

# ARB RIDER

## 4000 Series

### Статья

#### ARB Rider AWG-4000 Series

Генераторы произвольного сигнала (AWG) и функций (AFG) для беспроводных и ВЧ устройств

#### Введение



В мире радиосвязи сигналы быстро становятся цифровыми. Эта тенденция, в основном, обусловлена лучшей спектральной эффективностью, которую они имеют, по сравнению с аналоговыми. Центральные частоты сигналов, спектральная плотность и полосы увеличиваются, чтобы удовлетворить растущий спрос пользователей; таким образом, устройства становятся все более сложными и критичными в каждой операции, с которой им необходимо справиться.

Тем не менее, существуют точные стандарты, которые должны быть соблюдены для вывода на рынок разрабатываемого нами продукта. Для этого требуется полная характеристика компонентов, которые в большинстве случаев сильно отличаются друг от друга и производство специального испытательного оборудования для одного испытуемого устройства становится слишком дорогостоящим и неосуществимым.

Здесь современные генераторы сигналов произвольной формы и функций могут преодолеть эту проблему, обеспечивая гибкость, которую никогда не видели ранее, предоставляя инженерам мощный инструмент для тестирования большого разнообразия устройств и приборов, ускоряя фазы тестирования и сокращая время выхода на рынок.

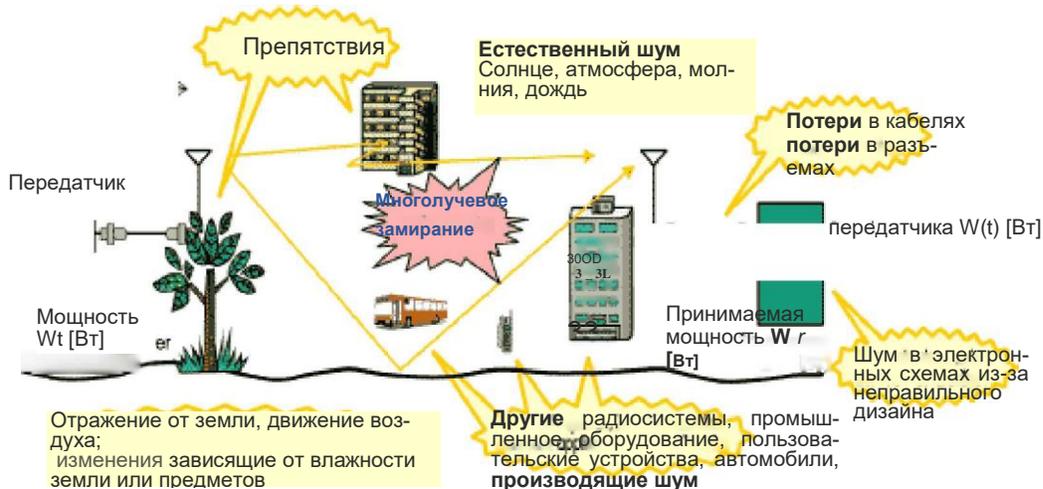
В этой статье мы рассмотрим новейшие улучшенные генераторы AWG/AFG Active Technologies и их способность производить большое разнообразие сигналов, необходимых в настоящее время для стимулирования практически любого вида электронных устройств, с целью увидеть их реакцию и проверить их поведение или найти ограничения и ошибочные ситуации.

Особое внимание будет уделено современным методам обработки и передачи сигналов, таким как базовые, промежуточные и радио частотные или ультра широкополосные форматы, такие как Spread Spectrum (расширенный спектр), который является основной особенностью трансивера WiFi и WiMAX, а также тому, как наши новые генераторы сигналов могут выполнить задачу производить такое большое разнообразие сложных, быстрых сигналов и быть ядром каждого набора инструментов тестирования.

## Беспроводная передача данных

Для передачи и получения информации без использования кабеля, электромагнитное поле может распространяться от одной антенны к другой и переносить информацию. Однако среда, в которой оно распространяется, может быть очень шумной и существенно изменять форму передаваемого сигнала и данные.

### Шум и потери, которые могут вызывать ошибки



Многие проблемы влияют на беспроводную связь, такие как ослабление сигнала, искажения, межканальные помехи и, особенно в помещениях или городах с высокой плотностью застройки, многолучевое замирание по всей передаваемой полосе пропускания.

