

сообщения
объединенного
института
ядерных
исследований
дубна

13-85-810

В.А.Бутенко, С.Высочил, В.А.Дроздов,
В.Ф.Завьялов, М.Малы*, А.Л.Меньшиков, А.Микш*,
Х.Кисслинг, В.И.Приходько

ТЕЛЕВИЗИОННЫЙ РЕГИСТРАТОР СОБЫТИЙ

* Физический институт АН ЧССР

1985

1. Предлагаемый в настоящей работе телевизионный регистратор событий /ТРС/ предназначен для съема информации с оптических трековых детекторов, применяемых в физике высоких энергий. Он может использоваться также при регистрации однократных быстропротекающих процессов, происходящих в недоступных для человека местах и условиях.

Использование ТРС в физике высоких энергий дает возможность:

- вести оперативный визуальный контроль за работой трекового детектора во время эксперимента;
- записывать координаты треков событий в цифровом виде на магнитную ленту для последующего "электронного" просмотра и анализа событий с целью отбора фильмового материала для измерения на сканирующих устройствах и дальнейшей обработки;
- в некоторых случаях заменить фильмовую методику регистрации событий на бесфильмовую.

Разработка ТРС с учетом опыта, накопленного авторами в процессе создания и эксплуатации телевизионной системы контроля /ТСК/ пятиметровой стримерной камеры спектрометра РИСК^{1,3,4}. В данной работе предпринята попытка создания многоцелевого ТВ-регистратора, который бы обеспечивал:

- а/ возможность перестройки режимов сканирования в зависимости от характеристик конкретного трекового детектора;
- б/ регистрацию треков в большом диапазоне яркостей /два порядка/;
- в/ работоспособность в сильных рассеянных магнитных полях /до 500 Э/;
- г/ несложный переход от одного типа ТВ-трубки к другому;
- д/ высокую надежность.

В состав ТРС, блок-схема которого представлена на рис.1, входят: телевизионный датчик /ТД/, блок обработки видеосигнала /БОВ/, блок управления сканированием /БУС/, отсчетный канал /ОК/, блок синхронизации /БС/, устройство запоминания телевизионных изображений /УЗТИ/, система автономной калибровки /СК/, телевизионный монитор.

Технические характеристики и возможности ТРС определяются требованиями конкретной задачи и в значительной степени зависят от типа применяемой ТВ-трубки. К числу основных относятся следующие характеристики: развертка изображения - или в телевизионном стандарте /625 строк, 50 кадров/с/, или построчная /256, 512 или 1024 строки с периодом 128 мкс/, размер рабочего поля на мишени ТВ-трубки - 15x20 мм² /или 9,7x12,8 мм² /; время визуального анализа картины события на экране ТВ-монитора -

