

объединенный
институт
ядерных
исследований
дубна

P10-94-433

О.Аварзад

ВИДЕОПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ
НА ОСНОВЕ ФОТОПРИЕМНОЙ МАТРИЦЫ
С ЗАРЯДОВОЙ СВЯЗЬЮ ТИПА К1200ЦМ7

1994

На основе приборов с зарядовой связью (ПЗС) эффективно решаются задачи по обработке и передаче аналоговой и цифровой информации. Широкое применение ПЗС находят также в качестве приемников изображения^{1/}.

С момента изобретения ПЗС в 1969 году идет их непрерывное совершенствование, внедрение в различные области фотоприема и обработки видеосигналов, в результате чего в настоящее время накоплено значительное количество экспериментальных данных по разработке ПЗС-датчиков изображения. Однако можно сказать, что техника ПЗС вышла на новый уровень, появились новые, серийно выпускаемые и опытные приборы с улучшенными характеристиками. Широкое внедрение ПЗС в самых разных областях за сравнительно небольшой срок объясняется рядом причин. Во-первых, сам принцип зарядовой связи весьма привлекателен своей простотой и изяществом, информация в ПЗС передается зарядами без промежуточных преобразований заряда (тока) в потенциал и обратно. Во-вторых, ПЗС обладают исключительной функциональной разновидностью, связанной с накоплением и преобразованием информации: преобразованием излучения в электрический сигнал - ФПЗС; аналоговой обработкой информации - линии задержки, фильтры; запоминающие устройства ПЗС. В-третьих, конструктивно в них достигнута высокая степень интеграции за счет отсутствия необходимости изготавливать индивидуальные контакты^{2/}.

Существуют два класса приборов с переносом заряда: с поверхностным и скрытым каналом. Несмотря на некоторые преимущества, такие, как более простая технология изготовления, высокая управляющая способность и меньший темновой сигнал, приборы с поверхностным каналом считаются неперспективными, как обладающие меньшей пороговой чувствительностью и более низким быстродействием по сравнению с приборами со скрытым каналом.

На основании исследования ряда приборов на среднеформатной матрице с поверхностным каналом типа К1200ЦМ1 в работе^{3/} сделан вывод, что в ТВ-системах, работающих при повышенных фоновых засветках или большом времени накопления, лучше при-

менять ПЗС с поверхностным каналом, а в системах высокой пороговой чувствительности или большего быстродействия - приборы со скрытым каналом.

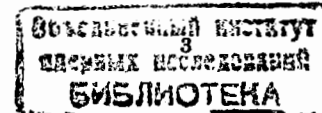
Если в вещательном телевизионном режиме к работе ПЗС-матриц предъявляются жесткие частотные требования, то в случае прикладного применения необходимость в такой частотной привязке отпадает. А изменение частотных характеристик тактовых управляющих импульсов влечет за собой изменение времени накопления информации, что особенно важно для перестройки компонентов комплекса к единым опорным сигналам тактирования.

Надо отметить еще одно интересное преимущество с точки зрения регистрации изображений с помощью ПЗС-датчика, которое отличает его от датчика на электронной лучевой трубке.

При использовании в качестве преобразователя свет-сигнал вакуумного датчика (ЭЛТ) развертка идет по жесткому алгоритму, имеет непрерывный периодический характер, т.е., как правило, она непрерывно производится по стандартным ТВ-синхро-сигналом, вырабатываемым синхροгенератором. Поэтому такую жесткую развертку изменить и остановить нельзя, так как процесс преобразования и запоминания осуществляются по подчинению синхросигнала передающих трубок, а при использовании ПЗС-датчика нет необходимости иметь непрерывную развертку, поскольку на ПЗС производится накопление заряда на дискретных конденсаторах (потенциальных ямах), то в определенном смысле мы любым временным алгоритмом можем запоминать на нем изображение и считывать из него это изображение, в этом смысле ПЗС-датчик является как бы своеобразным динамическим запоминающим устройством на один кадр, с временем задержки до одного секунда (малокадровый режим).

ПЗС-матрица может рассматриваться как память аналоговой задержки сигнала на определенное время, например, на время одной строки или одного кадра и т.д., а процесс сканирования изображения ведется под действием электрических управляющих импульсов низкого напряжения.

