

Милливольтметр постоянного тока на AD7714

В течение нескольких лет фирма Analog Devices выпускает семейство 24-разрядных сигма-дельта АЦП (AD7710-AD7714, AD7730, AD7731). Применение этих микросхем резко упростило схемотехнику построения прецизионных измерительных систем в областях, не требующих высокого быстродействия, таких, например, как термометрия, тензометрия и т. д. В настоящей статье приведен пример конкретной разработки на одной из таких микросхем — AD7714, которая может быть взята за основу при создании системы на одной из перечисленных микросхем.

В рассматриваемом примере на AD7714 выполнена основная часть прецизионного низкочастотного вольтметра на 6–8 десятичных разрядов. Для полного вольтметра описываемое устройство необходимо снабдить входным каскадом с делителем напряжения и преобразованием сигнала отрицательной полярности. Но поскольку во многих вариантах применения рассматриваемой микросхемы входной каскад с делителем не нужен, а измеряемое напряжение никогда не меняет своей полярности, я решил ограничиться описанием системы без подобного входного каскада — сделать его по силам любому подготовленному разработчику.

Сама AD7714 довольно подробно описана в материалах, опубликованных в журнале «Компоненты и Технологии» №1/1999, с. 38–41

и №1/2000, с. 38–41. В связи с этим я не стану рассказывать о структуре ее регистров, всех возможных вариантах использования ее входов, формах калибровок и т. д., предполагая, что читатели уже знакомы с этой микросхемой, или самостоятельно познакомятся с ней по ее фирменному техническому описанию и материалам упомянутых статей.

Принципиальная схема устройства приведена на рис. 1. Помимо AD7714, оно содержит прецизионный источник опорного напряжения DA1(REF192), согласующий каскад на ОУ DA2 (AD8551), микроконтроллер DD1 (AT89C51) и индикатор DD2 (HT1610), о котором подробно рассказывалось в журнале «Схемотехника» № 2001.

Источник опорного напряжения вырабатывает напряжение, при-

мерно равное 2,48 В. Температурная стабильность источника — 8 ppm/°C. Столь низкое значение собственного теплового дрейфа позволяет во многих случаях обойтись без его термостабилизации, однако если вы хотите надежно измерять сигналы величиной менее 100 мкВ, источник необходимо термостабилизировать.

Поскольку напряжение стабилизации DA1 имеет двухпроцентный разброс, его необходимо как-то компенсировать. Это можно делать как программным путем, так и аппаратно. Второй путь — более оперативный, так как подкрутить движок переменного резистора гораздо быстрее, чем провести необходимые измерения и перепрограммировать микроконтроллер.

Для возможности этой компенсации, то есть фактически для калибровки вольтметра, служит согласующий каскад на ОУ DA2. Поскольку именно с его выхода сигнал поступает на опорный вход АЦП, дрейфовые характеристики этого ОУ должны быть по крайней мере не хуже, чем у DA1. Такому условию удовлетворяют ОУ AD8551, максимальный паспортный тепловой дрейф которых составляет 40 нВ/°C (а реальный, полученный мной при измерении имевшихся в наличии двух экземпляров и того ниже — 25 нВ/°C). Подстроечный резистор R3 (СП5-2) позволяет регулировать напряжение на выходе ОУ AD8551 в пределах $\pm 1\%$.

