

* * *

V. A. Kulikov, Doctor of Technical Sciences, Professor, Izhevsk State Technical University
 E. A. Konovalov, Postgraduate, Izhevsk State Technical University
 V. G. Vlasov, Postgraduate, Izhevsk State Technical University

Development of Temperature Measurement Channel for High-Resolution Thermometer

A measurement channel for a high accuracy temperature measuring devices was developed. Recommendations providing a minimum measurement error and removing the influence of switching circuitry are proposed.

Keywords: temperature measurement, thermometer, high-resolution

Получено 20.04.10

УДК 621.383.93

Ю. К. Шелковников, доктор технических наук, профессор
 Ижевский государственный технический университет

ПРЕЦИЗИОННАЯ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА НА ОСНОВЕ ТЕЛЕВИЗИОННОГО СКАНИСТОРА

Рассмотрены вопросы повышения точности определения временной координаты середины световой зоны на телевизионном сканисторе. Показана целесообразность применения для этой цели двух мер сравнения, особенно в случае, когда размеры зоны могут изменяться в процессе измерения. Описана прецизионная сканисторная информационно-измерительная система с усреднением в одном опросе, разработанная для проведения однократных быстрых измерений пространственной координаты светового луча в условиях шумовых помех.

Ключевые слова: сканистор, информационно-измерительная система, световая зона, погрешность преобразования, пространственная координата

Телевизионный полупроводниковый сканистор является безвакуумным аналогом передающей телевизионной трубки и может быть использован в качестве датчика систем автоматического контроля за пространственно-временным состоянием объекта в технике двойного применения [1]. Он применяется в различных отраслях промышленности и в военной технике для измерения угловых и линейных перемещений, скоростей, ускорений, размеров и взаимного положения объектов. Широкие функциональные возможности телевизионного сканистора, простота конструкции и технологии его изготовления, схемы формирования и выделения видеосигнала позволяют создавать простые и надежные устройства для контрольно-измерительной аппаратуры, систем управления технологическими процессами, для космических и физико-химических исследований и т. д. [2]. Сканисторные информационно-измерительные системы (СИИС) отличаются простотой технической реализации, высокой точностью, быстродействием, надежностью, малыми габаритами, широкий энергетический диапазон [3].

Для СИИС с разветвляющим время-импульсным режимом работы при линейном распределении задающего напряжения ($E_z = E_0 \cdot x / l$) вдоль делительного слоя сканистора и при его опросе линейно изменяющимся напряжением ($E_k = E_n \cdot t / T$) координата x контролируемой световой зоны на сканисторе определяется из условия равенства напряжений E_z и E_k в момент t_x опроса сканистора:

$$x = t_x \frac{l \cdot E_n}{T \cdot E_0}, \quad (1)$$

где l и T – соответственно длина и период опроса сканистора; $E_0 \approx E_n$ – выходное напряжение источника напряжения смещения (ИНС) и амплитуда выходного сигнала генератора пилообразного напряжения (ГПН).

Погрешность определения временной координаты t_x возникает при ее сравнении с известным образцовым периодом $t_{\text{сч}} (t_{\text{сч}} \ll t_x)$, воспроизводящим единицу времени, при этом возможны две составляющие погрешности измерений – преобразования (возникающей при формировании измерительного импульса из видеосигнала со сканистора при наличии шума) и сравнения измеряемого интервала t_x с периодом $t_{\text{сч}}$ следования счетных импульсов (возникающей при дискретизации непрерывной величины t_x и определяемой единицей дискретизации).

