

Радиопроцессоры CML Microcircuits для двухточечной модуляции

Артём Козлов, ООО «БИС ЭЛЕКТРОНИК»

E-mail: bis@bis-el.kiev.ua

В статье приведены основы двухточечной схемы модуляции и показан практический пример схемы бюджетной цифровой радиостанции стандарта dPMR (Digital Private Mobile Radio — цифровые частные системы радиосвязи). Схема построена на базе интегрального модема CMX7041, который обеспечивает управление двухточечным режимом модуляции.

Двухточечная модуляция — это простая и эффективная технология, которая много лет используется для обеспечения связи в различных беспроводных приложениях. Популяризация фазовой модуляции привела к переходу на нее и адаптации многих радиосистем (в основном к синфазной векторной модуляции, I/Q). В результате к двухточечной модуляции многие радиоинженеры относятся с некоторым пренебрежением, даже несмотря на ее простоту и другие явные преимущества этой технологии.

Частотная модуляция представляет собой простое преобразование частоты радиосигнала, для которого требуется только VCO (ГУН). Частота радиосигнала будет меняться пропорционально изменению модулирующего напряжения.

В современных средствах радиосвязи только один VCO используется редко. Практика доказала целесообразность применения фазовой автоподстройки частоты (ФАПЧ). На рисунке 1 показана схема с использованием такой обратной связи. Здесь модуляцией можно управлять с помощью делителя частоты. Таким образом, выходная частота будет зависеть от N делителя.

Данная система может генерировать сигнал постоянной частоты, восстанавливать сигнал из зашумленного коммуникационного канала, умножать и преобразовать частоты.

ФАПЧ сравнивает фазы входного и опорного сигналов и выводит сиг-

нал ошибки, соответствующий разности между этими фазами. Далее сигнал ошибки проходит через фильтр низких частот и используется в качестве управляющего для VCO, обеспечивающего отрицательную обратную связь. Если выходная частота отклоняется от опорной, то сигнал ошибки увеличивается, воздействуя на VCO в сторону уменьшения ошибки. В состоянии равновесия выходной сигнал фиксируется на частоте опорного.

Применение в схеме обратной связи влияет на частотную характеристику модулятора. Если подавать на VCO постоянное напряжение, то ФАПЧ подстроит выходную частоту под входную. Такая регулировка будет иметь посто-

янную времени, которая задается полосой фильтра. При подаче переменного напряжения на VCO ФАПЧ попытается убрать сигнал, однако его фильтр является для него узким. В результате на практике ФАПЧ не может быстро отслеживать модулирующий сигнал и, таким образом, выходной сигнал становится модулированным.

Схема с ФАПЧ сможет модулировать низкочастотные сигналы, если модулирующим будет опорный сигнал. Небольшие девиации входного опорного напряжения будут в N раз отражаться на выходном ЧМ сигнале. В этом случае ФАПЧ будет работать на опорный входной сигнал до тех пор, пока изменения частоты будут сравнительно небольшими. При этом частотные характеристики модуляции VCO входного опорного сигнала являются обратными по отношению друг к другу.

Таким образом, и опорное напряжение, и VCO могут участвовать в модуляции в дополняющих друг друга диапазонах частот. Единственное, что остается, это наладить их совместную

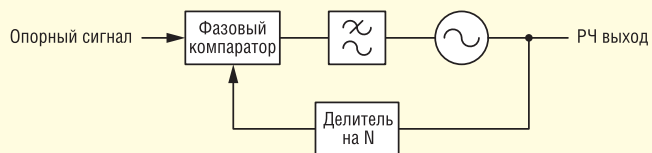


Рис. 1. Применение ФАПЧ для модуляции

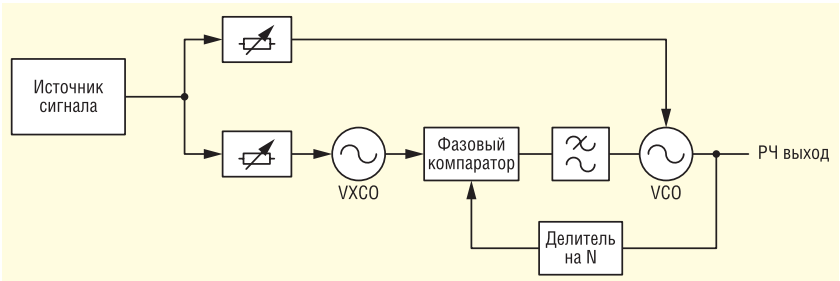


Рис. 2. Схема двухточечной модуляции с обратной связью

работу, которая схематически показана на рисунке 2 (двухточечная модуляция).

