

Д. т. н. В. А. ЕМЕЛЬЯНОВ, к. ф.-м. н. В. Н. ПОНОМАРЬ,
А. А. СОЛОНИНКО, к. т. н. Г. Г. ЧИГИРЬ, Б. Н. ЛИСЕНКОВ

Беларусь, г. Минск, Научно-производственное объединение "Интеграл"
E-mail: belms@belms.belpak.minsk.by

Дата поступления в редакцию
10.04 2002 г.

Оппоненты д. т. н. В. А. ПИЛИПЕНКО
(НПО "Интеграл", г. Минск),
к. т. н. А. А. МЕРЖВИНСКИЙ
(НИИ МП, г. Киев)

ПРИБОРНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ РАБОТЫ СЛОЖНЫХ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ

Показана возможность эффективного моделирования сложных устройств для различных отраслей радиоэлектронной промышленности с использованием импортного и отечественного оборудования.

Создание современных субмикронных микросхем и ряда других сложных устройств для различных отраслей радиоэлектронной промышленности требует моделирования их работы в различных условиях, включая диапазон температур, напряжение питания и входных сигналов. Модель устройства должна позволять провести ее разработку, оптимизировать конструкцию, обеспечить устойчивое функционирование в различных условиях.

Моделирование работы сложных устройств, содержащих большое количество элементов, базируется на использовании специальных редакторов типа Mentor, Cadance. Данные редакторы позволяют представить сложное устройство в виде соединения большого количества отдельных элементов (транзисторы, диоды, резисторы, конденсаторы). При этом функцию каждого элемента выполняет математическая модель его работы, которая описывает работу элемента и дает значение выходного сигнала при наличии определенного сигнала на входе. Соединение таких элементов в единую схему позволяет анализировать функционирование устройства. Ключевым моментом в решении задачи моделирования является построение модели работы отдельных элементов сложного устройства.

Процедура построения модели элемента (например, транзистора) состоит в следующем:

— измерение в цифровом формате вольт-амперных (ВАХ), вольт-фарадных (ВФХ) характеристик в широком диапазоне токов, напряжений с погрешностью не хуже 0,5%;

— расчет spice-параметров, обеспечивающих построение модели работы и расчетных характеристик элемента, отличающихся от измеренных не более чем на 5%.

Измерение характеристик в цифровом формате (результаты измерений находятся в памяти компьютера) обеспечивает широкие возможности по последующей обработке данных, включая построение графиков в различных координатах, расчет параметров, передачу информации по сетям. Специальное математическое обеспечение ICCAP (в среде UNIX)

обеспечивает возможность обработки экспериментальных данных для решения широкого круга вопросов, связанных с моделированием параметров элементной базы, статистической обработкой данных, графическим анализом, сравнением и оптимизацией. Возможность извлечения spice-параметров обеспечивает построение моделей работы отдельных элементов и устройства в целом.

В отечественном приборостроении измерение параметров в ряде случаев производится с достаточной точностью. Однако имеющиеся приборы не обладают нужной степенью автоматизации процесса измерений, оцифровки результатов, предварительной и финишной обработки данных, накопления и хранения данных, передачи их по локальной сети. В большинстве случаев автоматизация практически отсутствует. Например, одна из наиболее распространенных контрольных операций — операция контроля ВАХ — производится на приборах наблюдения характеристик транзисторов (ПНХТ) типа Л2-56 (производства г. Выборг, Россия). Эти приборы морально устарели. Они базируются на ручном процессе проведения измерений, результаты измерений записываются оператором в рабочий журнал и при оформлении отчета набираются на компьютере. После передачи отчета потребитель не видит "рисунка" ВАХ, т. к. получает таблицу значений. Это не позволяет анализировать тенденции и особенности характеристик. Нет информации о "тонкой" структуре ВАХ. Такой контроль является крайне трудоемким, непроизводительным и совершенно не отражает современных требований науки и производства, сущность которых составляют:

— автоматизированные измерения параметров (по программе);

— накопление результатов измерений в памяти компьютера;

— обработка измеренных данных и передача результатов по сети.

Выполнение этих требований обеспечивает представление данных в форме, удобной потребителю (графики, таблицы, расчет различных, в т. ч. и сложных, параметров), возможность проведения потребителем дополнительного анализа по специальным алгоритмам и программам, выявление "тонкой" структуры ВАХ, расчет spice-параметров транзисторов и др. Такой подход сокращает время и резко увеличивает эффективность анализа.

Переход к субмикронной технологии СБИС невозможен без создания отечественных автоматизированных измерителей ВАХ. Автоматизированные измерители ВАХ зарубежных фирм, в частности, анализатор HP4156В фирмы HP (США) стоит 40—60 тысяч дол. (в зависимости от комплектации), и они в настоящее время не могут быть приобретены отечественными производителями в достаточном количестве.

