

Построение вычислительной аппаратуры для малогабаритной оптико-электронной системы слежения и управления высокоскоростными объектами

Карамов С.В., Тикменов В.Н.

ЗАО «НТЦ ЭЛИНС»,
124460, г.Зеленоград, Панфиловский проспект, д.4, стр.1, тел.(095)7483886, karamov@elins.ru

В статье рассматривается пример построения вычислительной аппаратуры для малогабаритной переносной оптико-электронной системы (ОЭС) на основе фотоприемника матричного типа (ФПМТ), предназначенной для слежения и управления объектами, перемещающимися в пространстве с высокой скоростью. Особенностью движения таких объектов является их быстрое угловое перемещение относительно линии визирования оптико-электронной системы и необходимость выдачи команд управления с большой частотой [1].

Особенностью рассматриваемых малогабаритных переносных ОЭС является наличие многих факторов, жестко ограничивающих их параметры: габаритные размеры, вес, энергопотребление [2]. Предлагаемое аппаратное решение предназначено для организации следящих и управляющих контуров требующих предельно высокие частот обновления информации, вплоть до килогерца и более. Обратная связь ОЭС с объектом осуществляется посредством информационной линии связи предназначенной для передачи команд управления. Например, проводная линия, радиолития, и т.п. В случае отсутствия необходимости управления объектом, аппаратура может осуществлять только слежение за ним и выдачу соответствующих координат относительно линии визирования либо декартовых в земной системе координат.

В настоящее время разработано большое количество, как устройств приема изображения, так и устройств его обработки, но при этом, подавляющее большинство этих устройств рассчитано на работу со стандартным видеосигналом имеющим кадровую частоту не превышающую 60 герц. В редких случаях, используя специализированные интерфейсы, кадровая частота может достигать 100-120 герц. Для многих применений таких частот обновления видеoinформации оказывается явно недостаточно. Причем, следует заметить, что в случае замены стандартного устройства приема изображения на более высокочастотное, возникают проблемы передачи видеопотока на устройство обработки и собственно обработки видеопотока. Если проблема передачи видеoinформации решается относительно просто путем расширения разрядности передаваемых данных либо повышением тактовой частоты, то обработка видеoinформации в некоторых случаях вызывает существенные затруднения в связи с отсутствием необходимых вычислительных ресурсов.

Предлагаемое решение было выбрано исходя из технических требований к оптико-электронной системе. Процесс обработки информации в вычислительном устройстве целесообразно разделять на два этапа: первичный и вторичный. Процесс первичной обработки заключается в обнаружении перемещающихся объектов на сложном фоне в условиях действия помех и определении их параметров. На этом этапе используются следующие алгоритмы: компенсация перемещения изображения, адаптивная фильтрация изображения, сегментация изображения, выделение признаков объектов, и т.п. В процессе вторичной обработки происходит высокоуровневый анализ признаков объектов, фильтрация и экстраполяция траектории объекта, и т.п. Этап первичной обработки характеризуется большим объемом информации и сравнительно простыми методами ее обработки, легко допускающими распараллеливание процесса вычисления, и использующие операции с невысокой степенью разрядности, что оптимально реализуется аппаратным образом с использованием, к примеру, решений на основе программируемых логических интегральных схем (ПЛИС). Этап вторичной обработки информации характеризуется относительно меньшим объемом данных, но при этом значительно более сложным алгоритмом, использующим, как правило, представление чисел в формате с плавающей точкой, что оптимально реализуется на цифровых процессорах обработки сигналов (ЦПОС). Таким образом, вычислительное устройство должно обладать вычислительной мощностью для реализации двух рассмотренных процессов обработки видеoinформации и его целесообразно строить в виде программно-аппаратного комплекса.

На рис.1 показана структурная схема электронной аппаратуры, состоящей из двух независимых частей: модуля фотоприемника и модуля обработки (рис. 1), где: ФПМТ – МТ9М413 “Micron”; ПЛИС1 – две микросхемы XC2S100 “Xilinx”; ПЛИС2 – XC2V3000 “Xilinx”; ССОЗУ – синхронное статическое оперативное запоминающее устройство, CY7C1470V33 “Cypress”; ЦПОС – ADSP-21160N “Analog Devices”; ПГЧ – программируемый генератор частоты ICS525-01 “ICS”. Модули связаны друг с другом посредством специализированного высокоскоростного канала с применением дифференциального интерфейса типа LVDS, что позволяет строить распределенную систему с физическим разнесением на дистанцию порядка десятков метров.

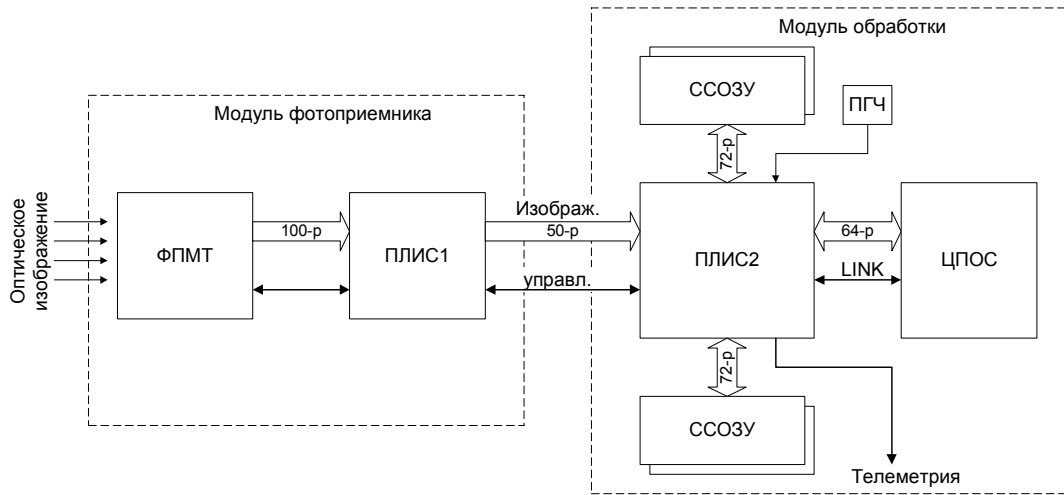


Рис 1. Структурная схема электронной аппаратуры.

