

УДК 621.397.13

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ УСТРОЙСТВ ВИДЕОВВОДА
В ТЕЛЕВИЗИОННЫХ ПИРОМЕТРАХ

© 2011 г. А. В. Кузнецов, Е. В. Андреева

НИИ промышленного телевидения “Растр”
Россия, 173001, Великий Новгород, ул. Большая Санкт-Петербургская, 39

Поступила в редакцию 16.12.2010 г.

Описаны результаты измерения отношения сигнал/шум и характеристик аналого-цифрового преобразования типичного устройства видеоввода EasyCAP OTP-128 на основе видеопроцессора Philips SAA7113. Показаны возможность его применения в телевизионных пирометрах и необходимость настройки параметров видеопроцессора при калибровке пирометра по тестовому изображению.

Телевизионные (т.в.) пирометры, обеспечивающие т.в. наблюдение с одновременным измерением температуры нагретых самосветящихся объектов по всему полю изображения в реальном масштабе времени, в настоящее время получают все большее распространение в системах технологического контроля промышленных производств.

Важнейшим элементом т.в.-пирометра, осуществляющим преобразование аналогового полного телевизионного сигнала (в т.в.-пирометрах спектрального отношения – полного цветового видеосигнала) в цифровой, передаваемый для дальнейшей обработки в компьютер, является устройство видеоввода (у.в.в.). Конструктивно у.в.в. может быть выполнен как встраиваемым (например, устанавливаемым в разъем шины PCI или PCI-E системной платы компьютера), так и отдельным прибором, подключаемым к компьютеру через внешний интерфейс.

К основным характеристикам у.в.в. т.в.-пирометра, представляющим наибольший интерес, относятся аналого-цифровое преобразование (а.ц.п.) и отношение сигнал/шум, поскольку они напрямую связаны с погрешностью определения температуры объекта в заданных условиях измерения [1]. Обе эти характеристики в первую очередь определяются возможностями видеопроцессора, осуществляющего предварительную аналоговую обработку видеосигнала, аналого-цифровое преобразование и формирование цифровых сигналов цветовых компонент. Поскольку линейка популярных видеопроцессоров, на основе которых построены у.в.в., достаточно узка, представленные на рынке у.в.в. часто близки по своим параметрам. Тем не менее, сведения, необходимые для оценки возможности применения у.в.в. в т.в.-пирометрах, в технических данных, сообщаемых производителями, в подавляющем большинстве случаев отсутствуют.

Целью настоящей работы является измерение характеристик аналого-цифрового преобразова-

ния и отношения сигнал/шум типичного устройства видеоввода и выявление особенностей, связанных с его применением в составе т.в. пирометрических систем.

Было исследовано USB-устройство видеоввода EasyCAP OTP-128 на основе видеопроцессора Philips SAA7113 [2].

В измерениях использовался генератор телевизионных измерительных сигналов Г6-35, параметры видеосигнала на выходе которого контролировались осциллографом. В качестве измерительного сигнала использовался сигнал строки в виде меандра (по двенадцать серых и черных полос на длину строки). Размах строчных синхронимпульсов от уровня черного поддерживался постоянным и равным 0.3 В. Размах строчных гасящих импульсов от уровня черного изменялся от нуля до 0.1 В.

Измерение параметров оцифрованного сигнала на выходе у.в.в. проводилось с помощью расширенной версии программы ввода и обработки изображений ТСС-3, поставляемой с криминалистической спектральной т.в.-системой ТСС-3М [3]. Размах цветовых компонент сигнала (8-рядные R -, G -, B -данные) измерялся при накоплении за 100 кадров. Размах яркостного сигнала Y вычислялся на основе R -, G -, B -значений в каждом i -м кадре из накопленных как:

$$Y = \frac{1}{3N} \sum_{i=1}^N (R_i + G_i + B_i), \quad (1)$$

где $N = 100$ – число кадров накопления.

Результаты измерений амплитудной характеристики аналого-цифрового преобразования для различных значений размаха строчных гасящих импульсов приведены на рис. 1. Зависимости $I-3$ получены при установке всех пользовательских регулировок видеопроцессора (яркость, контрастность и т.п.) в положение “по умолчанию”, а зави-

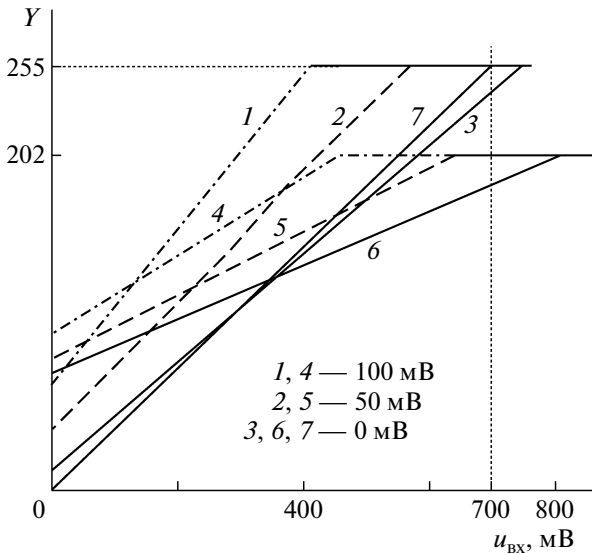


Рис. 1. Амплитудные характеристики а.ц.п. у.в.в. для различных значений размаха строчных гасящих импульсов (цифры на поле рисунка) при настройках “по умолчанию” (1–3), при вдвое уменьшенной контрастности (4–6) и при оптимальной настройке (7).

