

УДК 621.382

## Проектирование интегральной схемы считывания формата 6×576 с ВЗН в холодной зоне

*А. А. Зайцев, С. С. Хромов, К. О. Болтарь, П. А. Кузнецов*

*Спроектирована микросхема считывания для линейки ИК-фотодиодов на основе КРТ формата 6×576 с ВЗН в холодной зоне. Сдвиг между элементами в направлении, перпендикулярном сканированию, — 14 мкм. Топология кристалла разработана для КМОП-технологии с проектными нормами 0,8 мкм, двумя уровнями поликремния и двумя уровнями металла.*

PACS: 85.60 Gz

*Ключевые слова:* интегральная схема, проектирование, топология, КМОП-технология.

### Введение

Совершенствование тепловизионной техники требует развития новых способов обработки сигналов с ИК-фотоприемников. Одним из таких способов является режим временной задержки и накопления (ВЗН). Суть его состоит в запоминании и суммировании сигналов от  $N$  фотоприемников, расположенных в направлении сканирования изображения [1]. В фотоприемных устройствах (ФПУ), реализованных по этому принципу, появляется ряд следующих преимуществ:

возрастает отношение сигнал/шум в  $\sqrt{N}$  раз независимо от вида шумового спектра, а также в условиях ограничения фоном;

уменьшается в  $\sqrt{N}$  раз разброс чувствительности по каналам ФПУ;

исключаются (компенсируются) дефектные фотоприемники в процессе суммирования сигналов.

В результате многорядные линейки фотоприемников все больше вытесняют обычные однорядные линейки и становятся конкурентоспособными в сравнении с матричными ФПУ "смотрящего" типа.

Существуют различные варианты реализации канала ВЗН на кристалле. Самые первые были основаны на использовании ПЗС-регистра. Существует также смешанная концепция, сочетающая ПЗС и КМОП-технологии [2]. Однако серийно

выпускаемые за рубежом ФПУ с ВЗН-каналом выполнены полностью по КМОП-технологии [3].

### Структура и принцип работы

Разработанная интегральная микросхема (ИМС) считывания формата 6×576 обеспечивает интегрирование фототока многорядной линейки ИК-фотодиодов на основе КРТ, суммирование заряда в режиме ВЗН по 6 элементам с прямым и реверсивным режимом сканированием, деселекцию дефектных элементов с коррекцией коэффициента передачи. Размер ячейки считывания поперек сканирования/вдоль сканирования составляет 56/42 мкм. Ячейки считывания сгруппированы в 4 блока форматом 6×144 со сдвигом в направлении поперек сканирования 14 мкм (рис. 1). Топология кристалла разработана для изготовления по КМОП-технологии с проектными нормами 0,8 мкм, двумя уровнями поликремния и двумя уровнями металлизации. Подобная конфигурация фоточувствительных элементов и разработанная схема ИМС обеспечивает выходной сигнал каждой из двух половин фотоприемника формата 6×288, сдвинутых на 14 мкм в направлении поперек сканирования, который полностью аналогичен выходному сигналу широко распространенного формата 4×288 [2]. Это позволяет улучшить чувствительность и разрешение аппаратуры без переработки оптической схемы и сканера.

При использовании типичной конфигурации канала ВЗН [2], когда первоначальная обработка фотосигналов происходит в параллельных подканалах, соединенных каждый со своей ячейкой считывания, возникают определенные сложности в его топологической реализации при заданных нормах проектирования (0,8 мкм) и количестве

**Зайцев Алексей Андреевич**, ведущий инженер-электроник.

**Хромов Сергей Сергеевич**, начальник дизайн-центра.

**Болтарь Константин Олегович**, начальник НТЦ.

**Кузнецов Петр Александрович**, главный специалист.

ФГУП «НПО "Орион"».

Россия, 111123, Москва, Шоссе Энтузиастов, 46/2.

E-mail: orion@orion-ir.ru

Статья поступила в редакцию 20 сентября 2010 г.

подканалов (12 на 56 мкм). В связи с этим была разработана специальная архитектура канала ВЗН, в которой 6 ячеек считывания подключены к каналу посредством одной общей шины. Деселекция дефектных ячеек также производится с помощью одной общей шины на 6 ячеек. Это приводит к тому, что считывания с 6 ячеек приходится выполнять последовательно, что требует большего количества служебных тактов и приводит к небольшому уменьшению максимального времени интегрирования.

