

Моделирование и расширенный анализ схем в PSpice 2017

Часть 2

А. Акулин¹

УДК 004.942 | ВАК 05.27.00

Симулятор аналоговых схем PSpice, широко известный разработчикам электроники, считается «де факто» стандартом для схемотехнического моделирования. Разработчик программного продукта – компания Cadence Design Systems – регулярно обновляет версии PSpice, наделяя симулятор дополнительным функционалом, расширяющим возможности анализа схем и повышающим эффективность всех этапов проектирования аналоговых и цифро-аналоговых схем. В № 10 журнала «ЭЛЕКТРОНИКА: Наука, Технология, Бизнес» за 2017 год рассказывалось об особенностях новой версии программного продукта, представленной на рынке в минувшем году. Во второй части статьи рассмотрим преимущества, которые получает разработчик при использовании OrCAD PSpice A/D с опцией расширенного анализа PSpice Advanced Analysis.

Как уже говорилось в первой части статьи [1], для моделирования поведения несложных электрических схем подходит бесплатная версия схемотехнического редактора OrCAD Lite с симулятором PSpice. Ее можно скачать по адресу <https://www.orcad.com/resources/download-orcad-lite> и создать требуемую схему с использованием прилагаемой обширной библиотеки компонентов и Spice-моделей либо моделировать работу готовых схем из встроенного в PSpice учебника.

Однако для любой компании, профессионально разрабатывающей электронные устройства, важно не просто понимать, как ведет себя схема при указанных номиналах компонентов и в комнатных условиях, но и проверить это, варьируя различные параметры.

В простейшем Spice-симуляторе, таком как PSpice/OrCAD Lite, или аналогичных бесплатных программах заложена возможность анализа того, как повлияет изменение параметров компонентов на поведение схемы. Функционал анализа Monte-Carlo позволяет варьировать номинал компонента в определенных пределах с заданным шагом и для каждого полученного значения выполнять моделирование. К сожалению, результаты такого анализа дают немного информации. Можно получить семейство графиков, но затем надо делать выводы, принимать решения о надежности схемы или о необходимости ее менять, совершенствовать.

Для проверки стабильности схемы, ее качества и надежности предназначены дополнительные инструменты, которые реализованы в опции PSpice Advanced Analysis.

Эти инструменты позволяют снизить стоимость прибора, повысить качество, предсказуемость и повторяемость при серийном производстве, надежность и выход годных. В пакете представлено пять инструментов: Sensitivity (анализ чувствительности схемы), Optimizer (оптимизатор), Smoke (анализ надежности), Parametric (анализ повторяемости) и продвинутый анализ Monte-Carlo (анализ выхода годных). Рассмотрим, чем могут быть полезны эти инструменты типовому предприятию, разрабатывающему и производящему электронику.

PSpice SENSITIVITY (АНАЛИЗ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ СХЕМЫ)

С помощью этого инструмента разработчик может легко и быстро найти компоненты и параметры, влияющие на ключевые показатели схемы. Можно также оценить качество работы схемы в наихудшем случае при заданных допусках компонентов. Кроме того, можно определить компоненты, допуски которых не важны, и удешевить проект, заменив эти компоненты менее дорогостоящими.

На рис. 1 показан пример расчета чувствительности схемы с помощью PSpice Sensitivity. Как видно из диаграммы, первый компонент (R4) оказывает наибольшее влияние на работу схемы.

Алгоритм работы состоит из следующих шагов:

1. Задайте предполагаемые допуски у компонентов:
 - глобально для всех компонентов на схеме,
 - локально для каждого компонента, если требуется,
 - с помощью скриптов на языке TCL – для определенных компонентов.

¹ ООО «ПСБ СОФТ», технический директор, akulin@pcbsoft.ru.

