

Измерительный преобразователь для широкополосных вольтметров переменного тока

Олег Дворников, Владимир Чеховский,
Юрий Шульгевич (г. Минск, Беларусь)

Рассмотрен измерительный преобразователь переменного напряжения произвольной формы в постоянное по уровню среднеквадратического значения, имеющий погрешность менее 3% для синусоидальных сигналов с эффективным значением от 0,3 до 2,5 В и частотой от 20 Гц до 100 МГц.

Измерительные преобразователи среднеквадратического значения напряжения (ПСКЗ) являются основой различных электроизмерительных приборов – вольтметров переменного тока ВЗ, преобразователей напряжения В9 и др. Серийно выпускаемые микросхемы экспоненциально-логарифмических ПСКЗ (AD536, AD636, AD637) обладают высокой точностью, но небольшим частотным диапазоном, пропорциональным уровню входного сигнала [1]. Микросхемы преобразователей, использующих аналоговые умножители напряжения (AD834, AD8361, AD8362, AD8317), могут обрабатывать высокочастотные сигналы, однако не допускают наличия постоянной и низкочастотной составляющих в спектре сигнала, и их погрешность довольно велика [2].

В связи с этим для высокоточного преобразования сигналов произвольной формы обычно используются термоэлектрические преобразователи [3], из которых наилучшим соотношением качество/цена характеризуются полупроводниковые транзисторные термопреобразователи. На основе теоретического анализа [4] разработаны раз-

личные электрические схемы ПСКЗ с транзисторными термопреобразователями [4, 5]. Однако исследования показали, что для обеспечения технологичности изготовления при массовом производстве и стабильности характеристик такие ПСКЗ должны быть модифицированы, а именно: увеличена эффективность преобразования мощности входного сигнала в выходное напряжение термопреобразователя и максимально уменьшена площадь печатной платы, предназначенной для размещения ПСКЗ в термостате. Необходимо также разработать методику регулировки, обеспечивающую высокую линейность передаточной характеристики транзисторных ПСКЗ.

Для решения указанных задач была разработана и изготовлена микросборка полупроводникового дифференциального термоэлектрического преобразователя РБПН001 [6] с коэффициентом преобразования от 2,5 до 3,0 мВ/мВт и электронный модуль ПСКЗ на её основе.

Микросборка РБПН001 (см. рис. 1) состоит из двух кремниевых кристаллов, размещённых на теплоизолирующей подложке. Каждый кристалл содержит два нагревательных резистора и *n-p-n*-транзистор. При необходимости резисторы можно соединить параллельно для увеличения выходного сигнала термоэлектрического преобразователя либо последовательно для увеличения входного сопротивления и ослабления требований к усилителю, находящемуся перед термоэлектрическим преобразователем [5]. Особое внимание при проектировании микросборки уделялось увеличению коэффициента

термоэлектрического преобразования. Для этого максимально уменьшено расстояние между нагревательным резистором и датчиком температуры – эмиттерным переходом *n-p-n*-транзистора, значительно уменьшен отвод тепла от кристаллов за счёт выбора материала теплоизолирующей подложки, минимизации площади и толщины полупроводниковых кристаллов, уменьшения длины и диаметра проводников, соединяющих контактные площадки кристалла и выводы корпуса [7].

Преобразователь, выполненный на микросборке РБПН001, функционирует следующим образом. Известно, что температура резистора является линейной функцией от рассеиваемой резистором мощности и, следовательно, определяется квадратом среднеквадратического значения приложенного напряжения или тока:

$$P = \frac{1}{TR} \int_0^T V_{\text{INP}}^2(t) dt, \quad (1)$$

где P – средняя мощность, рассеиваемая напряжением $V_{\text{INP}}(t)$ на резисторе R за время T .

