

Новые радиомодули Radiocrafts большой дальности действия

Питер МАРТИН ЭВЬЕН
Перевод: Андрей КРУТОВ
p.m.evjen@radiocrafts.com

Несмотря на название – «устройства малой дальности», радиомодули для европейских нелицензируемых диапазонов при некоторых условиях могут обеспечивать большую дальность действия. Компания Radiocrafts объединила узкополосную технологию с высокой выходной мощностью передатчика и реализовала оптимизированное решение, обеспечивающее дальность действия 5–6 км в диапазоне частот 868 МГц. В настоящей статье приводится информация о том, каким образом можно достичь указанных дальностей работы, и объясняются некоторые из параметров, используемых для оценки радиосистем подобного рода.

Введение

Устройства, функционирующие на малых дистанциях (SRD – Short Range Devices), относятся к категории устройств, работающих в режимах, соответствующих безлицензионным, определенным

в нормативном документе CEPT DEC 70-03. Открытие для всеобщего использования некоторых частотных диапазонов продиктовано необходимостью удовлетворить потребности промышленных систем дистанционного управления, телеметрии и аналогичных приложений. Термин «малой дальности действия» фактически отображает то, что максимально допустимая излучаемая мощность существенно ограничена.

В таблице 1 приведены основные параметры безлицензионных частотных диапазонов до 1 ГГц, разрешенных к использованию в большинстве европейских стран. Почти все эти диапазоны предназначены для общего применения, но некоторые из них отведены только для специальных приложений. Это ограничивает области их применения и отображается в таблице 1 в столбце «Применение».

В некоторых из приведенных диапазонов, например, в диапазоне 433,050–434,790 МГц, разнос каналов шириной 25 кГц не требуется. Однако если используются узкополосные модули (25 кГц), то в этом случае нет ограничений по рабочему циклу в верхней части диапазона (434,040–434,790 МГц) даже при уровне выходной мощности 10 мВт.

Т а б л и ц а 1. Нелицензируемые диапазоны частот (до 1 ГГц)

Диапазон	Мощность передатчика	Рабочий цикл ¹	Разнос каналов	Применение
433,050-434,790	10 мВт	10%	не регламентирован	
433,050-434,790	1 мВт			
-13 дБм/10 кГц	100%	не регламентирован		
434,040-434,790	10 мВт	100%	25 кГц	
868,000 - 868,600	25 мВт	1%	не регламентирован	
868,600 - 868,700	10 мВт	0,1%	25 кГц или один широкополосный канал	Системы оповещения общего назначения
868,700 - 869,200	25 мВт	0,1%	не регламентирован	
869,200 - 869,250	10 мВт	0,1%	25 кГц	Системы оповещения в общественных местах
869,250 - 869,300	10 мВт	0,1%	25 кГц	Системы оповещения общего назначения
869,300 - 869,400	10 мВт	100%	25 кГц	
869,400 - 869,650	500 мВт	10%	25 кГц или один широкополосный канал	
869,650 - 869,700	25 мВт	10%	25 кГц	Системы оповещения общего назначения
869,700 - 870,000	5 мВт	100%	не регламентирован	

¹ Рабочий цикл представляет собой отношение времени цикла, при котором радиосистема ведет прием, ко времени, в течение которого осуществляется передача (прим. перев.)

Более высокая чувствительность приемника и более высокая выходная мощность дают лучшую полосу пропускания, чем традиционные широкополосные системы.

Кроме того, при использовании узкополосного приемника с большей избирательностью система будет менее подвержена воздействию помех от других радиосистем, работающих в этом же диапазоне. Традиционно диапазон 433 МГц использовался для дистанционных систем доступа без ключа (RKE — remote keyless entry), систем управления доступом в гаражи, беспроводных квартирных звонков и т. п. Системы подобного рода часто выполнялись на базе широкополосных передатчиков с ПАВ-резонатором. Ввиду большой ширины полосы частот излучаемого передатчиком ВЧ-сигнала такие устройства занимают большую часть диапазона. Узкополосный приемник может дать бой помехам от таких систем благодаря своим узкополосным и каналным фильтрам с передаточной характеристикой с высокой крутизной. Другое преимущество — увеличенное число каналов, используемых одновременно. Например, в диапазоне 433 МГц (RC1240) одновременно могут использоваться до 69 каналов, при этом ширина каждого канала всего 25 кГц.

В нелицензируемых диапазонах до 1 ГГц выходная мощность в основном ограничивается значением 10 мВт, за исключением диапазона 869,400–869,650 МГц, где допустимой являются мощности вплоть до 500 мВт или 27 дБм. В этом диапазоне можно использовать как узкие (шириной по 25 кГц), так и довольно широкие (до 250 кГц) каналы. Новый модуль RC1280HP компании Radiocrafts объединяет технологию узкополосного радиоприема с высокой выходной передаваемой мощностью, благодаря чему его можно использовать в коммуникационных системах весьма высокой дальности действия.