Блок-схема одной половины ИМС представлена на рис. 2. Ячейки считывания и интегрирования фототока расположены непосредственно под индиевыми микроконтактами и имеют размер 42×56 мкм. Блоки А1—А4 состоят из 72 аналоговых каналов каждый и реализуют функцию ВЗН. Блок М1 является статической оперативной памятью формата 8×288 и служит для хранения ин-

формации о дефектных элементах и коэффициенте передачи. Регистры R1 и R2 управляют процессом считывания сигнала с аналоговых каналов на выходы ИМС. Регистр R3 служит для адресации ячеек памяти в процессе записи информации с последовательного интерфейса. Блок управления включает ряд сдвиговых регистров и делителей частоты и служит для генерации фаз, задающих работу ВЗН канала, а также других элементов ИМС. Регистр ввода данных преобразует последовательный двоичный код (DATA), приходящий по последовательному интерфейсу, в параллельный. Также регистр хранит информацию о режимах работы ИМС (количестве выходов, величине емкости накопления и т. д.). Кроме того, управление ИМС происходит тремя внешними импульсами, задающими время такта (CLK), время интегрирования (INT) и направление сканирования (REV).

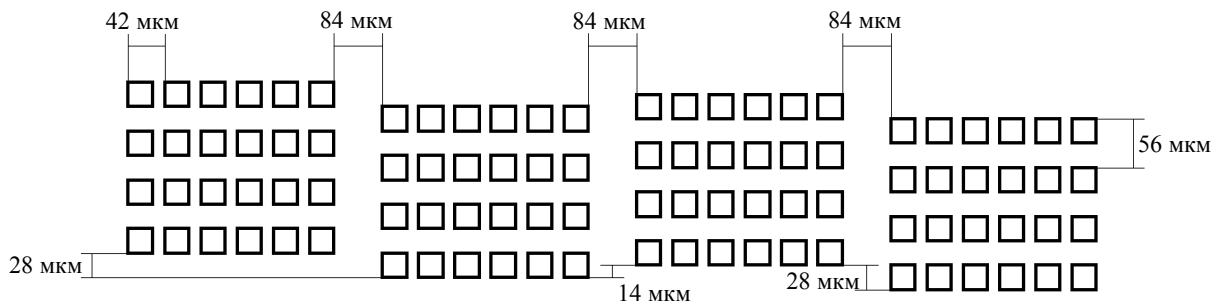


Рис. 1. Расположение ячеек считывания

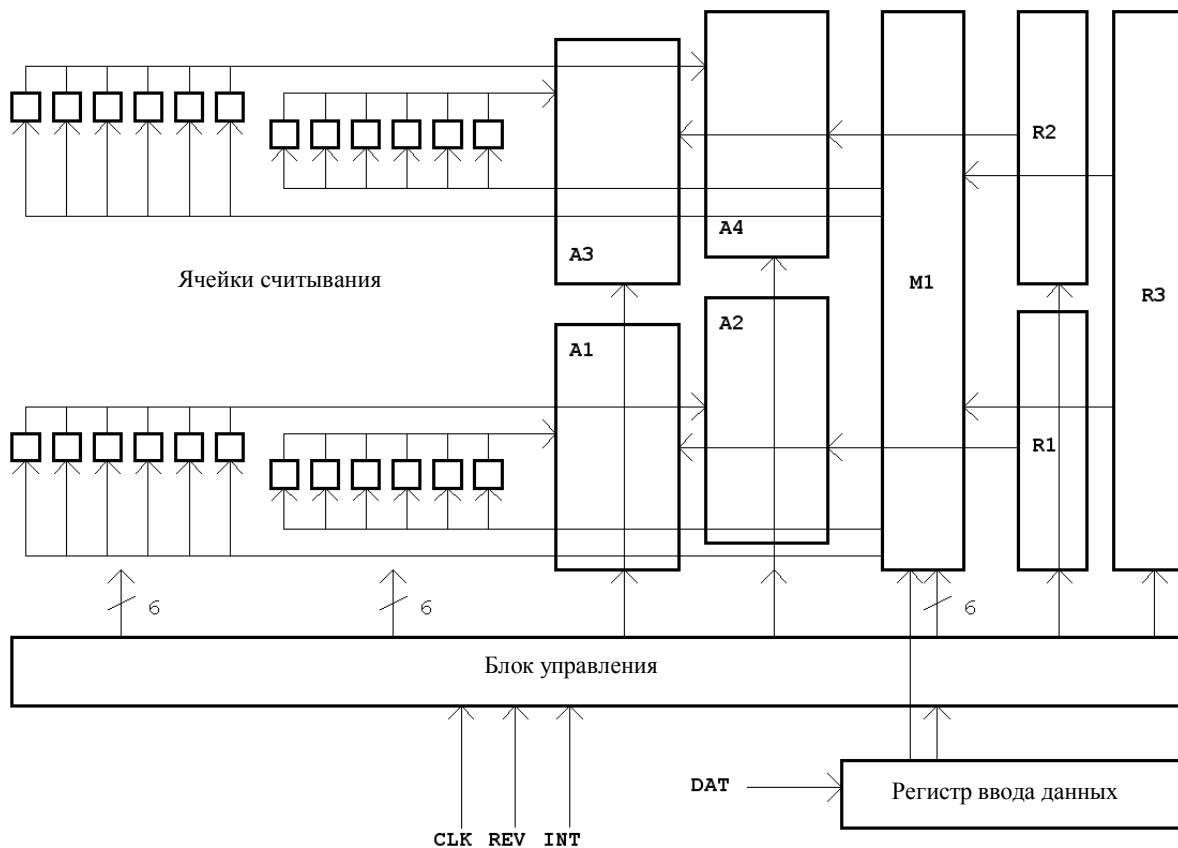


Рис. 2. Блок-схема одной половины ИМС

Возможны 4 режима работы:  
 режим тестирования — по очереди опрашиваются все ячейки считывания;  
 режим записи — в память записываются данные деселекции;  