Чтобы справиться с этими проблемами, было предложено много решений в методах модуляции, таких как расширение спектра по большей полосе пропускания и цифровая модуляция с высокой скоростью передачи символов.

Эти формы сигналов действительно сложны и воспроизвести их с помощью прибора может быть непросто, в результате чего в большинстве случаев требуется специальное испытательное оборудование, повышающее затраты и время выхода на рынок.

В последнее время новая категория приборов занимает свое место в этой области. Они называются **генераторами произвольных функций (AFG)** и **генераторами сигналов произвольной формы (AWG)**.

Их основная способность заключается в том, чтобы иметь возможность создавать большое количество сигналов, напрямую синтезируя их (AFG) или используя память для хранения каждого значения выборки, затем воспроизводить его на выбранной частоте выходного тактового сигнала, даже путем циклического воспроизведения, прыжка по частоте и секвенируя часть из них, используя инструмент сбора данных для создания этих выборок или непосредственно создавая его с помощью специального приложения прибора.

### ***Почему цифра над аналогом?***

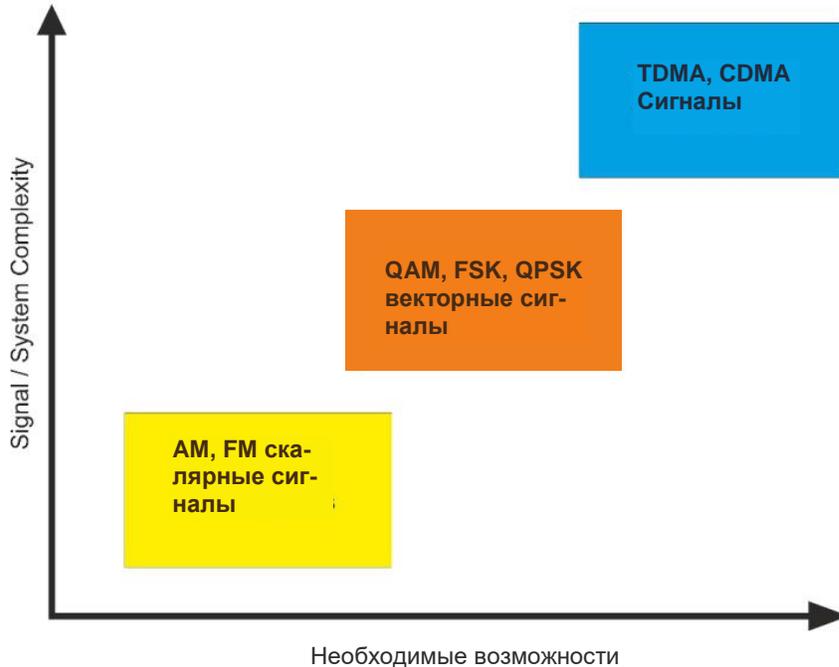
Аналоговые модуляции, такие как амплитудная, частотная или фазовая модуляция (AM, FM, PM) широко использовались в прошлом, так как операции модуляции и демодуляции этих методов довольно просты и дешевы (просто подумайте об AM, которая может быть демодулирована просто с помощью диода, конденсатора и резистора).

Все они производятся простым модулированием несущего сигнала аналоговым, содержащим информацию для передачи и изменяющим соответственно амплитуду, частоту или фазу несущей (обычно эта последняя имеет более высокую частоту, чем модулирующая).

Однако, поскольку кодирование передаваемого сигнала отсутствует, единственным способом достижения более высокого отношения сигнал/шум (SNR) является увеличение излучаемой мощности передатчика, модуляция в большей полосе пропускания и использование более высоконаправленных и больших по размеру антенн. Каждый из них имеет некоторые проблемы: увеличение передаваемой мощности не всегда возможно, потому что электронные схемы имеют возрастающую сложность по сравнению с мощностью, которой они должны управлять, они становятся больше и нуждаются в охлаждении.

Поскольку потребность в количестве каналов растет, чтобы вместить каждого абонента, который нуждается в радиочастотной связи, строгое законодательство назначает максимальную полосу пропускания, которая может быть использована.

В последнем пункте более крупные антенны требуют массивных конструкций, чтобы удерживать их в своем положении (они обычно также расположены на большой высоте от земли), а директивы регуляторов не позволяют передавать сигнал с одинаковой мощностью во всех направлениях.