Это обстоятельство открывает широкие возможности разработать видеointерфейс без буферной памяти на быстродействующую АТ-шину 32-разрядной ПЭВМ с параметрами развёртки, подходящими к SVGA контроллеру и дисплею, в результате чего имеется



возможность получить высокопроизводительный анализатор на базе ПЭВМ IBM PC AT.

Высокая светочувствительность и фотометрическая способность видеопреобразователя на ПЗС, их высокая надежность в сочетании с регулируемой скоростью цифрового потока, легко согласуемой с различными каналами связи и ПЭВМ, делают перспективной разработку анализатора нового типа с широкой областью применения.

Регулируемость параметров разложения является важным при решении проблемы адаптации фотоприема^{/4/}.

В работах^{/5,6/} исследованы режимы работы ПЗС при различных потенциалах на подложке прибора и установлено, что оптимальный режим работы ПЗС-матрицы целесообразно определять для каждого конкретного применения и для каждой ПЗС-матрицы индивидуально.

Все эти особенности были учтены при разработке принципиальной схемы видеопреобразователя.

Описание видеопреобразователя

Видеопреобразователь на основе фотоприемной матрицы с зарядовой связью (ФМЗС) построен из трех модулей:

- 1 - модуль управления и синхронизации фотоприемной матрицы;
- 2 - модуль усиления и обработки выходных сигналов;
- 3 - модуль аналого-цифрового преобразователя.

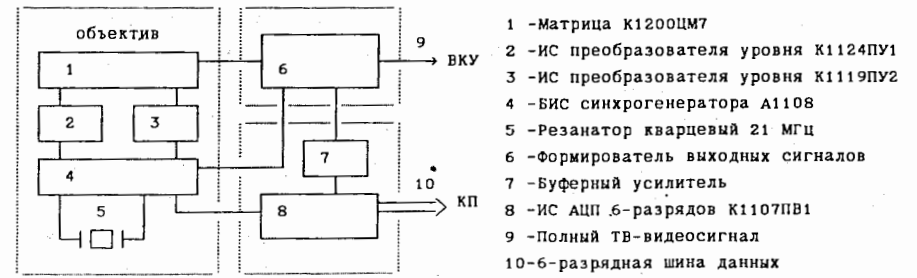
Функциональная схема видеопреобразователя представлена на рис. 1, а принципиальные электрические схемы модулей видеопреобразователя приведены на рис. 3, 4, и 5 соответственно.

1. Модуль управления и синхронизации фотоприемной матрицы

Основу модуля составляет ПЗС-датчик изображения на микросхеме DA1 типа K1200ЦМ7. Основные характеристики K1200ЦМ7 приведены в таблице^{/4/}.

Данная фоточувствительная матрица с зарядовой связью (ФМЗС) со скрытым каналом, с кадровой организацией и трехфазными электродами содержат секцию накопления, секцию хранения и выходной регистр сдвига. Секция накопления представляет собой

часть ФМЗС, предназначенную для формирования зарядовых пакетов



- 1 - Матрица K1200ЦМ7
- 2 - ИС преобразователя уровня K1124ПУ1
- 3 - ИС преобразователя уровня K1119ПУ2
- 4 - БИС синхрогенератора A1108
- 5 - Резонатор кварцевый 21 МГц
- 6 - Формирователь выходных сигналов
- 7 - Буферный усилитель
- 8 - ИС АЦП 6-разрядов K1107ПВ1
- 9 - Полный ТВ-видеосигнал
- 10 - 6-разрядная шина данных

Рис. 1. Функциональная схема видеопреобразователя

тов и их накопления, а секция хранения - для хранения зарядовых пакетов, оба секции содержат по 288 строк и 360 столбцов каждая. Топологии секций памяти и накопления в фотоприемнике с кадровым переносом полностью идентичны (см. рис. 2), что позволяет применять их в качестве светочувствительной секции^{/7/}.