Если изменяющийся во времени сигнал $V_{\text{INP}}(t)$ приложен к нагревательному резистору R_A (см. рис. 2), то мощность, рассеиваемая на этом резисторе, приводит к его нагреванию, передаче тепла к транзистору Q_A и изменению напряжения на прямо смещённом эмиттерном переходе Q_A . В том случае, когда напряжение на резисторе R_B отличается от напряжения на R_A , сигнал разбаланса, равный разности коллекторных напряжений Q_A и Q_B , будет усиливаться DA_2 , поступать через схему извлечения квадратного корня DA_3-DA_5 на резистор R_B и приводить к изменению мощности, рассеиваемой R_B . При этом изменяется температура R_B , Q_B , напряжение на прямо смещённом эмиттерном и, следовательно, обратно смещённом коллекторном переходе Q_B .

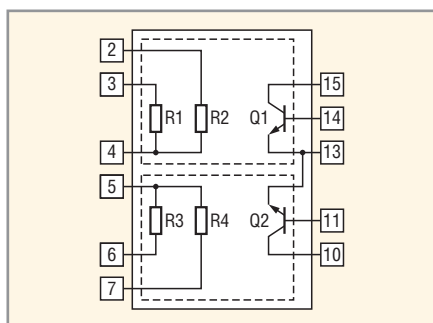


Рис. 1. Принципиальная электрическая схема микросборки РБПН001



ПРЕВОСХОДСТВО В ЖЁСТКИХ УСЛОВИЯХ

УСТОЙЧИВОСТЬ К ТЕМПЕРАТУРАМ

Новая технология применения жидких кристаллов и оптимизация теплоотвода

	Обычный LCD	Strong LCD1	Strong LCD2
Рабочий диапазон температур	0 до +50°C	-10 до +65°C	-30 до +80°C
Диапазон температур хранения	-25 до +60°C	-30 до +70°C	-30 до +80°C

УСТОЙЧИВОСТЬ К УДАРАМ И ВИБРАЦИИ

Усилена модульная конструкция

	Обычный LCD	Strong LCD1	Strong LCD2
Устойчивость к вибрации	От 57 до 500 кГц, ускорение 1g	От 57 до 500 кГц, ускорение 1g	От 57 до 500 кГц, ускорение от 1,5 до 2g
Устойчивость к ударным нагрузкам	50g, 11 мс	50g, 11 мс	от 60 до 70g, 11 мс

ЯРКОСТЬ

Значительно повышена благодаря улучшению прозрачности панели и разработке яркой системы задней подсветки

	Обычный LCD	Strong LCD1	Strong LCD2
Яркость	300 кд/м ²	Больше чем 300 кд/м ²	Больше чем 400 кд/м ²

КОНТРАСТНОСТЬ

Подавляя яркость экрана при отображении чёрного и адаптируя новую систему управления, получаем повышенную контрастность

	Обычный LCD	Strong LCD1	Strong LCD2
Контраст	350 : 1	350 : 1	600 : 1

SHARP Strong2 LCD-панели

№ модели	Размер дисплея	Разрешение, пикс.	Контраст	Яркость, кд/м ²	Входной сигнал
LQ057V3DG01	5,7" TFT	640 × 480	600 : 1	400	Цифровой 6-бит RGB
LQ075V3DG01	7,5" TFT	640 × 480	600 : 1	400	Цифровой 6-бит RGB
LQ084V3DG01	8,4" TFT	640 × 480	600 : 1	400	Цифровой 6-бит RGB
LQ104V1DG61	10,4" TFT	640 × 480	600 : 1	450	Цифровой 6-бит RGB
LQ121S1DG61	12,1" TFT	800 × 600	600 : 1	450	Цифровой 6-бит RGB

