

# Преимущества программы PSpice при моделировании аналого-цифровых схем

**Александр Акулин** (akulin@pcbsoft.ru)

При выборе программного обеспечения разработчики в первую очередь ориентируются на его доступность и стоимость, затем на простоту освоения и уже в последнюю очередь – на предоставляемые возможности. Эти критерии определяют и выбор системы для схемотехнического моделирования, о чём речь пойдёт в данной статье.

Многие разработчики-схемотехники отдают предпочтение бесплатным и простым симуляторам, т.к. не могут или не желают тратить много времени и средств на освоение программ, имеющих богатую функциональность и «слишком сложный» интерфейс пользователя. Некоторые разработчики вообще предпочитают не заниматься моделированием, а проверять работу схемных решений другими, «кустарными» способами. Такие подходы приводят к обратному эффекту – потере темпа, снижению эффективности процесса разработки новых изделий, необоснованному выпуску многочисленных образцов и прототипов и большим затратам времени на доводку и пусконаладку новых электронных устройств и приборов.

При использовании простых бесплатных систем проектирования и моделирования электронных устройств довольно быстро становится понятно, что их функциональность позволяет решать только ограниченный набор самых простых задач. Если такого набора возможностей достаточно на начальном этапе, то при попытке выйти на более высокий уровень анализа сложных проек-

тов бесплатные программы в полной мере демонстрируют все свои недостатки. Вследствие этого неизбежны проблемы, связанные как со сроками, так и с общими финансовыми затратами на разработку. Если же вообще отказаться от моделирования и ограничиться проверкой схем полукустарными методами, то возникает целый ряд вопросов: как в такой ситуации обеспечить заданные параметры схемы, не занимаясь длительной инженерной работой по подбору номиналов; как проверить поведение схемы при различных вариациях номиналов компонентов в пределах допуска; как учесть влияние нагрева; как проимитировать различные виды входных воздействий или проверить работу тех компонентов, которые ещё не закуплены? Ответ состоит в том, что, как правило, всё это невозможно реализовать без использования профессиональных схемотехнических симуляторов, среди которых лидирующее положение занимает PSpice.

Далее будут более подробно рассмотрены возможности, предоставляемые PSpice, в сравнении с бесплатными программами (см. табл.).

## Доступность моделей компонентов.

Если в бесплатных программах есть только встроенные неуниверсальные модели, то в PSpice имеются полностью совместимые модели, доступные на сайтах большинства производителей ЭРИ.

**Наличие библиотеки моделей.** В бесплатных программах присутствует не более 2–3 тыс. моделей, тогда как с дистрибутивом PSpice разработчик получает 35 тыс. проверенных и настроенных моделей.

**Поддержка различных типов компонентов в моделировании.** В PSpice имеется возможность моделировать такие дополнительные типы компонентов, как:

- расширенные виды магнитных компонентов;
- IGBT-транзисторы;
- полноценные цифровые компоненты;
- ОЗУ/ПЗУ;
- модели GaAsFET – ТОМ-2 и ТОМ-3;
- согласованные линии передачи;
- модели магнитных сердечников.

**Настройка и обеспечение сходимости вычислений.** Несмотря на то что в большинстве программ применяются схожие ядра солверов, в PSpice достигается лучшая сходимость вычислений при помощи инструмента автоматизированной диагностики и решения проблем сходимости, а также за счёт большого набора настроек алгоритма.