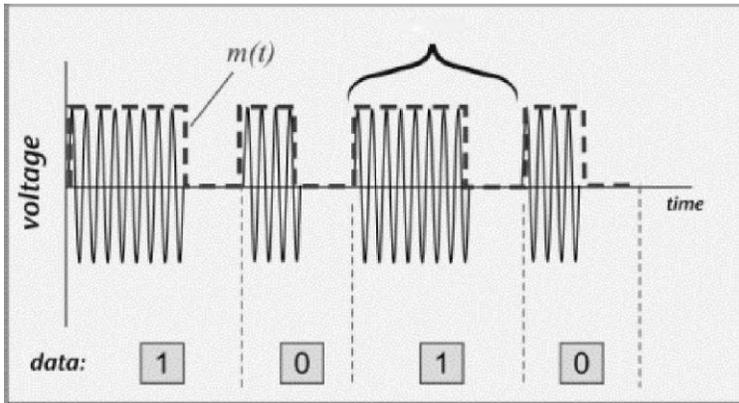
Эти причины и растущее распространение цифровых устройств, привели к тому, что в настоящее время затраты на схемы цифровой обработки уменьшились, что в свою очередь привело к использованию методов цифровой модуляции. Это позволяет приложениям получать лучшее SNR, большую спектральную эффективность, а также некоторые режимы мультиплексирования, невозможные при использовании аналоговой модуляции (например, многопользовательский доступ с кодовым разделением каналов или CDMA).

Теперь ясно, что наличие прибора, способного генерировать такое большое семейство сигналов с одним (или несколькими) модулирующим сигналом, а также часто с одной или несколькими несущими, добавляя к ним некоторый шум, который может быть вызван шумом окружающей среды, помехами распространения, демодуляцией и временными рассогласованиями, позволяет сэкономить большое количество средств для разработки и времени.

### **Экспедиция в цифровую модуляцию**

Для того чтобы передавать информацию "по воздуху", разделяя общую среду связи для обеспечения различных неинтерферирующих потоков данных, нам необходимо модулировать несущую (обычно в радио-или микроволновом диапазоне) другим сигналом (характеризующимся более низкой частотой по отношению к несущей), который содержит реальное информационное содержание (контент), которое мы посылаем.

И несущая, и сигнал передачи данных могут быть как аналоговыми, так и цифровыми, и выбор зависит от многих факторов. В большинстве случаев использовали аналоговую несущую, тогда как, по вышеуказанным причинам, в настоящее время распространена цифровая модуляция. Это заключается в изменении одного параметра несущей (который может быть амплитудой, фазой или частотой) с помощью одного или нескольких символов, представленных битами.



ия)

Чтобы понять, что это означает, давайте рассмотрим простейшую цифровую модуляцию: включение-выключение (OOK), простую форму амплитудного сдвига с двумя уровнями (2-ASK); она состоит из двух символов (то есть 0 или 1) цифровой амплитудной модуляции, поэтому это похоже на включение и выключение несущей. Таким образом, присутствие носителя кодируется в "1", а его отсутствие - в "0". Эти два бита в любом случае могут варьировать даже один из двух других параметров несущей: изменяя частоту, мы получим двухуровневый частотный сдвиг (2-FSK) или 2-PSK (также называемый BPSK), если мы меняем фазу несущей на двух уровнях.



Рисунок 2: Полярная диаграмма

Однако, это еще не все: количество символов, которые мы используем для кодирования передачи, влияет как на *энергоэффективность* (какой мощности должен быть сигнал, чтобы быть правильно декодированным в приемнике)

и *спектральную эффективность* (насколько широкой необходима полоса сигнала для достижения определенной скорости передачи данных) связи.

Это представляет собой компромисс, потому что чем больше растет первое, тем больше уменьшается второе. Поскольку способность захвата и правильного считывания сигнала с низким отношением сигнал/шум увеличивается, можно уменьшить отношение  $E_b/N_0$  в пользу спектральной эффективности.

Из-за этого сложность передаваемой формы сигнала становится действительно выше, и большее соотношение бит/с/Гц может быть воспроизведено только быстрым и гибким прибором.

Еще одним методом модуляции, завоевавшим свое место в современных системах связи, является особый вид амплитудной модуляции, также называемый квадратурной АМ (QAM).

