

SiGe-ТЕХНОЛОГИЯ ДЛЯ ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ ОСЦИЛЛОГРАФОВ LeCroy

А. Шиганов info@prist.ru

Сегодня кремний-германиевые (SiGe) компоненты широко применяются в микроэлектронике для изготовления АЦП и процессоров. Они имеют хорошие показатели надежности, энергопотребления, степени интеграции. Компания LeCroy – один из лидеров в производстве контрольно-измерительной аппаратуры – уже несколько лет использует SiGe-компоненты в своих осциллографах. Они позволили существенно улучшить характеристики этих приборов.

Работы по кремний-германиевой технологии были начаты еще в 1989 году компанией IBM. Основной задачей было создание транзисторов, способных работать на высоких частотах. В 1998 году компания IBM внедрила кремний-германиевую технологию в серийное производство. На ее основе были созданы биполярные SiGe-транзисторы на гетеропереходах. Оказалось, что помимо способности работать на высоких частотах такие транзисторы обладают и другими преимуществами: низким энергопотреблением и, как следствие, малым тепловыделением, большим коэффициентом усиления, высоким быстродействием, повышенной надежностью, относительно низкой стоимостью. Очень эффективно применение кремниевых-германиевых транзисторов в структурах BiCMOS (bipolar complementary metal oxide semiconductor – биполярная комплементарная структура металл-оксид-полупроводник). В этих структурах биполярные и КМОП-транзисторы размещаются на одном кристалле, за счет чего можно объединять в единой интегральной схеме цифровые и аналоговые части. Например, логические элементы выполняются по КМОП-технологии, а выходные каскады – на

биполярных элементах. Использование BiCMOS-технологий с SiGe-компонентами делает доступным изготовление сверхминиатюрных усилителей и других элементов тракта осциллографов, снижая занимаемый ими объем на материнской плате.

Фирма LeCroy имеет длительную историю сотрудничества в сфере разработки современной микроэлементной базы с ведущим производителем SiGe-компонентов – компанией IBM Semiconductor (подразделение IBM). Производственные возможности IBM Semiconductor позволили создать новый класс специализированных СБИС, в которых сочетаются высокая степень интеграции и производительность.

Во всех осциллографах LeCroy hi-end класса линеек WavePro, WaveMaster и LabMaster, выпускавшихся в последние годы, присутствует большое количество функционально насыщенных SiGe-компонентов. Их применение дает значительное увеличение полосы пропускания и быстродействия осциллографов.

За последние 5–7 лет SiGe-компоненты прошли несколько стадий совершенствования, и это позволяло постоянно улучшать характеристики приборов, в которых они использовались. Так,

если в 2002 году компания LeCroy применила в осциллографах WaveMaster 8000-й серии микрочипы технологического исполнения 5HP SiGe, то в 2009 году при изготовлении моделей осциллографов серий WaveMaster 8 Zi была использована улучшенная версия третьего поколения 7HP SiGe (BiCMOS с нормой 0,18 мкм). С применением этого технологического процесса были изготовлены СВЧ-компоненты входного тракта, позволившие достичь максимальной на то время ширины полосы пропускания.

Аналого-цифровой преобразователь (АЦП), разработанный компанией LeCroy на базе 7HP SiGe, являлся одним из ключевых элементов в наборе аппаратных решений, обеспечивших высокую производительность осциллографов линейки WaveMaster 8 Zi. АЦП этой серии принадлежит к числу наиболее быстродействующих интегральных схем своего типа. В системе синхронизации и сбора данных осциллографов использовались новейшие на тот момент специализированные интегральные сборки (чипсет Apollo и др.).

В совокупности эти решения позволили добиться высокой оценки и широкого признания осциллографов WaveMaster 8 Zi потребителями. Так, осциллограф WaveMaster 8 Zi-A по результатам ежегодного конкурса Best in Test, проведенного авторитетным научно-техническим журналом Test & Measurement World, был признан лучшим осциллографом 2011 года. Победитель определялся большинством голосов, отданных



Рис.1. Мультиканальная система LabMaster 9 Zi-A

при рейтинговом голосовании научно-техническими специалистами со всего мира, а также редакторами журнала Test & Measurement World.

