

УДК 681

ТЕПЛОВИЗОР БЛИЖНЕГО ИК ДИАПАЗОНА Коваленко М.Н., Минько А.А., Понарядов В.В.

Белорусский государственный университет
Минск, Республика Беларусь

В последние годы все большее значение при решении хозяйственных задач и задач контроля за возможными чрезвычайными ситуациями приобретает концепция мониторинга, подразумевающая постоянный, дистанционный контроль за изменением различных компонентов окружающей среды под влиянием многочисленных факторов (в первую очередь техногенных). Элементом такого мониторинга является инфракрасная съемка с использованием авиа- и космической техники. Съемка в ИК диапазоне также позволяет решать ряд специальных задач.

Целью работы является создание высокочувствительного тепловизора на основе охлаждаемого матричного фотоприемника для регистрации тепловых изображений и синтеза видеосигнала в спектральном диапазоне от 0,9 до 1,7 микрон. Была поставлена задача с помощью минимального набора технических средств реализовать устройство, позволяющее регистрировать с максимально возможным временем интегрирования (1 секунды на кадр) слабые тепловые изображения различных источников или формировать с максимально возможной частотой регистрации (до 300 кадров в секунду) поток видеоданных. При этом, тепловизор должен позволить наблюдать изображение на экране стандартного телевизионного приемника, то есть обеспечить формирование видеосигнала в стандарте NTSC.

Разработанный тепловизор ближнего ИК диапазона, оснащенный оптической системой (объективом Гелиос-103), позволяет создать компактную монологабаритную целевую аппаратуру для спутников ДЗЗ или беспилотных летательных аппаратов, обладающую малыми габаритами, повышенной надежностью и небольшим энергопотреблением.

Новизна предлагаемой к реализации аппаратуры заключается:

- в технической реализации аппаратуры на приборах радиационно-стойкой программируемой логики без применения высокоинтегрированных специализированных компьютерных решений, которые ухудшают надежность и долговечность и соответственно без использования операционных систем типа DOS, QNX, Linux или Windows.

- в оснащении аппаратуры системой распознавания объектов, позволяющей минимизировать объем передаваемой на землю видеoinформации, что существенно ослабляет требования к пропускной способности каналов связи.

Разработана структурная схема тепловизора, которая приведена на рисунке 1.

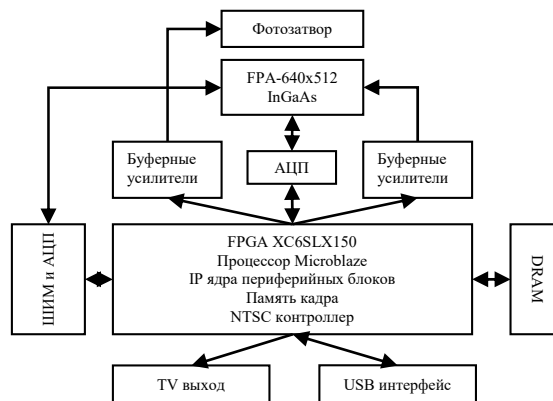


Рисунок 1 – Структурная схема тепловизора

Система состоит из интерфейсного блока, блока фотоприемника, блока памяти данных на 64 МБ, блока памяти шумовой подставки, блока аппаратной коррекции данных и блока формирования телевизионного сигнала. В связи с необходимостью охлаждения ИК фотоприемника до температуры $-30/-40$ градусов Цельсия, также разработан блок питания и регулировки температуры встроенного пельтье-холодильника фотоприемной матрицы. Для регистрации темных шумов в блоке памяти шумовой подставки использован электромагнитный фотозатвор.

В качестве фотоприемника выбран инфракрасный матричный фотоприемник ближнего ИК диапазона FPA-640×512 InGaAs Imager производства компании ANDANTA GmbH (Германия). Фотоприемник имеет размерность 640 на 512 пикселей с размером каждого 25×25 мкм. Анализ технической информации на фотоприемник показал, что базовым мультиплексором для этого фотоприемника является мультиплексор FLIR ISC9902 компании FLIR (США). Максимальная скорость чтения данных составляет 110 Гц при использовании 1 аналогового выхода и, соответственно 440 Гц при использовании 4 аналоговых выходов одновременно.

Основные блоки тепловизора изготовлены с использованием FPGA матрицы Spartan-6 XC6SLX150, в которой размещаются все основные узлы из перечисленных в структурной схеме (1).