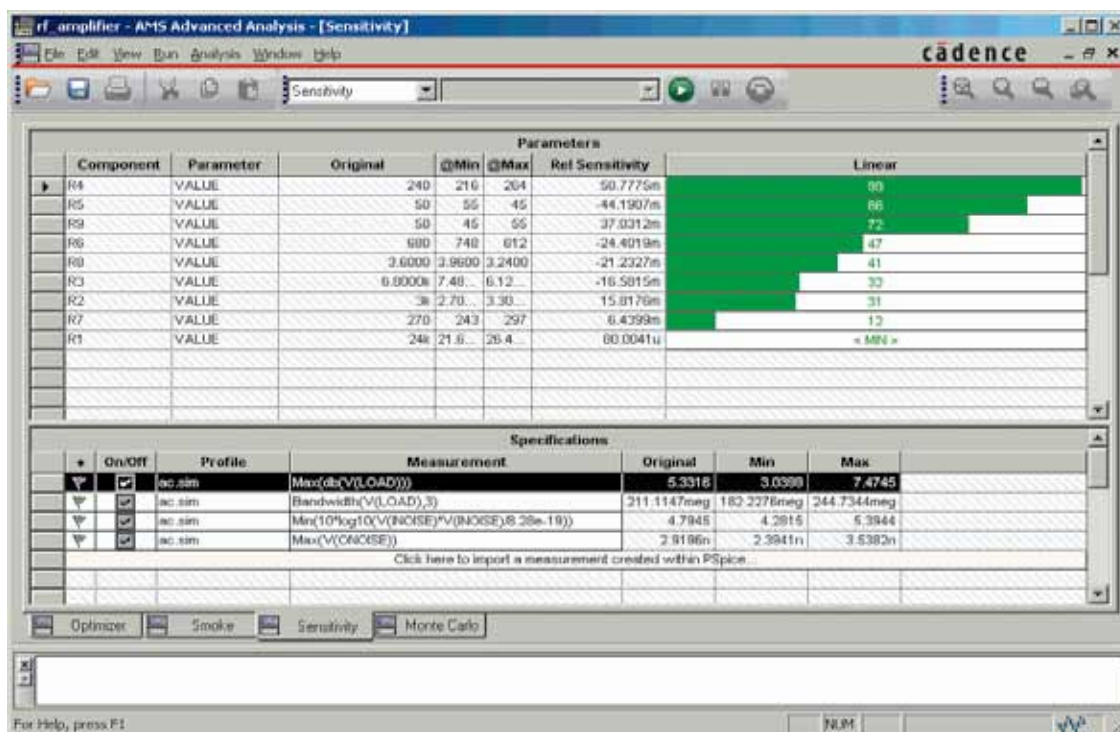


Рис. 1. Окно программы PSpice Sensitivity. Первый компонент оказывает наибольшее влияние на работу схемы

2. Задайте цели, которые должна выполнять схема (Measurement expression).
3. С помощью диаграммы определите наиболее важные компоненты на схеме и степень их влияния на параметры схемы и достижение целей.

PSpice OPTIMIZER (ОПТИМИЗАТОР)

Один из самых мощных инструментов расширенного анализа позволяет найти компоненты, наиболее сильно влияющие на результаты работы схемы. Определите задачи схемы и оптимизируйте проект. Примеры задач схемы: коэффициент усиления, полоса пропускания, перегрузка, пульсации. Задачи в PSpice Optimizer могут быть описаны как график или таблица.

Рабочее окно программы показано на рис. 2. Алгоритм работы состоит из следующих шагов:

1. Введите параметры схемы: номиналы ЭРИ, глобальные переменные, параметры моделей.
2. Введите задачи (формулу измерения).
3. Запустите оптимизатор, чтобы настроить схему, и получите ее оптимальный вариант.

С помощью оптимизатора можно быстро и качественно подстроить типовую схему под новые спецификации заказчика, оптимизировать работу схемы с учетом имеющегося на складе набора компонентов.

PSpice SMOKE (АНАЛИЗ НАДЕЖНОСТИ СХЕМЫ)

С помощью этой программы разработчик проверяет, не превышены ли безопасные пределы рабочих режимов

каждого компонента. Можно задать собственные критерии для определения чрезмерно нагруженных компонентов. Также предусмотрена возможность определить работоспособность компонентов под разными нагрузками и при различных внешних условиях.

Данный вид анализа можно использовать как вспомогательный инструмент для изучения тепловых характеристик схемы. Он позволяет вычислять пиковую, среднюю и среднеквадратичную (RMS) мощность. Интерактивная диаграмма степени нагруженности компонентов (рис. 3) позволяет одним кликом клавиши мыши найти соответствующий компонент на схеме.

