

Повышение качества передачи высокоскоростных сигналов с использованием устройства на ПЛИС

Владимир Вычужанин (г. Одесса, Украина)

Рассмотрены особенности совместного применения методов предискажения и линейной посткоррекции сигналов для повышения помехоустойчивости в системах передачи высокоскоростной информации. Для повышения качества передачи сигналов предложено устройство на ПЛИС, использующее предискажение и линейную посткоррекцию.

Современные информационные линии всё больше используют высокоскоростные устройства передачи информации. В результате возника-

ет необходимость в оптимизации и оценке высокоскоростных сигналов и интерфейсов. Для технического персонала, инженеров, установщиков

сетей и производителей сетевого оборудования представляется удобным и выгодным полагаться на измерительное оборудование для компонентов и сетей, обладающее встроенными инструментами нормирования и компенсации сигнала. Такое оборудование позволяет применять простые и гибкие способы идентификации проблем в каналах связи и оптимизировать производительность сети.

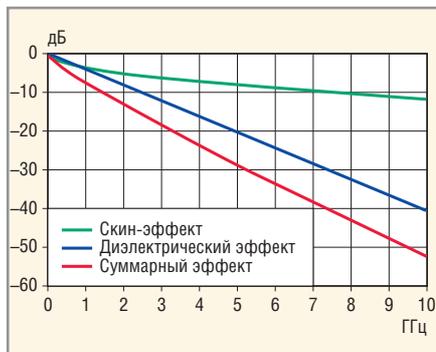


Рис. 1. Зависимость отношения сигнал/шум от частоты передаваемого сигнала

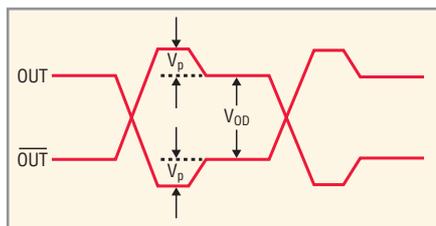


Рис. 2. Форма сигнала, определяемая предискажением

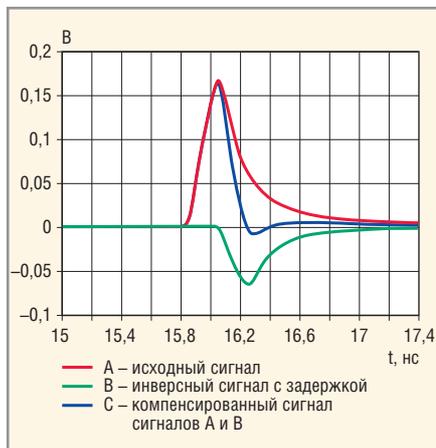


Рис. 3. Компенсация МСИ при использовании предискажения

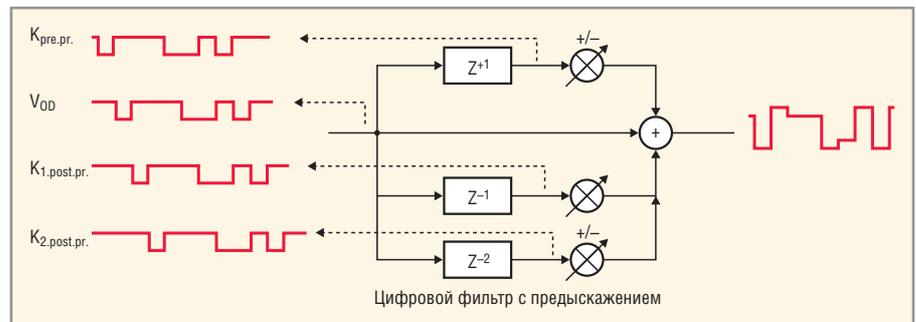


Рис. 4. Реализация устройства предискажения сигналов по схеме цифрового фильтра

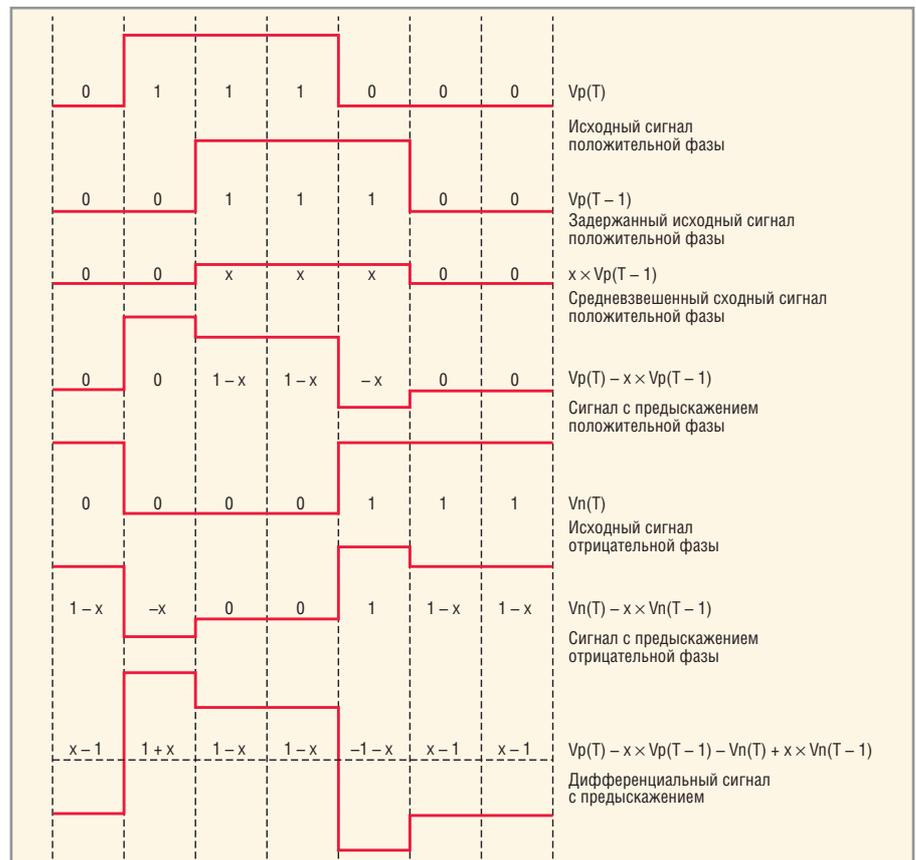


Рис. 5. Формирование сигналов с предискажением