Эта схема много лет широко используется в различных приложениях частотной модуляции. До использования полностью цифровой модуляции множество схем применялись для сигналов вызова на низких частотах вплоть до постоянного тока (например, система DCS).

Упрощенная блок-схема современного приемопередатчика с двухточечной модуляцией, построенного на базе CMX7041, приведена на рисунке 3.

Кроме CMX7041 с двухточечной модуляцией могут работать и другие микросхемы CML Microcircuits: FX829; CMX881; CMX882; CMX883; CMX7031; CMX7041; CMX7032; CMX7042.

На рисунке 4 показаны вспомогательные элементы тестовой принципиальной схемы на базе микросхем серии CMX7xxx CML Microcircuits, в которых внедрены опции двухточечной модуляции.

В данной тестовой схеме для реализации РЧ синтезатора используется микросхема CMX7031. Здесь порт SPIOUT выведен собственно из РЧ синтезатора, которым оснащена данная микросхема. Компоненты фильтра собраны под отклик третьего порядка. Резистор R141 и конденсатор C105 обеспечивают дополнительную отсечку по частоте, хотя в данном тесте в этом и нет необходимости.

Микросхема CMX7041 оснащена двумя выходами модуляции: MOD1 и MOD2. Уровень этих выходов можно контролировать независимо и таким образом балансировать двухточечную модуляцию можно на программном уровне без использования дорогих аппаратных средств. MOD1 подсоединяется к VCO схемы, а MOD2 — к VCTCXO (19.2 МГц).

Резисторы R192 и R193 обеспечивают делитель для напряжения VCO. Фактическое напряжение, подаваемое на варактор D19 очень низкое, т.к. требуемая девиация немного больше ± 1 кГц. Независимый модуляционный варактор используется здесь для того, чтобы избежать сложностей попадания напряжения генератора на фильтр ФАПЧ или на главный VCO варактор. Оба варианта возможны и их нужно предотвратить. В этом случае требуется хорошая развязка РЧ части, т.к. возможны проблемы, связанные с ВЧ наводками. Этим сложностям легко избежать ценой дополнительного варактора.

Вместе с VCO используется базовый резонатор с катушкой индуктивности

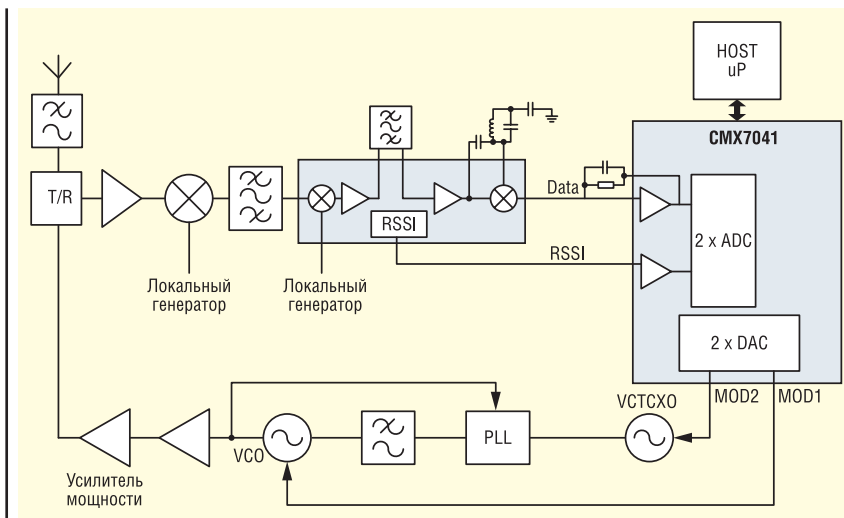


Рис. 3. Приемопередатчик с двухточечной модуляцией на базе CMX7041

L14 (без сердечника). Буферная схема выхода построена на проходном конденсаторе C115 и транзисторном усилителе (TR12). Микросхема усилителя U28 преобразует амплитуду сигнала с выхода аттенюатора на +7 дБм. Аттенюатор также используется для обеспечения обратной связи в ФАПЧ (выход Signal RF1-450), который через емкостную развязку попадает на CMX7031.

Модуляция опорного сигнала в этом примере происходит с помощью VCTCXO. Управляющее напряжение поступает с выхода микросхемы CMX7041 MOD2. Используемый VCO должен быть правильно центрирован. Тестовая схема питается от источника 3.3 В, VCTCXO требует 1.65 В для обеспечения номинальной операционной частоты (19.2 МГц).

В зависимости от используемого опорного генератора имеется возможность использования функции регулировки DC смещения к центру частоты. Более общее решение показано на рисунке 4, где напряжение с вывода CMX7041 AUXDAC используется для DC коррекции и таким образом можно регулировать центральную частоту. В данной схеме это организовано с помощью операционного усилителя U22A.

