

РАЗРАБОТКА КАСКАДА ИЗМЕРЕНИЯ ТОКА ПОЛОЖИТЕЛЬНОЙ И ОТРИЦАТЕЛЬНОЙ ПОЛЯРНОСТИ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В СИСТЕМАХ ДИАГНОСТИКИ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ

А.С. Савчиц, бакалавр
Московский институт электронной техники
(Россия, г. Москва)

DOI:10.24412/2500-1000-2023-6-3-147-150

Аннотация. В данной статье рассматривается процесс разработки системы измерения тока положительной и отрицательной полярности, предназначенной для использования в системах диагностики реального времени. Рассмотрены различные варианты микросхем, доступных к покупке на территории РФ. Проведено моделирование разработанного решения в программной среде Multisim.

Ключевые слова: измерение, датчик тока, цепи питания, системы диагностики реального времени, Multisim.

При разработке систем диагностики реального времени, всегда стоит задача измерения тока потребления цепей питания, чтобы убедиться соответствует ли проверяемое устройство требованиям технического задания. Несколько лет назад не было проблемой купить готовую микросхему-датчик и использовать её для измерения тока, однако в связи с дефицитом многих микросхем на российском рынке, цена на большинство схемотехнических решений стремится в космос. Целью данной статьи является разработка собственного измерителя тока, спроектированного на доступной элементной базе, работающий при положительной и отрицательной полярности тока.

Поставленные задачи и пути их решения

К разрабатываемой системе измерения тока применяются следующие требования:

- система измерения тока должна быть выполнен с использованием доступных схемотехнических решений
- ток на нагрузке до 0.4 А;
- сопротивление нагрузки 12.5 Ом;
- сопротивление шунтирующего резистора 0.5 Ом;
- опорное напряжение АЦП 2.5 В.

Для решения данной задачи больше всего подходит дифференциальный операционный усилитель (рис. 1), который выполняет функцию увеличения разницы между сигналами, поступающими на его входы.

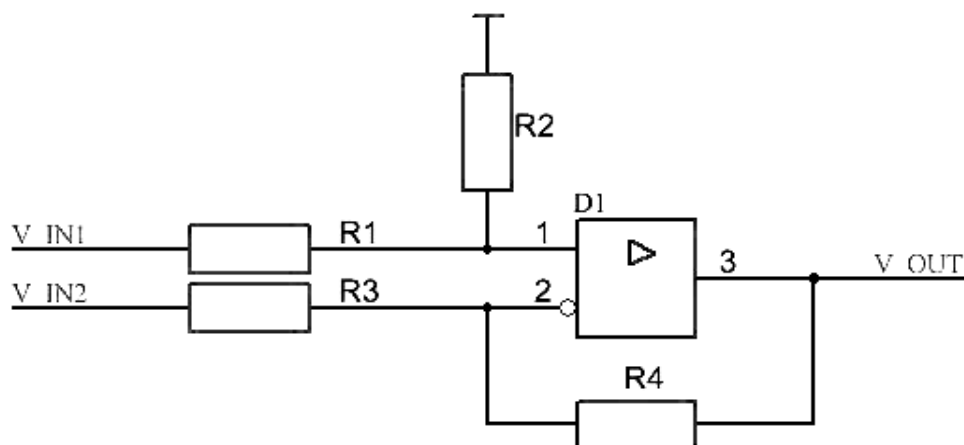


Рис. 1. Дифференциальный усилитель
При $R1 = R3$ и $R2 = R4$ справедлива формула для выходного сигнала:

$$V_{out} = \frac{R_2}{R_1} (V_{in1} - V_{in2})$$

Резисторы R1 и R3 при включении их напрямую к шунтирующему резистору могут повлиять на точность измерений тока. Также не стоит забывать про сопротивление проводов и дорожек. Для устранения

данной проблемы стоит добавить в наш измерительный каскад несколько буферных повторителей, что позволит изолировать нашу нагрузку. Итоговая схема изображена на рисунке 2.