Параметры используемого ФПМТ:

- спектральный диапазон чувствительности 0,3-1,0 мкм;
- разрешение по горизонтали – 1280 элементов;
- разрешение по вертикали – 1024 элементов;
- размер элемента – 17x17 мкм;
- кадровая частота – более 500 Гц;
- встроенный электронный затвор.

ФПМТ выполнен по КМОП технологии и содержит на одном кристалле фоточувствительные ячейки, усилители, АЦП и т.д. Выходным сигналом ФПМТ является 100-разрядный цифровой код, представляющий 10 пикселей, каждый из которых имеет 10 информационных разрядов. ПЛИС1 осуществляет непосредственное управление ФПМТ, предобработку и переупаковку полученных данных. ПЛИС2 предназначена для аппаратной реализации алгоритмов обработки изображения. Обмен с памятью организован в виде двух независимых каналов, каждый из которых имеет разрядность 72 бита. В ССОЗУ хранятся видеокдры и результаты промежуточной видеообработки. Объем ССОЗУ одного канала составляет 2Мx72, что позволяет разместить в одном канале до 11 кадров изображения, в формате 1280x1024 при разрядности пикселя – 10бит. ССОЗУ работает на частоте до 200 МГц. Двухканальная структура памяти позволяет организовать псевдодвухпортовость, при которой возможна одновременная запись текущего и обработка предыдущего кадра. ЦПОС связан с ПЛИС2 через 64-разрядную шину данных и два высокоскоростных встроенных LINK канала. В зависимости от требуемой разрядности сохраняемого в ССОЗУ пикселя, изменяется количество обрабатываемых пикселей за один такт (табл.1). ПГЧ предназначен для формирования опорной тактовой частоты для ПЛИС2, по величине наиболее оптимально согласованной с алгоритмом обработки видеоизображения.

Используемый ФПМТ позволяет изменять кадровую частоту в зависимости от требуемого разрешения. В табл. 2 приведены некоторые значения максимальных кадровых частот и получающегося выходного информационного потока в зависимости от разрешения изображения.

Телеметрический канал позволяет сохранять видеоизображения и наборы внутренних переменных на персональном компьютере. Информационный поток, обеспечиваемый телеметрическим каналом равен 125Мбайт/с, что позволяет передавать изображение разрешением 512x512 и кадровой частотой 475 Гц.

Табл. 1. Максимальное количество обрабатываемых пикселей за один такт.

Разрядность Пикселя	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Количество пикселей в одном канале	9	8	7	6	5	5	5	4	4
Общее количество пикселей	18	16	14	12	10	10	10	8	8

Табл. 2. Информационный поток в зависимости от параметров изображения.

Разрешение (Гор. x Вер.)	1280x1024	1280x512	512x512	1280x256	256x256	128x128
Кадровая частота (Гц)	500	1000	1000	2000	2000	4000
Информационный поток. (Мбайт/с)	819	819	328	819	164	82

На основе предложенного решения построен экспериментальный образец малогабаритной переносной ОЭС в промышленном исполнении, работающей в температурном диапазоне от минус 50°C до +50°C (рис.2). В качестве ЦПОС применен ADSP-21065L “Analog Devices”. Проведен комплекс испытаний в полевых условиях на реальном объекте с использованием пассивных и активных оптических помех, показывающий правильность данного подхода к построению вычислительной аппаратуры.

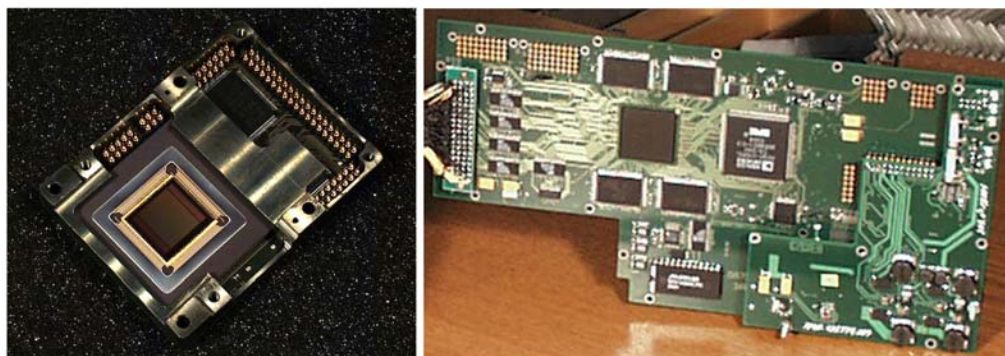


Рис 2. Модуль фотоприемника (слева) и модуль обработки (справа).

Литература

1. Погорельский С.Л., Пальцев М.В., Понятский В.М., Тикменов В.Н., Карамов С.В. Особенности построения системы управления с оптико-электронным пеленгатором. // Известия вузов, Приборостроение. – 2005. – Т.48. – №8. – С. 61-64.
2. Карамов С.В. Вопросы построения малогабаритных переносных оптико-электронных систем с фотоприемниками матричного типа. // Материалы XXXII международной конференции «Информационные технологии в науке, образовании, телекоммуникации и бизнесе» (IT+SE'2005, майская сессия).– Украина, Крым, Ялта-Гурфуз, 20-30 мая, 2005. – С. 32-33.

