

## Первая секция входного файла для Spice

Первая секция входного файла для Spice задаёт описания элементов схемы, каждое из которых помещается в отдельной строке файла.

...

### Описание источников питания

Описание источников питания (тока или напряжения) может состоять из нескольких разделов: DC для указания постоянного номинала (при расчёте по постоянному сигналу), AC для указания амплитуды и фазы (при расчёте фазо-частотных характеристик частота является общей для всей схемы и задаётся в директиве .ac), способа изменения сигнала во времени (при расчёте переходных процессов). Напоминаю, что имя источника должно начинаться с буквы V (источник напряжения) или I (источник тока), а неиспользованные разделы имеют значение по умолчанию 0.

Формат описания:

<Имя\_источника> <+узел> <-узел> <DC-раздел> <AC-раздел> <TRAN-раздел>

Формат DC-раздела:

[DC] <номинал>

Формат AC-раздела:

AC <амплитуда> [<фаза\_в\_градусах>]

Формат TRAN-раздела, несколько способов (здесь только самые распространённые):

EXP <v1> <v2> <td1> <tc1> <td2> <tc2> – задаёт двойную экспоненту, определяемую формулой:

t=0	t=td1	v1	постоянное значение v1
t=td1	t=td2	$v1 + (v2 - v1) \cdot \left(1 - \exp\left(\frac{t - td1}{tc1}\right)\right)$	экспонента, начинающаяся в момент td1 со значения v1 и стремящаяся в пределе к v2
t=td2	t=∞	$v1 + (v2 - v1) \cdot \left(\exp\left(\frac{t - td2}{tc2}\right) - \exp\left(\frac{t - td1}{tc1}\right)\right)$	сумма двух экспонент, начинающаяся в момент td2 с текущего значения и стремящаяся в пределе к v1

PULSE <v1> <v2> <td> <t1> <t2> <tup> <tper> – задаёт серию импульсов, где <v1> – начальное значение сигнала, а <v2> значение после первого фронта; <td> – начальная задержка; <t1> и <t2> – время первого и второго фронта импульса; <tup> – время верхней полочки; <tperiod> – время полного периода импульса. Определяющая формула:

0	td	v1	начальная задержка
td	td+t1	v1→v2	первый фронт
td+t1	td+t1+tup	v2	верхняя полочка
td+t1+tup	td+t1+tup+t2	v2→v1	второй фронт
td+t1+tup+t2	td+tper	v1	нижняя полочка

*SIN* <vmid> <ampl> [*<freq>* [*<td>* [*<damp>* [*<phase>*]]]] – задаёт синусоиду (только для временных расчётов; для частотных расчётов смотри АС-раздел), где <vmid> – средняя линия; <ampl> – начальная амплитуда (будет меняться при затухании); <freq> – частота; <td> – начальная задержка; <damp> – коэффициент затухания амплитуды; <phase> – начальная фаза в градусах.

*PWL* [*TIME\_SCALE\_FACTOR*=<factor1>] [*VALUE\_SCALE\_FACTOR*=<factor2>] <t1> <v1> <t2> <v2> ... – задаёт кусочно-линейную функцию, в которой отдельные точки с координатами (t1, v1), (t2, v2) и т. д. соединены линейными отрезками; последовательность (t1, t2, ...) должна быть увеличивающейся; <factor1> и <factor2> – масштабные коэффициенты по времени и амплитуде. Вместо любой точки можно вставить цикл вида *REPEAT FOR* <n> <последовательность точек> *ENDREPEAT* или *REPEAT FOREVER* <последовательность точек> *ENDREPEAT*, где <n> – количество повторений последовательности, а *FOREVER* задаёт бесконечное количество повторений. В любой точке с координатами (ti,) значение времени <ti> должно быть конкретным значением, а значение амплитуды <vi> может быть вычисляемым выражением.