Интерфейс USB выполнен на процессоре CY7C68013A-56LFX. Внешняя к FPGA микросхема динамической памяти NT5CC64M16GP-DII используется как память программы микро-

процессора Microblaze и для хранения видеоданных. Учитывая необходимость организации динамического изменения режимов работы тепловизора, в FPGA был синтезирован микропроцессор Microblaze, программное обеспечение которого загружается при включении устройства из конфигурационной микросхемы FLASH памяти.

Для записи видеопотока в память использовался режим прямого доступа (DMA, канал 1), при чтении видеоданных через USB также использовался режим прямого доступа (DMA, канал 2). Синтез видеосигнала формата NTSC происходит в IP ядре, к которому подключена двухпортовая, встроенная в FPGA память на 1 кадр. Таким образом происходит синхронизация чтения данных с телевизионным сигналом.

Для преобразования аналогового видеосигнала с фотоприемника применен 4-х канальный 16 разрядный быстродействующий АЦП (максимально 30 MSPS). Таким образом в 4 раза увеличивается скорость оцифровки данных с фотоприемника при переводе его в режим параллельного чтения видеосигнала по 4 выходам одновременно.

Для стабилизации тока пельтье-холодильника использована ШИМ модуляция тока (IP ядро в FPGA) и коммутатор тока на полевом транзисторе SIR464DP-T1-GE3 с отсечкой максимального тока на компараторе MAX999. Контроль температуры осуществляется по встроенному в фотоприемник терморезистору, падение напряжение на котором измеряется с помощью 16 разрядного SAR АЦП AD7686. Ток холодильника регулируется в пределах 0–3 ампера и может задаваться программно. Стабилизация температуры фотоприемника осуществляется ПИД регулятором, который выполнен аппаратно, как часть IP ядра (2).

Внешний вид тепловизора приведен на рисунке 2.



Рисунок 2 – Внешний вид тепловизора

Разработанный тепловизор успешно опробован в различных режимах регистрации изображения и видео. В настоящее время проводятся работы по его температурной калибровке.

В качестве грубого калибратора первоначально была использована паяльная станция Ersa DIGITAL 2000A, обладающая регулятором температуры с возможностью поддержания заданного значения с точностью $\pm 0,5$ градусов. На рисунке 3 приведено тепловизионное изображение жала паяльника с установленной температурой в 240 градусов с расстояния 8 метров.

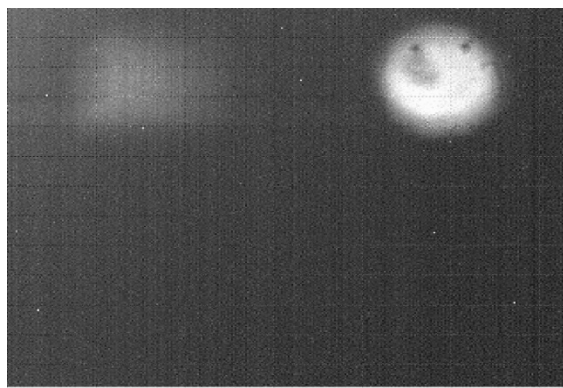


Рисунок 3 – Тепловизионное изображение жала паяльника

Тепловизор без источника питания и оптической системы весит 511 грамм.

В результате измерения потребляемой мощности тепловизора получены следующие данные:
– потребляемая мощность без охлаждения приемника составила 1,4 Вт при питании от 12 В источника.

– Потребляемая мощность с охлаждением приемника составила 11,4 Вт при питании от источника напряжением 12 В. При этом температура внутри приемника поддерживается на уровне $-20 \pm 0,2$ градусов (охлаждение горячей стороны конвекционное). Вес тепловизора обусловлен применением массивного корпуса – радиатора, который необходим для рассеяния выделяемого холодильником тепла. В будущем тепловизор планируется использовать в малогабаритной бортовой аппаратуре для создания систем мониторинга пожаров.

Литература

1. Разработка и применение спектральных приборов с многоканальными фотоприемными устройствами / Я.И. Дидковский, М.Н. Коваленко, А.А. Минько, М.Р. Последович // Вестник БГУ. Сер. 1. – 2013. – № 3: научное издание. – Минск: БГУ.
2. Экспериментальный образец широкозахватного оптоэлектронного сканера с системой регистрации, хранения и обработки данных в составе многоспектрального ИК-радиометра для спутников дистанционного зондирования Земли / Я.И. Дидковский, М.Н. Коваленко, А.А. Минько, М.Р. Последович, С.Н. Шарашкин // VII Белорусский космический конгресс: материалы конференции. Минск, 24–26 октября 2017 г.