Аналогичная ситуация и с отечественными измерителями емкости: ручное управление процессом измерений, отсутствие возможности накопления и необходимой обработки данных. Измерители емкости зарубежных производителей полностью компьютеризированы с минимальным участием оператора в процессе измерения и обработки данных. Следует заметить, что потребность в таких автоматизированных измерителях вольт-фарадных характеристик весьма велика, и широкое их применение будет способствовать прогрессу в технологии микросхем.

Имеющийся в настоящее время на НПО «Интеграл» программно-аналитический комплекс обеспечивает возможность построения моделей элементов, описывающих их работу в широком диапазоне условий, с отличием расчетных и измеренных характеристик не более 5%. Комплекс включает измеритель вольт-амперных и вольт-фарадных характеристик HP-4061А (фирма HP, США), анализатор характеристик HP-4156В (фирма HP, США), микрондодовую систему 7000, рабочую станцию HP-715. Микрондодовая установка обеспечивает локальность контактирования к элементу с линейным размером около 1 мкм.

Комплекс обеспечивает измерение оцифрованных ВАХ, ВФХ элементов в диапазонах:

- ток — 1 фА — 1 А;
- напряжение — 2 мкВ — 200 В;
- разрешение по току — 1 фА, по напряжению — 2 мкВ;
- емкость — 10^{-17} Ф — 20 мкФ.

Режим работы комплекса со встроенным импульсным генератором для исключения нагрева транзистора во время измерения ВАХ и получения корректных характеристик: ± 40 В, 200 мА, длительность импульса от 1 мкс, длительность периода от 2 мкс.

Анализ возможностей приборостроения Республики Беларусь показывает, что, в частности, Минский научно-исследовательский приборостроительный институт (МНИПИ) обладает достаточным научно-техническим заделом для разработки и серийного производства современных автоматизированных измерителей. Ниже приведены характеристики отечественного комплекса для анализа ВАХ электронных компонентов, которые во многом близки характеристикам зарубежного комплекса и достаточны для решения широкого круга задач.

Характеристики комплекса МНИПИ

Диапазон измерения величины тока 1 пА — 200 мА.
Диапазон задания величины напряжения 2 мВ — 120 В.

Диапазон измерения величины напряжения 0,1 мВ — 120 В.

Погрешность задания и измерения параметров 0,5 %.

Напряжение, при котором задается максимальный ток, 10 В.

Мощность источников 2 Вт.

Количество программируемых источников:

- универсальных — 4;
- источников U — 2;
- измерителей U — 2.

Основные функции:

- создание измерительных программ и их сохранение; измерение параметров по программе;
- преобразование параметров по функциям пользователя;

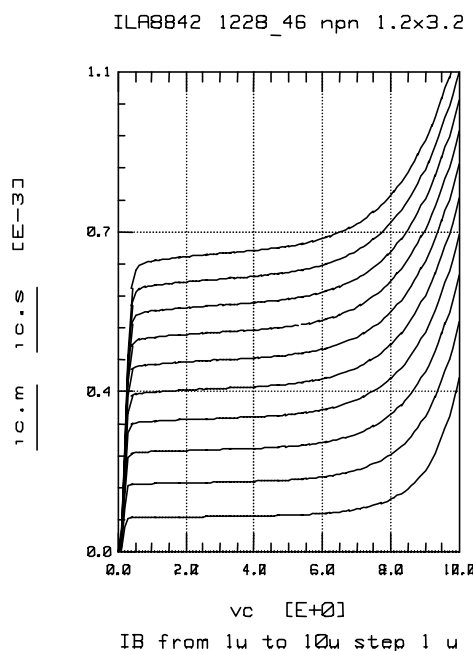
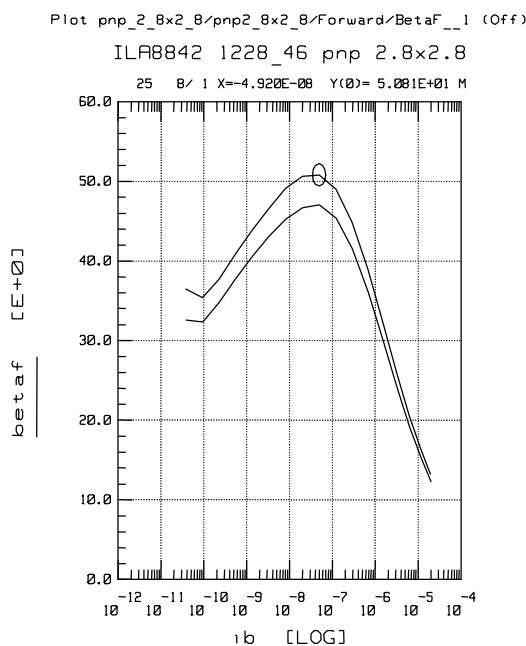


