.0e-14. |
| DEFAD=x | Диффузионная площадь стока МОП-транзистора. | 0 |
| DEFAS=x | Диффузионная площадь истока МОП-транзистора. | 0.0 |
| DEFL=x | Длина канала МОП-транзистора. | 100.0 микрон |
| DEFW=x | Ширина канала МОП-транзистора. | 100.0 микрон |
| GMIN=x | Минимальная проводимость ветви. Проводимость ветви меньше GMIN, считается равной нулю. | 1.0e-12. |
| ITL1=x | Максимальное число итераций в расчете статического режима (DC). | 100. |
| ITL2=x | Максимальное количество итераций при расчете передаточных функций по постоянному току при переходе к последующей точке. | 50 |

Spice - формальное описание языка

| Опция | Наименование | Значение по умолчанию |
|-------------|--|-----------------------|
| ITL4=x | Максимальное количество итераций при переходе к следующему моменту времени в режиме TRAN. | 10 |
| ITL5=x | Общее максимальное количество всех итераций в режиме TRAN (установка ITL5=0 устраняет это ограничение). | 0 |
| METHOD=name | Метод интегрирования в SPICE. Возможны метод "Gear" или "trapezoidal" ("trap"). | trapezoidal |
| PIVREL=x | Относительная величина элемента строки матрицы, необходимая для его выделения в качестве ведущего элемента (режим AC). | 1.0e-3 |
| PIVTOL=x | Абсолютная величина элемента строки матрицы, необходимая для его выделения в качестве ведущего элемента (режим AC). | 1.0e-13 |
| RELTOL=x | Допустимая относительная ошибка расчета напряжений и токов в режиме TRAN. | 0.001 (0.1%). |
| TEMP=x | Температура при которой работает электрическая схема. | 27C (300K) |
| TNOM=x | Номинальная температура при которой измерены параметры моделей. | 27C (300K) |
| TRTOL=x | Коэффициент, определяющий допустимую ошибку усечения в режиме TRAN. | 7.0 |
| VNTOL=x | Допустимая ошибка расчета напряжений в режиме TRAN. | 1e-6 Вольт |

Задание на расчет

Статический режим

Статическим режимом работы электрической схемы называют режим при моделировании которого считают, что все переходные процессы, протекающие в схеме уже установились.

Что значит, что процессы установились?

Задание на расчет *Статический режим*

**Система считает, что все
индуктивности замкнуты, а емкости
разомкнуты.**

Spice - формальное описание языка

Задание на расчет *Статический режим*

Инструкция:

.DC SRCNAM VSTART VSTOP VINCR [SRC2 START2 STOP2 INCR2]

Примеры:

.DC VIN 0.25 5.0 0.25

.DC VDS 0 10 .5 VGS 0 5 1

.DC VCE 0 10 .25 IB 0 10U 1U

Инструкция для расчета статического режима DC определяет имена источников напряжения или тока, пределы и шаг их изменения в процессе расчета.

SRCNAM - имя источника напряжения или тока в.

VSTART, VSTOP, и VINCR параметры, определяющие начальное, конечное и шаг изменения значений источника.

Spice - формальное описание языка

Задание на расчет *Временная область*

Моделирование во временной области предполагает получение выходных характеристик как функций времени в указанном пользователем диапазоне, т.е. рассчитываются переходные процессы, протекающие в схеме с момента $t_{нач}=0$ до $t_{кон}$.

Перед началом расчета переходных процессов **всегда** производится расчет статического режима и все источники, не изменяющиеся во времени принимают значения их значения по постоянному току.

Шаг расчета переходных процессов выбирается системой автоматически, а результаты

Spice - формальное описание языка

Задание на расчет *Временная область*

Инструкция для расчета имеет вид:

.TRAN TSTEP TSTOP [TSTART [TMAX]] [UIC]

Примеры:

.TRAN 1NS 100NS

.TRAN 1NS 1000NS 500NS

.TRAN 10NS 1US

TSTEP - указывает шаг вывода результатов расчета переходных процессов на печать.

TSTOP - указывает конечное время расчета переходных процессов.

TSTART - указывает начальное время вывода переходных процессов на печать, если TSTART не определено, то его значение считается нулевым.

Spice - формальное описание языка

Задание на расчет *Временная область*

Инструкция для расчета имеет вид:

.TRAN TSTEP TSTOP [TSTART [TMAX]] [UIC]

TMAX - ограничивает максимальный шаг расчета переходных процессов. По умолчанию $TMAX = (TSTOP - TSTART) / 50.0$.

UIC - опция, указывающая, что перед расчетом переходных процессов не производится расчет статического режима. Если опция присутствует в инструкции TRAN, то начальные значения напряжений на конденсаторах и токов в индуктивностях могут быть заданы опцией IC=... в инструкциях для описания элементов.

Spice - формальное описание языка

Задание на расчет *Частотная область*

Моделирование частотных характеристик в системе Spice предполагает вычисление выходных характеристик электрической схемы как функции частоты.

Перед началом расчета частотных характеристик Spice всегда производит расчет статического режима схемы для определения рабочих точек нелинейных элементов и перехода к малосигнальным линейным моделям.

Результирующая линейная модель схемы рассчитывается в указанном пользователем частотном диапазоне.