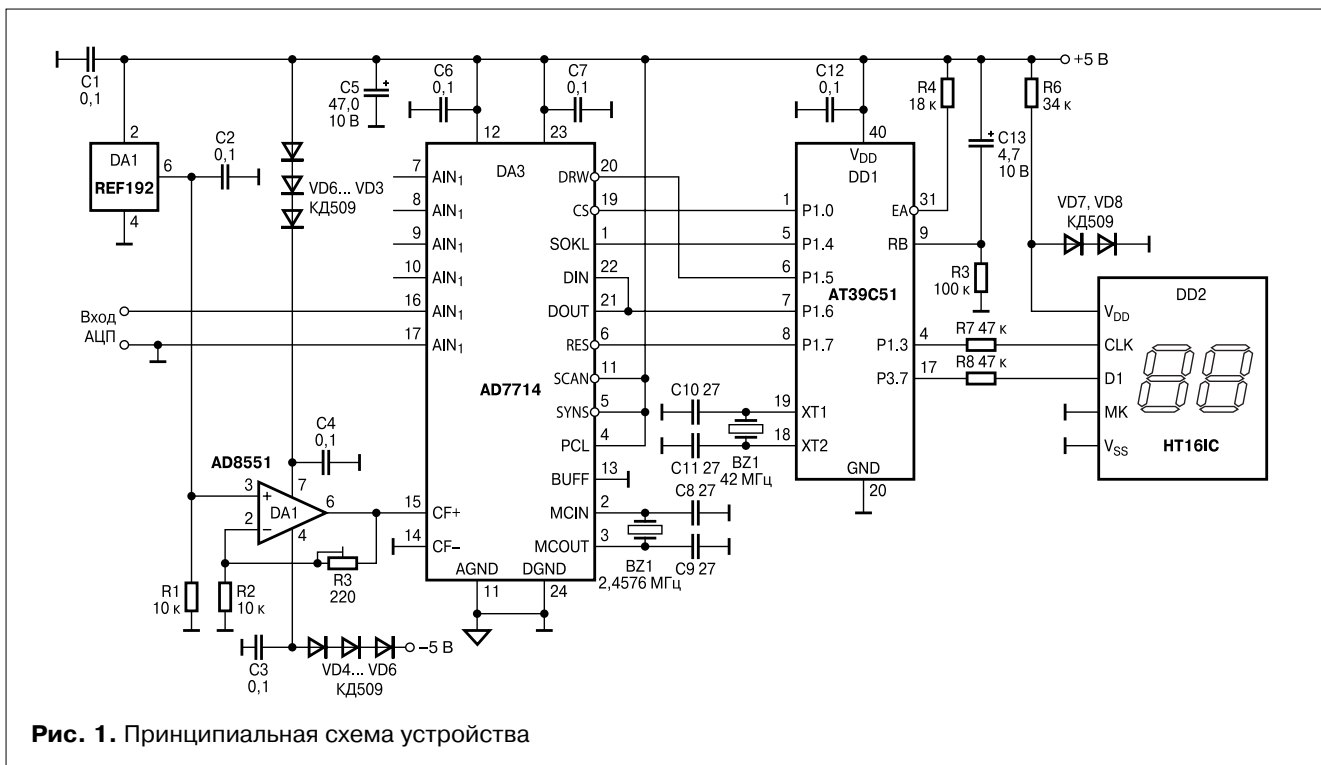


Рис. 1. Принципиальная схема устройства

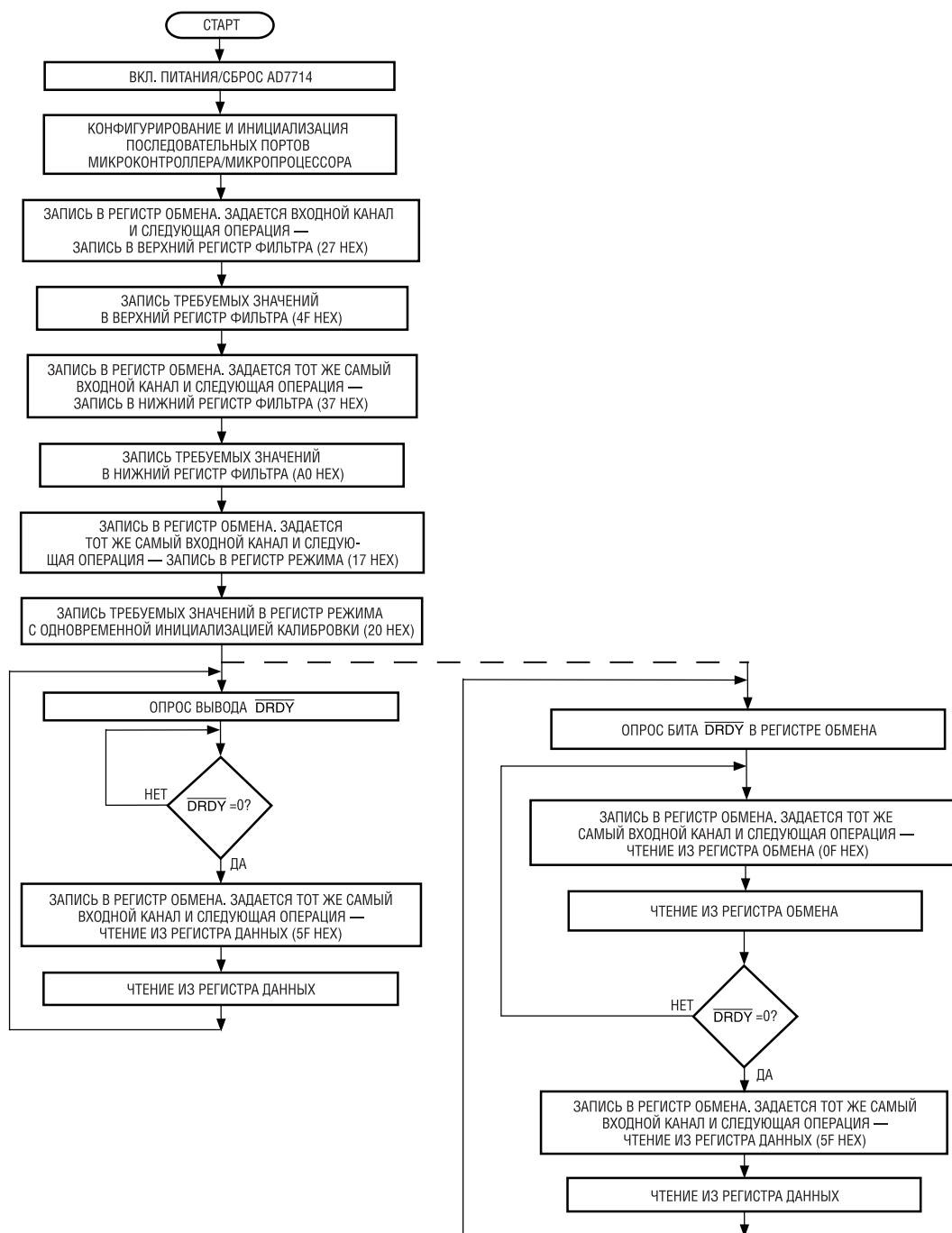


Рис. 2. Алгоритм настройки и считывания AD7714

Работа системы организуется микроконтроллером DD1, который вначале настраивает, а затем опрашивает АЦП DA3, обрабатывает полученные результаты и отображает их на индикаторе DD2. Схема сопряжения микроконтроллера с индикатором стандартная и каких-либо особенностей не имеет.

Управление АЦП осуществляется микроконтроллером по входам DRDY, CS, SCLK, DIN и RESET, данные считываются с выхода DOUT. Эти выходы соединены с линиями P1.5, P1.0, P1.4, P1.6 и P1.7 микроконтроллера соответственно. Сиг-

нал для оцифровки подается на входы AIN5 и AIN6 АЦП. Входной буфер АЦП отключен за счет подачи нулевого потенциала на вход BUFFER.

Микросхема AD7714 характеризуется большим количеством разнообразных режимов настройки и функционирования, поэтому процесс ее программирования довольно сложен. Одна из целей настоящей публикации — подробно описать этот процесс, чтобы те читатели, кому придется работать с этой микросхемой, могли легко разобраться в нем и при необходи-

мости модифицировать программу под свои задачи.