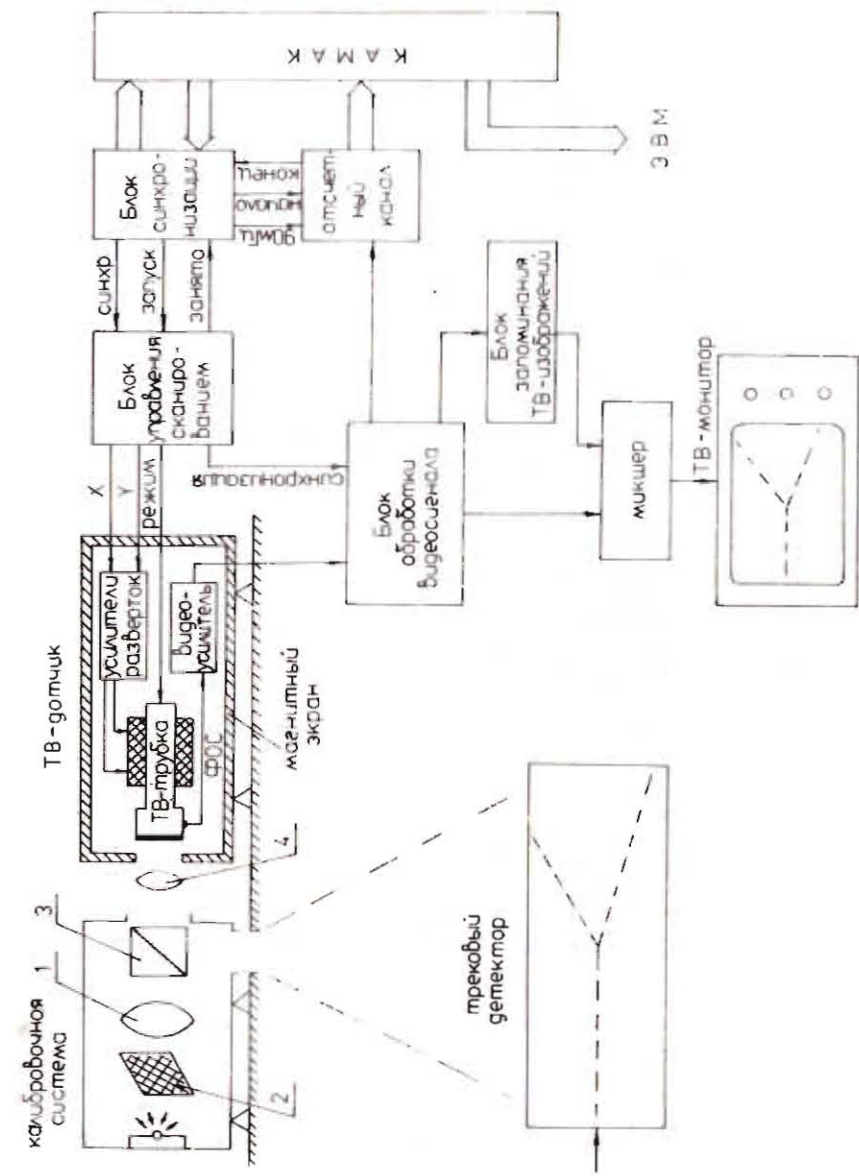


Рис. 1

до 15 мин; погрешность определения координат треков ~ 5 мкм, разрешающая способность ~ 50 мкм на мишени ТВ-трубки /при периоде строчной развертки 128 мкс/; максимальное число регистрируемых треков - 32; мертвое время - 80 мс.

2. Основным узлом ТРС является телевизионный датчик, в конструкции которого предусмотрена возможность использования передающих ТВ-трубок различных типов в зависимости от условий применения. Например, в ТСК РИСК⁴ для получения высокой чувствительности в ТД передающая трубка халоникон сочленена с двухкаскадным электростатическим услителем яркости, что обеспечивает надежную регистрацию треков в стримерной камере.

Для съема данных с искровых камер, где яркость искр более, чем на два порядка выше яркости стримеров, вполне достаточно чувствительности обычной ТВ-трубки типа видикон. Это значительно упрощает проблему разработки ТРС².

Кроме ТВ-трубки и ее фокусирующе-отклоняющей системы, в состав ТД входят усилители пилообразного тока для строчной и кадровой разверток и предварительный видеоусилитель.

Схемы обоих усилителей идентичны за исключением того, что в усилителе кадровой развертки отсутствует схема вольтодобавки. Выходной каскад усилителей построен по общеизвестной двухтактной схеме на комплементарных транзисторах, работающих в режиме АВ. Для повышения эффективности усилителя строчной развертки его выходной каскад питается через схему вольтодобавки. Это позволило получить необходимое быстродействие, малую мощность рассеяния и хороший температурный режим при отдаче в нагрузку тока до + 200 мА с коэффициентом нелинейности не более 2%.