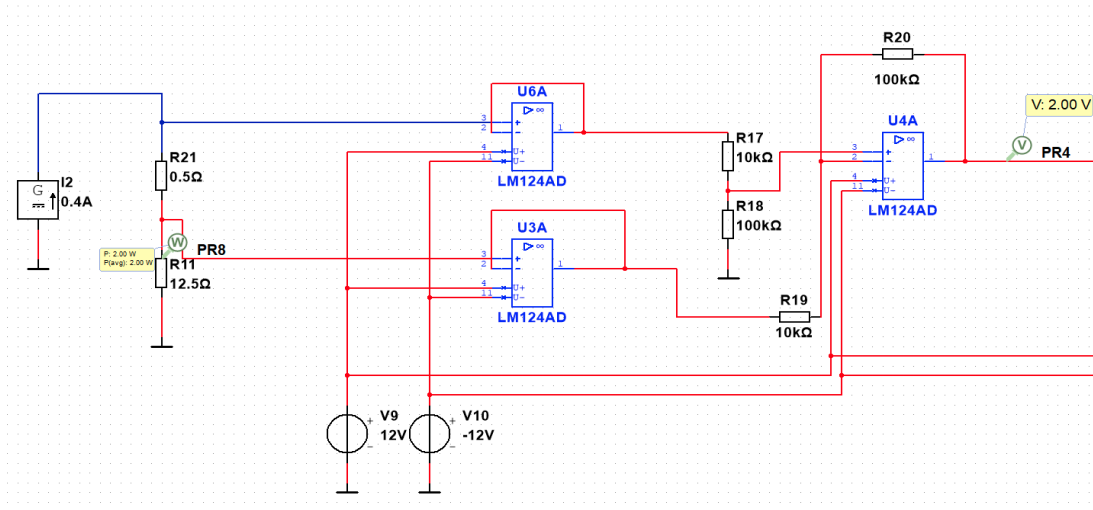


Рис. 2. Схема измерения тока

Ток на шунтирующем резисторе будет подсчитываться по следующей формуле:

$$I = \frac{10 \text{ kOhm}}{100 \text{ kOhm} * 0.5 \text{ Ohm}} V_{out}$$

Однако у данной схемы есть недостаток - она работает только при положительной полярности тока. Для того, чтобы наш измеритель работал и при отрицательной по-

лярности тока, необходимо добавить смещение нуля. В качестве значения смещения будем использовать опорное напряжение нашего АЦП, деленное пополам.

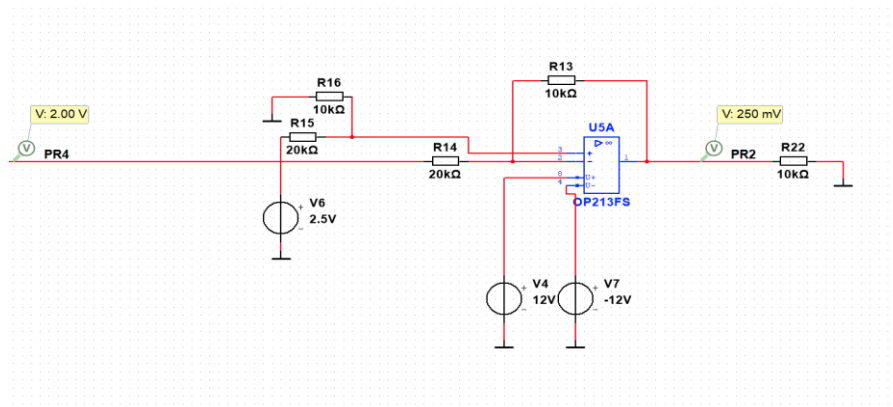


Рис. 3. Смещение нуля

Конечная формула тока будет равна:

$$I = (2.5 \text{ В} - V_{out} * \frac{20 \text{ k}\Omega}{10 \text{ k}\Omega}) * \frac{10 \text{ k}\Omega}{100 \text{ k}\Omega * 0.5 \text{ }\Omega}$$

Результаты моделирования в программной среде multisim приведены в таблице 1.

