

Распад асимптотического решения на полиномиальную и «тригонометрическую» составляющие наблюдается и при декорреляции стационарной последовательности равноотстоящих отсчетов сигнала [2].

Например, в случае числа отсчетов $2N = 8$, $\alpha_1 = 0$ и $\alpha_3 > 0$ «вековые» уравнения для собственных чисел для четных и нечетных собственных векторов в асимптотике ($\tau \rightarrow 0$) принимают следующий вид:

ими собственные векторы «соответствуют» полиномам Лежандра $P_0(x)$ и $P_1(x)$. Остальные собственные числа и определяемые ими собственные векторы «соответствуют» решениям (11) и (13). Когда $2N = 8$ и $\alpha_1 = \alpha_3 = \alpha_5 = \alpha_7 = \alpha_9 = 0$, $\alpha_{11} > 0$, решение является полиномиальным. Собственные векторы из табл. 2 [2] — значения аналогов полиномов Лежандра, построенных на восьми равноотстоящих точках.

В заключение отметим, что при $m = 0$ уравнение (7) превращается в

$$-\alpha_1 \varphi(x) + \lambda \varphi^{(2)}(x) = 0. \quad (16)$$

Асимптотически оптимальным решением (1) в этом случае является косинусное разложение сигнала. К этому же разложению сводится в асимптотике приведенное в [5] решение (1) для сигнала с марковской корреляционной функцией.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Феллер В. Введение в теорию вероятностей и ее приложения. — М.: Мир, 1967. — Т. 2.
2. Ефимов В. М., Золотухин Ю. Н., Резник А. Л. Асимптотически оптимальная декорреляция стационарной последовательности равноотстоящих отсчетов сигнала // Автометрия. — 1991. — № 4.
3. Бартлетт М. С. Введение в теорию случайных процессов. — М.: ИИЛ, 1958.
4. Джексон Д. Ряды Фурье и ортогональные полиномы. — М.: ГИИЛ, 1948.
5. Давенпорт В. Б., Рут В. Л. Введение в теорию случайных сигналов и шумов. — М.: ИИЛ, 1960.

Поступила в редакцию 3 сентября 1992 г.

УДК 621.3.049.771 : 681.3.019

А. В. Пичуев

(Новосибирск)

БИС «АДАПТИВНЫЙ КОРРЕКТОР»

Используются специальные алгоритмы и устройства обработки сигналов фотоматриц для достижения полной идентичности всех элементов при изготовлении матриц или линеек фотоприемников ИК-диапазона. Рассматривается спроектированная и изготовленная БИС (а также возможный вариант ее использования в системе) коррекции параметров фотоприемников, обеспечивающая существенное сокращение оборудования систем обработки изображения, полученного с помощью линеек фотоприемников.

Введение. В системах обработки изображений, использующих в качестве источников информации линейки фотоприемников, возникает необходимость предварительной коррекции данных, получаемых от каждого из них. Это связано с различием параметров датчиков, вызванным погрешностями техно-

логии их изготовления, а также эффектами старения и физическими воздействиями. Основные различия — это разница в темновых токах и чувствительности.

Отклик i -го приемника в линейке X_i связан с интенсивностью входного воздействия I следующим образом:

$$X_i = c_i I + a_i,$$

где c_i — чувствительность датчика, a_i — начальное смещение (темновой ток).

Задача коррекции состоит в исключении влияния различий коэффициентов c_i , a_i . Скорректированный отклик i -го датчика R можно представить как

$$R_i = g_i \times c_i I + a_i + h_i,$$

где g и h — поправочные коэффициенты. Если они удовлетворяют условиям

$$g_i \times c_i = K, \quad h_i + a_i = 0$$

(K — размерный коэффициент), то $R = KI$.

Коррекция параметров датчиков. Исключение темнового тока из сигналов, получаемых с линейки датчиков, может осуществляться различным образом. Нам представляется, что его лучше будет производить операционным усилителем в аналоговой форме, а хранить и определять значения темновых токов — в цифровой.

