

# Цифровой сигнальный процессор тепловизионного канала на базе процессора Л1879ВМ1 (NM6403)

**История создания тепловизоров, строящих изображение в инфракрасной области спектра, насчитывает уже более четырех десятилетий. Такая аппаратура, первоначально создаваемая для военной техники, по мере упрощения, совершенствования и удешевления завоевывает все новые сферы применения.**

**Максим Груздев**

[grouzdev@module.ru](mailto:grouzdev@module.ru)

В первых тепловизорах использовался один приемный элемент, а полный кадр изображения получался с помощью оптико-механического сканирования пространства. В связи с трудностями создания быстродействующих надежных малогабаритных систем оптико-механического сканирования для повышения разрешения изображения стали применять несколько объединенных приемников в виде линейки или небольшой матрицы. К настоящему времени совершенствование технологии производства позволило создавать матричные приемники большой размерности, что дало возможность полностью отказаться от использования оптико-механического сканирования и использовать один многоэлементный приемник (матрицу приемников) в «смотрящем» режиме.

Для получения качественного изображения, поступающего с матрицы большой размерности, необходимы «выравнивание» характеристик чувствительности каждого приемника матрицы, интерполяция дефектных приемников, а также регулировка яркости и контраста в пределах выбранного динамического диапазона температур наблюдаемых объектов.

Использование матрицы большой размерности, ввиду особенностей формирования сигнала с фотоприемников, требует применения специальных алгоритмов и высокопроизводительного спецпроцессора, обеспечивающих высокоточную обработку сигналов, поступающих с матрицы, при большом объеме потока информации в реальном масштабе времени. Применение методов и средств цифровой обработки сигналов позволяет создать такой вычислитель с приемлемыми массой, габаритами и энергопотреблением.

Например, в тепловизоре на основе болометрического матричного фотоприемника, цифровой блок которого разрабатывает НТЦ «Модуль», допускается 5 %-я неравномерность чувствительных элементов

и 2 % дефектных элементов. На выходе системы после электронной обработки неравномерность по чувствительности не должна превышать 0,2 %, а количество дефектных элементов изображения не допускается вовсе.

Упрощенная схема тепловизора показана на рис. 1. Считываемые с элементов матрицы сигналы усиливаются, оцифровываются, подвергаются обработке и преобразуются в стандартный видеосигнал изображения.

Модуль аналоговой обработки (МАО) осуществляет аналого-цифровое преобразование напряжения, снятого с болометрического матричного фотоприемного устройства (МФПУ), и передачу полученного кода в цифровой сигнальный процессор (ЦСП). Во время работы МАО производит компенсацию разбаланса моста для каждого элемента матрицы в реальном масштабе времени. МАО формирует верхнее и нижнее опорные напряжения для питания моста.

ЦСП получает 12-разрядный код оцифрованного сигнала с каждого элемента матрицы, выдает синхросигналы в МАО для формирования управляющих воздействий на МФПУ, загружает при инициализации коды в память МАО, выдает сформированный цифровой телевизионный сигнал в генератор телевизионного сигнала (ГТС). В процессе калибровки и настройки системы приема тепловизионного сигнала ЦСП выполняет процедуру формирования кодов компенсации пьедестальных напряжений и расчет поправок для точной «установки нуля», формирует поправочные коэффициенты для учета разброса по чувствительности, вычисляет таблицы для замены дефектных элементов матрицы на интерполированное значение. В штатном режиме работы ЦСП вычисляет значение полезного сигнала с учетом поправок и поправочных коэффициентов, заменяет значения кодов неисправных элементов на интерполированные, согласует значение видеосиг-