**Управление процессом моделирования.** В PSpice в процессе моделирования возможно остановить вычис-

## Сравнение возможностей PSpice и бесплатных симуляторов

Функциональные возможности	PSpice	Бесплатные симуляторы
Доступность моделей компонентов	Да, на сайтах большинства производителей	Слабая
Наличие библиотеки моделей	33 тыс. моделей	От 3 до 5 тыс. моделей
Поддержка различных типов компонентов в моделировании	Да, исчерпывающий набор типов компонентов	Ограниченный набор
Настройка и обеспечение сходимости вычислений	Да, удобные и полные	Слабые, частые проблемы сходимости
Управление процессом моделирования	Да, с возможностью остановки и запуска	Слабое
Удобный просмотр и анализ результатов моделирования	Да	Ограниченно
Кодирование моделей	Да	Нет
Моделирование смешанных аналого-цифровых схем	Да	Как правило, нет
Утилиты для разработки моделей	Да	Нет
Удобный ввод схем и интеграция с САПР печатных плат	Да	Обычно ограниченный редактор схем
Повторное использование наборок	Да	Сложно
Возможности системного проектирования	Да	Обычно нет
Перенастройка старых схем под новые задачи	Да	Слабо
Анализ чувствительности схемы к номиналам компонентов	Да	Сложен
Анализ наихудших ситуаций	Да	Ограничен
Разработка высокоуровневых SPICE-моделей	Да	Нет
Анализ перегруженных компонентов	Да	Сложен
Моделирование теплоотвода	Да	Сложно
Анализ влияния разброса номиналов на работоспособность схемы	Да	Ограничен
Дополнительные ресурсы	Интерактивный учебник	Нет
Поддержка и обучение	Да, на русском языке	Слабые

ления, продолжить с той же точки, настроить точку остановки. Кроме того, можно выбирать между более высокой точностью или скоростью вычислений. Интересной возможностью является функция добавления проверок, позволяющих остановить вычисления в случае обнаружения определённой комбинации условий. Также пользователю доступен менеджер симуляций, который помогает запланировать и запустить набор последовательных симуляций.

*Удобный просмотр и анализ результатов моделирования* (см. рис. 1).

В PSpice, в отличие от бесплатных программ, имеются широкие возможности обработки результатов моделирования:

- настройки осей графиков;
- множественные трассы на одном графике;
- расстановка текстовых меток;
- анализ характеристик схемы;
- построение гистограмм;
- автовыполнение измерений на графиках;
- выполнение измерений по данным;
- курсоры на множественных графиках;
- создание входных воздействий из результатов моделирования;
- построение кривых ВЧ;
- вычисление потерь в сердечниках с гистерезисом;
- сравнение результатов нескольких симуляций на одном графике;
- считывание данных с осциллографа;
- возможность представления результатов вычислений на схеме;
- поддержка языка программирования TCL.

*Кодирование моделей.* В PSpice поддерживается не только базовый вариант кодирования SPICE-моделей, но и такие стандарты, как AES, DES, а также индивидуальное кодирование на основе ключа. Это даёт возможность производителям компонентов защищать от копирования внутреннее устройство микросхем, но при этом предоставлять заказчикам качественные модели. А предприятиям, использующим библиотеки проверенных моделей для симуляции, это позволяет предотвратить модификацию моделей неавторизованными сотрудниками.

*Моделирование смешанных аналого-цифровых схем.* PSpice, в отличие от бесплатных аналогов, имеет широкие возможности моделирования не только аналоговых, но и цифровых схем:

- симулятор на основе событий;
- возможность моделирования длительностей фронтов в цифровых микросхемах;