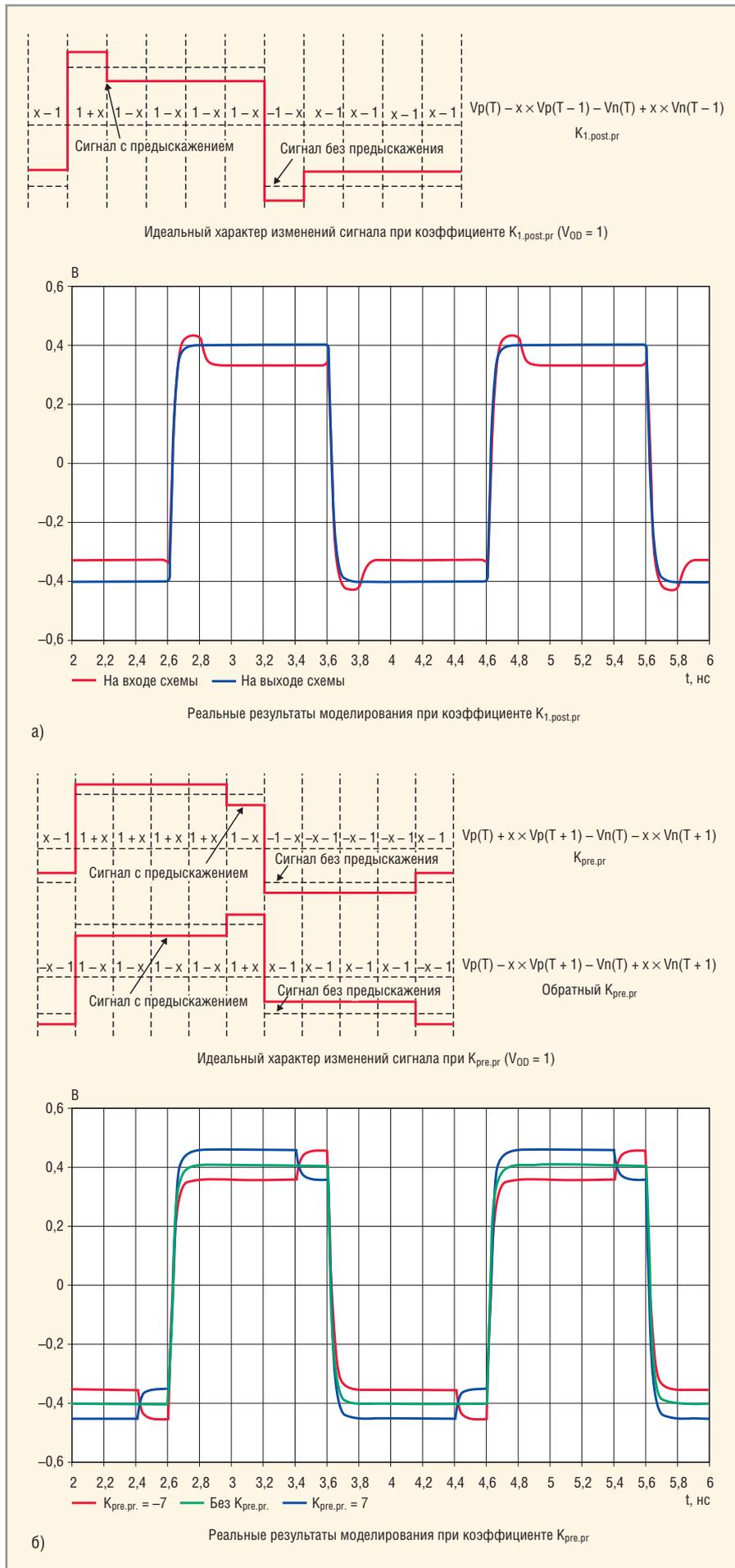


Рис. 6. Характер изменения передаваемого сигнала с предискажением при коэффициентах: а) $K_{1.post.pr}$; б) $K_{pre.pr}$

Межсимвольная интерференция (Inter Symbol Interference, МСИ) является основным фактором, ограничивающим максимальное расстояние и скорость при передаче высокоскоростных сигналов. МСИ может быть вызвана нарушениями в работе электронных элементов, расположенных на печатной плате, к которым относятся потери от скин-эффекта, диэлектрические потери, отражения, перекрёстные помехи и т.д. Такие потери существенно ухудшают и уменьшают высокочастотные составляющие передаваемых сигналов (см. рис. 1), что приводит к усложнению их восстановления в приёмных устройствах.

Как известно, скин-эффект проявляется в уменьшении амплитуды электромагнитных волн по мере их проникновения вглубь проводящей среды. В результате переменный ток высокой частоты при протекании по проводнику распределяется преимущественно в поверхностном слое. Применение такого материала, как FR-4 (эпоксидный, усиленный стекловолокном ламинат), способно в определённой степени повысить качество передаваемых высокоскоростных сигналов. Обычно материал FR-4 выбирается из-за низкой стоимости, доступности и хороших эксплуатационных свойств. Однако при скоростях передачи данных 10 Гбит/с и выше диэлектрическая проницаемость, коэффициент потерь и другие свойства данного материала ухудшают качество сигнала, увеличивая его затухание и искажение, что негативно влияет на целостность интерфейса.