Spice - формальное описание языка

Задание на расчет *Частотная область*

Инструкция для расчета в частотной области:

.AC DEC ND FSTART FSTOP

.AC OCT NO FSTART FSTOP

.AC LIN NP FSTART FSTOP

Примеры:

.AC DEC 10 1 10K

.AC DEC 10 1K 100MEG

.AC LIN 100 1 100HZ

DEC - логарифмический масштаб изменения частоты по декадам .

ND - указывает количество точек в декаде.

OCT - логарифмический масштаб изменения частоты по октавам .

NO - указывает количество точек в октаве.

LIN - устанавливает линейный масштаб изменения частоты.

NP - указывает количество точек. FSTART - указывает начальную частоту.

FSTOP - указывает конечную частоту рассчитываемого диапазона.

Spice - формальное описание языка

Вывод результатов расчета

Вывод результатов расчета осуществляется с помощью инструкций PRINT и PLOT. В первом случае результаты выводятся в виде таблиц, а во втором в виде графиков.

Инструкция для вывода результатов имеют вид:

.PRINT PTYPE OV1 OV2 ... OV8

.PLOT PTYPE OV1 OV2 ... OV8

Примеры:

.PRINT TRAN V(4) I(VIN)

.PLOT TRAN V(4) I(VIN)

.PRINT DC V(2) I(VSRC) V(23, 17)

.PLOT DC V(2) I(VSRC) V(23, 17)

.PRINT AC VM(4, 2) VR(7) VP(8, 3)

.PLOT AC VM(4, 2) VR(7) VP(8, 3)

Spice - формальное описание языка

Вывод результатов расчета

Опция PTYPE определяет вид расчета, к которому принадлежит данная инструкция PRINT или PLOT (DC, AC, TRAN), далее следуют имена переменных OV1, OV2, ... OV8, выводимых таблицы и графики. В качестве переменных могут выступать напряжения в узлах электрической схемы относительно нулевого потенциала, напряжения между узлами схемы, токи через независимые источники напряжения и некоторые параметры и переменные моделей. При расчете частотных характеристик в таблицу или на график можно вывести действительную часть, мнимую часть, фазу напряжения или тока и амплитуду напряжения в децибелах ($20 \log_{10}(V)$). Для этого вместо символов V и I следует указать VR, VI, VP, VDB соответственно для напряжений и IR, II, IP соответственно для ТОКОВ.

Создание входного файла схемы

First Circuit for Pspice

```
VS 1 0 24V
```

```
RI 1 2 10
```

```
R2 2 0 1k
```

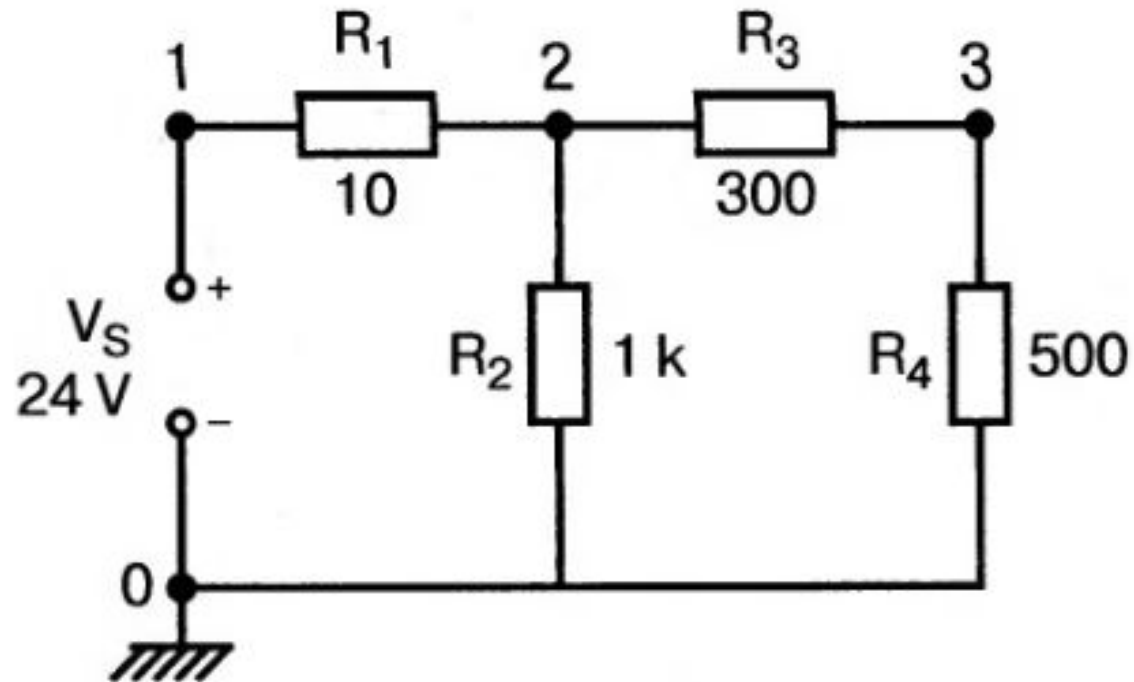
```
R3 2 3 300
```

```
R4 3 0 500
```

```
.OPT nopage
```

```
.OP
```

```
.END
```



Spice - формальное описание языка

Вывод результатов расчета

Опция PTYPE определяет вид расчета, к которому принадлежит данная инструкция PRINT или PLOT (DC, AC, TRAN), далее следуют имена переменных OV1, OV2, ... OV8, выводимых таблицы и графики. В качестве переменных могут выступать напряжения в узлах электрической схемы относительно