 режим по умолчанию — 8 выходов, емкость интегрирования — 1,5 пФ, все ячейки считаются работающими;  
 управляемый режим — выбор количества выходов, выбор емкости интегрирования, использование данных деселекции.

На рис. 3 представлена упрощенная схема аналогового тракта ИМС. Входной каскад выполнен по классической схеме с прямой инжекцией. Интегрирование фототока выполняется на емкости, состоящей из трех секций по 0,5 пФ каждая. Величина емкости интегрирования устанавливается с помощью ключей KC1 и KC2. Ключ DEV служит для деления заряда, когда интегрирование происходит более чем на одной секции емкости накопления. Ключ RINT служит для информационного

сброса заряда емкостей интегрирования. Ключ RD(n) осуществляет считывания сигнала с емкости накопления на общую для 6 ячеек выходную шину. Ключ DES включен последовательно с ключом RD и препятствует считыванию сигнала с данной ячейки, если она объявлена дефектной. Управление ключом DES осуществляется по общей для 6 ячеек шине путем считывания на нее информации из ячеек памяти, т. е. идет одновременный опрос ячеек считывания и соответствующих им ячеек памяти.

К общей выходной шине подключены 16 ячеек суммирования, выполненных по схеме "пожарной цепочки". Соединение ячеек считывания с ячейками суммирования осуществляется в соответствии с таблицей. За каждый из 16 тактов ВЗН происходит информационный перенос заряда со всех ячеек считывания на заданные ячейки суммирования. В результате за 16 тактов на каждой ячейке суммирования накапливается информация от всех 6 ячеек считывания.