Повышения точности СИИС можно достичь, уменьшая погрешность преобразования, т. е. применяя усреднение за n периодов опрашивающего напряжения, для чего при проведении многократных измерений временной координаты t_x показания счетчика после каждого измерения не сбрасываются, а полученная в результате n измерений сумма делится на число измерений. Однако это снижает быстродействие СИИС в n раз, схема же (рис. 1) свободна от этого недостатка. Ее работа основана на принципе использования двух мер сравнения для измерения временного интервала t_x , т. е. сначала для измерения временного отрезка t_{x1} от начала опроса до временной координаты начала световой зоны на сканисторе в качестве первой меры применяются счетные импульсы с периодом $t_{\text{сч}}$ следования, а затем в качестве второй меры для измерения временного интервала $(t_{x1} - t_{x2})/2$, соответствующего ширине зоны – счетные импульсы с периодом $2t_{\text{сч}}$ следования. Этот принцип, использованный в СИИС при измерении координат середин широких световых зон, является универсальным и может быть также использован при измерении координат узких световых зон, что особенно важно, когда размеры зоны могут изменяться в процессе измерения. Кроме того, этот принцип позволяет повысить быстродействие СИИС при использовании усреднения, так как все множество n результатов измерений пространственной координаты x получают при одном опросе сканистора (а не за n опросов, как в известных устройствах). Рассмотрим работу СИИС с усреднением в одном опросе более подробно с помощью поясняющих ее работу временных диаграмм (рис. 2), согласно которым для временной координаты t_x середины световой зоны можно записать:

$$t_x = t_{x1} + (t_{x2} - t_{x1})/2, \quad (2)$$

где $t_{x1} = x_1 \cdot T/l$, $t_{x2} = x_2 \cdot T/l$ – временные координаты, соответствующие началу x_1 и концу x_2 (рис. 2, а) световой зоны на сканисторе, формируемые компаратором на уровне половинного значения (рис. 2, б) амплитуды V видеосигнала, определяемой пиковыми детекторами ПД1, 2. Выражение (2), справедливое для любого i -го порога P ($0 < P < V$) срабатывания компаратора в случае как узкой, так и широкой зоны на сканисторе, можно переписать в следующем виде:

$$t_{xi} = (t_{x1} \pm \Delta t_x \cdot n) + (t_{x2} - t_{x1} \pm 2\Delta t_x \cdot n) / 2, \quad (3)$$

где t_{xi} – i -е измерение временной координаты t_x ; Δt_x – выбранный шаг квантования амплитуды V видеосигнала. Таким образом, каждое i -е измерение пространственной координаты x , определяемое порогом P срабатывания компаратора, является измерением неизменной суммы t_x двух изменяющихся временных отрезков, при этом на результат каждого i -го измерения накладывается влияние пространственно распределенной вдоль сканистора шумовой помехи. Поэтому в данной СИИС уменьшается погрешность преобразования, так как посредством усреднения снижается влияние шумовой помехи, определяющей порог срабатывания отдельного компаратора. Одновременно, при использовании линейки из n -го числа компараторов, у которых порог P_{i+1} срабатывания последующего компаратора больше порога P_i срабатывания предыдущего компаратора на величину, соответствующую временному отрезку $(t_{n(i+1)} - t_{ni}) = t_{сч} / n$ (рис. 2, ∂ - n), определение усредненного из n значений $\bar{t}_x$ (аналогично методу [4] периодического смещения старт- и стоп-импульсов относительно счетных импульсов генератора калиброванных импульсов (ГКИ)) уменьшает ошибку сравнения. Кроме того, в рассматриваемой СИИС уменьшается составляющая погрешности от нестабильности параметров ГПН, ИНС, сканистора в связи с уменьшением в n раз времени усреднения. Также следует отметить, что при необходимости проведения однократных быстрых измерений пространственной координаты x в условиях шумовых помех – использование СИИС с усреднением в одном опросе является эффективным средством повышения точности измерений.