Официальный дистрибьютор SHARP на территории России с стран СНГ

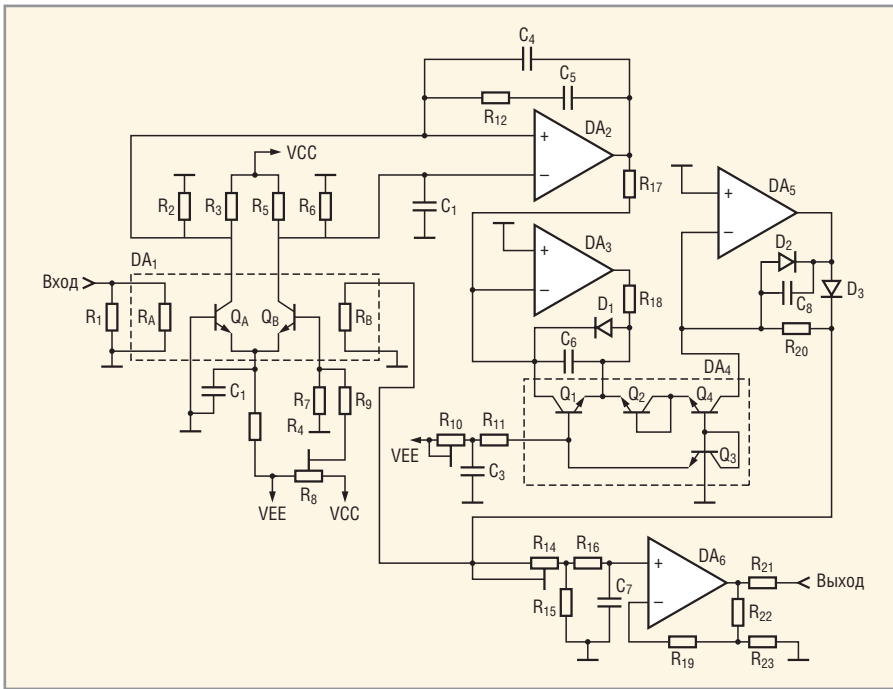


Рис. 2. Принципиальная схема электронного модуля ПСКЗ

D₁–D₃ – BAV99; DA₁ – РБПН001; DA₂ – ОП-27; DA₃, DA₅ – AD711; DA₄ – CA3046; DA₆ – LTC1150

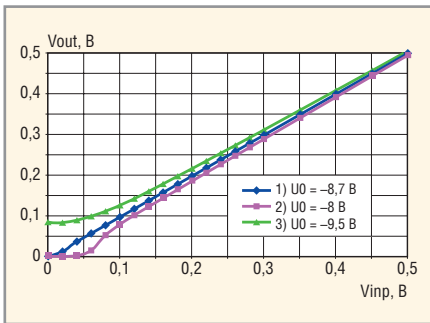


Рис. 3. Передаточная характеристика ПСКЗ при различном напряжении (U₀) на входе делителя R₇, R₉

Обратная связь через цепь DA₂–DA₅ приведёт к такому изменению напряжения на резисторе R_B, при котором коллекторные напряжения Q_A и Q_B будут одинаковыми. Если резисторы R_A, R_B и транзисторы Q_A, Q_B имеют идентичные характеристики, то при нулевом напряжении разбаланса напряжение постоянного тока на R_B (V_{RB}) будет прямо пропорционально среднему значению изменяющегося во времени входного сигнала V_{INPRMS}. Другими словами, мощность напряжения постоянного тока, подаваемая на резистор R_B, равна мощности, рассеиваемой резисто-

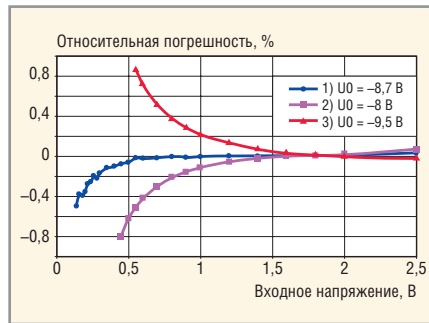


Рис. 4. Относительная погрешность ПСКЗ при различном напряжении (U₀) на входе делителя R₇, R₉

ром R_A от изменяющегося во времени сигнала:

$$P_{RA} = P_{RB}, \quad (2)$$

$$\frac{1}{TR_A} \int_0^T V_{INP}^2(t) dt = \frac{V_{RB}^2}{R_B}, \quad (3)$$

при R_A = R_B

$$V_{RB} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T V_{INP}^2(t) dt} \equiv V_{INPRMS}. \quad (4)$$

Для средне- и высокочастотных сигналов происходит усреднение входной мощности благодаря тепловой постоянной времени полупроводниковых кристаллов, что обеспе-

чивает постоянное напряжение на коллекторе Q_A.