В качестве примера применения этого инструмента рассмотрим создание «запаса прочности» схемы.

Вариант 1. Введение в схему «коэффициента прочности» (статический анализ)

Предположим, разработчику нужно снизить максимально допустимое значение параметра схемы. Его новое максимально допустимое значение можно рассчитать по формуле:

$$\text{Новое макс. значение} = \text{Стандартное макс. значение} \times K,$$

где K – коэффициент прочности (derate factor).

Пусть конденсатор рассчитан на максимальное напряжение 100 В, а коэффициент прочности составляет 0,8. Тогда максимально допустимое значение напряжения для безопасной работы будет 80 В, а запас прочности составит 20 В. PSpice Smoke Analysis позволяет разработчику

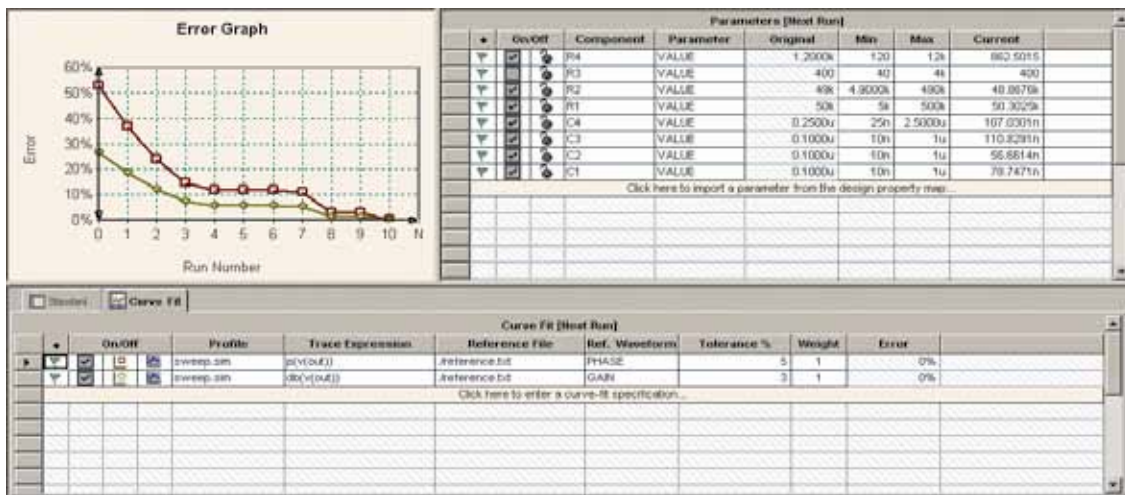


Рис. 2. Окно программы PSpice Optimizer. Процесс подбора номиналов схемы

проверить и гарантировать, что все компоненты в схеме будут работать в заданных безопасных режимах, с требуемым запасом прочности.

Алгоритм работы с программой PSpice Smoke Analysis в этом случае следующий:

1. Определите характеристику для установления «запаса прочности» (напряжение, ток и т. д.).
2. Установите каждую характеристику «запаса прочности» на соответствующие компоненты.
3. Выберите требуемую для конкретного применения характеристику по «запасу прочности».

4. Запустите PSpice Smoke для анализа соответствия схемы выбранным параметрам.

Вариант 2. Температурно-зависимый предел безопасной работы (динамическое изменение)

Предположим, устройство должно обеспечить снижение максимальных значений для таких величин, как максимальная температура, максимальное напряжение и т. д. Следует учесть, что предельная мощность резистора снижается по мере повышения температуры. Так же ведут себя предельная мощность, рассеиваемая