Этот вид работает путем модуляции той же самой информацией, двух внефазовых носителей вместо одного и смешивания этих двух каналов. Они называются каналами I/Q, потому что один синфазный, а другой находится в квадратуре с первым (т.е. задержан на 90 градусов), поэтому несущая канала «I» является косинусом, а несущая «Q» это синус.

Суммируя их вместе, относительная амплитуда I/Q может поместить вектор несущей на дискретное число точек на диаграмме созвездия, в которой любая точка представляет собой передаваемый символ.

Используя число символов в степени два, мы получаем, что число битов для представления каждого символа, следовательно, количество битов, передаваемых каждым символом, является логарифмом по основанию два от общего числа символов. Не только амплитуда, но также частота и фаза могут быть наложены на квадратурную модуляцию, чтобы использовать когерентную демодуляцию для лучшего восстановления символов и синхронизации TX/RX (приема/передачи).

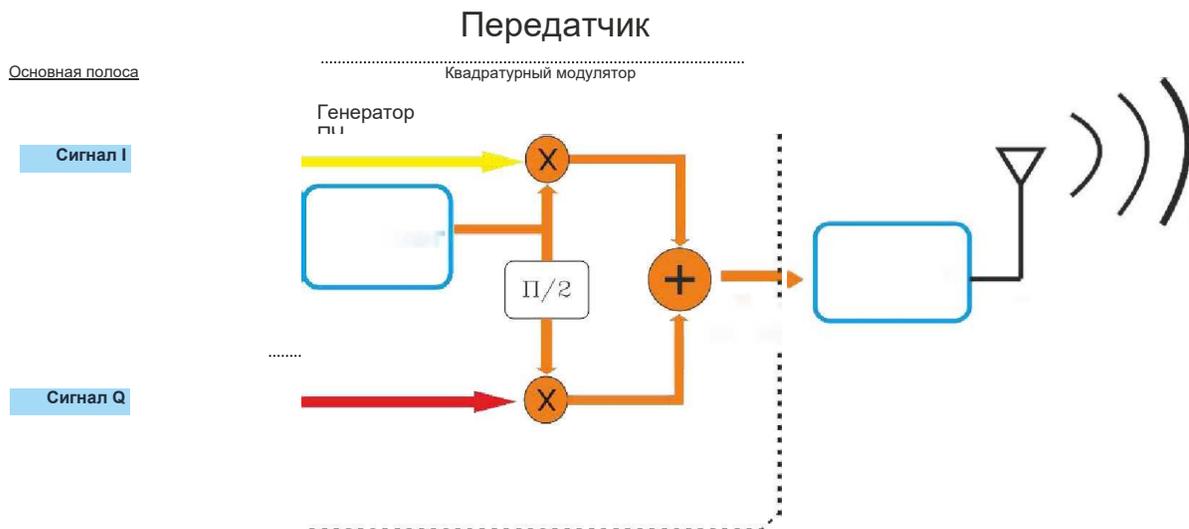


Рисунок 3: I/Q передатчик

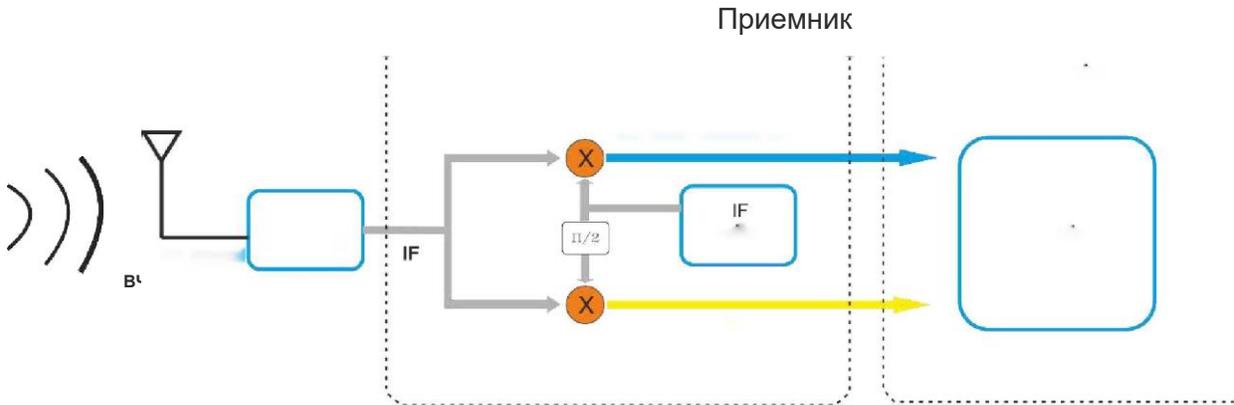


Рисунок 4: IQ приемник

Широко используемый метод QPSK имеет хорошую спектральную эффективность и энергоэффективность. В современных системах легко увидеть использование сигналов высокой сложности, которые также могут быть временной комбинацией сигналов предыдущего типа, как это происходит в беспроводной локальной сети связи, в которой модуляция изменяется для лучшего использования спектра, если отношение сигнал/шум достаточно для получения большой скорости передачи данных, не занимая всю доступную полосу пропускания, или с использованием более энергоэффективной техники, снижающей скорость передачи битов, если используемый канал зашумлен.

Другие системы, как в технологии Bluetooth или в уже упомянутой WLAN, могут прыгать с одной несущей частоты на другую, чтобы распространить спектр и получить меньшую мощность излучения в одной полосе (закон ограничивает эффективную излучаемую мощность беспроводных устройств, поэтому распространение той же мощности в более широкой полосе пропускания уменьшит среднюю излучаемую мощность без снижения отношения S/N).