Достижение большей дальности

Такие приложения, как системы телеметрии, устройства автоматических измерений, контроль за местоположением имущества (легковых автомобилей, грузовиков, контейнеров и т. п.) и системы предотвращения хищений — все характеризуются параметром «дальность связи», который покрывает диапазоны от нескольких десятков до сотен метров. Чтобы соответствовать этим требованиям, необходимы новые системные решения, объединяющие самые современные методики реализации приемников и передатчиков с высокой выходной мощностью.

Дальность связи ограничивается несколькими факторами. Наиболее важным из них является чувствительность приемника, выходная мощность передатчика, а также параметры и конструкция антенны. Однако в практических приложениях необходимо учитывать влияние таких факторов, как помехи, наводимые другими радиосистемами, а также взаимное влияние друг на друга различных модулей внутри системы. Это накладывает достаточно жесткие требования к чувствительности приемника, а также к чистоте частотного спектра ВЧ-сигнала на выходе передатчика.

Высокая чувствительность по своей сути тесно связана с хорошей избирательностью, поскольку зависит от ширины полосы пропускания

приемника. То есть узкая полоса приемника даст в результате хорошую чувствительность, если приемник будет сконструирован для обеспечения требуемых коэффициента шума и соотношения «сигнал-шум» каскада демодуляции.

Со стороны передатчика увеличение выходной мощности обеспечивается не просто добавлением каскада усиления мощности. Когда передаваемый сигнал усиливается в каскаде, вместе с ним усиливаются граничащие с диапазоном частоты, паразитные составляющие и гармоники, а некоторые генерируются в самом усилителе мощности.

Модулятор, характеристики которого часто определяются свойствами фильтра в цепи обратной связи синтезатора частот, должен разрабатываться с учетом необходимости обеспечения требуемой формы спектра и исключения чрезмерного расширения спектра, когда мощность увеличивается последующим каскадом усиления. К тому же усилитель мощности сам может вносить в сигнал расширение спектра (при этом сигнал попадает в приграничные каналы), а также нежелательные паразитные сигналы. При качественном конструировании эти эффекты учитываются, поскольку это необходимо для выполнения требований регулирующих стандартов.

Кроме того, узкополосное радио должно работать от очень стабильного источника опорной частоты. В противном случае частоты приемника или передатчика будут дрейфовать при изменении температуры, снижая, таким образом, чувствительность приемной части и, в конечном счете, существенно ухудшая коммуникационные параметры всей системы. Поэтому одним из важных требований является использование температурно-компенсированного опорного генератора.

В модуле RC1280HP решены все указанные проблемы, благодаря чему получился качественно спроектированный компактный модуль, который прошел предварительную оценку на соответствие техническим условиям и промаркирован CE на соответствие регулирующим стандартам.

Параметры узкополосной системы

Для того чтобы иметь возможность сравнивать различные приемопередающие устройства и системы, важно понимать суть различных технических параметров, используемых для описания узкополосных радиосистем. Рассмотрим их по порядку.

Чувствительность приемника

Предел чувствительности приемника есть наименьшая мощность сигнала, которая может быть распознана и успешно демодулирована. Однако изготовление высокочувствительного приемника не является самоцелью. Важно понимать то, что хорошая чувствительность приемника сама по себе еще не является показателем качества приемной системы — приемник также должен иметь хорошую избирательность (блокирование нежелательных компонент). Если провести аналогию, то «избирательность» человека представляет собой возможность изолировать один голос и разговор от окружающих звуков, даже если комната заполнена разговаривающими людьми. Здесь не может быть хорошей чув-

ствительности, если мы не можем изолировать сигнал от фонового шума (избирательность). Точно так же наши «блокирующие» свойства работают в диско-баре, когда мы разговариваем при громкой музыке.

Подавление по соседнему каналу

Подавление помех по соседнему каналу (ACR — Adjacent Channel Rejection) описывает возможность отделить сигналы, поступающие в два различных канала. Термин «подавление по соседнему каналу» используется в том случае, когда нежелательный сигнал находится в соседнем канале.

Блокировка

Блокирующее сопротивление, или устойчивость к помехам, представляет собой возможность сохранять связь даже при наличии сильных внеполосных сигналов. Это также связано десенситизацией² при наличии источника помех. Это может иметь место, например, при наличии сильного передатчика сотовой связи GSM, работающего в диапазоне частот 890–930 МГц, который очень близок к нелицензируемому диапазону частот 868 МГц.