Экспериментально установлено, что передача сигналов с высокой скоростью при использовании ламината FR-4 приводит к искажению глазковой диаграммы, которая широко используется для эмпирической оценки качества сигнала передатчика и содержит информацию об амплитуде сигнала, его нарастании и спаде. Чем шире открытие «глаза», тем лучше качество сигнала.

Для уменьшения деградации передаваемых сигналов могут быть использованы материалы, имеющие лучшие параметры, чем параметры FR-4. Однако они значительно дороже и применяются только в тех случаях, когда это абсолютно необходимо.

Для повышения качества передаваемых высокоскоростных сигналов и

компенсации частотно-зависимых потерь в передающем и приёмном трактах (без увеличения потребляемой мощности) можно использовать электронную компенсацию потерь на основе методов предварительного искажения (предыскажения) и последующей коррекции (посткоррекции) сигналов соответственно на стороне передачи и приёма.

Однако, наряду с достоинствами, многие известные системы с предыскажением и посткоррекцией обладают одним существенным недостатком: повышение помехоустойчивости обеспечивается только для сигналов, на спектральную плотность мощности которых рассчитаны предыскажающее и посткорректирующее устройства. Эффективность устройств, имеющих другие спектральные плотности, не может быть максимальной. Поэтому перенастройка или изменение структуры подобных устройств должны быть программируемыми, т.е. обладать свойствами адаптивного предыскажения передаваемых сигналов в условиях быстрой смены передаваемых сигналов с отличающимися спектральными плотностями. Реализовать подобную систему возможно в устройстве на базе ПЛИС.