В таком случае устройство со схемой коррекции темнового тока должно включать в свой состав (рис. 1) линейку фотоприемников (ЛФП), цифровую память поправок (ОЗУ), счетчик адресов фотоприемников и ячеек ОЗУ (СА), операционный усилитель (ОУ), цифроаналоговый преобразователь (ЦАП), вычислительное устройство (АЛУ), аналоговый компаратор (КМП).

Если в ОЗУ хранится цифровое значение темновых токов каждого датчика, то при одновременном считывании данных с линейки приемников и ОЗУ по схеме (см. рис. 1) на выходе ОУ возникает скорректированное значение сигнала, которое подается на АЦП для измерения и дальнейшей обработки этих данных.

Определение темновых токов в этой схеме осуществляется при затемнении приемников в пошаговом режиме. На каждом такте аналоговый компаратор сравнивает выходной сигнал операционного усилителя с «нулем» и дает команду «+/-» вычислительному устройству. По логическому сигналу «+/-» АЛУ добавляет (вычитает) 1 к значению, извлеченному из ОЗУ, модифицированные данные заносятся обратно в память (в рабочем режиме АЛУ не изменяет данные).

Таким образом, за некоторое число тактов в ОЗУ накопятся значения темновых токов каждого датчика (коэффициент h).

С целью уменьшения оборудования системы обработки изображений принято решение: часть схемы, содержащей АЛУ, ОЗУ и счетчик адресов,

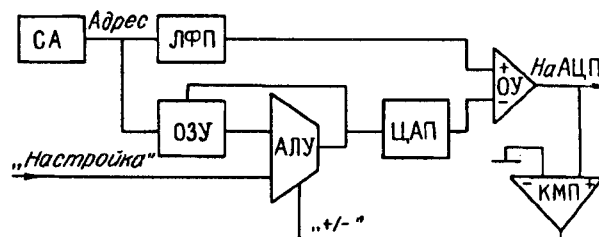


Рис. 1

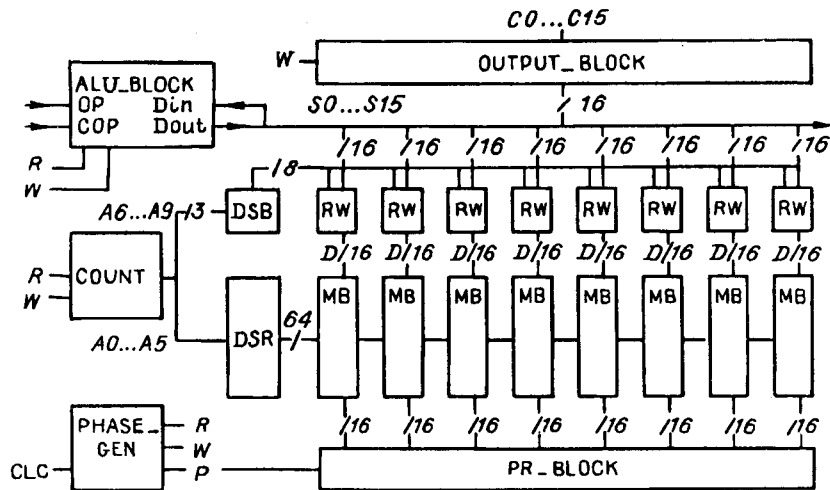


Рис. 2

реализовать в виде БИС по серийной 4-микронной *n*МОП-технологии. В данной работе описывается спроектированная заказная БИС «Адаптивный корректор» (далее АК) для линейки, содержащей до 512 элементов и обеспечивающей управление ЦАП с числом разрядов до 16.

Внутренняя структура АК. Блок-схема корректора представлена на рис. 2. Она содержит ОЗУ из 8 банков памяти (MB) 64×16 с блоками чтения/записи (RW), счетчик адресов A0...A8 (COUNT), дешифраторы банков и строк (DSB и DSR), блок АЛУ (ALU_BLOCK), блок подзаряда (PR_BLOCK), генератор сигналов синхронизации (PHASE_GEN), выходной блок (OUTPUT_BLOCK). Обмен данными внутри корректора осуществляется по шине S0...S15 управляющими сигналами R, W и P, которые вырабатываются блоком PHASE_GEN по сигналу синхронизации CLOCK. Выходная шина данных — C0...C15, OP и COP — управляющие сигналы АЛУ.