Разработчики часто задаются вопросом: можно ли использовать модулированный сигнал 19.2 МГц в качестве тактового генератора для CMX7041? Испытания показали, что такой способ себя оправдывает. Девиация VCTCXO настолько мала (обычно менее 1 ppm), что не приводит к реальному ухудшению модулирующего сигнала из CMX7041.

Настройка двухточечной модуляции представляет собой небольшой самостоятельный комплекс, направленный

на подачу фиксированных форм данных на CMX7041. Обычно используется переменная последовательность +3 +3, +3 +3, -3, -3, -3, -3. Это можно потом сделать в тестовом режиме, однако должна быть возможность регулировки модуляции и другими средствами. Настройка должна происходить в такой последовательности:

1. Вычислить примерное значение управляющих напряжений для VCO/VCTCXO (для определения допустимого отклонения).
2. Установить уровни MOD1/MOD2, используя данные PRBS с оптимизацией по видимой диаграмме (микросхема CMX7041 оснащена тестовым выходом).
3. Настроить смещение по постоянному напряжению VCTCXO с помощью порта AUXDAC4.
4. Установить девиацию в соответствии с относительными уровнями MOD1/MOD2. Уровень отклонения может быть установлен с помощью установки FF (для получения символа -3) или 55 (для получения символа +3). Эти уровни должны быть установлены от ± 1.05 кГц. Результаты показаны на диаграммах рисунка 5. Выходной спектр передатчика получится чистым (что характерно для данного типа модуляции). Возможные гармоники удаляются с помощью выходного НЧ фильтра.

Система двухточечной модуляции — это несложно и практично. Сегодня она представляет собой привлекательную и недорогую альтернативу FM, 4FSK, GFSK и др.

Микросхемы CMX7031/41 с двухточечным передатчиком и приемником-дискриминатором выступают как