Чтобы лучше удовлетворить растущие запросы в трафике, некоторые из них также используют многопользовательский доступ с кодовым разделением (CDMA) в дополнение к частотному и временному мультиплексированию (соответственно, FDMA и TDMA), который представляет собой метод, который кодирует каждый символ более длинной последовательностью символов, которые затем могут быть отделены от других в приемнике, даже если они передаются на одной и той же несущей и то же время требует более высокой пропускной способности и более быстрых модуляторов и демодуляторов (на самом деле, CDMA, который использует коды, сделанные из 16 символов, нуждается в полосе пропускания в 16 раз шире, чем без CDMA, чтобы сохранить ту же эффективную скорость передачи битов).

Еще одна вещь, которую следует учитывать, заключается в том, что мы все еще говорим о цифровых сигналах: форма бита также имеет важные последствия для конечной глобальной производительности систем связи.

Поскольку спектр конечного сигнала представляет собой преобразование Фурье формы битов, если мы используем что-то близкое к прямоугольнику (как обычно представляется бит, невозможно сделать идеальный прямоугольник, потому что он

требует бесконечной полосы пропускания), спектр будет выглядеть как спектр импульса, который распространяет мощность на слишком широкую полосу пропускания и приводит к интерференции с близкими частотными каналами.

Широко используемый фильтр называется приподнятым косинусом, форма которого выглядит как сглаженный прямоугольник. Коэффициент сглаживания представлен параметром, называемым альфа, который прямо пропорционален ширине полосы конечного сигнала, но также приводит к выбросам и изменению созвездия исходных символов.

При рассмотрении того, сколько сложных операций сделано для создания сигнала с более высокой возможной эффективностью с точки зрения использования спектра и мощности, теперь должно быть ясно, что для тестирования всех этих устройств требуется также создать полный набор пользовательской аппаратуры.

Используя наш AWG, можно протестировать любой сигнал со спектральной составляющей более 1 ГГц, сохраняя разрешение по напряжению 14 бит, что означает, что вертикальная точность выше, чем 1 на 16000 от полного размаха по напряжению.

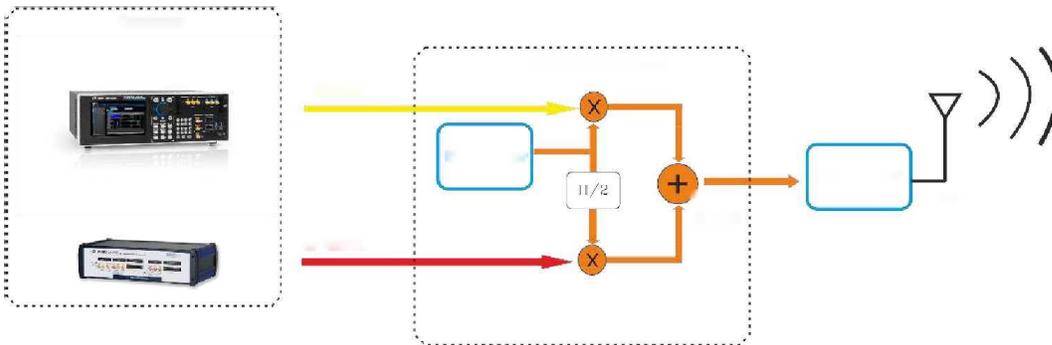


Рисунок 5: AWG для сигналов основной полосы частот (TX): Arb Rider AWG-4022 и AT-AWG-GS