Рассмотрим наиболее интересные блоки корректора подробнее, двигаясь по тракту обработки данных.

АК содержит ОЗУ с организацией 512×16 . Для уменьшения времени считывания и параллельной регенерации вся память разбита на 8 банков. Каждый банк имеет свой блок чтения/записи и непосредственно ОЗУ 64×16 .

Учитывая возможности *n*МОП-технологии, применение в АК статической памяти необходимого объема при приемлемом размере кристалла и рассеиваемой мощности практически невозможно. Поэтому в качестве базового элемента применялась динамическая трехтранзисторная ячейка памяти, схема которой представлена на рис. 3.

Схема ячейки памяти содержит: T1 — транзистор, на паразитной емкости C-затвора которого хранятся данные; T2 — транзистор записи; T3 — транзистор чтения и T4 — транзистор подзаряда (один на всю линейку ячеек, объединенных по шине данных; относится к блоку подзаряда). Такая динамическая ячейка устойчива к изменению параметров технологии.

Работает ячейка следующим образом. Перед чтением шина данных D через T4 подзаряжается до уровня, соответствующего «1». При чтении транзистор T3 открыт, и, если на затворе T1 хранилась «1», шина данных разряжается. Время считывания Tread определяется суммар-

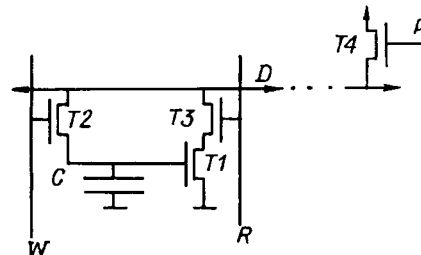


Рис. 3

ным сопротивлением транзисторов $T1$ и $T3$ в открытом состоянии, а также емкостью шины данных. В случае 4-микронной n МОП-технологии T_{read} составляет около 300 нс. С учетом времени подзаряда шины суммарное время — около 400 нс. Во время записи $T2$ открыт, логический уровень, установленный на шине D , по принципу «деление заряда» переходит на емкость C .

На каждом такте блок чтения/записи (RW) читает данные из памяти по шине D и устанавливает данные на шину D снова для записи.

Если выбран какой-либо банк памяти, то управляющий им RW устанавливает данные, считанные из памяти, на шину S , а данные, считанные с шины S , заносятся в память. В других банках (нев выбранных) в память записываются предыдущие данные, в результате происходит необходимая для динамической памяти регенерация.

Данные с шины S в первом полутакте считываются в один из восьми банков памяти, а во втором полутакте заносятся обратно в память. Здесь необходимо отметить, что данные, извлеченные из памяти в i -м такте, попадают обратно в память только $i + 2$ -м (происходит задержка в регистрах блока АЛУ). Следовательно, если требовать, чтобы данные на выходах $D0 \dots D15$ устанавливались с периодом 512 тактов, необходимо считывать те же данные с опережением на 2 такта. Для этого генератор адресов после 510 сбрасывается в нуль.

Данные, считанные из памяти на внутреннюю шину $S0 \dots S15$, запоминаются в регистрах выходного блока и в следующем такте устанавливаются на внешней шине $C0 \dots C15$. Выходной блок содержит 16 регистров и 16 усилителей мощности, рассчитанных на одну ТТЛ-нагрузку (1,5 мА).

Блок АЛУ (ALU_BLOCK) выполняет функции инкремента, декремента и транзита данных, считанных с шины $S0 \dots S15$. Так как управляющие сигналы поступают относительно данных с некоторой задержкой, то поступающие данные буферизуются. Для этого ALU_BLOCK содержит блок регистров 2×16 и АЛУ. В качестве бита АЛУ использована стандартная схема с последовательным переносом [1], а в качестве бита регистра — схема стандартного динамического регистра с двухфазной синхронизацией [1].