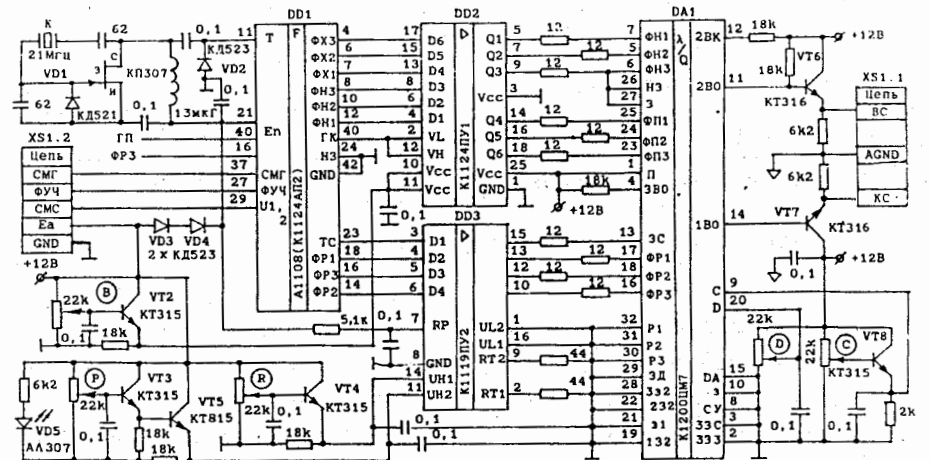


Рис. 2. Принципиальная схема модуля управления и синхронизации фотоприемной матрицы

Процесс функционирования ФМЗС включают режимы накопления, хранения и переноса. Процессы накопления и считывания заряда происходят одновременно, т. е. во время считывания данных из зоны хранения(N-1) идет процесс накопления зарядов элементов следующего кадра(N) в фоточувствительной зоне. Потом выполняется быстрый построчный перенос элементов из фоточувствительной зоны в зону хранения и следует чтение кадра (N) и накопление следующего кадра (N+1) и т. д.

Таблица

Параметр	K1200ЦМ7
Число элементов(горизонт. x верт.)	360 x 288
Размеры фотоэлемента(Г x В), мкм	21 x 27
Тип организации	Кадровый перенос
Полярность тактовых импульсов	Отрицательная
Число фаз управления	3
Чувствительность, В/(мкДж/см ²)	0, 5
Неравномерность выходного сигнала, %	5, 5
Неравномерность темнового сигнала, мВ	7, 0
Напряжение насыщения, В	0, 1
Динамический диапазон	2000
Частота вывода информации, МГц *	7, 0

* Соответствует времени накопления кадра 20 мс

Для улучшения горизонтального переноса заряда в схеме предусмотрен переменный резистор, обозначенный на схеме буквой D. Переменный резистор, имеющий обозначение на схеме С, предназначен для регулировки напряжения, подаваемого на сток транзистора сброса. Выходной(BC) и компенсационный(KC) сигналы матрицы через повторители на транзисторах VT6 и VT7 поступают в модуль усиления и обработки выходных сигналов.

Основу схемы управления и синхронизации модуля составляет многофункциональная микросхема A1108(K1124АП2), обозначенная

на схеме DD1 и предназначенная для выработки управляющих и синхронизирующих импульсов, которая позволяет формировать все необходимые телевизионные синхросигналы, соответствующие ГОСТ 7845-79^{8/}. Данная схема интересна прежде всего перестраиваемостью режимов и совмещением функций, обеспечивающим расширение сфер применения прикладного телевидения и отличаются улучшенными характеристиками и простым запуском.

Тактовый генератор опорной частоты 21 МГц выполнен на транзисторе VT1. DD1 формирует из тактовой кварцеванной частоты набор опорных частот и синхроимпульсов. С помощью DD2, микросхемы типа K1124ПУ1, обеспечивается необходимое усиление импульсов управления горизонтальным переносом в матрице ФМЗС.

На микросхеме DD3 типа K1119ПУ2 выполнен усилитель импульсов вертикального переноса заряда. Интегральная микросхема K1119ПУ2 -быстродействующий четырехканальный двухуровневый преобразователь, обеспечивает преобразование входных сигналов ТТЛ-и КМОП-уровней в управляющие сигналы, подаваемые непосредственно на ФМЗС.