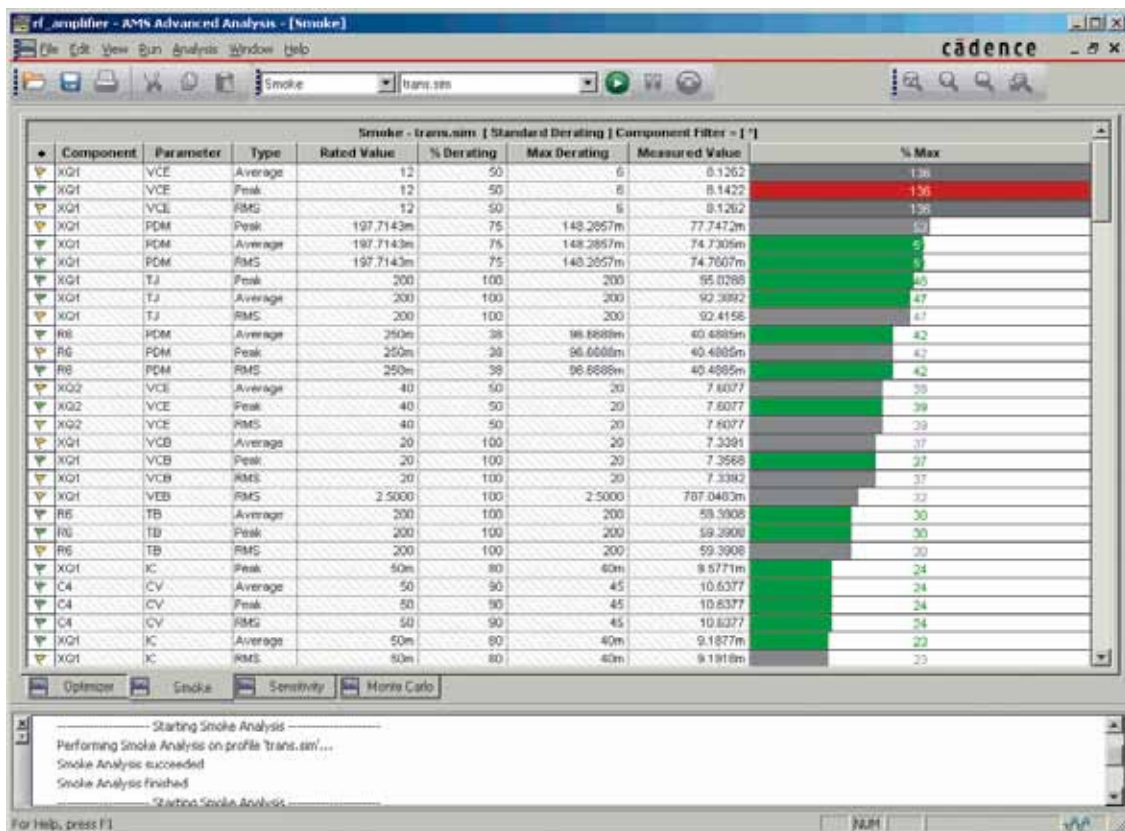


Рис. 3. Окно программы PSpice Smoke. Компоненты в верхней части перегружены

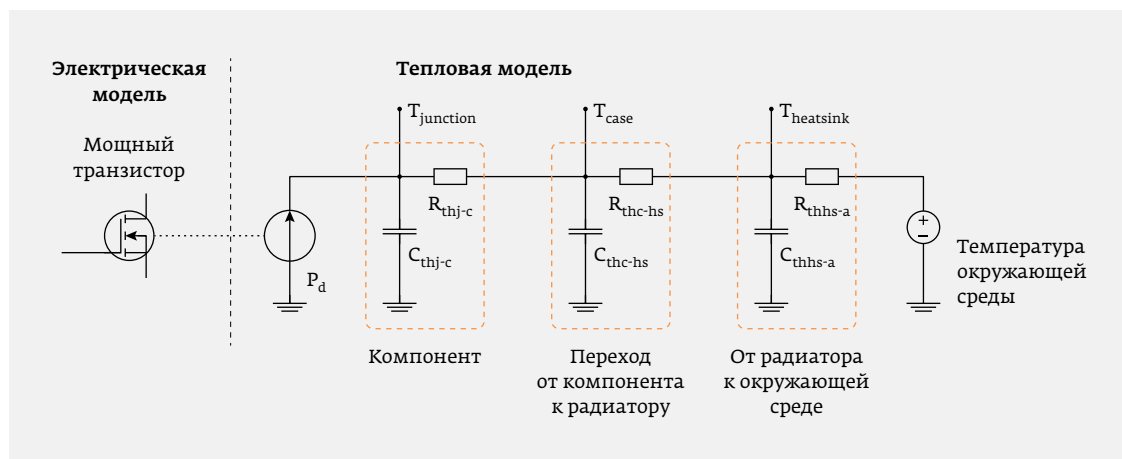


Рис. 4. Совмещение электрической и тепловой модели транзистора в PSpice (источник www.nxp.com)

полупроводниковым прибором, и максимально допустимое напряжение на конденсаторе.