Рис. 1. Зависимость коэффициента усиления биполярного $p-n-p$ -транзистора от тока базы и выходная ВАХ $n-p-n$ -транзистора

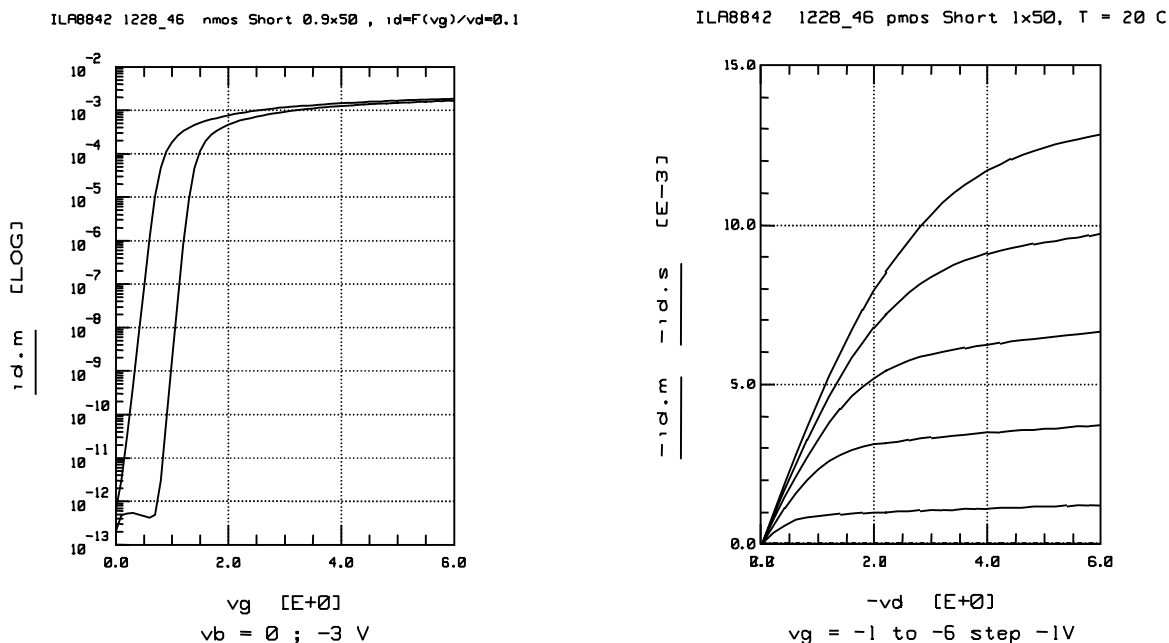


Рис. 2. Допороговая ВАХ NMOS-транзистора и выходная ВАХ PMOS-транзистора

— построение графиков и таблиц на платформе Windows;

— сохранение результатов, передача их по сети.

Стоимость — 10 тыс. дол. США.

Моделирование работы сложных устройств становится особенно актуальным в связи с тенденцией увеличения функциональной сложности устройств и количества элементов в их составе. Так, микросхема синхровидеопроцессора телевизора 7-го поколения ILA8842 изготавливается по субмикронным проектным нормам (0,8 мкм) и является сложным цифро-аналоговым устройством в интегральном исполнении, содержащим 60000 элементов, функцию которого ранее выполняли четыре интегральные схемы и 120 пассивных компонентов.

Успех разработки данной микросхемы обусловлен построением модели ее работы с использованием spice-параметров элементной базы, полученных

на имеющемся в НПО «Интеграл» комплексе, и подтверждает возможность его использования для моделирования сложных устройств для различных отраслей радиоэлектронной промышленности.

На рис. 1, 2 приведены некоторые ВАХ $p-n-p$, $n-p-n$, PMOS- и NMOS- транзисторов, использовавшиеся для экстракции spice-параметров.

Таким образом, проведенные работы позволяют ожидать, что отечественные автоматизированные измерители ВАХ (серийное производство их планируется в 2003 г.) будут иметь приемлемую стоимость и характеристики, и в ближайшее время их можно будет эффективно использовать для моделирования работы элементов. Это позволит сделать работу по моделированию доступной широкому кругу потребителей и снизить стоимость данных работ.

ВЫСТАВКИ. КОНФЕРЕНЦИИ. СИМПОЗИУМЫ

4-я Международная научно-практическая конференция
«СОВРЕМЕННЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ И ЭЛЕКТРОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ»
(«СИЭТ—2003»)

пройдет в Одессе 19–23 мая 2003 года.

Предложения по проблематике конференции принимаются по e-mail: <tkea@odessa.net>.

Текущую информацию о «СИЭТ—2003» читайте на web-сайте //www.tkea.wallst.ru/konfer.html



Секретарь Оргкомитета Тихонова Елена Анатольевна
 Тел./факс +38 (048)733-67-91,
 тел. +38 (048)733-72-83.