Примеры:

*Vsimple 4 0 5* – задаёт источник напряжения между узлами 4(+) и 0(–), стрелочка направлена от узла 0 к узлу 4. При расчёте по постоянному сигналу величина равна 5 В, при частотном и временном расчёте значение источника равно 0 (так как соответствующие разделы не заданы).

*Vin 3 6 DC 2.5 AC 1 30 PULSE 5 0 1n 2n 4n 50n 106n* – задаёт источник напряжения Vin между узлами 3(+) и 6(–), стрелочка направлена от узла 6 к узлу 3. При расчёте рабочей точки по постоянному сигналу источник имеет номинал 2,5 В, при частотном анализе источник имеет амплитуду 1 В и начальную фазу 30°, для расчёта переходных процессов источник описывает импульс с начальным значением 5 В и нижним значением 0 В, начальной задержкой 1 нс, передним фронтом 2 нс и задним фронтом 4 нс, длительностью верхней полочки 50 нс и полным периодом 106 нс.

*Imain 7 2 PWL 0 5 1n 5 REPEAT FOR 10 0 5 2n 0 52n 0 56n 5 106n 5 ENDREPEAT* – задаёт источник тока Imain между узлами 7(+) и 2(–), стрелочка направлена от узла 7 к узлу 2. Значение источника при расчёте по постоянному сигналу и при частотном расчёте равно 0 (так как соответствующие разделы не заданы), а при расчёте переходных процессов источник описывает задержку в 1 нс на уровне 5 В, после чего идут 10 импульсов – таких же, как в предыдущем примере, – после чего сигнал остаётся на уровне 5 В.

## Вторая секция входного файла для Spice

Вторая секция входного файла для Spice (задание режима расчёта и списка переменных для вывода) состоит из директив, каждая из которых помещается в отдельной строке файла. Основные директивы:

**.op** – Задаёт расчёт рабочей точки схемы (т. е. расчёта токов и напряжений в режиме постоянного тока при начальных значениях всех источников)

**.dc** – Задаёт параметрический расчёт в режиме постоянного тока (т. е. расчёт при нескольких фиксированных значениях параметров – максимум два независимых параметра). В качестве параметров расчёта чаще всего выступают номиналы источников питания, но могут быть и параметры других элементов схемы (для этого используется дополнительная директива **.model** – см. руководство).

**.ac** – Задаёт расчёт фазо-частотных характеристик (т. е. единственным изменяемым параметром расчёта является частота, общая для всей схемы).

**.tran** – Задаёт расчёт переходных характеристик (т. е. изменения состояния во времени)

**.print** – задаёт список переменных для вывода в выходной файл.

**.probe** – задаёт список переменных для вывода в файл для графопостроителя.

**.end** – завершает входной файл (после неё должен идти символ завершения строки).

### Формат директив:

**.op**: Директива *.op* не имеет дополнительных параметров. В выходной файл выводится полная и детальная информация о рабочей точке схемы: напряжения во всех узлах, токи через все элементы, мощности всех элементов. Файл для графопостроителя не создаётся. Эта директива может сочетаться с *.ac*, *.dc* и *.tran*.

**.dc**: В директиве *.dc* задаются имена параметров для параметрического расчёта и способы их изменения (максимум два параметра, но можно и один). В случае двух параметров их значения перебираются как во вложенном цикле: берётся первое значение второго параметра, для него перебираются все значения первого параметра, затем берётся второе значение второго параметра, для него перебираются все значения первого параметра, и т. д.