Предыскажение сигналов в канале осуществляется на передающей стороне устройства. Если передавать высокоскоростной сигнал без предыскажения, то выходной ток ограничивается только уровнем V_{OD} (см. рис. 2) и выходным импедансом передатчика. В результате на высокой частоте скорость нарастания выходного напряжения может быть недостаточной, чтобы достичь V_{OD} до прихода следующего фронта сигнала. Это приводит к возникновению случайных фазовых и/или частотных отклонений передаваемого сигнала.

Для предыскажения применяется задержка сигнала с изменением формы и добавлением к нему инверсной части сигнала (V_p на рис. 2). Тем самым компенсируется «расширение» сигнала, как показано на рисунке 3. Это уменьшает отражения и перекрёстные помехи в канале связи, а значит, улучшает детектирование передаваемых сигналов в приёмнике.

В зависимости от используемых характеристик канала, фиксированных задержек и инверсий при передаче сигналов может быть недостаточно

для компенсации потерь. Поэтому для достижения оптимальных параметров сигналов в системе с предыскажением необходимо комбинировать различные задержки, их величины и полярность. Следовательно, устройство предыскажения должно функционировать как фильтр с конечной импульсной характеристикой, но с переменными коэффициентами, определяемыми сигналами с выходов блоков переменных задержек. Для определения величины добавляемой амплитуды передаваемого сигнала к его корректируемому биту может быть использовано от одного до трёх переменных коэффициентов.

Успешная реализация функции предыскажения обеспечивается в передатчике, выполненном на ПЛИС Stratix IV GX фирмы Altera (altera.com). Передатчик сигналов такого устройства реализуется на четырёх программируемых формирователях. Один из них является ведущим, управляющим основной амплитудой сигнала (V_{OD}) без предыскажения. Остальные три формирователя обеспечивают различные временные задержки сигналов с коэффициентами: предкоэффициентом ($K_{pre,pr}$); первым и вторым посткоэффициентами ($K_{1,post,pr}$, $K_{2,post,pr}$). Несколько таких программируемых коэффициентов могут быть использованы при реализации предыскажения в устройствах, обладающих различными

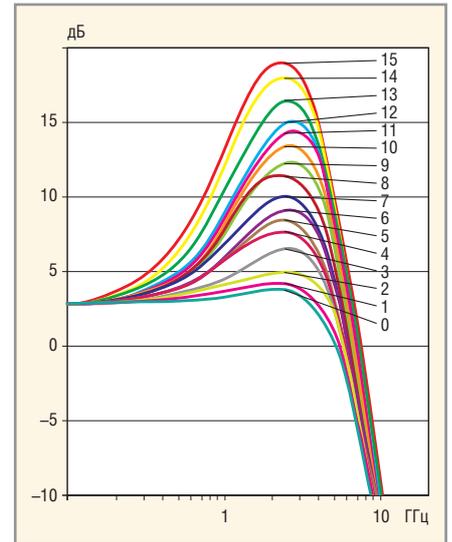


Рис. 7. Графики АЧХ при линейной посткоррекции в приёмнике

ми канальными характеристиками. На рисунке 4 показана блок-схема цифрового фильтра с конечной импульсной характеристикой и переменными коэффициентами, реализованного на ПЛИС Stratix IV GX.

Рисунок 5 иллюстрирует принцип формирования сигнала в устройстве с предыскажением, имеющим первый посткоэффициент ($K_{1,post,pr}$). Исходный сигнал положительной фазы $V_p(T)$ сравнивается с элементарным задержанным положительным сигналом $V_p(T - 1)$. При значениях $0 < x < 1$ находится разность между сигналом $V_p(T)$ и средневзвешенным выделенным сигналом (положительной фазы) $xV_p(T -$

