

# ТЕПЛОВАЯ РАЗВЯЗКА ПОТЕНЦИАЛОВ В СИСТЕМАХ СБОРА ДАННЫХ

Качество работы электронных систем сбора данных в производственных условиях во многом зависит от развязки потенциалов на входе. Если заземление основных цепей или цепей питания неправильно, синфазные помехи могут достигнуть таких значений, что система будет функционировать ошибочно или вовсе откажет. Предлагаемая тепловая развязка имеет ряд существенных преимуществ перед оптической и, главное, выполняется методами полупроводниковой технологии.

В инженерной практике имеется целый ряд способов развязки потенциалов в электронных системах сбора данных. Существующие изолирующие технологии основаны на передаче сигнала через трансформатор, конденсатор или оптический канал [1]. Но в качестве изолирующего элемента в микросхемах возможно применение теплового канала [2]. При современных технических решениях в микроэлектронике тепловая развязка потенциалов может эффективно применяться на частотах от 0,01 до 10 000 Гц.

По сравнению с оптическим каналом тепловая развязка потенциалов обеспечивает более низкое быстродействие, или более низкую пропускную способность системы сбора данных. Однако для большинства первичных преобразователей (термопар, терморезисторов, тензодатчиков и т.п.), работающих с производственными системами сбора данных, пониженная пропускная способность не приводит к серьезному ухудшению технических показателей системы. Это объясняется тем, что данные первичные преобразователи сами по себе довольно медленно реагируют на изменения измеряемых параметров. Но в отличие от оптической развязки изготовление тепловой легко интегрируется в технологию производства интегральных микросхем.