С помощью переменного резистора, обозначенного на принципиальной схеме буквой В, осуществляется регулировка амплитуды

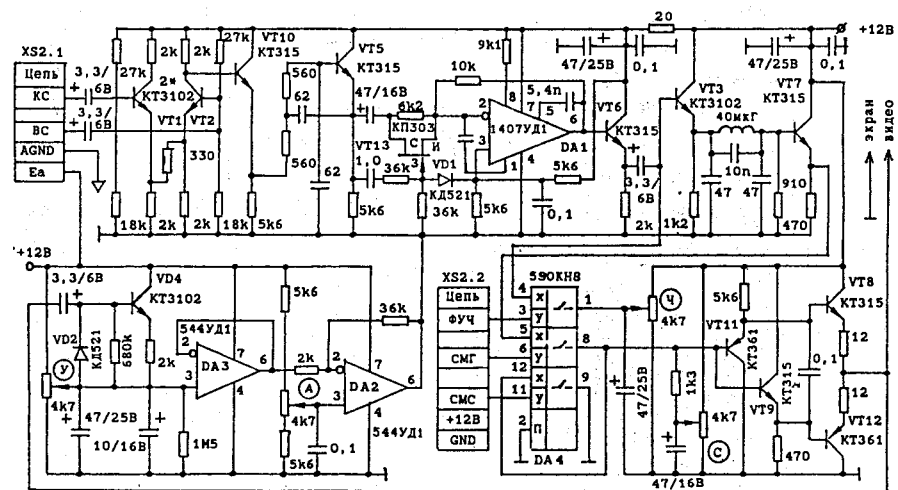


Рис. 3. Принципиальная схема модуля усиления и обработки выходных сигналов

импульсов управления вертикального переноса. Переменные резисторы, имеющие обозначения на схеме R и P, соответственно позволяют осуществлять регулировку амплитуд импульсов горизонтального переноса. Элементы регулировки режимов работы D, C, B, R и P предназначены для формирования регулирующих питающих напряжений датчиков изображения на ПЗС, с помощью которых оптимизируется частотно - контрастная характеристика ПЗС-датчиков изображения путем изменения напряжения питания.

2. Модуль усиления и обработки выходных сигналов

С помощью модуля усиления и обработки выходных сигналов осуществляется усиление выходных сигналов и добавление к усиленному видеосигналу необходимых телевизионных синхросигналов. На транзисторах VT1, VT2 осуществляется предусиление сигналов и помпенсація помехи. Активный фильтр нижних частот на транзисторах VT10 и VT5 обеспечивает эффективное подавление частотного спектра сигнала выше частоты среза 3,5 МГц.

Операционный усилитель DA1 на микросхеме типа КР1407УД1 является основным элементом блока автоматической регулировки усиления (АРУ).

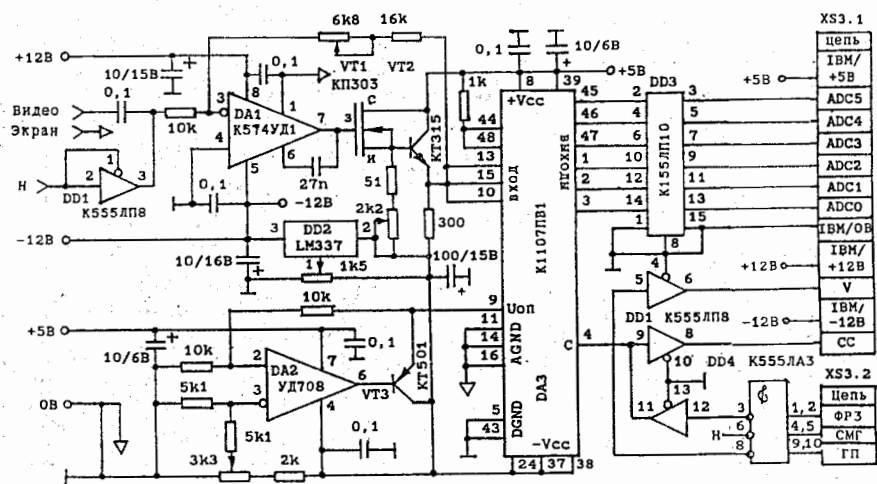


Рис. 4. Принципиальная схема модуля аналого-цифрового преобразователя

Напряжение подаваемое на затвор транзистора VT13 обеспечивает необходимый коэффициент усиления. Транзистор VT13 выполняет функцию переменного резистора, а потенциал подаваемый на его затвор определяет его величину. Операционные усилители DA2 и DA3 выполняют функцию формирования напряжения, необходимого для управления транзистора VT13. На транзисторах VT3, VT7 построен фильтр нижних частот с частотой среза 3,5 МГц. Добавление телевизионных синхросигналов в телевизионный сигнал осуществляется с помощью набора ключей в микросхеме DA4 типа K590KN8. Для передачи выходного полного телевизионного сигнала по согласованному кабелю на расстояние не менее 100м от видеопреобразователя предусмотрен повторитель на транзисторах VT11, VT9, VT8, VT12.