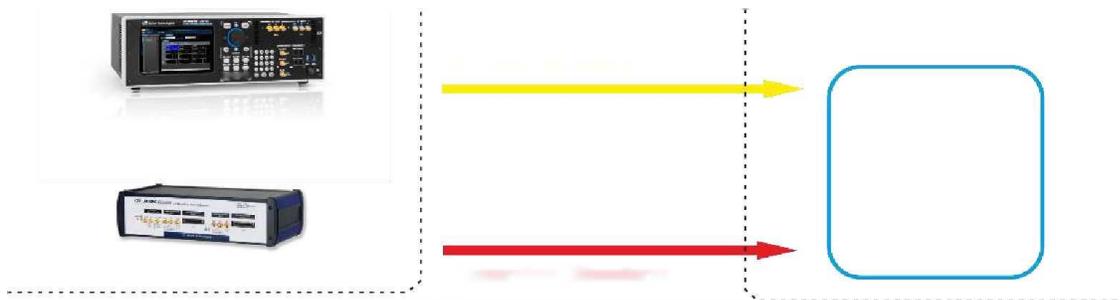


Рисунок 6: AWG для сигналов основной полосы частот (RX): Arb Rider AWG-4022 и AT-AWG-GS

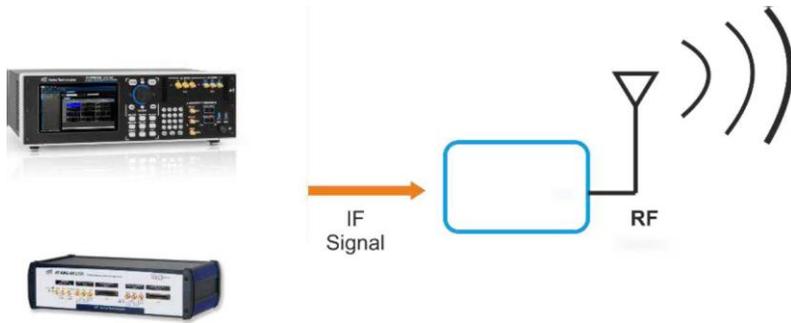


Рисунок 7: AWG для сигналов ПЧ (TX): Arb Rider AWG-4022 и AT-AWG-GS

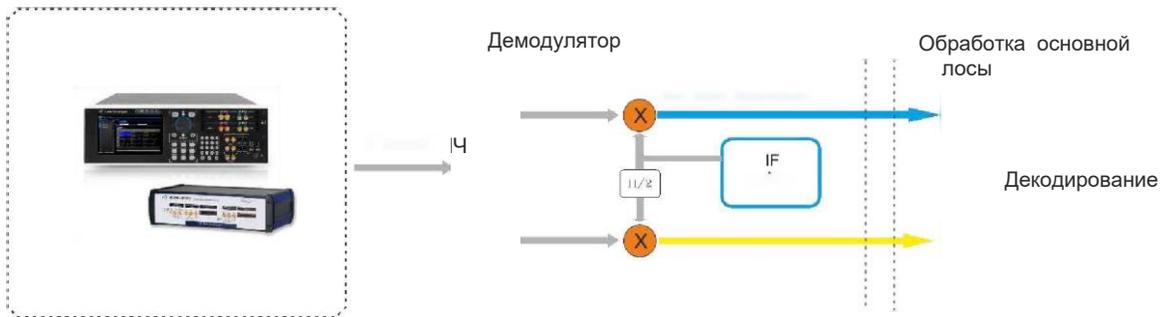


Рисунок 8: AWG для сигналов ПЧ (RX)

Следующие семейства, которые уже находятся в разработке, будут выходить за этот предел и даже за пределы, оснащенные часами с тактовой частотой до 10, 20 и 50 ГГц, которые позволят пользователю работать также с последними технологиями сверхширокополосной передачи, которые становятся популярными за то, что они действительно надежны в отношении проблем с многолучевым распространением и поэтому могут эффективно работать в помещениях, сохраняя высокое разрешение ЦАП и возможность передискретизации сигнала, чтобы воспроизводить его также с высокой точностью по времени, благодаря высокой тактовой частоте и объему памяти (фактически до 64М выборок на канал и больше для следующего поколения продуктов).