Предварительные каскады этих усилителей выполняют функции усиления пилообразных сигналов, поступающих от задающих генераторов. Они построены на операционных усилителях /ОУ/ и обеспечивают глубокую отрицательную обратную связь /ООС/ по переменному и постоянному токам для снижения нелинейных искажений. Сигнал ООС поступает на инверсный вход ОУ с резистора, включенного последовательно с отклоняющими катушками, которые являются нагрузкой усилителей мощности строчной и кадровой разверток.

Назначение предварительного видеоусилителя - усилить сигналы от ТВ-трубки с возможно более высоким отношением сигнал/шум, достаточным для передачи видеосигнала по кабелю. Чтобы уменьшить влияние флуктуационных шумов, в усилителе используется схема высокочастотной противозумовой коррекции, а во входном каскаде - малощумящий полевой транзистор по схеме истокового повторителя. При коэффициенте усиления, равном трем, в полосе частот от 50 Гц до 7 мГц усилитель обеспечивает отношение сигнал/шум более 40 дБ с неравномерностью АЧХ не более 2 дБ.

Для защиты от рассеянного магнитного поля и импульсных электромагнитных помех ТД имеет двойной магнитный экран из мягкой стали СП-10 толщиной 10 мм и 3 мм. Между слоями имеется воздушный зазор в 1 мм. ТВ-трубка дополнительно помещена в экран из пермаллоя толщиной 1 мм.

3. Из ТВ-датчика видеосигнал по кабелю поступает в блок обработки видеосигнала, где осуществляется его дополнительное усиление /до 1 В от пика до пика/, "привязка" к уровню черного и замешивание с кадровыми и строчными синхросигналами. Таким образом, формируется полный видеосигнал для телевизионного монитора.

При регистрации треков, например, в искровой или стримерной камере видеосигнал представляет собой импульсную последовательность с длительностью импульсов от ~200 нс до нескольких микросекунд в зависимости от типа трекового детектора, яркости треков и т.д.

Для нахождения координат треков необходимо с высокой степенью точности определять середину импульсов данной последовательности. Эта задача выполняется в БОВ схемой формирования импульсов координат треков. Реальный видеосигнал с ТВ-трубки имеет динамический диапазон не менее 40 дБ, поэтому для получения необходимой точности в заданном диапазоне обработка видеосигнала ведется параллельно двумя формирователями - дискриминаторами: а/ дискриминатором уровня и б/ дискриминатором на основе дифференциальной схемы с линией задержки.

Дискриминатор уровня работает в том случае, когда отношение сигнал/шум больше 10. Он построен по схеме компаратора с регулируемым порогом срабатывания, который настраивается на выделение сигналов с амплитудой, превышающей уровень неравномерности фона.

Для обработки импульсов с меньшей амплитудой и длительностью используется дискриминатор с линией задержки, так называемый ZERO-CROSSER [2].

Блок-схема формирования импульсов координат треков и его временная диаграмма представлены на рис.2.