Выходная мощность передатчика

Выходная мощность передатчика представляет собой полную мощность модулированного сигнала. Как видно из табл. 1, существуют регулирующие ограничения на максимально допустимую излучаемую в эфир мощность. Другой фактор, который может ограничить максимальную выходную мощность, — мощность соседнего канала, которая будет описана ниже.

Мощность соседнего канала

В идеальном случае вся излучаемая мощность должна находиться внутри рабочей полосы частот. Однако благодаря модуляции и неидеальным преобразованиям некоторая часть мощности попадает в соседний канал. Поскольку эта мощность может мешать коммуникационным системам, работающим на частоте соседнего канала, она является нежелательной, и поэтому должны быть предприняты все меры для ее поддержания на как можно более низком уровне. В системах, работающих с каналами шириной 25 кГц, допустимый уровень мощности, излучаемой в соседнем канале (ACP — Adjacent Channel Power), не должен превышать –37 дБм. Аналогичный параметр — ширина занимаемой полосы частот — представляет собой ширину полосы частот, в которой содержится 99% полной мощности. То есть 1% мощности выходит за пределы ширины полосы частот и попадает в соседние каналы.

Паразитные излучения и гармоники

При усилении полезного сигнала также будут усилены и нежелательные паразитные сигналы и гармоники. Паразитные сигналы могут исходить от генератора опорной частоты или синтезатора частот и должны поддерживаться ниже некоторого уровня для того, чтобы предотвратить интерференцию и создание помех другим системам. Гармоники генерируются вследствие нелинейности каскадов усиления. Поэтому при необходимости можно просто добавить любой усилитель мощности к любому маломощному

²Десенситизация — снижение чувствительности (прим. перев.)

устройству для увеличения мощности передачи. Необходимо не только установить предел для максимальной выходной мощности внутри используемого радиоканала, но и подавить паразитные и гармонические излучения за пределами диапазона.

Таким образом, когда сравниваются различные радиосистемы, мы должны сравнивать не только чувствительность или выходную мощность, но и их возможности работать и сосуществовать с другими системами в реальных условиях функционирования, выраженные в таких параметрах, как подавление соседнего канала, подавление паразитных сигналов и гармоник.

Антенны

Основными параметрами антенны являются усиление и диаграмма направленности. Вертикально расположенная четвертьволновая антенна с большим противовесом имеет коэффициент усиления примерно 5,15 дБ и будет иметь круговую диаграмму направленности³ в горизонтальной плоскости. Поэтому такой тип антенны весьма популярен в большом спектре систем. В практических реализациях усиление меньше (от 0 до 3 дБ).

При отсутствии хорошего противовеса может быть использован вертикальный полуволновый диполь. Полуволновый диполь имеет теоретическое усиление не менее 2,15 дБ. Другой отрицательной стороной является больший размер в сравнении с четвертьволновым диполем.

Для того чтобы достигнуть наилучшей дальности на открытой местности, антенна должна быть размещена как можно выше. Если антенна размещена слишком близко к земле, отражения от последней существенно снизят дальность действия. Зона Френеля представляет собой эллипсоид, который имеет передающие и принимающие антенны в фокусах. В идеале антенны должны быть размещены настолько высоко, что зона Френеля не будет зависеть от земли и других неоднородностей и препятствий. Это достигается, если антенны размещены на высоте h , где $h = \sqrt{d \cdot L}$, d — дистанция и L — длина волны. В таком случае ситуация будет похожа на условия работы в свободном пространстве. Однако на практике такая ситуация может быть достигнута в очень редких случаях и отражения от земли, а также затухание, вносимое другими препятствиями (растительностью, строениями и т. п.) снижают дальность действия.

RC1280HP — модуль высокой мощности

Модуль RC1280HP представляет собой новый модуль (рис. 1), интегрирующий модуль трансивера RC1280 и усилитель выходной мощности (до 500 мВт). При использовании четвертьволновой антенны дальность действия такого модуля в условиях прямой видимости достигает 5–6 км.

Новый модуль RC1280HP использует тот же протокол и каналы, что и устройство RC1280. В связи с этим взаимодействие между приборами RC1280 и RC1280HP в сети с модулями для малой и большой дальности действия вполне возможно. Оба они используют протокол RC232⁴, поддерживающий сети типа «точка-многоточка». Буферизация данных, адресация и проверка ошибок — все содержится во встроенном протоко-