Для формирования пороговых напряжений линейки компараторов данной СИИС на входе делителя ДН пороговых напряжений (рис. 1) в течение опроса сканистора должно сохраняться напряжение, равное амплитуде V видеосигнала (рис. 2, ∂). Поэтому для проведения измерений необходимо использовать два опроса сканистора: один (подготовительный) – для измерения и запоминания амплитуды V видеосигнала, второй (рабочий) – для измерения пространственной координаты x . Реализация такого цикла измерений определила двухканальную структуру СИИС с поочередным использованием каналов при каждом последующем опросе (рис. 2, e , $ж$). По выходным импульсам компараторов $(K1-1) \div (K1-n)$, $(K2-1) \div (K2-n)$ формирователи $(\Phi2-1) \div (\Phi2-n)$, $(\Phi3-1) \div (\Phi3-n)$ формируют на своих первых выходах измерительные стробы с длительностью t_{i1} от начала пилообразного напряжения опроса до момента срабатывания компаратора, и на вторых выходах – видеостробы с длительностью $(t_{i2} - t_{i1})$ (рис. 2, $з$ - n), соответствующей срабатываниям компаратора по переднему и заднему фронтам видеосигнала.

Для измерения рассмотренных длительностей в СИИС использованы делитель ДЧ1 частоты на два, линии задержки $(ЛЗ1-1) \div (ЛЗ1-n)$, $(ЛЗ2-1) \div (ЛЗ2-n)$, схемы логического умножения И1–И8, что позволяет разнести во времени счетные импульсы для каждого измерения. Суммирование счетных импульсов для n -го числа измерений пространственной координаты x производится схемой ИЛИ, число N импульсов на выходе которой равно:

$$N = \sum_{i=1}^n (n_{i1} \cdot t_{i13} + 2n_{i2} \cdot t_{i13}), \quad (4)$$

где n_{i1} , n_{i2} – число счетных импульсов, пропорциональных отрезкам t_{i1} , $(t_{i2} - t_{i1})$; $t_{i\Delta 3} = t_{\text{кв}}$ – период следования счетных импульсов с выхода линии ЛЗ_i задержки. Делитель ДЧ2 частоты пропускает на дешифратор ДШ и цифровой индикатор ЦИ из последовательности N счетных импульсов каждый n -й импульс, число которых, подсчитанное счетчиком СТ, соответствует усредненному значению $\bar{t}_x$ результата измерений:

$$\bar{t}_x = \sum_{i=1}^n (n_{i1} \cdot t_{i\Delta 3} + 2n_{i2} \cdot t_{i\Delta 3}) / n = \bar{n}_{x1} \cdot t_{\text{кв}} + 2\bar{n}_{x2} \cdot t_{\text{кв}}. \quad (5)$$