С помощью потенциометра А подбирается постоянный уровень срабатывания схемы автоматического усиления уровня, с помощью У выбирается диапазон регулировки схемы АРУ, а с помощью Ч и С регулируются постоянный уровень черного и уровень синхронизации полного видеосигнала.

3. Модуль аналого-цифрового преобразователя

В состав модуля входит схема привязки уровня, буферный усилитель, формирователь опорного напряжения и АЦП параллельного типа K1107PB1^{19/} с выходным согласующим усилителем на микросхеме DD3.

Преобразование видеосигнала осуществляется быстродействующим АЦП DA3, входной аналоговый тракт которого обеспечивает автоматическую привязку входного видеосигнала к уровню "черного" строчным сигналом с помощью микросхемы K555LP8, имеющей выводы разрешения по входу и выходу. Когда на сигнальном входе и выводе разрешения одновременно низкий уровень напряжения видеосигнала в период обратного хода развертки, то на выходе - нулевой уровень сигнала (привязка к нулю), а когда высокий потенциал (прямой ход развертки), то действие входа запрещается, а выход микросхемы переводится в третье состояние. Буферный усилитель на операционном усилителе K574UD1 и согласующем повторителе на транзисторах KP303 и KT315 дает возможность инвертировать видеосигнал и согласовать его уро-

вень от передающей ТВ-камеры(приблизительно 600 мВ) со входной шкалой БИС быстродействующего параллельного АЦП(от минус 2 до 0 В) с помощью переменного резистора обратной связи 6,8 ком(см. принципиальную электрическую схему на рис. 5).

В качестве источника опорного напряжения(ИОН) минус 2 В для БИС К1107ПВ1 используется операционный усилитель типа КР140УД708 в режиме повторителя, для питания его напряжением минус 6 В используется стабилизатор на основе микросхемы LM337 с регулировкой выходного напряжения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Арутюнов В. А., Богатыренко Н. Г., Грибов А. С., Сорокин О. В. Способы повышения выходного сигнала ПЗС // Электронная промышленность, 1994, вып. 3. с. 46-47
2. Пресс Ф. П. Фоточувствительные приборы с зарядовой связью. М.: Радио и связь, 1991, -264 с.
3. Довжиков Д. А., Клебанов М. В., Куликов А. Н., Марков А. Н. Нестационарные помехи в телевизионных камерах на ПЗС // Техника средств связи, сер. Техника телевизионная. 1987. Вып. 4. С. 23-28
4. Кузнецов Ю. А. Приборы с зарядовой связью и матричные фотоприемные устройства // Электронная промышленность. 1993. Вып. 6-7, С. 8-10
5. Меньшиков А. Л., Поляков В. Н., Приходько В. И. Измерение координат точечных изображений с помощью однострочной ПЗС-камеры. Сообщение ОИЯИ, Р10-87-515, Дубна, 1987
6. Меньшиков А. Л., Поляков В. Н., Приходько В. И. Однострочная телевизионная ПЗС-камера и ее шумовые характеристики. Сообщение ОИЯИ, Р10-87-516, Дубна, 1987
7. Стенин В. Я. Применение микросхем с зарядовой связью. М.: Радио и связь, 1989, С. 256
8. Волков И. Н., Володин В. А. Микросхема К1124АП2 для твердотельных портативных телекамер на основе ФПЗС // Электронная промышленность. 1990. Вып. 4. С. 82-84
9. Климашаускас К. Ю., Монставичюс Т. А., Марцинкявичюс А.-Й. К. Быстродействующий АЦП К1107ПВ1 // Электронная промышленность. 1983. Вып. 6. С. 10-12

Рукопись поступила в издательский отдел
4 ноября 1994 года.