

идентичных кондуктометрических преобразователя, каждый из которых представляет собой встречно-штыревую гребенку с площадью активной области $1,45 \times 1,95$ мм и шириной электрода и межэлектродного пространства – 0,05 мм. Electroды на основе металлической системы Ti-Ni, в которой пленка титана служит в качестве адгезионного подслоя, формировались методами тонкопленочной технологии. В

качестве основного проводящего слоя использовалась пленка никеля марки НВК, поверхностное сопротивление пленки Ni составляет $< 0,15$ Ом/кв. Вторая конструкция представляла собой кантилевер, изготовленный на кремнии n-типа проводимости с удельным сопротивлением 5 Ом·см и ориентацией поверхности (100) с p+-областью для формирования пьезорезистора.

УДК 621.372.8:621.311.6

ПРЕЦИЗИОННЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ НАПРЯЖЕНИЕ-ТОК

Зуйков И.Е., Кривицкий П.Г., Матюшевский В.М.
Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь

В современном приборостроении прецизионные преобразователи напряжение-ток (ПНТ) или управляемые напряжением источники тока применяются в сенсорных системах, при измерении характеристик светодиодов, газоразрядных приборов, а также при калибровке узлов информационно-измерительной техники.

Широкое распространение микроконтроллерной техники и цифровых электронных систем обработки информации привело к тому, что ПНТ обычно используются совместно с ЦАП, выходное напряжение которого преобразуется в токовый сигнал.

В данной работе решалась задача создания схемы передачи аналогового токового сигнала в условиях шумов. Требуемый диапазон токовых сигналов от 0,1 ... 1 мА. Схема должна иметь по возможности малые размеры и работать в диапазоне температур не менее чем от минус 40 до $+85^\circ\text{C}$.

Для задания напряжения на входе ПНТ применен цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП) DAC8560 [1]. Он содержит встроенный источник опорного напряжения и задает выходное напряжение 0...2,5 В с точностью 0,02% при токах до 20 мА.

Распространенные схемы ПНТ традиционно выполняются на операционных усилителях. Сложившаяся область применения ПНТ и стандартизация аналоговых сигналов в диапазоне до 20 мА привели к появлению ряда специализированных микросхем ПНТ. Однако, лишь немногие из них позволяют гибко и в широких пределах задавать диапазон выходных токов. К последним относятся такие микросхемы, как XTR110, XTR111 [2,3].

ПНТ XTR110 (рисунок 1) имеет максимальную нелинейность 0,005% и широкий диапазон напряжений питания от 13,5 до 40 В. Прецизионные характеристики, удачная компоновка, наличие встроенного источника опорного напряжения позволили успешно производить

данную микросхему с 1984 года по настоящее время.

Микросхема XTR110 выпускается в корпусах DIP-16 и SOL-16, однако расширенный температурный диапазон обеспечивается только в корпусе DIP-16 размером $19,7 \times 10,9$ мм.

Микросхема выпускается в корпусах MSOP-10 и DFN-10 размером 5×3 и $3,8 \times 2,4$ мм соответственно. Диапазон рабочих температур для микросхемы XTR111 составляет от минус 55 до $+125^\circ\text{C}$.

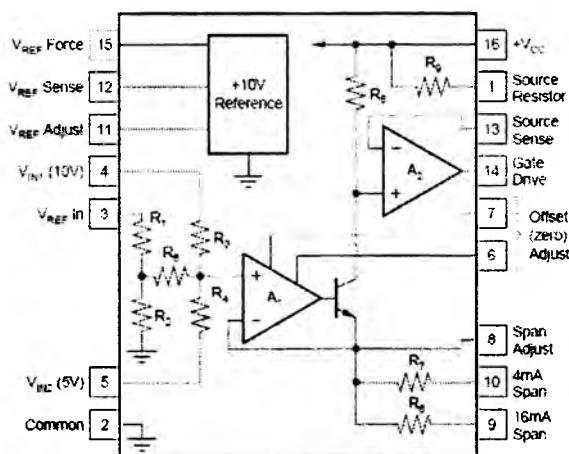


Рисунок 1 – Блок-схема преобразователя напряжение-ток XTR110

Для XTR111 нелинейность составляет 0,002%, точность – 0,015%, что соответствует аналогичным параметрам используемого ЦАП DAC8560 (начальная точность – 0,02%, относительная точность ± 8 LSB). Микросхема разработана для стандарта 0 мА-20 мА. Максимальный выходной ток составляет 36 мА, напряжение питания от 7 до 44 В, а приведенные в ее описании электрические характеристики обеспечиваются при выходных токах от 0,1 мА до 25 мА. Выходное напряжение должно быть как минимум на 2 В ниже напряжения питания V_{VSP} . Блок-схема XTR111 приведена на рисунке 2.