симости 4–6 – при уменьшенной вдвое контрастности.

Анализируя полученные зависимости, прежде всего, необходимо отметить, что при изменении размаха строчных гасящих импульсов изменяется крутизна преобразования (см. рис. 1, зависимости 1–3). Это объясняется наличием встроенных в видеопроцессор систем автоматической регулировки усиления аналогового сигнала перед а.ц.п. и автоматической подстройки уровня фиксации. Эти системы преобразуют видеосигнал на входе а.ц.п. к виду, обеспечивающему на выходе код $Y=1$ для вершины строчного синхроимпульса и код $Y=60$ для строчного гасящего импульса [4], уровень которого принят за опорный уровень черного [5]. Действительно, нетрудно заметить (см. рис. 1), что уменьшение размаха строчных синхроимпульсов относительно строчных гасящих импульсов приводит к пропорциональному увеличению крутизны преобразования и одновременно смещает сигнал в область белого.

Таким образом, для согласования входного диапазона а.ц.п. с видеосигналом, формируемым т.в.-камерой, в общем случае необходимо подбирать оптимальные настройки яркости и контрастности видеопроцессора, что иллюстрирует зависимость 7 на рис. 1, полученная для 103% яркости и 113% контрастности от значений, устанавливаемых по умолчанию. В т.в.-пирометре такой подбор может осуществляться программно, итерационным способом при калибровке по изображению, содержащему участки черного и “пересвеченные” области.

Необходимо отметить существенное ограничение выходного сигнала при сильном снижении

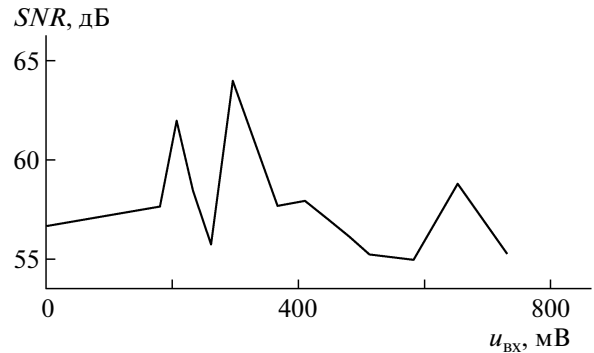


Рис. 2. Отношение сигнал/шум в выходном сигнале.

контрастности (см. рис. 1, зависимости 4–6), что, по-видимому, объясняется тем, что эта пользовательская регулировка осуществляется уже после а.ц.п.

Измерения дисперсии шума σ^2 у.в.в. проводились при установке параметров видеопроцессора в положение “по умолчанию” и нулевом размахе строчных гасящих импульсов для яркости Y и для каждой из R -, G - и B -компонент в соответствии с соотношениями:

– для яркости Y :

$$\sigma^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (Y_i - Y_{cp})^2,$$

– для R - и аналогично для G - и B -компонент:

$$\sigma^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (R_i - R_{cp})^2, \quad (2)$$

где N – объем выборки (число кадров накопления); Y_{cp} , R_{cp} , G_{cp} , B_{cp} – усредненные значения этих параметров за N кадров; Y_i – значение Y в i -м кадре:

$$Y_i = \frac{R_i + G_i + B_i}{3}. \quad (3)$$

Поскольку у.в.в. формирует выходной видеосигнал в формате RGB24, отношение сигнала к среднеквадратическому значению шума (отношение сигнал/шум) может быть определено как

$$SNR = 20 \lg \frac{255}{\sigma}. \quad (4)$$

Результаты расчета в соответствии с (4) отношения сигнал/шум в выходном сигнале для значений дисперсии шума, полученных усреднением результатов четырех независимых измерений при объеме выборок $N=1000$ полей, представлены на рис. 2. Измерения были проведены при различном размахе входного сигнала.

При усреднении значений дисперсии шума в диапазоне входного сигнала (см. рис. 2) по результатам четырех измерений отношение сигнал/шум составило 58.24 дБ, что вполне согласуется с предельным теоретическим значением, определяемым процессом квантования. Действительно,

известно, что для n -разрядного аналого-цифрового преобразования только за счет погрешности квантования максимально достижимое отношение сигнал/шум будет ограничено величиной порядка [6]

$$SNR_{\max} = 20 \lg \left[(2^n - 1) \sqrt{12} \right]. \quad (5)$$

Видеопроцессор SAA7113 содержит 9-разрядные а.ц.п. для оцифровки входного видеосигнала [4]. Таким образом, при $n = 9$ получим $SNR_{\max} = 65$ дБ.