SiGe-компоненты третьего поколения были применены и в широкополосной

Основные характеристики осциллографов LeCroy, изготовленных с использованием SiGe-компонентов

Характеристики	WaveMaster 845Zi-A	LabMaster 9 Zi-A	LabMaster 10 Zi
Полоса пропускания, ГГц	45	45	50–60
Число каналов	1 (4×20 ГГц, 2×30 ГГц)	1 (с возможностью увеличения до 5) (4–20×20 ГГц, 2–10×30 ГГц)	2 (с возможностью увеличения до 10) (4–20×36 ГГц)
Частота дискретизации (4 канала), Гвыб/с	40	40	80
Частота дискретизации (2 канала), Гвыб/с	80	80	160
Частота дискретизации (1 канал), Гвыб/с	120	120	160
Память (стандартная), Мбайт на канал	20	20	20
Максимальная память сбора данных, Мбайт	768	768	1024
Сенсорный дисплей	15,4" WXGA (1280×768)		



Рис.2. Осциллограф LabMaster 10-60Zi

осциллографической системе LabMaster 9 Zi-A (рис.1, см. таблицу). Она предназначена для многоканальных измерений в СВЧ-диапазоне и обеспечивает до пяти аналоговых каналов с полосой пропускания 45 ГГц, до 10 каналов с полосой 30 ГГц или до 20 каналов с полосой 20, 16 или 13 ГГц. Система LabMaster 9 Zi-A имеет настраиваемую конфигурацию по схеме: один ведущий модуль и несколько управляемых модулей сбора данных. Инновационная мультиканальная схема синхронизации ChannelSync, применяемая в этих осциллографах, характеризуется значением межканального джиттера 350 фс (СКЗ). Единая архитектура всего рабочего диапазона (13-45 ГГц) обеспечивает возможность модернизации полос пропускания с учетом потребностей пользователя.

Затем компания LeCroy перешла на SiGe-компоненты IBM, созданные на основе технологии четвертого поколения 8HP SiGe с нормой 0,13 мкм. Транзисторы, созданные по этой технологии, способны работать на частотах до 200 ГГц.

Биполярные кремний-германиевые КМОП-структуры, выполненные по технологии 8HP SiGe, обеспечили удвоение производительности по сравнению с устройствами

предыдущего поколения. Это позволило создать в 2010 году осциллограф WaveMaster 845Zi-A с полосой пропускания в реальном времени 45 ГГц и частотой дискретизации 120 ГГц. Осциллограф WaveMaster 845Zi-A (см. таблицу) предоставил пользователям возможность выбора режима работы: одновременно все четыре канала с полосой пропускания 20 ГГц или два канала с полосой пропускания 30 ГГц (при объединении двух каналов). При необходимости, объединив все каналы в единый тракт, можно для исследования высокоскоростных и широкополосных сигналов получить полосу пропускания до 45 ГГц (одноканальный режим).

В январе 2012 года был анонсирован выпуск новой серии LabMaster 10 Zi, в которой также используются компоненты на основе технологии 8HP SiGe. В этих приборах достигнута полоса пропускания 60 ГГц (впервые в отрасли), максимальная частота дискретизации 160 Гвыб/с и память до 1024 Мбайт/канал.

Основной управляющий модуль приборов LabMaster 10 Zi работает совместно с модулями сбора данных. При использовании одного модуля сбора данных (рис.2) доступны четыре канала с полосой пропускания 36 ГГц или два канала с полосой пропускания 60 ГГц (при объединении каналов). С помощью архитектуры ChannelSync можно идеально синхронизировать до пяти типовых модулей сбора данных. За счет этого возможно увеличение производительности прибора до уникальной осциллографической платформы: 20 каналов с полосой пропускания 36 ГГц или 10 каналов с полосой пропускания 60 ГГц (рис.3).



Рис.3. Модульная 20-канальная осциллографическая система

Осциллографы LabMaster 10 Zi выгодно отличаются от аналогов и по ряду других параметров. Так, пороговое значение уровня фазового шума 100 фс (СКЗ) является предельно малым для моделей с полосами 50/60 ГГц, а межканальный джиттер не превышает 200 фс (СКЗ).

Таким образом, применение элементной базы на основе SiGe-компонентов позволило компании LeCroy создать ряд осциллографов класса hi-end, по своим характеристикам существенно превосходящих аналогичные модели конкурентов. ■