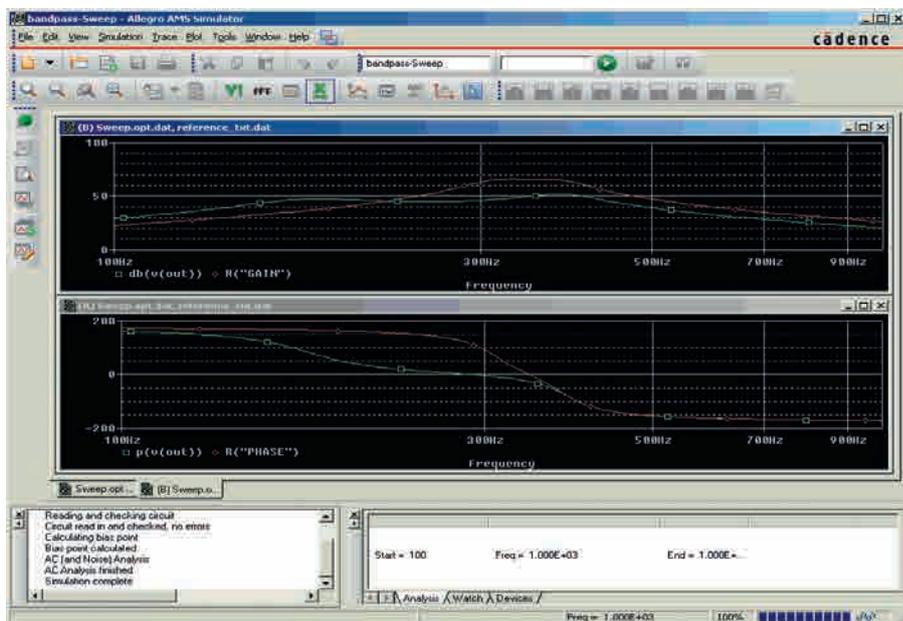


Рис. 1. Сравнение АЧХ и ФЧХ двух схем в PSpice до и после автоматической подстройки номиналов

- возможность моделирования характеристик входов/выходов цифровых микросхем;
- симуляция ПЛИМ-матриц;
- симуляция микросхем памяти;
- микросхемы с третьим состоянием выхода;
- цифровые входные воздействия;
- логические выражения в качестве моделей цифровых каскадов;
- задержка от входа до выхода;
- правила и ограничения;
- срабатывание по фронту или по уровню;
- время предустановки и удержания;
- автоматическая вставка преобразования AtoD и DtoA между аналоговыми и цифровыми цепями.

*Утилиты для разработки моделей.* После установки PSpice пользователи получают, помимо симулятора, ещё и набор утилит для редактирования и создания моделей компонентов:

- Model Editor позволяет редактировать имеющиеся модели или создавать новые;
- Modelling Apps позволяют создавать модели различных видов компонентов на основании кривых из справочных листов или измерений параметров компонента;
- Stimulus Editor облегчает создание файлов входных воздействий;
- Magnetic Editor предоставляет функционал для создания моделей компонентов с ферромагнитными свойствами;
- библиотека моделей не только сгруппирована по категориям, но и позволяет осуществлять параметрический поиск;

- во время симуляции есть возможность создания отчётов, содержащих все параметры используемых моделей.

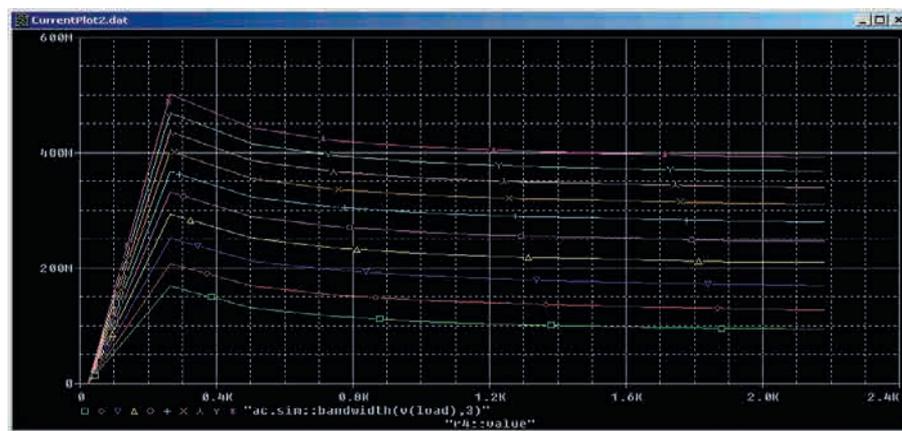
*Удобный ввод схем и интеграция с САПР печатных плат.* За счёт интеграции с популярным схемным редактором OrCAD Capture программа PSpice позволяет использовать многолистовые схемы, при этом выполнять моделирование можно селективно, выделяя требуемые участки схемы. Это предоставляет уникальную возможность проверять качество реальных схем без необходимости ручного копирования из САПР в симулятор и обратно, что может быть сопряжено с ошибками.

В PSpice встроен удобный механизм создания схемных символов прямо из SPICE-модели, что обеспечивает корректность и возможность проверки цоколёвки компонента на схеме.