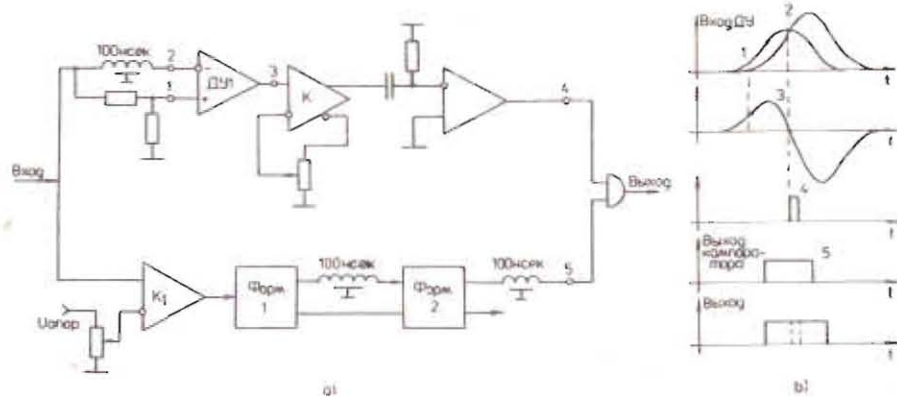


Рис. 2

Величина разностного входного сигнала /на входе ДУ/ определяется амплитудой входного видеоимпульса и величиной задержки, которая выбирается с учетом эффективного выделения полезных импульсов минимальной длительности и в нашем случае составляет 100 нс. Точка пересечения нуля продифференцированного импульса дает хорошую "привязку" к переднему фронту задержанного сигнала. Детектор пересечения нуля работает по схеме компаратора с независимой настройкой порогов срабатывания и отпускания. Порог отпусkania настраивается на четкую фиксацию момента перехода производной через нулевое значение. Выходной каскад обеспечивает формирование коротких импульсов / ~30 нс/, соответствующих заднему фронту выходного сигнала компаратора. Для временного согласования обоих дискриминаторов в цепь дискриминатора уровня включена дополнительная задержка 100 нс.

При большой амплитуде видеоимпульсов сигнал от дискриминатора уровня перекрывает сигнал от ZERO-CROSSER, и координата середины в отсчетном канале определяется по переднему и заднему фронтам видеоимпульса.

При наличии сигнала только от ZERO-CROSSER этот сигнал будет соответствовать координате середины трекового сигнала.

4. Блок управления сканированием вырабатывает управляющие пилообразные напряжения для строчной и кадровой разверток луча в ТВ-трубке, а также задает режим работы ТД /сканирование, стирание, ожидание/.

Пилообразное напряжение строчной развертки формируется непрерывным с постоянной длительностью прямого хода 52 или 104 мкс. Длительность обратного хода зависит от режима работы и является либо постоянной /12 мкс/, либо / при работе на линии с ЭВМ/ продлевается до окончания считывания координат на данной строке. Это позволяет синхронизировать передачу данных в ЭВМ с процессом сканирования изображения в ТД.

Дискретно изменяющееся напряжение кадровой развертки формируется цифроаналоговым преобразователем. Обе развертки синхронизированы, что дает возможность выбирать при необходимости различное число строк в растре /128, 256, 512 или 1024/. Предусмотрена также возможность работы в телевизионном стандарте /625 строк, 50 кадров/с, период строчной развертки 64 мкс/.

При срабатывании трекового детектора БУС запирает луч в ТВ-трубке и устанавливает его в начало кадра. Спустя некоторое время формируется кадр сканирования изображения в ТД, после чего ТД переводится в режим стирания остаточного изображения и далее в режим ожидания.

5. Преобразование в цифровой код интервалов времени от начала строки до появления видеоимпульсов, превышающих заданный порог, осуществляется в отсчетном канале [5], который определяет координаты середины и ширину видеоимпульсов, а также передает эти данные вместе с номером сканируемой строки в ЭВМ через магистраль КАМАК. Блок-схема ОК показана на рис.3. ОК включает

