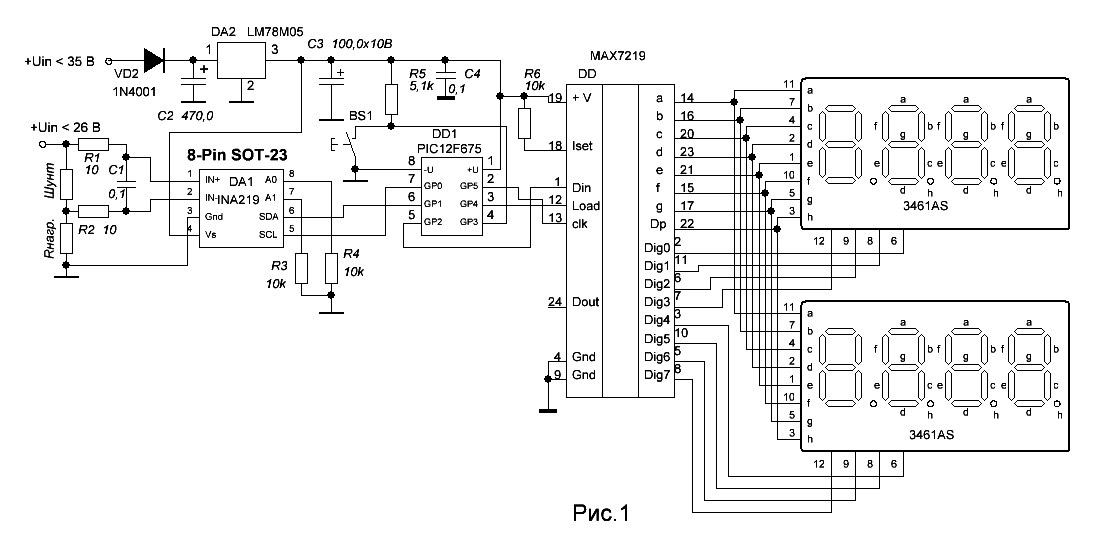
Цифровой вольтметр и амперметр на INA219, MAX7219, PIC12F675

В статье рассматривается один из вариантов схемы измерительного модуля, предназначенного для использования совместно с лабораторным блоком питания. С помощью данного вольтамперметра возможно измерение напряжения до 26 вольт и тока величиной до 10 ампер. Схема устройства приведена на рисунке 1.



Критериями, по которым разрабатывалась данная схема, являются – простота повторения, простота настройки, ремонтопригодность и относительная дешевизна при довольно не плохих параметрах измерения. Сердцем данной конструкции является микроконтроллер PIC12F675. Функцию измерения и оцифровки уровней напряжения и тока выполняет микросхема АЦП INA219. Вывод информации о значениях напряжения и тока на индикаторы возложен на драйвер MAX7219. На сайте есть статья, кому интересно программирование, называется – «[Программа взаимодействия МАХ7219 с PIC контроллерами](https://www.kondratev-v.ru/programmirovanie/programma-vzaimodejstviya-max7219-s-pic-kontrollerami.html)». За стабильность питающего напряжения +5 вольт отвечает микросхема стабилизатора DA2 – LM78M05. Посмотреть документацию этих компонентов можно перейдя по ссылкам ниже.

[INA219 Datasheet PDF](https://kondratev-v.ru/uploads_PDF/INA219/INA219.html)

[LM78M05 Datasheet PDF](https://kondratev-v.ru/uploads_PDF/LM78M05/LM78M05.html)

[PIC12F675 Datasheet PDF](https://kondratev-v.ru/uploads_PDF/PIC12F675/PIC12F675.html)

[MAX7219 Datasheet PDF](https://kondratev-v.ru/uploads_PDF/MAX7219/MAX7219-MAX7221.html)