Интеграция с САПР OrCAD распространяется и на инструменты редактирования топологии печатных плат, а также инструменты анализа целостности сигналов.

За счёт встроенной в схемный редактор Capture системы управления базой компонентов CIS пользователи получают универсальное решение для управления библиотекой компонентов: схемных символов, футпринтов, SPICE-моделей, 3D-моделей, справочных листов и другой информации.

*Удобство повторного использования наработок.* Пользователи могут использовать схемы повторно для создания новых устройств, копируя как отдельные листы, так и части схемы, при этом имея возможность их кор-



**Рис. 2. Пример анализа работоспособности схемы при варьировании номиналов компонентов в PSpice**

ректировки и оптимизации под новые задачи с помощью PSpice.

**Возможности системного проектирования.** Интеграция PSpice и Matlab/Simulink даёт системным разработчикам возможность полноценно верифицировать свои решения на системном уровне с учётом реально выбранных электрических схем, убедиться в пригодности схемотехники для выполнения поставленных задач, полностью промоделировать любую электромеханическую систему.

**Перенастройка старых схем под новые задачи.** В PSpice, в отличие от других симуляторов, с помощью инструментов расширенного анализа пользователи могут автоматически выполнить перенастройку схемы под новые требования, например под другие частотные диапазоны, изменённый коэффициент усиления и т.д. Таким образом, старые наработки могут использоваться более эффективно. Более того, оптимизация схемы под новые требования может выполняться на основе заданных графиков, например АЧХ устройства.

**Анализ чувствительности схемы к номиналам компонентов.** В PSpice имеется уникальный инструмент, позволяющий провести анализ того, к номиналам каких компонентов схема наиболее чувствительна, с точки зрения обеспечения заданных целей (например, заданной полосы пропускания). С помощью этого инструмента можно повысить надёжность устройства, удешевить его, понять, какие компоненты требуют особого внимания.

**Анализ наихудших ситуаций.** С помощью расширенного анализа PSpice можно получить информацию о том, как схема будет вести себя в наихудшей ситуации, при наихудшем сочетании номиналов компонентов и температуры

окружающей среды. Это даёт предприятию возможность осуществить шаги, позволяющие повысить как надёжность устройств, так и выход исправных изделий (например, за счёт ужесточения допусков у наиболее критических компонентов), не повышая при этом себестоимость электроники. Что интересно, PSpice позволяет анализировать как аналоговые проблемы, так и проблемы цифровых задержек и гонок сигналов.

**Разработка высокоуровневых SPICE-моделей.** В PSpice возможно создать модель контроллера, например, описав его поведение и реакцию на те или иные состояния входов в виде программы на языке C/C++. С помощью таких моделей можно как отлаживать алгоритм управляющего контроллера, так и имитировать входные воздействия или реакцию окружающей среды на поведение выходов схемы.

**Анализ перегруженных компонентов.** С помощью расширенного анализа PSpice можно без каких бы то ни было доработок проверить схему на предмет наличия перегруженных компонентов. Например, если у конденсаторов есть ограничение по максимальному напряжению на выводах, система PSpice поможет обнаружить те конденсаторы, на которых это напряжение превышено или близко к пределу. Таким образом, предприятие с помощью данного инструмента обеспечит долговечность прибора, отсутствие сбоев и отказов вследствие превышения допустимых режимов эксплуатации ЭРИ, что является весьма частой и труднообнаружимой причиной отказов аппаратуры.

**Моделирование теплоотвода.** PSpice позволяет моделировать тепловыделение, подбирать и проверять систему теплоотвода, требуемые радиаторы, учитывать понижающие факторы

и тем самым обеспечивать работу схемы с учётом реального тепловыделения и самых жёстких окружающих условий эксплуатации.

**Анализ влияния разброса номиналов на работоспособность схемы** (см. рис. 2). В PSpice алгоритм Монте-Карло, позволяющий проверить работу схемы при случайном разбросе параметров, имеет гораздо больше возможностей, чем в бесплатных симуляторах. Это позволяет получить достоверные и полные результаты расчётов, которые требуются для проверки надёжности схемы в заданных ценовых рамках или для замены ЭРИ.