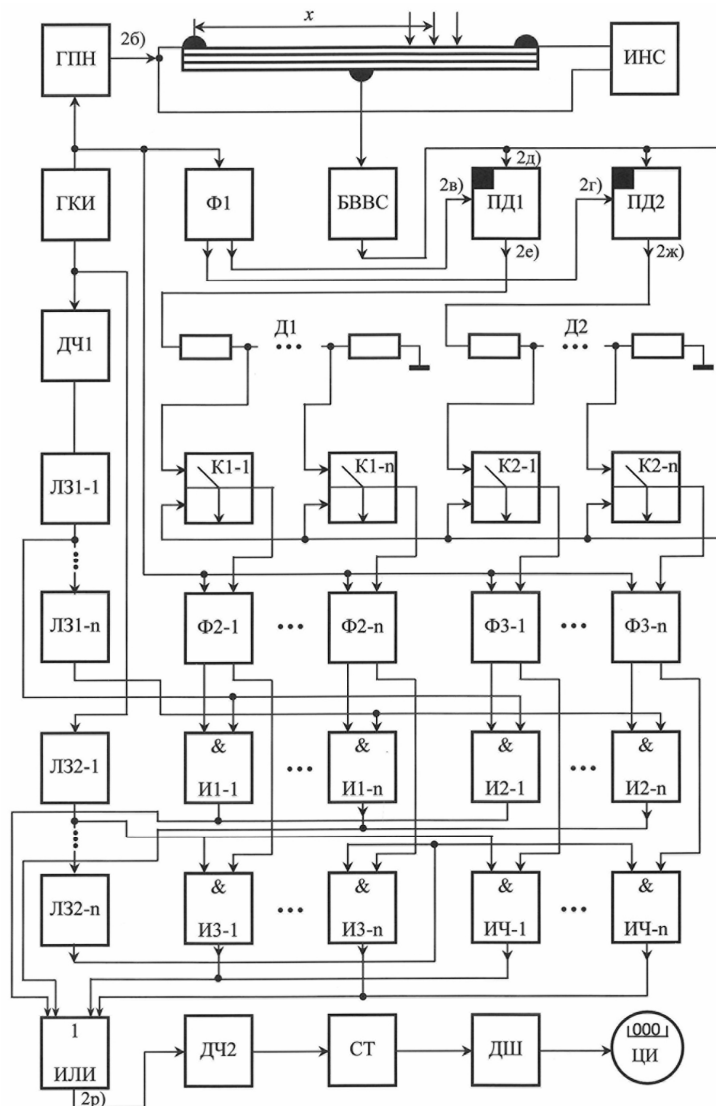


Рис. 1. Структурная схема СИИС с усреднением в одном опросе

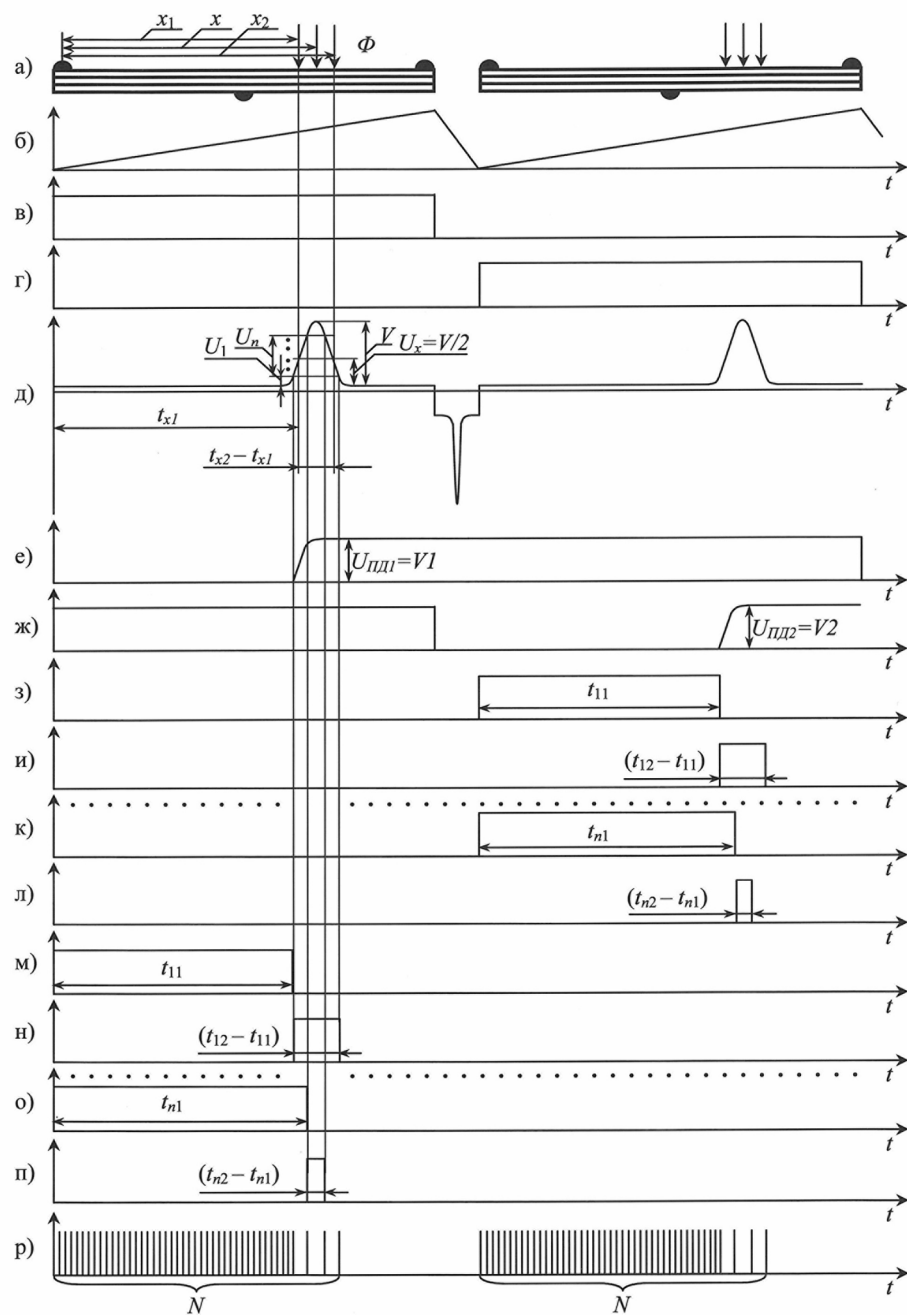


Рис. 2. Временные диаграммы, поясняющие работу СИИС с усреднением в одном опросе

Следует отметить, что после несложной доработки СИИС с усреднением в одном опросе, реализующие принцип сжатия информации, позволяют также, с целью дальнейшего повышения точности измерений, дополнительно использовать усреднение за K -е число опросов.

Список литературы

1. Липанов А. М., Шелковников Ю. К. Использование телевизионного сканистора в технике двойного применения // Изв. Рос. акад. ракет. и артиллер. наук. – 2005. – № 2. – С. 71–75.
2. Липанов А. М., Шелковников Ю. К. Технология изготовления эпитаксиальных сканисторных датчиков // Изв. Рос. акад. ракет. и артиллер. наук. – 2005. – № 2. – С. 75–79.
3. Шелковников Ю. К., Липанов А. М. Теоретические основы и технология изготовления телевизионных сканисторных структур. – Екатеринбург : УрО РАН, 2005. – 144 с.
4. Домрачев В. Г., Матвеевский В. Р., Смирнов Ю. С. Схемотехника цифровых преобразователей перемещений. – М. : Энергоатомиздат, 1987. – 392 с.

* * *

Yu. K. Shelkovnikov, Doctor of Technical Sciences, Professor, Izhevsk State Technical University

Precision Information and Measuring System Based on Television Scanistor