Таблица 1. Результаты моделирования

Значение тока	измеренное значение на выходе при моделировании	Рассчитанное значение на выходе каскада
0,4 А	250.3 мВ	250 мВ
0,2 А	750.9 мВ	750 мВ
0 А	1.2510 В	1.25 В
-0.3 А	2.0013 В	2 В

После сдвига нуля измерительный каскад работает и при отрицательной полярности тока. Однако при сильном превышении тока потребления, на выходе каскада может образовываться либо отрицательное напряжение, либо напряжение,

превышающее максимально допустимое значение входа АЦП, что может привести к выходу из строя микросхемы. Во избежание данного случая в наш измерительный каскад следует добавить диодную защиту.

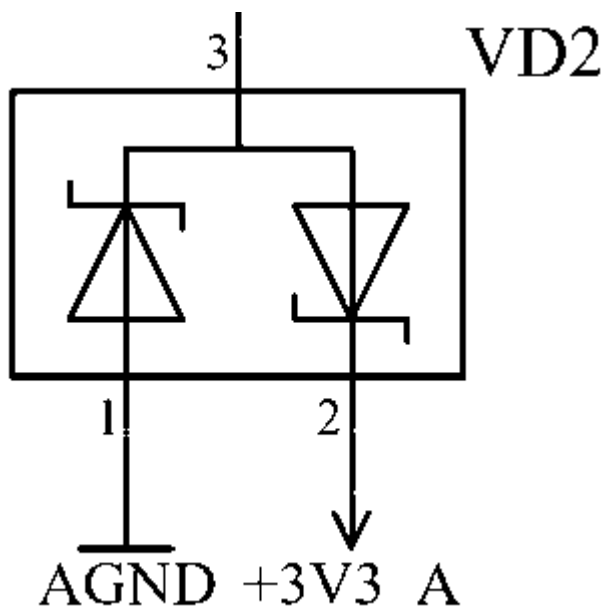


Рис. 4. Диодная защита

Диоды в этой схеме при нормальной работе не пропускают ток. Но когда по входу возникает перенапряжение, т.е. напряжение входа становится больше, чем $U_{пит}$ плюс прямое падение напряжения на диоде, то верхний диод открывается и вход замыкается на шину питания. Если возникает отрицательная полуволна напряжения, то открывается нижний диод и вход замыкается на землю.

После добавление защиты и возможности измерять ток разной полярности наша

система измерения тока готов к использованию в системах диагностики реального времени.

В итоге наша схема состоит из двух буферных повторителей, двух операционных усилителей, работающих в дифференциальном режиме. Для данного решения подойдут ОУ с двух или четырех канальным выходом и низким смещением нуля. В таблице 2 отмечены ОУ, которые можно выбрать для реализации нашей системы измерения тока.

Таблица 2. Сравнение операционных усилителей

Название	Смещение Нуля	Н каналов	цена в РФ	Выходной ток
LM358ADT	1000 мкВ	2	49 р	60 мА
5544УД4У3	100 мкВ	4	по запросу	60 мА
AD824AR	500 мкВ	4	300 р	20 мА

Заключение. В итоге, разработка датчика тока является важным этапом для создания надежных систем диагностики реального времени. При разработке были использованы доступные и недорогие компоненты. Были подобраны отечествен-

ные микросхемы, которые можно использовать в системе измерения тока при необходимом импортозамещении. Было проведено моделирование в программной среде Multisim.

Библиографический список

1. Хоровиц, П. Искусство схемотехники / П. Хоровиц, У. Хилл. – Москва: Бином, 2020. – 704 с.
2. Ровдо, А.А. Схемотехника усилительных каскадов на биполярных транзисторах. – М.: Додэка XXI, 2009. – 256 с.

DEVELOPMENT OF A CASCADE FOR MEASURING CURRENT OF POSITIVE AND NEGATIVE POLARITY FOR USE IN REAL-TIME DIAGNOSTIC SYSTEMS

A.S. Savchits, *Bachelor*

Moscow Institute of Electronic Technology
(Russia, Moscow)

Abstract. *This article discusses the process of developing a current measurement system of positive and negative polarity, designed for use in real-time diagnostic systems. Various variants of microchips available for purchase in the territory of the Russian Federation are considered. The simulation of the developed solution in the Multisim software environment is carried out.*

Keywords: *measurement, current sensor, power supply circuits, real-time diagnostic systems, Multisim.*