Алгоритм настройки AD7714 и считывания с нее информации изображен на рис. 2.

Как следует из рисунка, вначале микросхему нужно настроить соответствующим образом, задав аналоговые входы, сигнал с которых будет оцифровываться, режим калибровки, коэффициент усиления внутреннего усилителя, частоту среза цифрового фильтра, входной диапазон (биполярный или униполярный), разрядность считываемого результата (16 или 24 бита), ре-

жимы потребления, включения/выключения цифрового фильтра и проверки работоспособности преобразователя. Это осуществляется тремя последовательными циклами записи соответствующей информации в верхний регистр и нижний регистры фильтра и регистр режима. Напомню, что каждый из упомянутых циклов записи предваряется записью в регистр обмена, так что настройка AD7714 представляет собой шесть последовательных циклов записи. После этого возможно считывание информации.

Обмен информацией между МК и АЦП возможен двумя способами. Первый — с использованием последовательного порта микроконтроллера. Пример его реализации приведен в фирменном описании схожей с AD7714 микросхемы AD7711. Однако этот способ довольно сложен в настройке и требует перекодировки данных, передаваемых или принимаемых микроконтроллером. Поэтому в рассматриваемом примере выбран второй способ, без использования последовательного порта, при котором все требуемые сигналы формируются на линиях порта программным способом. Отмечу, что AD7714 никогда не работает в полностью дуплексном режиме, и может либо только передавать данные, либо только принимать. Благодаря этому оказалось возможным объединить вход DIN и выход DOUT АЦП. Также отмечу, что в выбранном примере проверка готовности АЦП осуществляется аппаратно, по уровню сигнала на выходе DRDY.

Особо нужно отметить то, что микроконтроллер при включении формирует сигнал сброса АЦП по входу RESET. Хотя в фирменном описании на микросхему ничего не сказано о необходимости реализации такого сброса, практика показала, что обычная цепь сброса, содержащая резистор и конденсатор соответствующих номиналов, не в состоянии надежно сбросить АЦП, и он может не заработать при подаче питания. Способ формирования сигнала сброса, приведенный в фирменном описании, позволяет добиться надежного старта AD7714.

Как я уже упоминал, AD7714 настраивается на работу со входами AIN5 и AIN6. Тактовая частота работы микросхемы — 2,4576 МГц. Первую частоту режекции выбираем равной 50 Гц. С этой целью в регис-

тры фильтра (при выбранной тактовой частоте) нужно занести число 384 дес. = 001100000000B (0011B — в старший регистр фильтра, 00000000B — в младший). Работа производится в униполярном входном режиме, считывается 24-битовый результат. Коэффициент усиления внутреннего усилителя выберем равным 1, а перед измерением будем запускать режим автокалибровки, подстраивающий и ноль и коэффициент усиления полной шкалы.

Анализ таблицы из фирменного технического описания, представляющей зависимость выходного шума/разрешения AD7714 от первой частоты режекции, коэффициента усиления внутреннего усилителя и тактовой частоты показывает, что при выбранных параметрах типовое значение выходного шума должно составлять 4,3 мкВ, а эффективное разрешение — 20 разрядов. Другими словами, 4 младших разряда имеют право «болтаться» от измерения к измерению. Если мы хотим добиться более высокого разрешения, необходимо проводить серию как минимум из нескольких десятков измерений с последующим усреднением. Удовлетворительные результаты получаются при усреднении 64–128 измерений (эффективное разрешение — 22–23 разряда). В рассматриваемом примере я усредняю по 256 измерениям, при этом результат измерения постоянного сигнала от измерения к измерению либо не меняется, либо меняется на 1 единицу младшего значащего разряда. Увеличение числа измерений для усреднения сверх 256 уже практически ничего не дает. Отмечу, что быстродействие вольтметра, усредняющего по 256 измерениям, составляет примерно 0,3 Гц (1 измерение в 3 с). Естественно, измеряемый сигнал за время измерения (в данном случае — 3 с) должен оставаться неизменным. Если это по тем или иным причинам не так, и скорость его изменения более высока, нужно соответствующим образом уменьшить количество усредняемых измерений.