The paper observes issues of increasing accuracy of the time coordinates of the middle light zone on scanistor. The application expediency of two measures of comparison for this purpose is shown, especially when the size of the zone can change during the measurement. The precise information and measuring system for scanistor with averaging during the same survey, designed for single fast measurement of the light beam spatial coordinates in terms of noise interference is described.

Keywords: scanistor, information and measuring system, light zone, conversion error, spatial coordinate

Получено 17.05.10

УДК 520.2(045)

К. В. Шишаков, кандидат физико-математических наук, доцент
Ижевский государственный технический университет

ЧАСТОТНЫЙ АНАЛИЗ СОСТАВА СИСТЕМЫ НАВЕДЕНИЯ БОЛЬШОГО ТЕЛЕСКОПА

Рассматривается частотный анализ состава системы наведения большого телескопа. Проводится частотная декомпозиция по времени и по пространству для внешних возмущений и для элементов системы наведения большого телескопа.

Ключевые слова: частотный анализ, система наведения, большой наземный телескоп

1. Введение. Центральным элементом современных информационных оптических систем является оптический телескоп с высокой световой чувствительностью (проницающей силой) [1]. Повышение световой чувствительности достигается путем повышения чувствительности фотоприемников, временным удлинением экспозиции и увеличением пространственных размеров приемной апертуры телескопа (до нескольких метров) [2]. Последний фактор является определяющим, так как он всегда может быть дополнен первыми двумя. Один из примеров разрабатываемых крупногабаритных наземных информационных телескопов описан в работе [3].