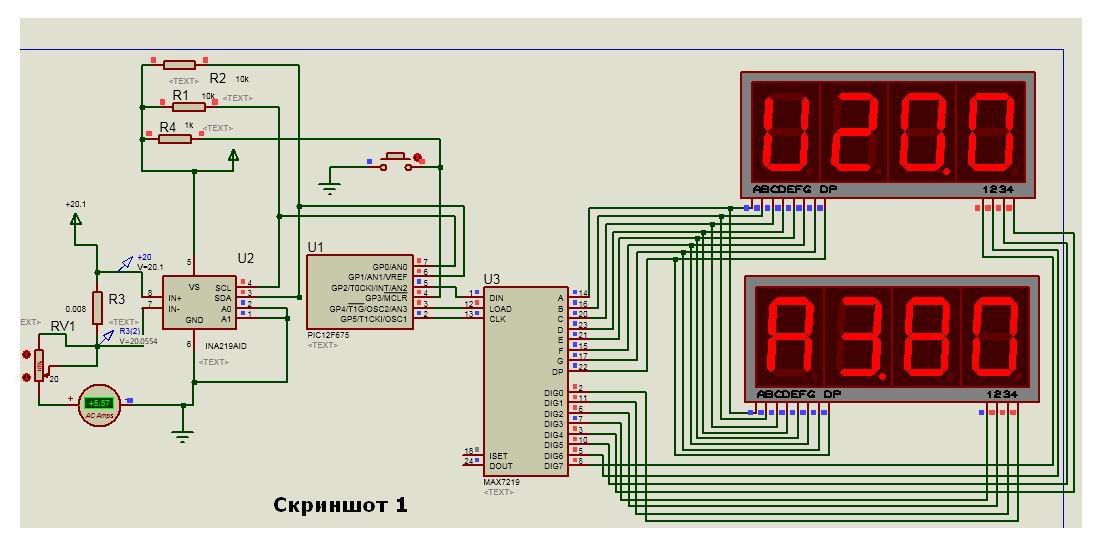
Как упоминалось выше, напряжение питания схемы равно пяти вольтам, при этом максимальное входное напряжение данного стабилизатора равно 35 вольт. Но использовать такое напряжение не стоит из-за большой тепловой мощности, которая будет выделяться на микросхеме. В моем случае ток потребления схемы находится в районе 70мА. При таком токе и входном напряжении 35В на микросхеме стабилизатора выделится – 0,07· 30 = 2,1 Вт тепла, не самый лучший вариант. Сама же микросхема АЦП может измерять напряжение на положительной шине до 26В. Диод VD1 – защита от переполюсовки. Конденсаторы С2, С3, С4, это блокировочные конденсаторы. С1 – конденсатор, защищающий дифференциальные входы INA219. К элементам защиты этой же микросхемы относятся и резисторы R1, R2. Не забывайте, что при выбранной конфигурации работы АЦП и довольно низком значении сопротивления шунта, нелинейность в показаниях амперметра при малых токах нагрузки все же будет. Не зря в амперметрах на разных пределах измерения используются шунты с разным сопротивлением.

Резисторы R3, R4 – резисторы, задающие адрес ведомого при обращении микроконтроллера к АЦП для принятия данных. R5, это резистор, подтягивающий вывод GP3 микроконтроллера к шине питания, это дает возможность взаимодействия микроконтроллера с кнопкой. С помощью этой кнопки мы можем корректировать коэффициент калибровки показаний амперметра, а это дает нам прекрасную возможность не пилить шунт напильником.

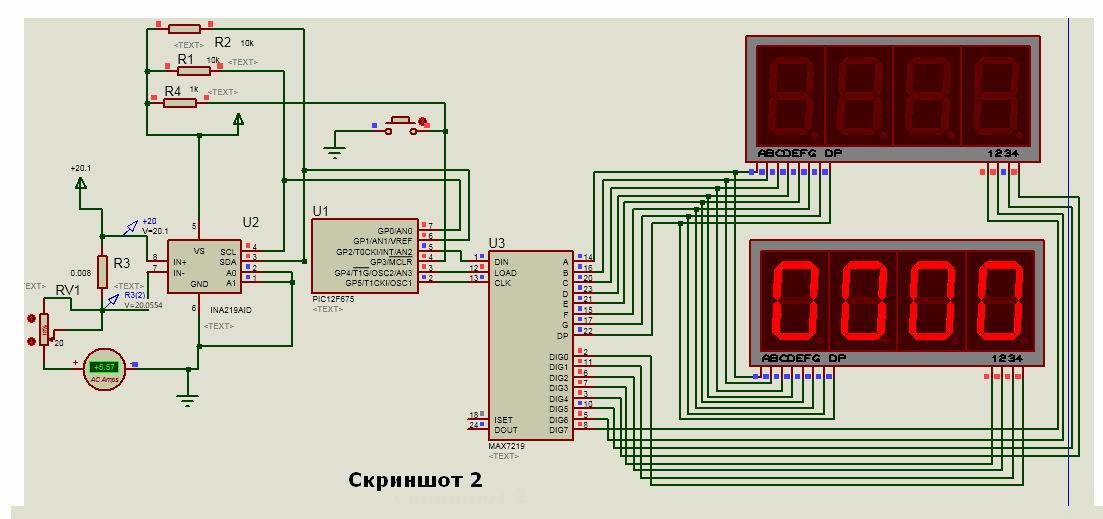
Величину коэффициента калибровки можно рассчитать по формуле, приведенной в документации на INA219. Ккалибр  = 0,04096/Значение младшего разряда · Rшунта. Вданном случае я выбрал разрешение равным 0,001А, а сопротивление шунта у меня получилось порядка 0,01Ом. Отсюда имеем Ккалибр = 0,04096/0,001 · 0,01 = 4 096. При этом на индикатор выводится значение тока нагрузки с точностью только до сотых долей ампера.