При измерении напряжения, равного опорному (2,5 В), и последующем считывании с усреднением контроллер получит, как нетрудно догадаться, результат, равный FFFFFFFH. После преобразования его в двоично-десятичную форму получается 16777215. Ясно, что пе-

ред отображением результата на индикаторе его надо преобразовать — либо умножить в 1,4901162 раза, либо разделить на 6,710886. В первом случае мы получим число 24999999, которое затем можно отобразить в формате 2,4999999 В, что соответствует 8-декадному цифровому вольтметру, младшая значащая цифра которого является разрядом сотен нВ. Во втором случае мы получим 2500000, которое затем можно отобразить в формате 2,500000 В. В этом случае разрешение получается на порядок хуже, но все равно очень большим — 7 десятичных разрядов. В описываемом примере реализован первый случай — 8-декадный вольтметр. При этом, дабы обойтись без использования программ с плавающей или фиксированной десятичной точкой, умножение в 1,4901162 раза осуществляется за счет умножения результата измерения на 94302 с последующим делением на 63285 (94302/63285/1,49011614). Далее полученный результат преобразовывается в двоично-десятичный формат и отображается на экране индикатора.

Следует отметить, что используемый индикатор (HT1610) не отображает запятую. В связи с этим в качестве разделителя целой и дробной части числа используется пробел. Таким образом, упомянутое 2,4999999 отображается в виде 2_4999999, где символ нижнего подчеркивания означает пробел, то есть пустое знакоместо на индикаторе. При необходимости отображать результат не с пробелом, а с десятичной запятой нужно применить иной индикатор, например, MT10T7 («Схемотехника», № 2/2001), переписав соответствующую подпрограмму вывода информации на индикатор.

Исходный ассемблерный текст приведен в файле 7714_35.a51 (<http://www.dian.ru/programs/index.html>). Он снабжен большим количеством комментариев, которые позволяют при необходимости легко менять те или иные параметры настройки AD7714: аналоговые входы, сигнал с которых будет оцифровываться, режим калибровки, коэффициент усиления внутреннего усилителя, частоту среза цифрового фильтра, входной диапазон (биполярный или униполярный), разрядность считываемого результата (16 или 24 бита), режим потребления, и т. д. Можно также, как было

сказано выше, менять количество измерений при усреднении, а также уменьшить число отображаемых десятичных разрядов.

В завершение отмечу, что при использовании микросхемы нужно учитывать следующие моменты. Во-первых, несмотря на постоянное использование режима автокалибровки, при непрерывной работе микросхемы в течение 7–8 часов результат оцифровки неизменного сигнала может несколько «подплыть» (в использованном мной образце этот уход составлял

4–5 мкВ). Далее, от включения к включению результат оцифровки этого неизменного сигнала также не остается постоянным, и здесь разброс еще больше (у меня получилось в пределах 25–30 мкВ). Сказанное, например, означает, что использование AD7714 для прямой оцифровки сигнала с термопары, без предварительного усиления (а такие рекомендации имеются в datasheet'e) может внести в измерения заметную погрешность. Во всяком случае, прежде, чем использовать AD7714 с платиновыми

термопарами без дополнительного входного усилителя, нужно после монтажа и отладки вольтметра провести небольшое исследование, подобное тому, о котором я упомянул — в противном случае вы можете получить неконтролируемую погрешность на уровне 4–5°.

Программное обеспечение для предлагаемого устройства доступно по адресу: <http://www.dian.ru/programs/index.html>.

Александр Фрунзе
alex.fru@mtu-net.ru