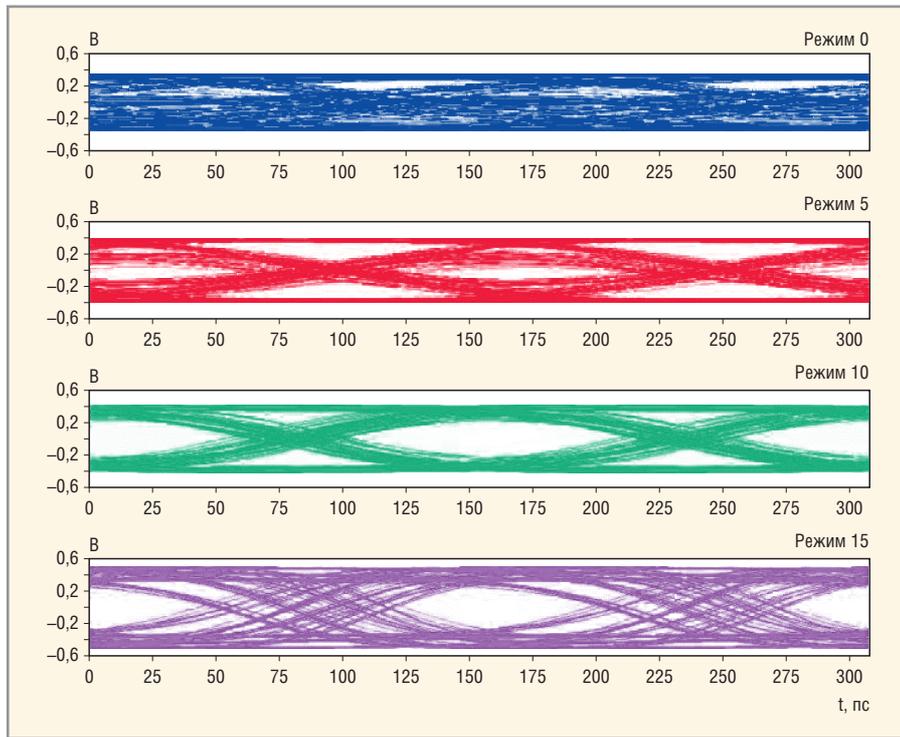


Рис. 8. Глазковые диаграммы сигналов на выходе посткорректора

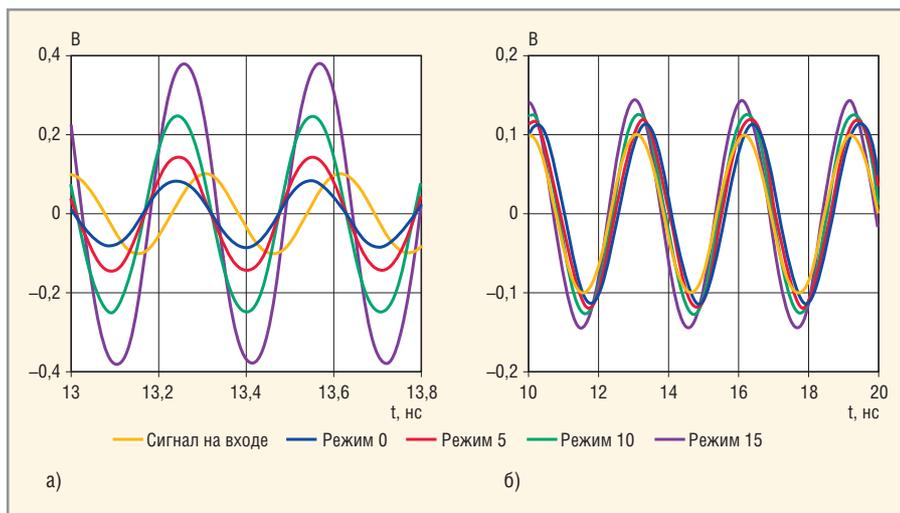


Рис. 9. Отклик посткорректора при синусоидальном сигнале на его входе: а) скорость 6,5 Гбит/с; б) скорость 650 Мбит/с