Схема ПСКЗ, приведённая на рисунке 2, имеет ряд особенностей. В неё включен диод D₃ для устранения положительной обратной связи, возникающей при отрицательном напряжении на R_B, и конденсаторы C₂, C₄, C₅, обеспечивающие устойчивую работу дифференциального каскада (Q_A, Q_B, R₂, R₃, R₅, R₆) и усилителя DA₂. Источник тока дифференциального каскада выполнен на высокоомном резисторе R₄, зашунтированном конденсатором C₁. Такое схемотехническое решение обладает меньшим уровнем шума по сравнению с активным источником тока. Для улучшения переходной характеристики ПСКЗ введена схема извлечения квадратного корня на операционных усилителях (ОУ) DA₃, DA₅ и наборе п–р–п-транзисторов DA₄.

Преобразователь реализован на печатной плате размером 30 × 45 × 5 мм. Для подачи сигналов и напряжения питания применяются проводники, присоединяемые к плате через монтажные отверстия.

Особое внимание уделено достижению линейности передаточной характеристики с помощью регулировочных элементов, для чего:

- потенциометром R₈ компенсируется напряжение смещения всего ПСКЗ, а именно устанавливается близкое к нулю напряжение в узле «Выход» при нулевом напряжении в узле «Вход»;
 - резистивным делителем R₁₄, R₁₅ и масштабирующим усилителем DA₆, R₁₉, R₂₂, R₂₃ задаётся требуемый коэффициент преобразования во всём динамическом диапазоне;
 - потенциометром R₁₀ корректируется режим по постоянному току схемы извлечения квадратного корня, что позволяет выбрать область вольтамперных характеристик транзисторов DA₄, гарантирующую максимальную линейность передаточной характеристики.
- Возможность выполнения высокоточной настройки ПСКЗ иллюстрируют результаты измерений передаточной характеристики (см. рис. 3) и относительной погрешности (см. рис. 4) ПСКЗ для входного напряжения постоянного тока и одного регулируемого потенциометром R₈ параметра – напряжения (U₀) на входе делителя R₇, R₉. При небольшом входном напряже-

Таблица 1. Зависимость относительной погрешности преобразования Δ от уровня входного напряжения постоянного тока V_{INPDC}

V _{INPDC} , B	0,1	0,2	0,3	0,5	0,7	1,0	1,5	2,0	2,5
Δ, %	-1,500	-0,350	-0,167	-0,060	-0,043	-0,020	-0,013	-0,010	-0,004

Таблица 2. Зависимость относительной погрешности преобразования Δ от уровня V_{INRMS} и частоты f входного напряжения синусоидальной формы

Параметры	Частота входного напряжения синусоидальной формы								
	от 20 Гц до 1 МГц	1 МГц	3 МГц	5 МГц	10 МГц	30 МГц	50 МГц	100 МГц	150 МГц
Δ , %, при $V_{INRMS} = 1$ В	0,07	-0,40	-0,50	-0,40	-0,10	-0,60	-0,86	-1,83	-5,97
Δ , %, при $V_{INRMS} = 0,3$ В	0,15	-0,87	-0,99	-0,93	-0,77	-1,33	-1,77	-2,73	-6,1
Источник сигнала	Fluke 5720A	Fluke 9500	Fluke 9500	Fluke 9500	Fluke 9500	Fluke 9500	Fluke 9500	Fluke 9500	Fluke 9500

нии ПСКЗ имеет зону нечувствительности, но существует диапазон значений напряжения V_0 , при котором характеристика максимально линейна (кривая 1 на рисунке 3). Для исследованного экземпляра ПСКЗ величина V_0 должна быть равна $-8,6 \pm 0,3$ В, что обеспечивает минимальную относительную погрешность. Учитывая коэффициент ослабления делителя R_7 , R_9 , максимальная линейность достигнута при напряжении смещения дифференциальной пары Q_A/Q_B , приблизительно равном $-0,5$ В.