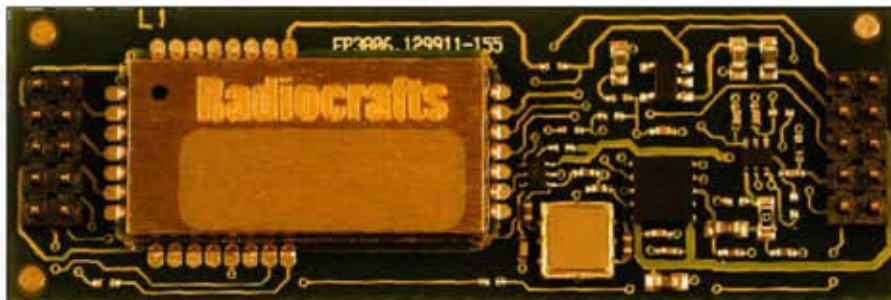


Рис. 1. Внешний вид модуля RC1280HP

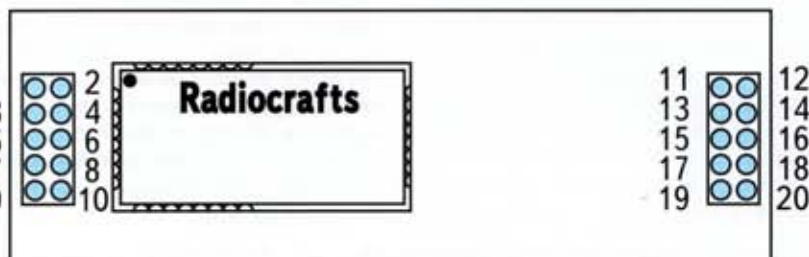


Рис. 2. Расположение выводов в модуле RC1280HP

ле RC232. Стандартная последовательная шина UART используется как интерфейс связи с хост-контроллером как для обмена данными, так и для конфигурирования.

Модуль содержит многоканальный передатчик с приемником, имеющим чувствительность -108 дБм при скорости обмена данными $4,8$ кбит/с. Подавление по соседнему каналу 30 дБ, избирательность по альтернативному каналу 40 дБ и хорошие блокирующие свойства этого модуля предоставляют разработчикам исключительные возможности даже в густонаселенных и шумных условиях работы. Например, при смещении 1 МГц приемник может определить сигнал только на 3 дБ выше порога чувствительности с 60 дБ при наличии достаточно сильных помех. При смещении 10 МГц это подавление помех увеличится до 75 дБ. Модуль использует гауссовскую частотную манипуляцию для того, чтобы ограничить мощность соседнего канала до значения менее -37 дБм, измеренного на границе диапазона. Паразитные составляющие и излучение гармоник фильтруется и ослабляется до значения менее -30 дБм на частотах выше 1 ГГц.

Новый модуль имеет размеры $19,5 \times 60,5 \times 6,0$ мм, поставляется в корпусе DIL-типа с шагом выводов $2,00$ мм и позволяет осуществлять низкопрофильные соединения типа «плата — плата». По заказу он может быть поставлен в корпусе с шагом выводов $2,54$ мм. На рис. 2 показано расположение выводов этого мощного модуля.

Модуль прошел предварительную сертификационную проверку на соответствие европейским регулирующим стандартам для нелицензируе-

мого диапазона частот 868 МГц, работает в трех каналах в поддиапазонах $869,400$ – $869,650$ МГц. В этом диапазоне допускается рабочий цикл 10% (коэффициент передачи). Новый модуль с высокой выходной мощностью может быть также использован за пределами этого поддиапазона, если усилитель мощности отключен, и таким образом выходная мощность снижена до 10 мВт по ВЧ (табл. 1).

Оценка дальности действия

Основываясь на рабочей частоте, чувствительности приемника и выходной мощности, можно приблизительно оценить дальность действия. Это будет только оценка, поскольку реальное значение сильно зависит от окружающих условий, взаимных отражений, поглощений, помех от другого оборудования и т. д.

Используя модуль с высокой выходной мощностью RC1280HP как пример, можно сделать некоторые предположения относительно других моделей. Идеальная модель открытого пространства (потери на трассе — экспонента от 2) при предположении, что антенны приемника и передатчика имеют усиление 0 дБ, дает дальность действия более 150 км. Более реалистичная «пригородная» модель (потери на трассе равны экспоненте от 3, используются четвертьволновые антенны) дает дальность работы 5 – 6 км. Это примерно соответствует результатам проведенных практических измерений. В таблице 2 сведены дальности действия для различных модулей Radiocrafts при использовании их в европейских нелицензируемых частотных диапазонах. ■

Т а б л и ц а 2. Типовые рабочие расстояния для модулей Radiocrafts

Модель	Частотный диапазон	Дальность (тип.)	Примечание
RC1240	433,050 – 434,790 МГц	2 км	
RC1280	868,000 – 870,000 МГц	500 м	
RC1280HP	869,400 – 869,650 МГц	5–6 км	Выходная мощность 500 мВт

³ Антенна, имеющая круговую диаграмму направленности, является всенаправленной (прим. перев.)

⁴ RC232 — протокол связи для беспроводных систем; используется во множестве встраиваемых модулей Radiocrafts; не путать с RS-232. (Прим. перев.)