Все описанные выше компоненты АК управляются сигналами R и W . R вырабатывается в первом полутакте сигнала CLOCK и соответствует чтению данных из памяти, W — во втором и соответствует записи данных в память. Кроме того, вырабатывается сигнал P , управляющий блоком подзаряда (PR_BLOCK). Подзаряд осуществляется как перед считыванием данных с динамической памяти, так и перед записью.

Время накопления темновых токов в описываемой схеме определяется их значениями. В худшем случае при диапазоне 16 разрядов и тактовой частоте 1 МГц длительность этой операции составит 32 с.

Коррекция чувствительности приемников. Разработанный корректор используется для выравнивания (коррекции) чувствительности фотоприемников. В этом случае коррекция производится по схеме, представленной на рис. 4.

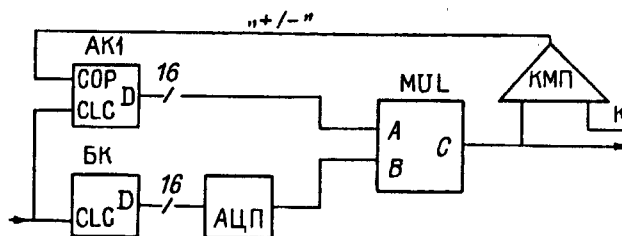


Рис. 4

Схема включает все узлы схемы рис. 1: блок коррекции темновых токов (БК), аналого-цифровой преобразователь (АЦП), цифровой умножитель (MUL), цифровой компаратор (КМП) и дополнительный корректор (АК1).

Коррекция чувствительности выполняется после коррекции темновой составляющей. При этом на приемники подается засветка, принимаемая за эталон.

Если на вход СОР корректора АК1 подавать высокий уровень сигнала, полученного с компаратора, когда результат умножения меньше выбранной константы К (константа должна соответствовать цифровому значению эталонной интенсивности), и низкий в противном случае, то в АК1 накопится значение, обратное значению единичной интенсивности, получаемой с приемников.

Таким образом, накопленный поправочный коэффициент g нормирует в процессе работы чувствительность датчиков.

Реализация. БИС АК разработана и изготовлена по 4-микронной n МОП-технологии. БИС содержит около 32 тысяч транзисторов, размеры кристалла 7×6 мм.

Параметры БИС: тактовая частота 100 кГц — 1,3 МГц; рассеиваемая мощность 700—800 мВт; напряжение питания 5 В.

БИС АК оформлена в виде 24-выводной микросхемы в металлокерамическом корпусе.

Использование при разработке АК таких современных средств, как система топологического проектирования ICE [2], программа проверки электрической схемы MICE [3], программа логического моделирования SimSim [4], позволило обеспечить отсутствие ошибок в проекте и получить работоспособные БИС с первой производственной итерации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Mead C., Conway L. Introduction to VLSI System.—Addison-Wesley, 1980.
2. Титов Д. Г. Система проектирования топологии интегральных схем ICE.—Новосибирск, 1991.—(Препр. СО АН СССР. ИАиЭ; 464).
3. Рябченко А. Г. MICE2: программа экстракции электрической схемы из описания топологии МОП СБИС // Автометрия.—1991.—№ 5.
4. Лившиц С. А., Пичуев А. В. SimSim: программа логического моделирования МОП СБИС на переключательном уровне // Там же.—№ 3.

Поступила в редакцию 30 марта 1992 г.

УДК 519.24

Е. Л. Кулешов

(Владивосток)

НЕПАРАМЕТРИЧЕСКИЕ СПЕКТРАЛЬНЫЕ ОЦЕНКИ СТАЦИОНАРНЫХ СЛУЧАЙНЫХ ПРОЦЕССОВ НА КОНЕЧНЫХ РЕАЛИЗАЦИЯХ

Рассматриваются оптимальные по среднеквадратической ошибке корреляционные и спектральные окна для ограниченной по длительности реализации стационарного случайного процесса. Показано, что условие нормировки на единицу для спектрального окна, используемое в асимптотических оценках, может стать неприемлемым по ошибке для конечных реализаций. Рассмотрены оптимальные оценки математического ожидания и дисперсии стационарного случайного процесса, непосредственно следующие из метода корреляционно-спектральных окон, показаны возможные их преимущества по точности в сравнении с традиционными оценками.