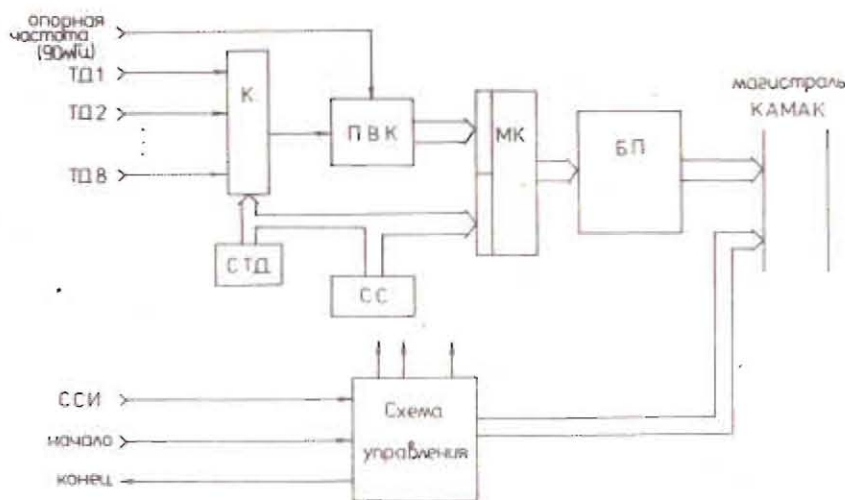


Рис. 3

в себя счетчик строк /СС/, счетчик номера ТД /СТД/, коммутатора ТД/К/, преобразователь время - код /ПВК/, цифровой двухканальный мультиплексор /МК/ и организованную по принципу FIFO буферную память /БП/ емкостью 64 24-разрядных слова.

Отсчетный канал ОК работает следующим образом. Из блока синхронизации в ОК поступают строчные синхроимпульсы и сигнал начала оцифровки видеосигнала, с приходом которого содержимое счетчика строк сбрасывается, а в счетчик номера ТД засылается код того ТД, с которого поступает аналоговая информация, подлежащая оцифровке в текущем кадре сканирования. Код выбранного ТД поступает также на адресный вход коммутатора /К/ для подключения ТД к преобразователю время - код, который состоит из трех счетчиков координат /одного опорного и двух вспомогательных/ и схемы управления. Для определения ширины видеосигнала используется два дополнительных счетчика.

Все три координатных счетчика сбрасываются импульсами обратного хода строчной развертки, а с началом прямого хода строки счетчики начинают накапливать импульсы опорной частоты / $f = 90$ МГц/. При появлении видеосигнала один из вспомогательных счетчиков координаты считает импульсы половинной частоты /45 МГц/, а один из счетчиков ширины видеосигнала накапливает импульсы опорной частоты /90 МГц/. По окончании видеосигнала оба счетчика останавливаются, и их содержимое /весовой центр

видеосигнала и его ширина/ через цифровой мультиплексор передается в буферную память. В это время второй вспомогательный счетчик и второй счетчик ширины ждут прихода следующего видеосигнала, координата и ширина которого определяются аналогичным образом. После записи этой информации в память схема управления ПВК организует перенос значения текущей координаты из опорного счетчика во вспомогательный и сбрасывает счетчик ширины.

Таким образом, работая поочередно, указанные вспомогательные счетчики производят оцифровку видеосигнала.

По окончании прямого хода строки содержимое счетчика номера ТД и счетчика строк через цифровой мультиплексор также передается в буферную память. После этого содержимое счетчика строк увеличивается на 1, 2 или 4 в зависимости от количества строк в данном ТД /1024, 512 или 256/, а ПВК приводится в исходное состояние для оцифровки видеосигналов на очередной строке.

После оцифровки всей видеосообщения с ТД в блок синхронизации посылается сигнал окончания /КОНЕЦ/. Номера телевизионных датчиков, а также количество строк в каждом из них устанавливаются переключателями, расположенными на передней панели ОК.

6. Формирование управляющих сигналов для ТД и отсчетного канала, а также организация ускоренного считывания информации из ОК осуществляется блоком синхронизации. БС содержит высокостабильный кварцевый генератор, формирующий синхроимпульсы ТД и импульсы опорной частоты /90 МГц/ для ОК, и соответствующие схемы управления.

Режим оцифровки видеосигналов инициируется либо сигналом от срабатывания трекового детектора, либо командой $NF_{16} A_0$ с магистрали КАМАК. При необходимости запуск может быть заблокирован сигналом от ТД. Оцифровка начинается с выработки блоком синхронизации сигнала НАЧАЛО, служащего для подготовки ТД и ОК к работе, а заканчивается с приходом в БС сигнала КОНЕЦ из отсчетного канала.

БС обеспечивает возможность ускоренного опроса ОК, исключая тем самым необходимость сканирования крейта контроллером в поисках ОК, который запрашивает операцию ЧТЕНИЕ. Опрос нескольких отсчетных каналов производится через БС командой считывания $NF_{16} A_0$.