В инструменте PSpice Smoke можно использовать функцию динамического снижения предельных параметров компонента с учетом изменения температуры компонентов из-за выделяемой мощности.

Рассмотрим, как можно с помощью PSpice Smoke Analysis учесть нагрев компонентов, установленных на радиаторе. Если связать выбранный радиатор с полупроводниковым устройством (например, транзистором) и определить с помощью PSpice мощность, выделяемую транзистором, и температуру окружающей среды, то можно вычислить температуру этого транзистора. По мере повышения температуры PSpice Smoke Analysis дополнительно снижает предельно допустимые параметры транзистора. Пример схемы в PSpice, содержащей электрическую и тепловую модели транзистора, установленного на радиаторе, показан на рис. 4.

Широкий спектр анализируемых в PSpice Smoke компонентов позволяет разработчикам создавать надежную электронику. С помощью этого инструмента можно выполнять анализ перегрузки таких компонентов, как резисторы, индуктивности, диодные мосты, транзисторы, ключи, операционные усилители, варисторы, линейные источники напряжения, конденсаторы, диоды, стабилитроны, опторазвязки, трансформаторы, оптические элементы, светодиоды.

PSpice PARAMETRIC SWEEP (ВАРЬИРОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ КОМПОНЕНТОВ)

Инструмент PSpice Parametric Sweep позволяет варьировать значения нескольких параметров (вложенным циклом), обеспечивая быстрый просмотр результатов и возможность

создания семейств кривых. С помощью Parametric Sweep разработчик может убедиться, что созданная схема ведет себя предсказуемо при всех возможных отклонениях номиналов компонентов. Можно проанализировать измененные значения, например полосу пропускания фильтра, коэффициент усиления каскада и др. во всем диапазоне изменения параметров компонентов схемы.

Рабочее окно Parametric Sweep показано на рис. 5, а результат работы в виде семейства кривых, полученных для всех комбинаций параметров, – на рис. 6.

PSpice MONTE CARLO (ПРЕДСКАЗАНИЕ ПРОЦЕНТА ВЫХОДА ГОДНЫХ)

Программа PSpice Monte Carlo Analysis позволяет вычислять выход годных перед запуском прибора в серию. Разработчику доступна статистика эффективности работы схемы при заданных отклонениях от номинальных значений параметров. Для работы этой программы надо установить минимальные и максимальные значения параметров, измеряемых на выходе схемы, в соответствии со спецификацией заказчика. В результате после моделирования в PSpice разработчик может прогнозировать выход годных изделий еще до запуска прибора в серию.

Component	Parameter	Sweep Variable	Sweep Type	Sweep Values	Number of Steps
r0	value	outer	Linear	Start 60, End 6000, Step 500	10
r4	value	inner	Linear	Start 21, End 2400, Step 240	10

r0: value	r4: value	ac.sim:bandwidth(v(load),5)
60	24	23008.69939484
60	264	168223259.0415
60	504	131398186.8008
60	744	116343959.5654
60	984	108319360.2365
60	1224	103296419.1038
60	1464	99039677.09986