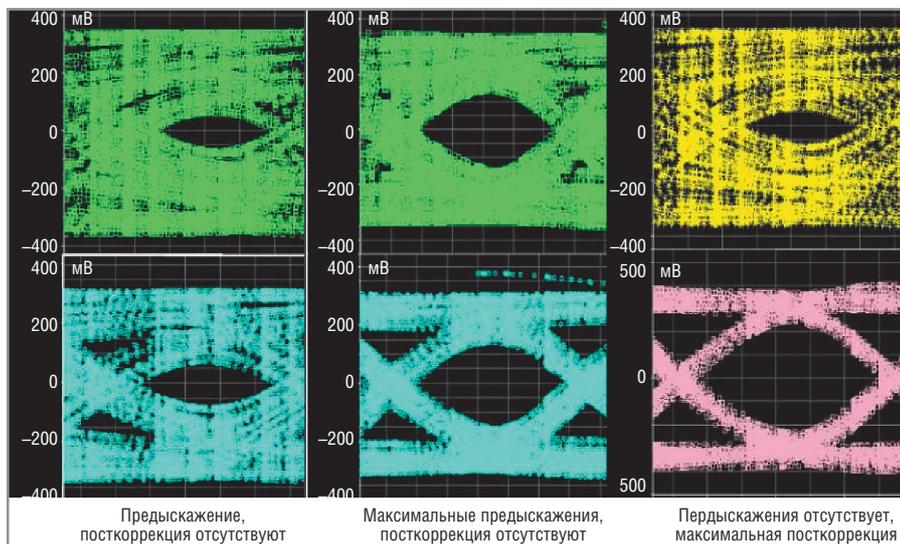


Рис. 10. Глазковые диаграммы при предыскажении и линейной посткоррекции сигналов

– 1). Исходный сигнал отрицательной фазы $V_p(T)$ сравнивается с элементарным задержанным отрицательным сигналом $V_p(T - 1)$.

На рисунке 6 в качестве примера приведены результаты исследований устройства предвысказания, полученные моделированием сигнала, передаваемого со скоростью 5 Гбит/с. При коэффициенте $K_{1,post,pr}$ происходит добавление амплитуды к V_{OD} только во время передачи первого бита сигнала, остальные биты в полупериоде сигнала передаются с меньшей, чем V_{OD} , амплитудой сигнала. Из-за нелинейного эффекта насыщения при $K_{1,post,pr}$ превышение амплитуды сигнала значения V_{OD} не столь существенно (см. рис. 6а). При коэффициенте $K_{pre,pr}$ происходит добавление амплитуды к V_{OD} во время передачи всех битов сигнала, кроме последнего, передаваемого с амплитудой, меньшей чем V_{OD} (см. рис. 6б).

Следует отметить, что в устройствах передачи сигналов только с предвысказанием возникают перекрёстные помехи в соседних линиях связи. Кроме того, использование чрезмерного искажения сигналов приводит к их деградации и не позволяет в дальнейшем улучшить качество сигналов в приёмнике.

Помимо предвысказания в передатчике, добиться дальнейшего увеличения высокочастотных и уменьшения низкочастотных составляющих передаваемых сигналов при меньшей величине рассеиваемой энергии возможно при помощи элементов линейной посткоррекции сигналов в приёмнике. Обе функции являются взаимодополняющими и могут помочь в преодолении негативных явлений при передаче высокоскоростных сигналов.

Линейная посткоррекция сигналов реализуется в приёмнике, выполненном на ПЛИС Stratix IV GX и функционирующем как полосовой фильтр. Для программируемой линейной посткоррекции принимаемых сигналов 6,5 Гбит/с можно использовать шестнадцать корректирующих режимов, в которых высокочастотная составляющая сигнала усиливается от 2,6 дБ (режим 0) до 17,8 дБ (режим 15). На рисунке 7 показаны графики, иллюстрирующие применение различных режимов линейной посткоррекции в приёмнике на ПЛИС Stratix IV.

Новости мира News of the World

Качество сигнала с линейной посткоррекцией в приёмнике оценивается по глазковым диаграммам (см. рис. 8) для четырёх режимов коррекции сигналов (режимы 0, 5, 10 и 15):

- режим 0 обеспечивает слабую коррекцию высокочастотных сигналов (из-за потерь в канале «глаз» полностью закрыт);
- режим 5 обеспечивает ограниченное открытие «глаза»;
- режим 10 обеспечивает сильную коррекцию ВЧ («глаза» широко открыты);
- режим 15 обеспечивает максимальное усиление ВЧ, но «глаз» не настолько чист, как в предыдущем режиме. Такая коррекция избыточна.