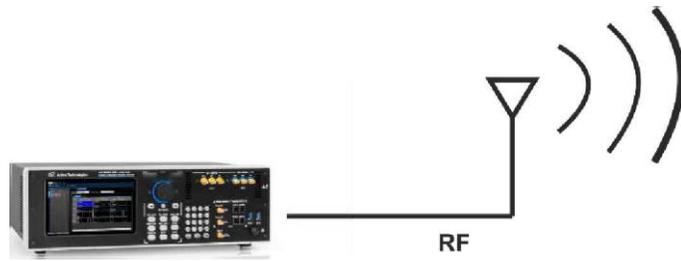


Рисунок 9: AWG для радиочастотных сигналов (TX): Arb Rider AWG-4022

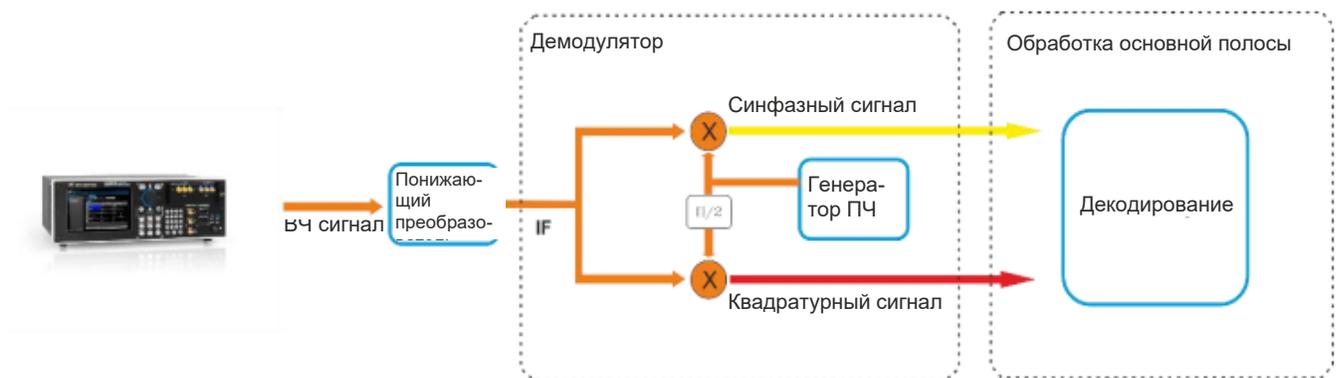


Рисунок 10. AWG для радиочастотных сигналов (RX): Arb Rider AWG-4022

### Общие реализации цифровой модуляции

Под влиянием цифровой революции, произошедшей в последние годы и благодаря снижению стоимости аппаратных средств цифровой обработки сигналов (DSP) и ПЛИС инженеры начали разрабатывать программно-определяемую реализацию радио, которая использует цифровую выборку и фильтры (такие как FIR и IIR, конечные и бесконечные входные фильтры с конечной и бесконечной характеристикой) для создания практически любого вида беспроводных устройств.

В настоящее время эти методы используются в любой области применения, от потребительских товаров до оборонных целей.

Помимо уже упомянутых WLAN (ранее известный как 802.11) и Bluetooth (используется для беспроводной сети PAN, которая относится к стандарту 802.15 IEEE), особое внимание должно быть уделено городским сетям, таким как связь мобильных телефонов, которые полагаются на цифровую модуляцию с более ранних версий, таких как GSM (где «G» означает гауссовскую фильтрацию, предполагая, что фильтр формирования импульсов имеет гауссоподобную характеристику спектра) для современных реализаций, таких как HSDPA и LTE (также называемая сетью 4G), в которой используются квадратурные фазовые и амплитудные модуляции CDMA и DSSS.