*.dc* <изменение\_параметра\_1> [<изменение\_параметра\_2>]

Конструкция <изменение\_параметра> может быть задана разными способами:

<имя\_параметра> <нач\_значение> <кон\_значение> <шаг>

DEC <имя\_параметра> <нач\_значение> <кон\_значение> <кол.\_точек\_на\_декаду>

<имя\_параметра> LIST <список\_значений\_через\_пробел>

Примеры:

*.dc Vin 1 7 1.5* – задаёт изменение источника напряжения *Vin* в диапазоне от 1 В до 7 В с шагом 1,5 В (всего 5 точек, что значит 5 расчётов)

*.dc DEC V1 1 8 10 Iup LIST 10u 15u 25u* – задаёт расчёт при изменении источника напряжения *V1* в диапазоне от 1 В до 8 В в логарифмическом масштабе по 10

точек на декаду (всего 8 точек) – всё это для каждого из трёх значений источника тока Iup: 10 мкА, 15 мкА и 25 мкА (т. е. всего 24 расчёта – на графике это будет выглядеть как семейство трёх кривых линий, содержащих по 8 точек каждая)

**.ac:** В директиве *.ac* задаётся способ изменения частоты работы схемы, 2 способа:

*.ac LIN* <кол.\_точек> <нач\_значение> <кон\_значение>

*.ac DEC* <кол.\_точек\_на\_декаду> <нач\_значение> <кон\_значение>

Примечания: Расчёт для каждой частоты производится с помощью линейаризации схемы в окрестности рабочей точки; постоянные источники обнуляются (имеющие только фиксированный номинал), не обнуляются только те, которые имеют в своём описании раздел AC (см. Описание источников).

**.tran:** В директиве *.tran* задаются параметры временного расчёта:

*.tran* <step> <tfinal> [*<noprint>* [*<step\_ceiling>*]], где <step> – шаг расчёта; <tfinal> – конечное время; <noprint> – время, с которого начинать вывод в выходные файлы; <step\_ceiling> – верхний порог изменения величины шага (программа, если считает нужным, сама может менять заданный шаг).

**.print:** В директиве *.print* через пробел перечисляются переменные для вывода в выходной файл:

*.print* <тип\_расчёта> <список\_переменных\_через\_пробел>

<тип\_расчёта> может быть DC, AC или TRAN в зависимости от типа расчёта.

<список\_переменных> состоит из элементов вида:

$V(\langle \text{узел} \rangle)$  для вывода напряжения узла (относительно земли, т. е. узла с номером 0);

$V(\langle \text{узел1} \rangle, \langle \text{узел2} \rangle)$  для вывода разницы напряжения  $\langle \text{узел1} \rangle - \langle \text{узел2} \rangle$ ;

$Ii(\langle \text{элемент} \rangle)$  для вывода тока через  $i$ -й вывод элемента (если элемент двухвыводной, то номер вывода можно не указывать – будет выведен ток через первый, т. е. положительный, вывод. Заметим, что токи выводов в двухвыводном элементе имеют разные знаки: положительное направление тока у первого вывода, противоположное у второго. Если элемент многовыводной, то положительное направление тока конкретного вывода нужно уточнять в руководстве.

$P(\langle \text{элемент} \rangle)$  – рассеиваемая или потребляемая элементом мощность, рассчитывается как произведение тока элемента на его напряжение. Для полупроводниковых приборов – только рассеиваемая мощность, накапливаемая энергия не учитывается.

$Z$  или  $Y$  или  $H$  или  $S$  ( $\langle \text{элемент} \rangle$ ) –  $Z$ ,  $Y$ ,  $H$  или  $S$ -параметр элемента.

$V\langle x \rangle$  и  $Ii\langle x \rangle$  – особые формы напряжения и тока для частотного анализа, где  $\langle x \rangle$ :

$I$  и  $R$  – мнимая и действительная часть соответствующего напряжения или тока;

$M$  и  $P$  – модуль и фаза соответствующего напряжения или тока;

$DB$  и  $T$  – значение в децибелах и групповая задержка.

Другие переменные см. в руководстве.

**.probe:** В директиве *.probe* в таком же формате, как и для *.print*, перечисляются переменные для вывода в файл для графопостроителя. *.probe* без параметров выводит в файл для графопостроителя все доступные переменные.