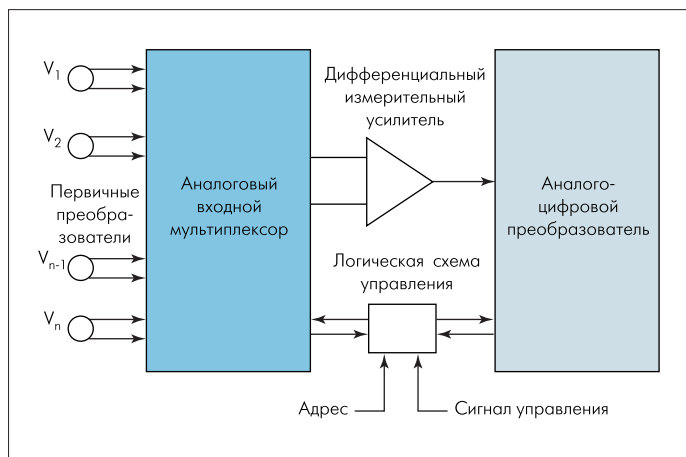


Рис.1. Типичная электронная система сбора данных

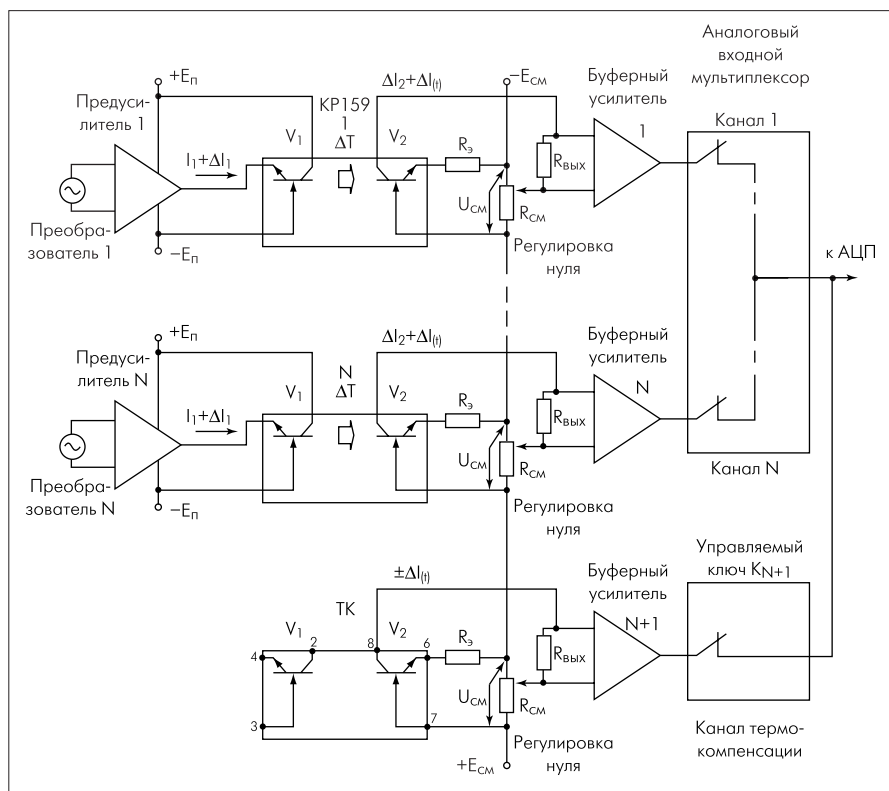


В.Громов, Ю.Кукса

Типичная электронная система сбора данных по существу представляет собой набор первичных преобразователей измеряемых физических величин в электрические сигналы, аналогового входного мультиплексора, измерительного усилителя и АЦП (рис.1). Системный мультиплексор обычно выполняется с дифференциальными входами и выходом. На него подается в цифровой форме команда выбора одного из нескольких входных сигналов, последовательно или в произвольном порядке. Формирование такой команды происходит с помощью матрицы полупроводниковых ключей. Поскольку мультиплексор и измерительный усилитель конструктивно расположены в непосредственной близости от входа системы, они весьма чувствительны к любой синфазной помехе. Даже небольшая помеха способна вызвать выход из строя всей системы.

Для электронных систем сбора данных применяются две основные схемы развязки потенциалов: первая – перед мультиплексором, вторая – после мультиплексора. Развязку перед мультиплексором можно выполнить оптической или трансформаторной. Развязка после мультиплексора выполняется с помощью электро-механических реле. Первая схема отличается от второй тем, что требует отдельного развязывающего усилителя в каждом канале системы сбора данных.

Основной принцип тепловой развязки между входным каскадом и каналом мультиплексора аналогичен принципу оптической развязки. Для экспериментального обоснования эффективности применения тепловой развязки авторами была разработана электронная система сбора данных, принципиальная схема которой приведена на рис.2. Электрический сигнал с первичного преобразователя системы сбора данных поступает на вход "неразвязанного" маломощного предварительного усилителя, на выходе которого создается унифицированный электрический сигнал, отвечающий требованиям "Государственной системы приборов и средств автоматизации". В качестве элемента тепловой развязки потенциалов в схеме использованы два транзистора, электрически изолированные друг от друга, но размещенные в одном полупроводниковом кристалле. Такую структуру имеет, например, микросхема серии KP159. Один из транзисторов этого элемента ( $V_1$ ) включен как нагревательный элемент тепловой развязки по схеме с общей базой. Рассеиваемая в коллекторном переходе электрическая мощность зависит от изменения тока с выхода предварительного усилителя  $\Delta I_1$  и установленного значения напряжения питания от "неразвязанного" источника  $E_H$ , т.е.  $\Delta P_H = \Delta I_1 \cdot E_H$  (для схемы с общей базой



**Рис.2. Электронная система сбора данных с тепловой развязкой потенциалов**

ток коллектора равен току эмиттера). Второй транзистор элемента ( $V_2$ ) работает как преобразователь изменения температуры полупроводникового кристалла микросхемы KP159 в электрический сигнал. При начальных условиях измерений, когда  $\Delta I_1 = 0$ , с помощью переменного резистора  $R_{CM}$  устанавливается ток коллектора транзистора  $V_2$  равным нулю. Постоянное напряжение на  $R_{CM}$  создается развязанным от системы источником постоянного тока  $E_{CM}$ . При этом компенсируется не только начальное значение выходного тока, но и начальное значение температуры окружающей среды. Данная регулировка относится ко всем каналам системы сбора данных. Таким образом, при изменении тока  $I_1$  на величину  $\Delta I_1$  температура транзистора  $V_1$  изменится на величину  $\Delta T$ , и для установившегося режима рассеяния в транзисторе  $V_1$  электрической мощности  $\Delta P_H$  температура перегрева транзисторов и всего кристалла будет иметь значение  $\Delta T = \Delta P_H \cdot R_t$ , где  $R_t$  – тепловое сопротивление промежутка переход–окружающая среда микросхемы KP159.