Модуляция	Применение
<b>MSK, GMSK</b>	GSM, CDPD
<b>BPSK</b>	Телеметрия дальнего космоса, кабельные модемы
<b>QPSK, n/4 DQPSK</b>	Спутник, CDMA, NADC, TETRA, PHS, PDC, LMDS, DVB-S, кабель (обратный канал), кабельные модемы, TFTS
<b>OQPSK</b>	CDMA, спутниковая связь
<b>FSK, GFSK</b>	DECT, пейджинг, RAM мобильная передача данных, AMPS, CT2, ERMES, сухопутные подвижная связь, общественная безопасность
<b>8, 16 VSB</b>	Североамериканское цифровое телевидение (ATV), вещание, кабельные сети
<b>8PSK</b>	Спутниковое телевидение, самолеты, телеметрические сигналы для мониторинга широкополосных систем видеонаблюдения
<b>16 QAM</b>	Микроволновое цифровое радио, модемы, DVB-C.
<b>32 QAM</b>	Наземная микроволновая связь
<b>64 QAM</b>	DVB-C, модемы, широкополосные телевизионные приставки, MMDS, DVB-T
<b>256 QAM</b>	Модемы, DVB-C (Европа), Digital Video (США), DVB-T2

Рисунок 11: Цифровая модуляция

В большинстве стран также телевизионные и радиопередачи OTA (по эфиру) переходят на цифровые модуляции, чтобы использовать преимущества канального кодирования, чтобы быть более надежными в условиях шума и сжатия данных, чтобы улучшить использование своих выделенных участков спектра и выделить всех растущих пользователей, запрашивающих доступ к нему; примечательны DVB (как наземные, так и спутниковые телевизионные потоки используют цифровые модуляции) и DAB (цифровое аудиовещание).

Еще одно важное применение этих методов - в оборонных целях, а не только для связи, как TETRA - стандарт, в основном используемый для профессиональной связи полицией, пожарными и военными силами, который также позволяет сквозное шифрование и многоадресную полудуплексную передачу и использование особого типа дифференциального квадратурного PSK, называемого  $\pi/4$ , потому что созвездия не ортогональны, а имеют наклон  $45^\circ$ .

Также в радиодетектировании и радиолокации (РЛС) для повышения дальности и точности используются цифровые подходы (эти аспекты будут проанализированы в следующем примере).

В следующей таблице представлен обзор характеристик наших AWG, для лучшего объяснения их возможностей и сравнения характеристик наших нынешних и будущих приборов.

**Active Technologies AWG/AFG Основные характеристики моделей****AWG-GS 2500**

Аналоговые каналы: 2  
Цифровые каналы: 32  
Многоканальные: 4 Аналоговые/64 Цифровые  
Частота дискретизации: 2,5  
ГВыб/с  
Разрешение: 14 бит  
Выходной диапазон частот: 1 ГГц  
Аналоговый выход:

- Прямой ЦАП: 0,8 Впп @ 50 Ом дифф.
- УПТ: 2 Впп @ 50 дифф.
- Выход переменного тока: 2 Впп @ 50 дифф.

**ARB RIDER AWG-4022**

Аналоговые каналы: 2  
Цифровые каналы: 32  
Многоканальные: 8 Аналоговые/128 Цифровые  
Частота дискретизации: 2,5 ГВыб/с  
Разрешение: 14 бит  
Диапазон выходных частот: 1 ГГц  
Режим AWG и AFG

Аналоговый выход:

- Прямой ЦАП: 1,6 Впп @ 100 Ом дифф. / 0,8 Впп @ 50 Ом.
- УПТ: 10 Впп @ 100 Ом дифф. / 5 Впп @ 50 Ом дифф.
- Выход переменного тока: 2 Впп @ 50 Ом.

Рисунок 12: Active Technologies AWGs и AFG

**Об Active Technologies**

Active Technologies-итальянская компания, специализирующаяся на разработке полупроводникового испытательного оборудования и электронных приборов.

# ARB

RIDER   
4000 Series

Серия ARB Rider предлагает премиальный уровень целостности сигнала с самым простым в использовании интерфейсом сенсорного дисплея (SimpleRider™). Генерация сложных сигналов требует всего лишь нескольких касаний экрана. Выходное напряжение может быть отрегулировано в режиме усилителя до 5 Впп в нагрузку 50 Ом с возможностью, благодаря аналоговой полосе пропускания 1 ГГц, генерации фронтов до 350 пс с минимальным превышением .