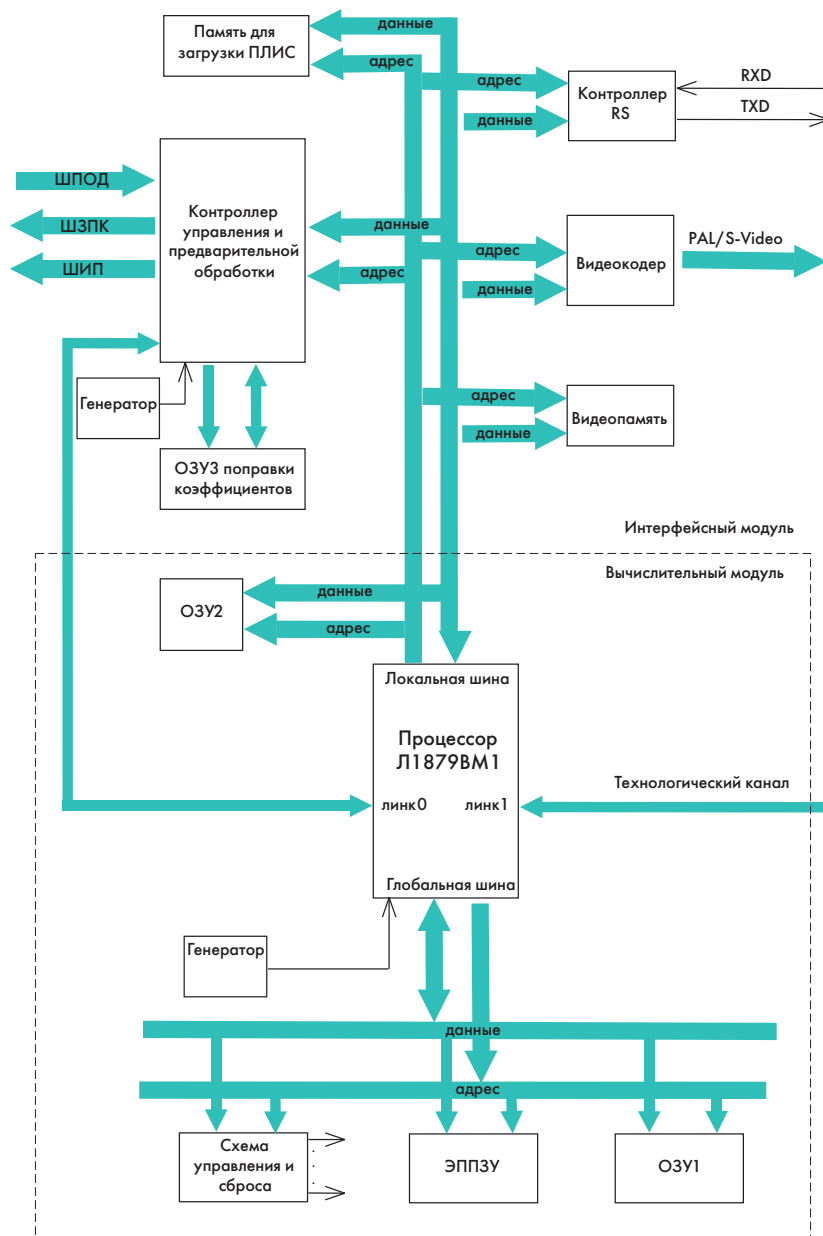


Рис. 1. Структурная схема тепловизора МФПУ — матричное фотоприемное устройство, МАО — модуль аналоговой обработки, ЦСП — цифровой сигнальный процессор, ГТС — генератор телевизионного сигнала

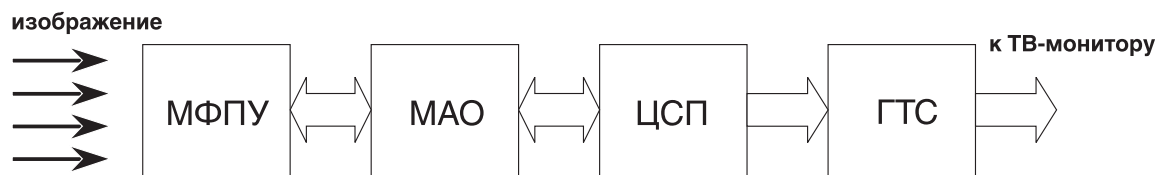


Рис. 2. Состав макета показан на:

- процессор Л1879ВМ1 (NM6403);
- 4 Мбайта ОЗУ;
- 2 Мбайта ЭППЗУ;
- программируемый сторожевой таймер (3 мс — 1 с);
- контроллер канала RS-232 с пропускной способностью 38,5 Кбод;
- байтовый технологический канал;
- контроллер предварительной обработки изображения

нала с диапазоном входного сигнала монитора, дополняет исходный кадр размерностью 320\*240 до кадра 384\*288 строками со служебной информацией. При задании соответствующих режимов ЦСП осуществляет процедуру накопления кадров в интервале от 2 до 16, формирует изображение перекрестия на мониторе, преобразует изображение в негативное, формирует изображение в условных цветах и тонах.

ГТС принимает от ЦСП сформированный кадр и преобразует его в стандартный формат PAL или S-video. С выхода ГТС стандартный телевизионный сигнал подается на вход видеомонитора.

В настоящее время НТЦ «Модуль» изготовил функциональный макет ЦСП для обеспечения и верификации реализации на процессоре Л1879ВМ1 алгоритмов обработки в реальном масштабе времени сигналов с матричного фотоприемника, разработанного заказчиком.

Вычислительный модуль служит для инициализации системы обработки изображения при включении питания, задания режимов работы по командам, полученным по последовательному каналу RS-232, а также настройки и калибровки системы. В зависимости от установленного режима (минимальной или покадровой задержки) изменяется состав выполняемых процессором функций обработки изображения. В режиме минимальной задержки процессор готовит для интерфейсного модуля значения уровня серого и коэффициента передачи для следующего кадра (по данным текущего кадра) и загружает их в память ИМ. Дополнительной задержки на обработку изображения при этом не вносится. В режиме покадровой задержки процессор, кроме перечисленного выше, занимается также при необходимости накоплением кадров, расцветчивает в условные цвета или для черно-белого изображения кодирует в условных тонах изображение и только затем пересылает данные в видеопамять. При этом задержка составляет 40 мс.

Интерфейсный модуль служит для предварительной обработки данных, принимаемых от аналогового. В ИМ находится контроллер последовательного канала, видеокодер, память для загрузки ПЛИС (типа флэш). Контроллер предварительной обработки принимаемого сигнала в режиме калибровки передает без изменения эти данные в процессор. При штатной работе контроллер учитывает поправочные коэффициенты, заменяет значения дефектных элементов матрицы (поправочные коэффициенты и таблица дефектных элементов хранятся в ОЗУ), корректирует уровень серого и коэффициент усиления (загружаются перед началом каждого кадра из процессора). В режиме с минимальной задержкой контроллер передает обработанные данные в видеопамять и затем запускает видеокодер. В режиме с покадровой задержкой окончательную обработку изображения проводит процессор. Он загружает видеопамять и запускает видеокодер. Основное отличие между режимами в том, что для режима

с минимальной задержкой отсутствуют процедуры межкадрового накопления и формирования изображения в условных тонах или условных цветах.

В заключение хочется подчеркнуть, что алгоритмы и схемотехнические решения, реализованные в ЦСП, являются универсальными не только для болометрических матричных фотоприемников, но и других типов приемников.

По техническим характеристикам, надежности и массогабаритным размерам описываемый процессор соответствует изделиям мирового уровня.

Расчет технико-экономической эффективности показал высокую конкурентоспособность изделия как на внутреннем, так и на внешнем рынке.

Расчет технико-экономической эффективности показал высокую конкурентоспособность изделия как на внутреннем, так и на внешнем рынке.