Рис. 5. Результаты работы PSpice Parametric Sweep в табличном виде

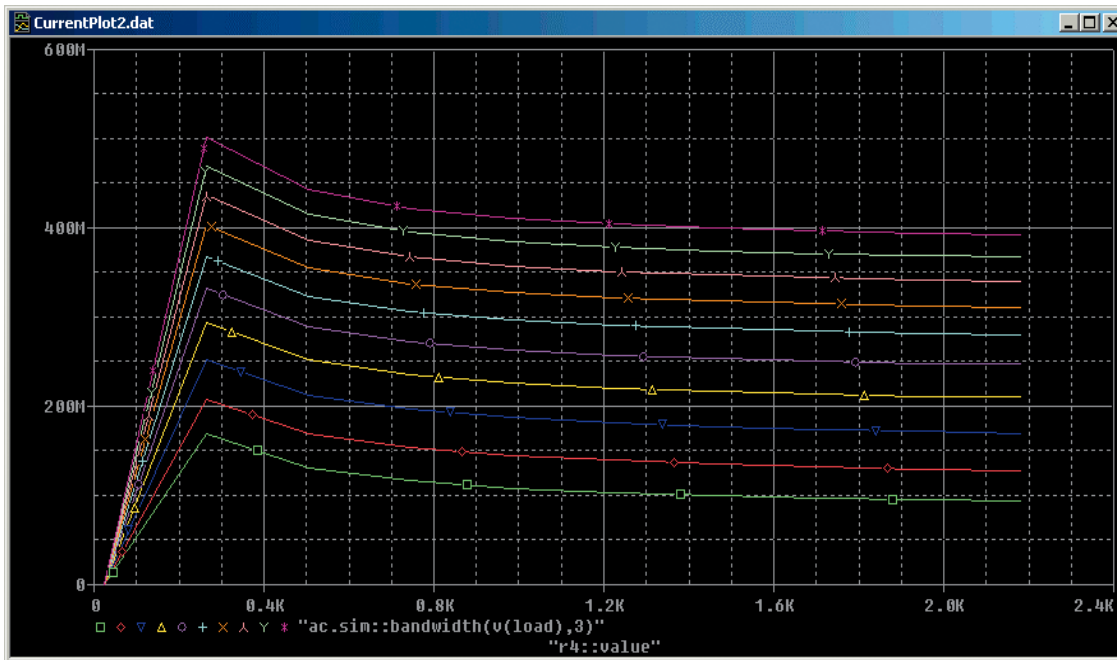


Рис. 6. Семейство кривых, полученных при варьировании параметров в PSpice Parametric Sweep

Программа позволяет просматривать результат вычислений как гистограмму плотности вероятности или как функцию распределения, где можно увидеть, какая доля выпущенных изделий будет попадать в заданные минимум и максимум измерений на выходе схемы.

Например, это может быть минимум и максимум частоты среза фильтра, минимум и максимум выходного напряжения или другие результирующие параметры схемы, которые можно определить как «измерения» в PSpice. Рабочее окно программы показано на рис. 7.