7. Кратковременное /до 15 мин/ запоминание и наблюдение картины события на экране телевизионного монитора осуществляется в устройстве запоминания телевизионных изображений /УЗТИ/ [8].

Основой УЗТИ является запоминающая ЭЛТ с кремниевой мишенью - литокон, которая по конструкции аналогична передающей ТВ-трубке типа видикон, причем размеры колбы и цоколевка у них полностью совпадают.

Фокусировка и отклонение электронного луча осуществляются при помощи стандартных магнитных катушек, что позволило в максимальной степени использовать элементную базу и схемы разверток, применяемые в телевизионной технике.

координат треков события телевизионной передающей трубкой, электронно-оптическими преобразователями, оптикой, а также нелинейностью и нестабильностью развертки сканирующего луча в трубке. С этой целью совместными усилиями специалистов ЛВТА и ФИ ЧСАН была разработана и изготовлена калибровочная система, основным узлом которой является прецизионная оптическая решетка /см.рис.1/, изготовленная методом фотолитографии. Решетка имеет следующие характеристики:

- расстояние между перекрестиями - $5 \pm 0,001$ мм;
- ширина штрихов - 0,035 мм;
- размер решетки - 115×115 мм²

С помощью проекционного объектива /1/ изображение оптической решетки /2/, пройдя через полупрозрачную призму /3/ и объектив телевизионного датчика /4/, проецируется на фотокатод ТВ-трубки. Подсветка решетки может производиться постоянно или импульсно, синхронно с запуском трекового детектора.

На полупрозрачную призму /3/ проецируется также изображение следов частиц в рабочем объеме трековой камеры и после отражения через объектив /4/ попадает на фотокатод ТВ-трубки. Полупрозрачная призма имеет коэффициент отражения 0,35 и пропускания - порядка 0,15.

Проекционный объектив обеспечивает совпадение изображений оптической решетки и трековой камеры в плоскости фотокатода ТВ-трубки. Соответствующая настройка выполняется с помощью оптического квадранта, а юстировка объектива осуществляется путем изменения воздушного промежутка между его линзами.

Калибровочная система и телевизионный датчик установлены на специальной юстировочной плите. С помощью юстировочных винтов обеспечивается горизонтальное положение плиты с погрешностью не более $\pm 2'$.

Юстировка объектива телевизионного датчика, который закреплен в корпусе калибровочной системы, выполнена с помощью гелий-неонового лазера. Это позволило получить минимальные ошибки поперечного наклона относительно оптической оси всей системы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рассмотренный в данной работе телевизионный регистратор событий, предназначенный в первую очередь для съема информации с оптических трековых детекторов, является в достаточной степени универсальным прибором, пригодным для широкого применения.

Ряд основных узлов ТРС, таких, как ТВ-датчик, устройство запоминания телевизионных изображений, отсчетный канал и некоторые электронные схемы представляют самостоятельный интерес и могут быть использованы в других системах, где требуются наблюдение и регистрация однократных быстропротекающих процессов с оптическим выходом информации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бечер Ю. и др. ОИЯИ, P13-1021з, Дубна, 1976.
2. Garvey J. et al. CERN, NP=OM-SN. 140, Geneva, 1973.
3. Бечер Ю. и др. ОИЯИ, Б1-13-80-133, Дубна, 1980.
4. Бутенко В.А. и др.
In: Proc. X International Symposium on Nuclear Electronics, ZFK - 433, Rossendorf, February, 1981, p.44.
5. Меньшиков А.Л. Авторское свидетельство СССР № 907507, от 23.02.82 г. ОИ, 1982, № 7, с.196.
6. Бечер Ю. и др. ОИЯИ, P13-12473, Дубна, 1979.

Рукопись поступила в издательский отдел
14 ноября 1985 года.