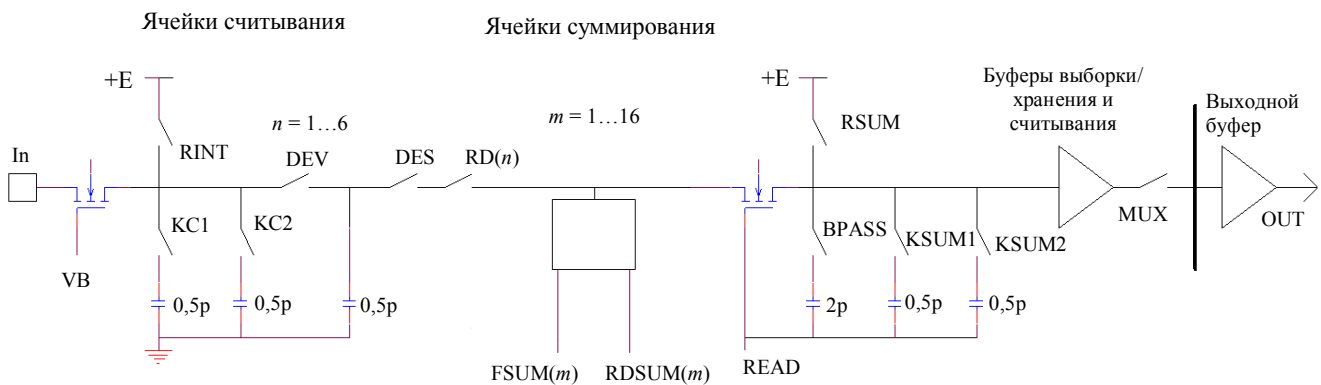


Рис. 3. Упрощенная схема аналогового тракта

Такты ВЗН	Номер ячейки суммирования $m$ ( $Xn$ — номер ячейки считывания)															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	X1	X6			X5			X4			X3			X2		
2		X1	X6			X5			X4			X3			X2	
3			X1	X6			X5			X4			X3			X2
4	X2			X1	X6			X5			X4			X3		
5		X2			X1	X6			X5			X4			X3	
6			X2			X1	X6			X5			X4			X3
7	X3			X2			X1	X6			X5			X4		
8		X3			X2			X1	X6			X5			X4	
9			X3			X2			X1	X6			X5			X4
10	X4			X3			X2			X1	X6			X5		
11		X4			X3			X2			X1	X6			X5	
12			X4			X3			X2			X1	X6			X5
13	X5			X4			X3			X2			X1	X6		
14		X5			X4			X3			X2			X1	X6	
15			X5			X4			X3			X2			X1	X6
16	X6			X5			X4			X3			X2			X1

В конце общей шины находится ячейка коррекции коэффициента передачи. Ключ READ открывается одновременно с ключом RDSUM( $m$ ) ячейки суммирования и происходит информационный перенос заряда из ячейки суммирования в ячейку коррекции с коэффициентом 1 — при всех работающих ячейках, 1,2 — при одной дефектной, 1,5 — при двух и более дефектных. Перенос заряда осуществляется после фазы X1 (в обозначениях таблицы). Коэффициент передачи задается ключами KSUM1 и KSUM2. В режиме тестирования на выход передаются сигналы от каждой ячейки накопления по очереди без суммирования с коэффициентом усиления 6, при этом ключ BPASS и один из ключей KSUM разомкнуты. Информационный сброс ячейки коррекции происходит по импульсу RSUM.

С ячейки коррекции сигнал поступает на буфер выборки/хранения и буфер считывания, с выхода которого сигнал коммутируется на общую для всех каналов данной группы шину и далее через выходной буфер на выходную площадку.

## Заключение

Разработанная ИМС предназначена для считывания сигнала с многорядной линейки КРТ-фотодиодов формата 6×576 на спектральный диапазон 8—12 мкм. Сдвиг между элементами в направлении, перпендикулярном сканированию, — 14 мкм. Максимальная емкость интегрирования — 1,5 пФ. Динамический диапазон — 2,2 В. Максимальное время интегрирования — 15 мкс. Скорость считывания — 4 или 8 МГц при работе на 8 или 4 выхода, соответственно. Режим считывания — двухнаправленное сканирование с ВЗН по 6 элементам и деселекцией дефектных элементов. Максимальная частота кадров — 70 Гц (для кадра 576×768). Размер кристалла — 10,8×11,3 мм.

## Литература

1. Rogatto W. D. The Infrared & Electro-Optical Systems Handbook. Vol. 3. Electro-Optical Components, USA, SPIE Optical Engineering Press, 1993.
2. Sizov F. F., Reva V. P., Golenkov A. G., Vasiliev V. V., Suslyakov. A. O. // Opto-Electronics Review. 2005. V. 14. No. 1. P. 79.
3. MERCURY 480×6 HgCdTe LWIR Data Sheet. <http://www.sofradir.com>

## The 6×576 ROIC with time delayed integration

A. A. Zaytsev, S. S. Khromov, K. O. Boltar, P. A. Kuznetsov  
Orion R&P Association, 46/2 Enthusiasts shosse, Moscow, 111123, Russia  
E-mail: orion@orion-ir.ru

*The 6×576 TDI ROIC for MCT infrared photo detectors has been developed. Photo detectors have the 14 μm shift in a crossscan direction. The chip layout has been designed for 0.8 micron double poly, double metal CMOS-process.*

PACS: 85.60 Gz

*Keywords:* integrated circuit, design, layout, CMOS-process.

Bibliography — 3 references.

*Received September 20, 2010*