

Московский энергетический институт, каф. Электрофизики,
 Москва, Красноказарменная, 14, каф. Эф. Тел. 145-53-35, Pounkov@huawei.com

Переход мобильной коммерческой связи к системам третьего поколения потребовал создания нового поколения оборудования стандарта 3GPP, предназначенного для передачи и прием WCDMA (система с кодовым разделением каналов) сигнала. Основное отличие приемо-передающего тракта систем 3GPP заключается в повышенных требованиях к динамическому диапазону сигнала передатчика (58дБ по сравнению с 45дБ для CDMA) в более широком диапазоне частот (20МГц для 4 каналов по сравнению с 3.22МГц для CDMA). В конечном итоге это приводит к повышению емкости (числа абонентов) и пропускной способности (интернет, видеосвязь) мобильных систем. В свою очередь существенное расширение динамического диапазона передаваемого сигнала повышает требования к линейности усилителя. Наиболее эффективным путем решения этой проблемы считается построение устройства предискажения входного сигнала усилителя так, чтобы после его искажения в усилителе мощности, сигнал на передающей антенне имел неискаженную форму. В настоящее время ведутся интенсивные разработки систем предискажения (BPD) для использования в коммерческой связи. На рис. 1 представлена блок схема устройства предискажающего

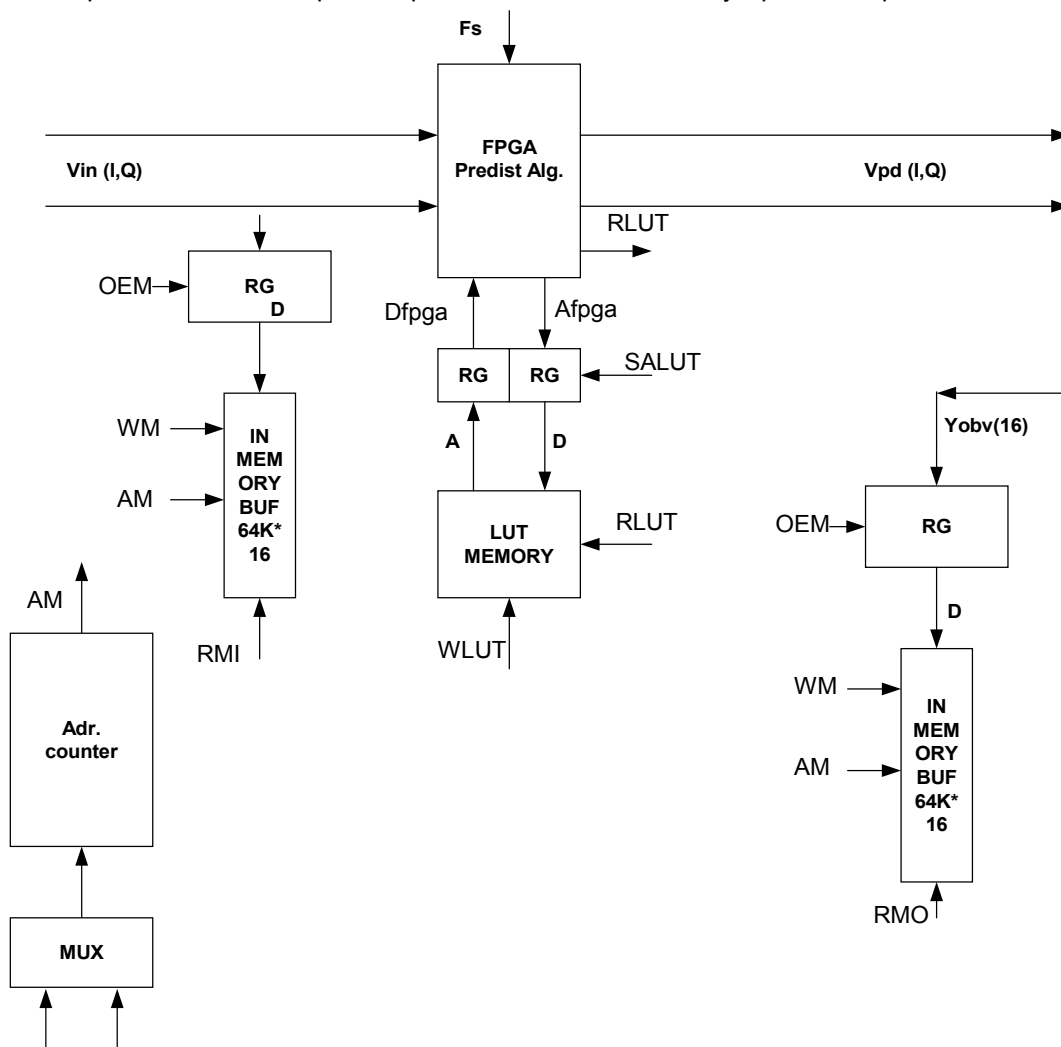


Рис. 1 Блок-схема предистортера.