Необходимо отметить, что режим считается установившимся, если время рассеяния мощности в микросхеме равно или более  $(2-3)t$ , где  $t$  – тепловая постоянная времени микросхемы.

Известно, что прямое падение напряжения на  $p\text{-}n$ -переходе изменяется линейно с изменением его температуры (с постоянным температурным коэффициентом напряжения – ТКН). Поскольку в цепи эмиттера транзистора  $V_2$  с помощью резистора  $R_3$  обеспечиваются условия генератора тока, то при изменении температуры кристалла на  $\Delta T$  изменяется только ток коллектора на величину  $\Delta I_2 = \Delta T(\text{ТКН})/R_{\text{ВЫХ}}$ . Принимая во внимание перечисленные выше выкладки, уравнение преобразования для элемента тепловой развязки можно записать следующим образом:

$$\Delta I_2 = E_n \cdot R_t \cdot (\text{ТКН}) \cdot \Delta I_1 / R_{\text{ВЫХ}} = A \cdot \Delta I_1,$$

где  $A$  – коэффициент преобразования, величина которого определяется полупроводниковой технологией и может схемотехнически

корректироваться изменением параметров  $E_n$  и  $R_{\text{ВЫХ}}$ . Таким образом, уравнение преобразования элемента тепловой развязки потенциалов представляет собой прямую линию с регулируемым углом наклона.

Рассмотрим теперь, какое значение может иметь коэффициент  $A$ , если для элементов схемы рис.2 задать практически реализуемые номиналы:  $E_n = 5 \text{ В}$ ;  $\text{ТКН} = 2 \text{ мВ/}^\circ\text{С}$ ;  $R_t = 5^\circ\text{С/мВт}$ , (берем бескорпусной вариант микросхемы KP159);  $R_{\text{ВЫХ}} = 100 \text{ Ом}$ . Подставив эти данные в уравнение преобразования, получим  $A = 0,5$ . А если принять  $R_{\text{ВЫХ}} = 50 \text{ Ом}$  (этим несколько сужается диапазон рабочих температур элемента тепловой развязки) и  $E_n = 20 \text{ В}$  (что допустимо для микросхемы KP159), то получим  $A = 4$ . Но это уже не преобразователь, а усилитель с тепловой развязкой. Коэффициент преобразования  $A$  легко увеличить в два раза ( $A = 8$ ), если вместо KP159 применить микросхему KP119ПП1, в которой  $V_2$  выполнен в виде составного транзистора.

Поскольку с изменением температуры окружающей среды будет изменяться и ток коллектора транзистора  $V_2$  всех каналов системы, вызывая погрешность  $\Delta I_{(i)}$  измерений сигналов от первичных преобразователей, в схему рис.2 введен канал термокомпенсации (ТК) для исключения данной погрешности во всех каналах с тепловой развязкой.

В канале ТК транзистор  $V_1$  отключен. Остальная часть схемы идентична каналам с тепловой развязкой. Сигнал с выхода канала ТК подается на выход мультиплексора с отрицательным знаком через электронный ключ, управляемый синхронно с переключениями каналов мультиплексором. Для питания всех развязанных каналов системы в данной схеме используется один развязанный источник питания  $E_{CM}$ .

Таким образом, рассмотренная тепловая развязка потенциалов в электронных системах сбора данных в отличие от оптической обладает следующими достоинствами:

- элементы тепловой развязки легко выбрать из номенклатуры широко распространенных микросхем или изготовить соответствующими методами полупроводниковой технологии;
- построенные на основе элементов тепловой развязки преобразователи и усилители обладают линейными характеристиками и регулируемым коэффициентом преобразования, что обеспечивает отсутствие нелинейных искажений при передаче сигнала, а также взаимозаменяемость каналов;
- отсутствие необходимости в регулировке усиления развязанного усилителя, поскольку при изготовлении канала устанавливается заданное его значение;
- использование одного развязанного источника питания  $E_{CM}$  для всех каналов системы и применение вместо дифференциальных развязанных усилителей простых однокаскадных с одним термокомпенсационным каналом значительно упрощает схему и снижает ее стоимость.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Инженерная микроэлектроника, 2003, №2, с.55–56.
2. Громов В.С., Зайцев Ю.В. Полупроводниковые термоэлектрические преобразователи. – М.: Радио и связь, 1985.