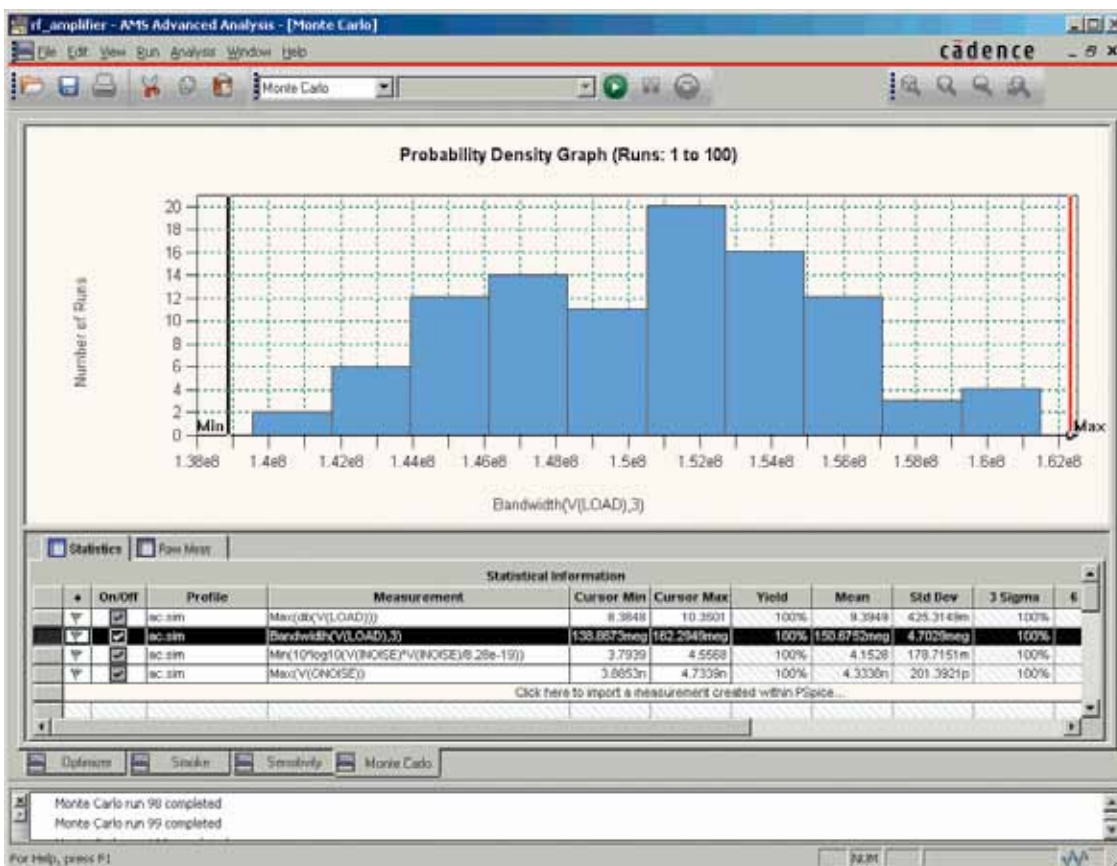


Рис. 7. Гистограмма вероятности выхода годных изделий в PSpice Monte Carlo Analysis

Преимущества PSpice перед другими симуляторами схем

PSpice	Другие симуляторы
Анализ Monte Carlo по любому числу целей	Анализ Monte Carlo только по одной цели
Доступны все типы целей	Ограниченный набор формул для цели
Все типы анализа чувствительности	Анализ чувствительности только по постоянному току (DC)
Анализ для наихудшего случая (Worst Case): <ul style="list-style-type: none"> множественный анализ за цикл, множественные цели, проверка на множестве температур 	Анализ для наихудшего случая (Worst Case): <ul style="list-style-type: none"> только один анализ за цикл, только одна цель, только одна температура

УЛУЧШЕНИЯ PSpice ADVANCED ANALYSIS В ВЕРСИИ 17.2 (2017)

В последней версии PSpice реализован ряд существенных улучшений. Теперь можно запускать PSpice Advanced Analysis на любых проектах, схемах, созданных в обычном симуляторе OrCAD/PSpice, без необходимости замены обычных Spice-моделей на «расширенные» модели. Разработчик может добавлять допуски и распределения отклонений к любому проекту через обычные Spice-модели. Можно скачивать Spice-модели любого поставщика и самостоятельно добавлять допуски к их параметрам, причем как напрямую в компонент, так и через новую форму в меню Add Tolerance.

Перечислим основные улучшения и нововведения новой версии PSpice Advanced Analysis:

- можно назначать допуски:
 - моделям;
 - глобальным переменным;
 - источникам тока и напряжения;
 - подсхемам;
- любые Spice-модели из Интернета сразу же пригодны для PSpice Advanced Analysis;
- улучшен графический интерфейс PSpice Advanced Analysis.

В качестве примеров улучшенного интерфейса можно привести следующие возможности:

- сортировка колонок;
- фильтр по справочному кодовому номеру (reference designator);
- просмотр номиналов и допусков;
- просмотр абсолютной и относительной чувствительности к значению параметра компонента;
- просмотр результатов в линейной или логарифмической шкале;
- переход к критичным компонентам прямо в схеме одним кликом.

Преимущества PSpice перед другими решениями для моделирования схем перечислены в таблице.

* * *

В целом опция PSpice Advanced Analysis предлагает разработчикам электронной аппаратуры крайне полезные и удобные инструменты, позволяющие существенно повысить качество схем, сократить сроки разработки и ускорить выход на серийное производство высококачественных и надежных приборов. В сочетании с недорогой, но мощной САПР печатных плат OrCAD и ее более продвинутой версией Allegro PCB Editor эти инструменты позволяют российским компаниям быстро выходить на рынок, создавая высококачественную продукцию в кратчайшие сроки.

Дополнительную информацию о программных продуктах OrCAD и PSpice можно найти на сайтах www.orcad.com и www.pspice.com.

ЛИТЕРАТУРА

- Акулин А., Супонин А.** Моделирование и расширенный анализ схем в PSpice 2017 // ЭЛЕКТРОНИКА: Наука, Технология, Бизнес. 2017. № 10.
- Сергеев А.** Обзор и новые возможности OrCAD PSpice Designer 16.6 (2015) – Материалы семинара.
- Информационные материалы компании Cadence Design Systems.