Измерение погрешности преобразования ПСКЗ проводилось при помощи высокостабильных источников питания Б5-78/1, прецизионного цифрового вольтметра В7-74 и калибраторов фирмы Fluke типа 5720А и 9500. Результаты измерения пара-

метров макетного образца ПСКЗ приведены в таблицах 1 и 2.

Так как в диапазоне частот синусоидального сигнала от 1 до 100 МГц зарегистрированная погрешность ПСКЗ сравнима с погрешностью источника входного сигнала (прибора Fluke 9500), можно предположить, что реальная погрешность ПСКЗ в этом диапазоне частот меньше полученных значений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дворников О.В. Микроэлектронные преобразователи переменного напряжения в постоянное по уровню среднеквадратического значения. Часть 1. Компоненты и технологии. 2004. № 9. С. 62–69.
2. Дворников О.В. Микроэлектронные преобразователи переменного напряжения в постоянное по уровню среднеквад-

тического значения. Часть 2. Компоненты и технологии. 2005. № 1. С. 34–39.

3. Дворников О.В. Микроэлектронные преобразователи переменного напряжения в постоянное по уровню среднеквадратического значения. Часть 3. Компоненты и технологии. 2005. № 2. С. 84–93.
4. Ott W.E. A new technique of thermal RMS measurement. IEEE Journal of Solid-State Circuits. 1974. Vol. 9. No. 12. P. 374–380.
5. Грязнов М.И. Измерение параметров импульсов. Радио и связь. 1991. С. 120–200.
6. Дворников О.В. Полупроводниковый дифференциальный термоэлектрический преобразователь. Chip News. 2004. № 8. С. 34–38.
7. Дворников О.В., Муравьев Б.Д., Володкевич А.А. Термочувствительная интегральная схема. Пат. 8810. Респ. Беларусь. МПК Н 01L 21/82, G 01R 19/03. ОАО «МНИПИ». № а20040544. заявл. 14.06.2004. ©

Программируемые магнитные датчики угла поворота



Микроэлектронные преобразователи переменного напряжения в постоянное по уровню среднеквадратического значения. Часть 1. Компоненты и технологии. 2004. № 9. С. 62–69.

Микроэлектронные преобразователи переменного напряжения в постоянное по уровню среднеквадратического значения. Часть 2. Компоненты и технологии. 2005. № 1. С. 34–39.

Микроэлектронные преобразователи переменного напряжения в постоянное по уровню среднеквадратического значения. Часть 3. Компоненты и технологии. 2005. № 2. С. 84–93.

A new technique of thermal RMS measurement. IEEE Journal of Solid-State Circuits. 1974. Vol. 9. No. 12. P. 374–380.

Измерение параметров импульсов. Радио и связь. 1991. С. 120–200.

Полупроводниковый дифференциальный термоэлектрический преобразователь. Chip News. 2004. № 8. С. 34–38.

Термочувствительная интегральная схема. Пат. 8810. Респ. Беларусь. МПК Н 01L 21/82, G 01R 19/03. ОАО «МНИПИ». № а20040544. заявл. 14.06.2004. ©

ae austriamicrosystems

Характеристики

- разрешение 8, 10 и 12-бит
- программирование «нулевой позиции»
- высокая скорость: до 30 000 об/мин
- температурный диапазон работы от -40°C до $+125^{\circ}\text{C}$
- маленький корпус SSOP 16 (5,3 мм × 6,2 мм)
- ультранизкий ток потребления 30 мкА

Область применения

- поворотные выключатели
- контроль позиции AC/DC-моторов
- контроль положения клапанов, вентиляей
- сенсор позиции педали «газа» и угла поворота руля
- автоматика

Преимущества

- идеально подходит для применения в неблагоприятных условиях окружающей среды
- высокая надёжность за счёт отсутствия движущихся частей
- устойчивость к разбюстировке и изменению температуры окружающей среды

ПРОСОФТ — АКТИВНЫЙ КОМПОНЕНТ ВАШЕГО БИЗНЕСА
ProSOFT® тел.: (495) 232-2522
 e-mail: info@prochip.ru • Web: www.prochip.ru

реклама