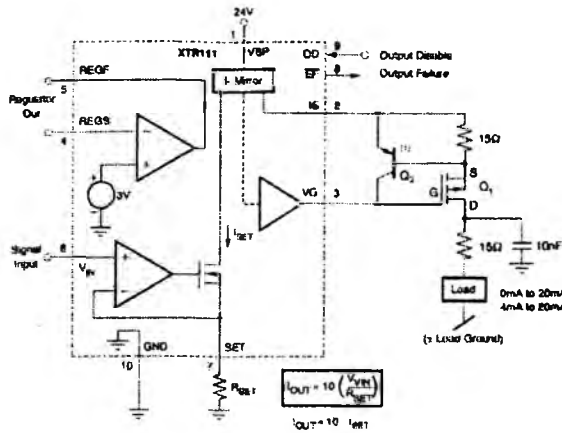


Рисунок 2 – Блок-схема преобразователя напряжение-ток XTR111

Дополнительным фактором в пользу XTR111 является возможность питания ее от уже имеющегося в измерительной системе напряжения питания +12В, тогда как для XTR110 требуется дополнительно напряжение питания +15В.

Исходя из вышеизложенного, в качестве преобразователя напряжение-ток выбрана микросхема XTR111, применяемая в универсальных управляемых напряжением источниках тока.

Внешний р-канальный МОП транзистор обеспечивает высокое выходное сопротивление и широкий диапазон допустимых выходных напряжений, в том числе отрицательных. Такая схема включения обеспечивает превосходное подавление типичных сигналов наводок от индустриального окружения.

Встроенный стабилизатор напряжения обеспечивает выходной ток до 5мА и может подстраиваться с помощью резистивного делителя от 3 до 15В.

Вход VIN – это обычный не инвертирующий высокоомный вход внутреннего операционного усилителя (ОУ) с защитными диодами. Следует включать небольшой последовательный резистор для ограничения входного тока, когда на XTR111 не подано питающее напряжение. Для устранения тока смещения ОУ этот резистор может быть выбран равным R_{SET} .

К входу SET подключается резистор, который задает коэффициент преобразования. Напряжение на этом выводе не должно превышать 14В, так как он не имеет защиты от перенапряжений.

Отношение между входным напряжением и выходным током задается резистором R_{SET} .

$$I_{OUT} = 10 \left(\frac{V_{IN}}{R_{SET}} \right)$$

Диапазон напряжений ЦАП составляет 0...2,5В. Поэтому для обеспечения выходного диапазона выходных токов 0...1мА выбрано

$R_{SET} = 25 \text{ кОм}$.

Выход IS соединяется с истоком внешнего МОП транзистора. Точность выходного его тока достигается путем динамической коррекции ошибки в токовом зеркале. Напряжение на этом выводе не должно быть более чем на 6,5В ниже положительного напряжения питания. К выводу подключен внутренний защитный диод. Тем не менее, ток через него должен быть ограничен внешней защитной цепью до 50мА.

Управляющий выход для затвора внешнего МОП транзистора защищен от короткого замыкания на питание или землю. Напряжение на нем не может быть более чем на 18В ниже напряжения положительного напряжения питания. Внешний МОП транзистор должен быть защищен, если его напряжение на его затворе может быть установлено из внешних цепей ниже этого значения.

Логический выход EF# (флаг ошибки) с низким активным уровнем используется с внешним подтягивающим резистором для надежного функционирования, хотя у него имеется слабая внутренняя подтяжка к 5В.

Цепь определения ошибки активирует логический выход (флаг ошибки) в случае, если не обеспечивается корректное значение выходного тока. Это означает обрыв провода, большое сопротивление нагрузки или достижение максимально допустимого положительного напряжения на токовом выходе.

Вход отключения тока OD (output disable), который может быть использован для включения, мультиплексирования и в других случаях, когда на выходе не должно быть тока. Он подтянут внутренним резистором к высокому уровню, поэтому для включения XTR111 на этот вывод должен быть подан низкий логический уровень.

Таким образом, применение изложенной в докладе схемы на основе ЦАП DAC8560 и ПНТ XTR111 позволило обеспечить формирование и передачу прецизионного токового сигнала в диапазоне токов 0,1 ... 1 мА.

- 16-Bit, Ultra-Low Glitch, Voltage Output Digital-to-Analog Converter with 2.5V, 2ppm/°C Internal Reference. SLAS464B – DECEMBER 2006 – REVISED NOVEMBER 2011. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/dac8560.pdf>.
- XTR110 Precision Voltage-to-Current Converter/Transmitter. SBOS141C – January 1984 – Revised September 2009.
- XTR111 Precision Voltage-to-Current Converter/Transmitter SBOS375C – November 2006–Revised June 2011.