**Дополнительные ресурсы.** После установки PSpice пользователю доступен большой интерактивный учебник, в котором подробно описаны типовые схемы включения различных компонентов, их особенности с практически примерами и схемами. Каждую схему можно открыть в редакторе, запустить её моделирование в тех или иных режимах, скорректировать для достижения требуемых целей или скопировать для использования в собственных разработках.

**Поддержка и обучение.** Обучение работе в PSpice проводят ведущие вузы РФ и Беларуси; также ежемесячно проводятся курсы повышения квалификации. Официальный дистрибьютор компании Cadence – ООО «ПСБ СОФТ» – регулярно проводит тренинги в московском учебном классе, где можно ознакомиться с базовыми и расширенными возможностями программы.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Приведённый выше перечень преимуществ PSpice является далеко не полным, тем не менее он позволяет понять, что для предприятий, стремящихся повысить эффективность разработки и надёжность выпускаемой аппаратуры, а также снизить издержки на пусконаладочные работы, доступен очень мощный инструмент – OrCAD PSpice Designer Plus. Данный пакет программ содержит в себе редактор схем, симулятор и другие полезные инструменты, такие как PSpice Advanced Analysis. Для предприятий, желающих организовать полный и цельный цикл проектирования, интересным решением будет OrCAD Professional with PSpice – профессиональная САПР печатных плат, базирующаяся на ядре Cadence Allegro PCB Editor и позволяющая эффективно выполнять разработку самых сложных устройств.



# Источники питания для монтажа на плату

- ✓ Низкая стоимость
- ✓ Высокая надёжность
- ✓ Короткое время выполнения заказа
- ✓ Стандартная площадь посадочного места
- ✓ Наивысшая удельная мощность



5 Вт  
AC/DC  
площадь  
1"×1"

## Маломощные источники питания AC/DC для установки на плату



### Серия ESE

- От 5 до 40 Вт
- Ультратонкие площадью от 1"×1"
- Герметизированное исполнение
- Одно- и двухканальные модели
- Потребляемая мощность в режиме холостого хода < 0,3 Вт



### Серия ECL

- От 5 до 30 Вт
- Ультратонкие
- Одно- и многоканальные модели
- Герметизированное исполнение и открытый корпус
- Потребляемая мощность в режиме холостого хода < 0,3 Вт



## Загрузите

интерактивное руководство по выбору преобразователей AC/DC и DC/DC

[www.xppower.com/literature\\_downloads](http://www.xppower.com/literature_downloads)



Селектор для загрузки в мобильные устройства



20 Вт  
DC/DC  
площадь  
1"×1"

## Серии DC/DC-преобразователей в стандартном исполнении

### От 1 до 3 Вт



- Корпуса SIP и DIP
- Варианты со стабилизацией выходного напряжения и с низким коэффициентом стабилизации
- Входы 2:1, 4:1 и ±10%
- Гальваническая развязка вход-выход от 500 В до 6 кВ

### От 2 до 6 Вт



- Площади оснований 1"×1", 1"×2", 2"×2" и DIP-24
- Одно-, двух- и трёхканальные модели со стабилизированными напряжениями
- Широкий диапазон входного напряжения 2:1 и 4:1
- Гальваническая развязка вход-выход до 3,5 кВ

### Соответствие требованиям медицинских стандартов



- От 3 до 10 Вт
- IEC60601-1, 3-е издание
- Усиленная изоляция 4 кВ (переменный ток)
- Ток утечки на пациента 2 мкА

### Драйверы для светодиодных систем освещения



- От 5 до 48 Вт
- Ток нагрузки до 1000 мА
- Режим генератора тока
- КПД 95%

### Модели для поверхностного монтажа



- 1 и 2 Вт
- Варианты со стабилизацией выходного напряжения и с низким коэффициентом стабилизации
- Входы 2:1, 4:1 и ±10%
- Одно- и двухканальные модели

**XP** XP Power