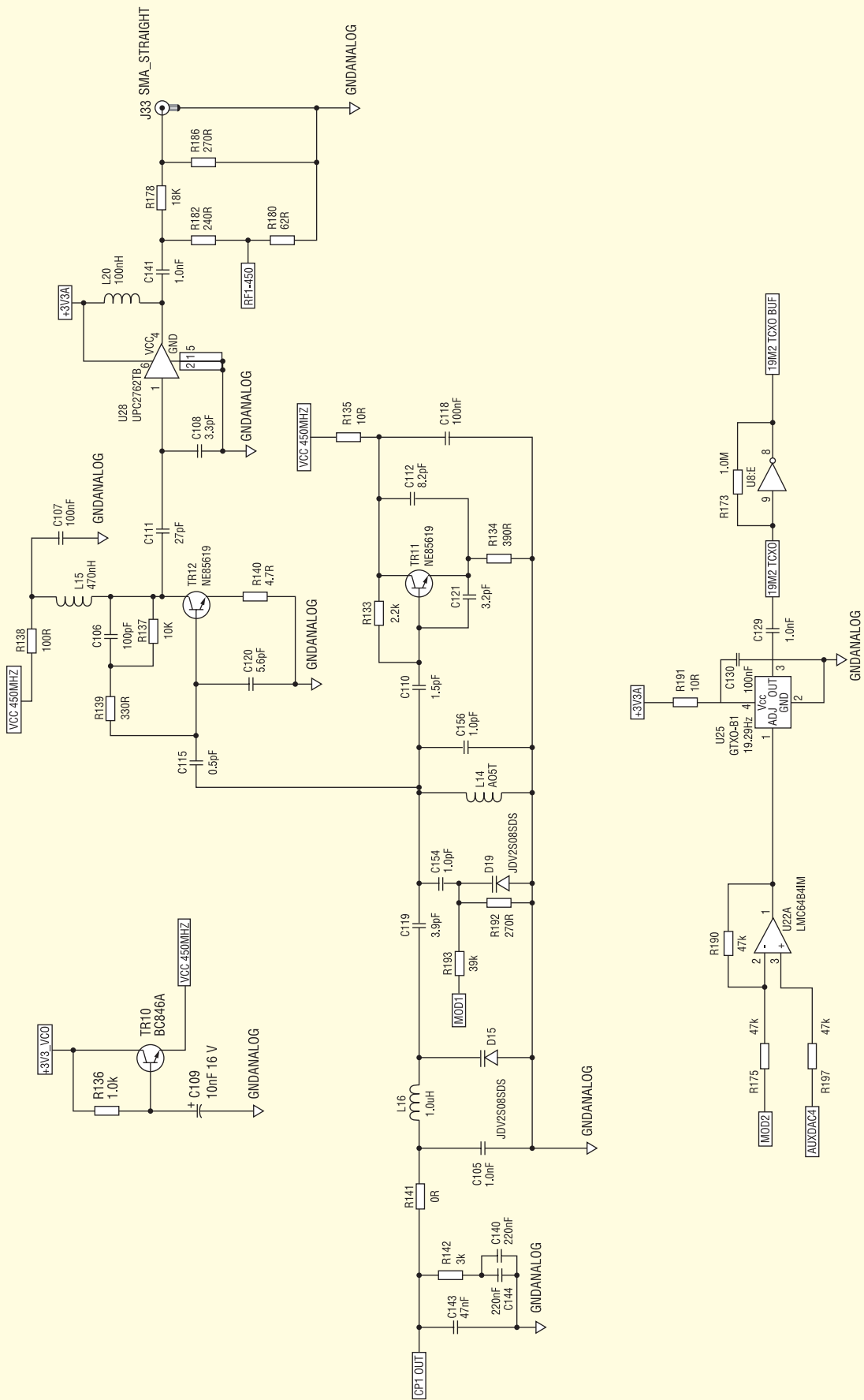


Рис. 4. Вспомогательные элементы тестовой принципиальной схемы приемопередатчика с двухточечной модуляцией

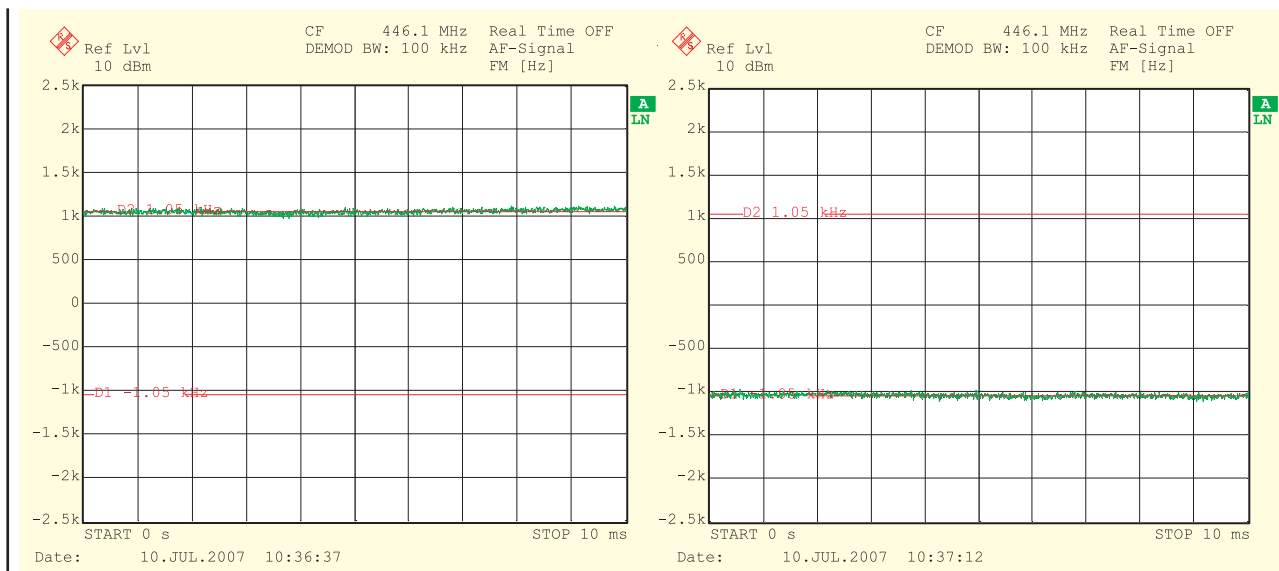


Рис. 5. Диаграммы регулировки модулятора при подаче 55 (+3) слева и при подаче FF (-3) справа

эффективное, практичное и недорогое средство для реализации dPMR радиостанций.

СМХ7031/41 — это полнофункциональные базовые процессоры для аналогового радио. Встроенная РЧ часть и дополнительные функции позволяют обойтись минимумом дополнительных

компонентов. Малое время на проектирование и производственную подготовку, максимальная гибкость, программная обновляемость (для получения новых функций не требуется переделка печатной платы) обеспечивают низкий риск при проектировании и минимум затрат при перепроектировании.

В целом, система dPMR создана как более дешевая цифровая альтернатива PMR466 радио. Для экономичности dPMR важна доступность недорогих передатчиков и приемников. Микросхемы CML Microcircuits, которые поставляет компания «БИС ЭЛЕКТРОНИК», обеспечивают такую возможность. **CNY**