Необходимо отметить такую составляющую шума, возникающую при обработке сигнала, как шум округления. В частности, в использованной для измерений программе ТСС-3 для вычисления яркостного сигнала в соответствии с (3) предусмотрено целочисленное деление с усечением дробной части. Это приводит к заметному снижению эффективности накопления значений яркости при ее измерении. Действительно, при размахе входного сигнала $u_{\text{вх}} = 250$ мВ измеренное за $N = 1000$ кадров среднеквадратическое значение шума в R -, G - и B -каналах составило соответственно 0.388, 0.408 и 0.384 младшего значащего разряда (м.з.р.). При этом измеренная величина среднеквадратического значения шума в яркостном сигнале оказалась равной $\sigma_{\gamma} = 0.412$ м.з.р., что соответствует отношению сигнал/шум $SNR = 55.8$ дБ (см. (4)), хотя вычисление по (3) с плавающей точкой дает $\sigma_{\gamma} = 0.233$ м.з.р., т.е. $SNR = 60.8$ дБ. Этот эффект практически не зависит от объема выборки (рис. 3).

Из приведенных зависимостей видно, что вычисление с плавающей точкой дает выигрыш в отношении сигнал/шум около 5 дБ, что позволяет при сохранении того же отношения сигнал/шум втрое уменьшить число кадров накопления (без учета шумов т.в.-камеры). На практике это может быть реализовано отдельным накоплением значений R -, G - и B -компонент с последующим вычислением значения яркости в формате с плавающей точкой, что, в частности, реализовано в программе ТСС-3 в режиме накопления кадров (см. (1)).

В заключение необходимо отметить, что, поскольку для всех измерительных сигналов на выходе генератора телевизионных измерительных сигналов должно обеспечиваться отношение сигнала яркости к эффективному значению взвешенной флуктуационной помехи не менее 70 дБ [7], полученные результаты с достаточной точностью могут быть отнесены к характеристикам исследуемого устройства видеоввода.

Таким образом, можно сделать следующие выводы.

1. При использовании у.в.в. в т.в.-пирометрах, как правило, необходим программный итерационный подбор параметров видеопроцессора (яркости и контрастности) для согласования входно-

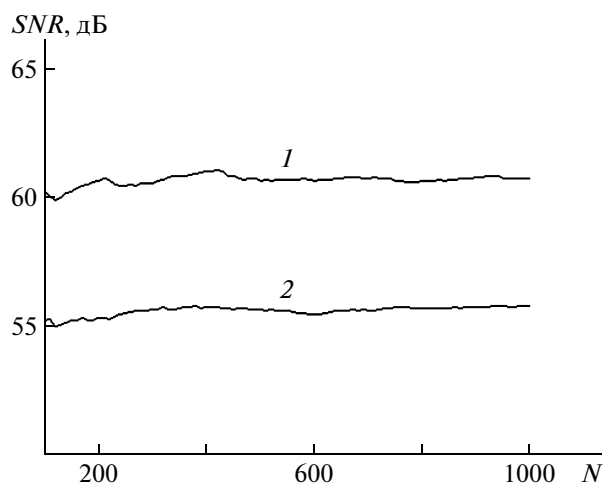


Рис. 3. Отношение сигнал/шум, измеренное для $u_{\text{вх}} = 250$ мВ при расчете яркости: 1 — с плавающей точкой; 2 — целочисленно с усечением дробной части.

го сигнала с входным диапазоном а.ц.п. При этом желательно, чтобы защитный интервал между уровнями гашения и уровнями черного в видеосигнале был минимальным.

2. Измеренное отношение сигнал/шум на выходе у.в.в. ориентировочно составляет 55–60 дБ, т.е. в два-три раза выше, чем отношение сигнал/шум на выходе т.в.-модулей, что позволяет использовать у.в.в. в т.в.-пирометрах без существенного увеличения погрешности измерения температуры.

3. Вычисление яркости после суммирования значений цветных компонент при накоплении кадров дает выигрыш в отношении сигнал/шум около 5 дБ по сравнению с целочисленным вычислением яркости в каждом кадре.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кузнецов А.В. // Оптический журн. 2008. Т. 75. № 1. С. 39.
2. Красковский К. // Новости электроники. 2006. № 3. С. 4.
3. Андреева Е.В., Бутусов В.В., Корнышев Н.П. и др. // Вопросы радиоэлектроники. Сер. Техника телевидения. СПб.: НИИТ, 2010. Вып. 1. С. 44.
4. SAA7113H. 9-bit video input processor. Product specification/Philips Semiconductors. 1999. Jul 01; http://www.ic-online.cn/iol_SAA7113/PdfView/35194.htm
5. ГОСТ 7845-92. Система вещательного телевидения. Основные параметры и методы измерений. М.: Изд-во стандартов, 1992.
6. Горелик С.Л., Кац Б.М., Киврин В.И. Телевизионные измерительные системы. М.: Связь, 1980.
7. ГОСТ 18471-83. Тракт передачи изображения вещательного телевидения. Звенья тракта и измерительные сигналы. М.: Изд-во стандартов, 1984.