сигнала (предистортера); основная часть предистортера – программируемая логическая интегральная схема (FPGA), реализует алгоритм (алгоритм представлен на рис. 2) расчета I_{bpd} и Q_{bpd} по I и Q в реальном времени, поэтому требует оптимизации числа операций и размерности данных для каждого комплексного множителя на рис.2.

Выходные сигналы нелинейной части предистортера описываются формулами:

$$I_{bpd}(l) = \sum_{k=1}^{kn} [I(l-k)a_{nk}(Mg_{l-ki}, \int_{l-ki}^{l-ki}) + Q(l-k)b_{nk}(Mg_{l-ki}, \int_{l-ki}^{l-ki})] \quad (1)$$

$$Q_{bpd}(l) = \sum_{k=1}^{kn} [Q(l-k)a_{nk}(Mg_{l-ki}, \int_{l-ki}^{l-ki}) + I(l-k)b_{nk}(Mg_{l-ki}, \int_{l-ki}^{l-ki})] \quad (2)$$

Линейные части описываются аналогичными формулами с постоянными коэффициентами a и $b=0$. Нелинейные функции задаются таблицами коэффициентов LUTni ($a_{nk}(Mg_{l-ki}, \int_{l-ki}^{l-ki})$, $b_{nk}(Mg_{l-ki}, \int_{l-ki}^{l-ki})$) и требуют больших вычислительных ресурсов FPGA (память и число операций), чем линейные. Как видно из выражений (1),(2), предполагается, что I,Q составляющие сигнала равноправны (взаимозаменяемые), поэтому соответствующие коэффициенты равны друг другу. Основной отличительной особенностью предлагаемого алгоритма от известных подходов [1-4] является выделение нелинейного и линейных блоков обработки. Это дает возможность минимизировать размер памяти нелинейного блока и при этом реализовать большую общую память системы. Такой подход отвечает положению в реальной системе, поскольку учитывает большую память линейных узкополосных фильтров модулятора, демодулятора и дуплексора и нелинейность усилителя мощности, причем все блоки включены каскадно.

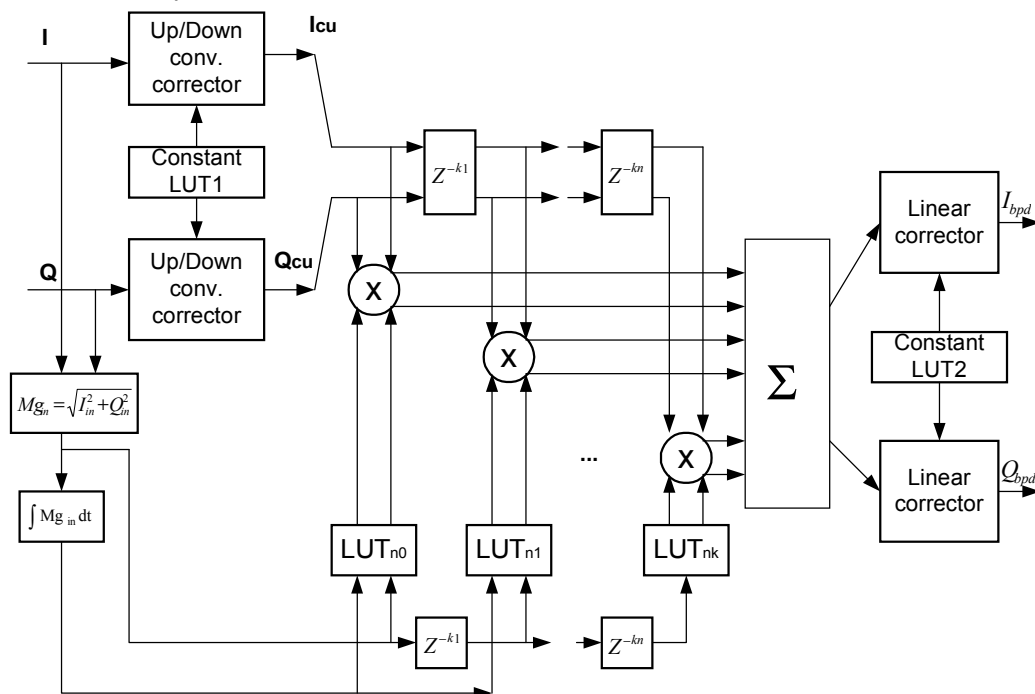


Рис. 2 Блок-схема алгоритма, реализуемого на FPGA.