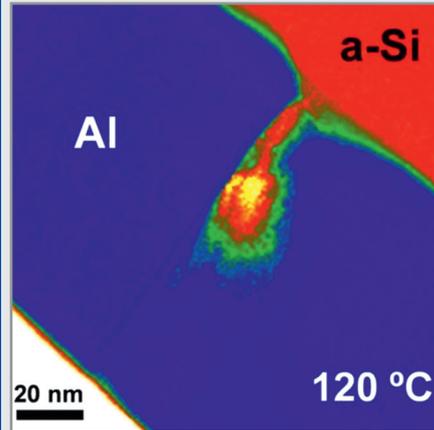
Качество работы устройств с линейной посткоррекцией зависит от частоты принимаемых сигналов. На рисунке 9а показан подаваемый на вход посткорректора синусоидальный сигнал при скорости передачи данных 6,5 Гбит/с, а также усиленные сигналы на выходе посткорректора для четырёх режимов коррекции, достигающие максимального уровня 380 мВ в режиме 15. При подаче на вход посткорректора синусоидального сигнала, эквивалентного скорости 650 Мбит/с (рис. 9б), сигналы усиливаются только до 87 мВ (в режиме коррекции 15). Следует также отметить, что линейная посткоррекция усиливает ВЧ-составляющие входных сигналов независимо от уровня сигнала или шума. Однако, аналогично предсказанию, избыточная посткоррекция ухудшает качество сигнала.

Результаты исследований влияния предсказания и линейной посткоррекции на передаваемые и принимаемые сигналы подтверждают положительный эффект от их использования, что отражено на представленных глазковых диаграммах (см. рис. 10).

Таким образом, использование методов предсказания и линейной посткоррекции передаваемых высокоскоростных сигналов в программируемых устройствах, выполненных на базе одной ПЛИС (Stratix IV GX), позволяет компенсировать высокочастотные потери сигналов и ослабить влияния скин-эффекта и диэлектрических потерь на степень затухания высокочастотных сигналов в линиях связи.

Германские учёные разработали дешёвую технологию производства нанопроводов

Германские учёные из Института сложных систем Макса Планка разработали технологию, позволяющую производить нанопровода в промышленных масштабах. Главным достоинством разработки является стоимость конечного продукта, которая оказывается значительно ниже, чем при любых современных методах.



Столь впечатляющих успехов учёным удалось достичь благодаря снижению температур, при которых происходят производственные процессы. Если до этого полупроводниковые нанопровода производились при температуре от 600 до 900°, то исследователям удалось снизить этот показатель до 150°. Кроме того, вместо дорогого золотого катализатора учёные применяли значительно менее ценные металлы, в частности алюминий.

Разработанный метод позволяет помещать наноструктурированные полупроводники прямо в теплочувствительный пластик. Полученные подобным образом нанопровода могут применяться в производстве солнечных элементов питания и батарей со значительно более высокой ёмкостью.

Кроме того, учёные могут варьировать размер алюминиевых гранул для получения нанопроводов различных размеров и характеристик. После производства катализатор может быть легко удалён травлением.

<http://www.electronista.com/>

Светодиодная матрица на 4000 лм

Светодиодная матрица XLamp CXA2011 компании Cree даёт мягкий свет и отличается консистентной цветопередачей. Типичными областями применения являются потолочные светильники с небольшим углом излучения, а также светодиодные всенаправленные светильники. Светоди-

одная матрица комплектуется крепёжными винтами, что упрощает процесс монтажа. Так, например, отпадает необходимость в пайке, обычно используемой для соединения светодиодных компонентов. Матрица выдаёт яркость до 4000 лм при рабочей температуре до 85 С (ток 1 А, цветовая температура 5000 К).

www.cree.com

Портативный инструмент для Wi-Fi-теста

Фирма Fluke Networks представила новейшую версию своего Wi-Fi-тестера AirCheck. Портативный инструмент обеспечивает решение проблем в комплексных беспроводных локальных сетях (WLAN). Благодаря улучшениям в версии 1.2 Wi-Fi тестера AirCheck специалисты-сетевики могут сразу же распознавать на месте в сети WLAN всех клиентов, устройства и точки доступа.

С использованием тестера могут как проводиться тесты производительности WLAN, так и реализовываться функции распознавания ошибок WLAN. Новая версия в состоянии определять расположение всех WLAN и запрашивать соответствующую информацию. Пользователь может распознавать всех работающих с нарушениями или неавторизованных клиентов и заново их конфигурировать или удалять из сети.



Благодаря интуитивному интерфейсу пользователь может на месте проверять наличие, соединение, использование канала и установки безопасности сетей типов 802.11a/b/g/n и устранять дефекты. С помощью тестера AirCheck пользователи могут идентифицировать проблемы покрытия и связи, локализовать неавторизованные точки доступа и неавторизованных клиентов, распознавать перегруженные сети и каналы, отыскивать нарушения в работе и проверять установки безопасности.

www.flukenetworks.com