Блок-схема процесса предварительной обработки сигнала представлена на рис. 3. После вычисления задержки, между входным и выходным (наблюдаемым) IQ сигналами, обусловленной задержками в фильтрах модулятора, демодулятора, передатчика и приемника, входной сигнал сдвигается на вычисленную величину, образуя сигнал I_o, Q_o . Линейная интерполяция используется для повышения точности расчета задержки и позволяет вычислить задержку с точностью, превышающей частоту дискретизации сигнала. (Спектр сигнала ограничен).

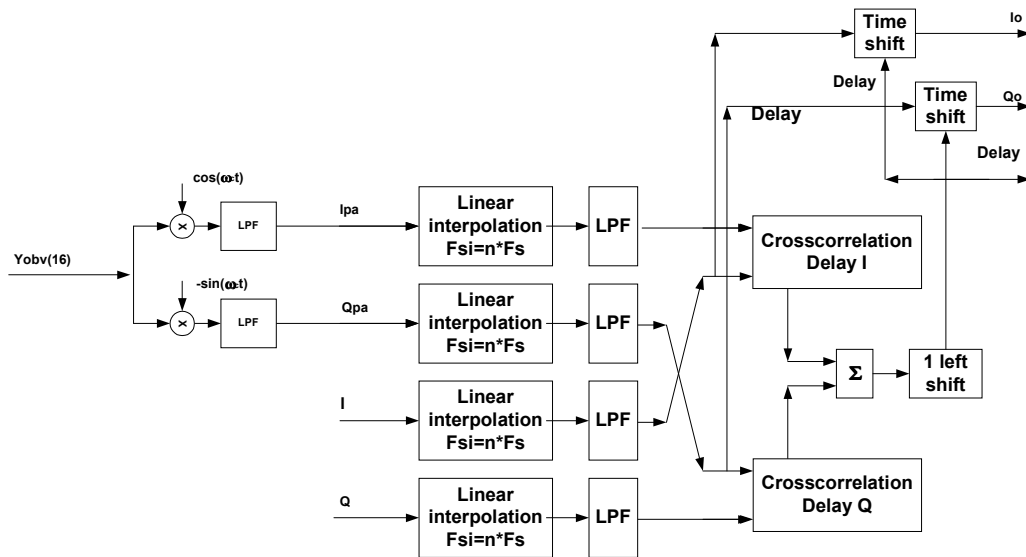


Рис.3. Блок-схема процесса предварительной обработки сигнала.

Далее работает оптимизационный алгоритм, который минимизирует ошибку между сигналом KI_o, KQ_o и сигналом I_{pa}, Q_{pa} . (K - коэффициент усиления усилителя).

$$err = \sum (|I_{pa} - KI_o| + |Q_{pa} - KQ_o|) \quad (3)$$

В качестве оптимизационного алгоритма можно использовать симплекс-метод или метод Давидона-Флетчера-Пауэла. Оптимизируемый вектор V_{opt} представляет собой вектор коэффициентов LUT-таблиц и включает следующие компоненты $Clut, Offset, LUTni$

$$V_{opt} = (Clut, Offset, LUTni), \quad (4)$$

где $Clut$ - вектор размера Nuc (Nuc=16) для коррекции характеристик Up/Down-конвертеров, $Offset$ - постоянное смещение конвертеров, $LUTni$ - нелинейная часть вектора. Преимущество такого подхода в возможности установить 0 границы изменения некоторых коэффициентов и, таким образом, устранить из схемы умножители. Вначале алгоритм должен вычислять коэффициенты без ограничений, затем проводить оценку коэффициентов и устанавливать 0 нижнюю и верхнюю границы коэффициентов, которые близки к 0. Затем должна проводиться заключительная фаза оптимизации, уточняющая коэффициенты при принятых ограничениях.

1. M. Faulkner, Adaptive Linearization Using Predistortion, Experimental Results, IEEE Trans. Veh. Tech., Vol. 43, № 2, pp 323-332, May 1994.
2. T. Starr, J.M. Coi_, and P.J. Silverman. Understanding Digital Subscriber Line Technology. Prentice-Hall, New York, 1999.
3. J. Kim A fast Adaptive Digital Scheme Based on General Polinomial Model for Power Amplifier. Telecommunication Review, Vol. 12, № 1, 2002, pp 124-128
- 4.K. D., Tiepermann and A. Hecht, "Measurement Raises Issues for CDMA Base Stations," Wireless, System Design, March 1998, pp 25-28.

3GPP mobile communication systems have high carrying capacity and need high quality power amplifier. Adaptive algorithm and schema of pre-distortion system are proposed. System is build on the base of specialized FPGA processor and DSP. Proposed algorithm differs from another: linear and nonlinear blocks are separated to minimize resources and keep system memory.