Коррекция показаний амперметра.

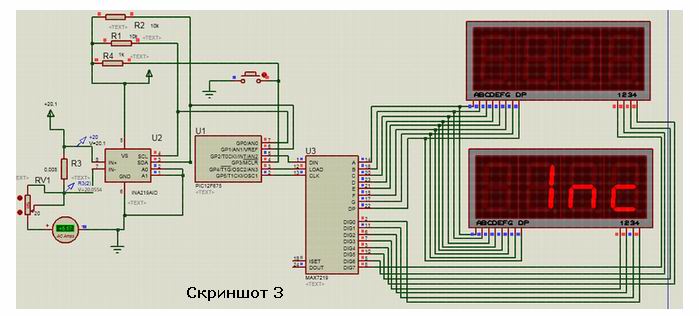
Сперва создаем схему в Proteus для моделирования, включаем и видим:



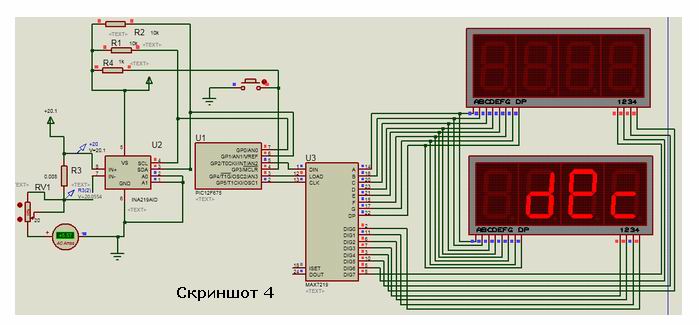
Напряжение в норме, 20 вольт, а вот ток не соответствует действительности. Данные на амперметре, включенного в цепь переменного нагрузочного резистора RV1, говорят о том, что ток равен 5,57А. Дело в том, что я намеренно задал сопротивление шунта – R3, не 0,01 Ом, а 0,008 Ома. Ожидаемо, что показания будут занижены. Для того, чтобы увеличить показания, необходимо увеличить численное значение калибровочного коэффициента. При первом включении схемы в флешь память микроконтроллера записывается величина калибровочного коэффициента, рассчитанного для R3 = 0,01 Ом. В реальной жизни нам и не обязательно точно знать сопротивление шунта, но на картинке то, видно, что оно 0,008Ом. Поэтому ради интереса рассчитаем Ккалибр и для этого значения. Ккалибр = 0,04096/0,001 · 0,008 = 5120. И так. Кратковременно нажимаем кнопку SB1. И видеть мы должны следующее:



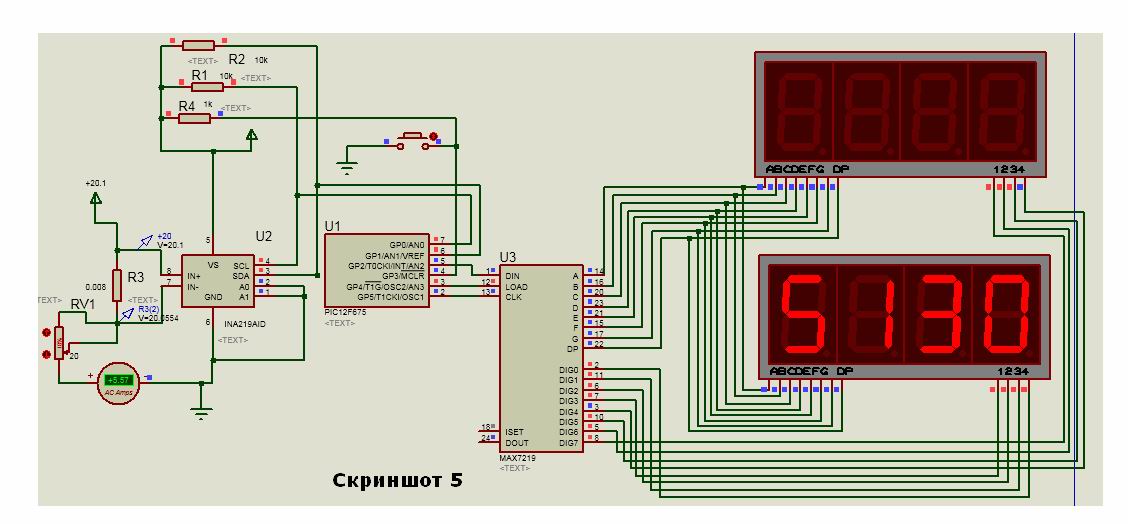
Теперь, если мы сейчас еще раз нажмем и отпустим кнопку быстро, то попадем в подпрограмму инкрементации величины калибровочного коэффициента. Смотрим скриншот 3.



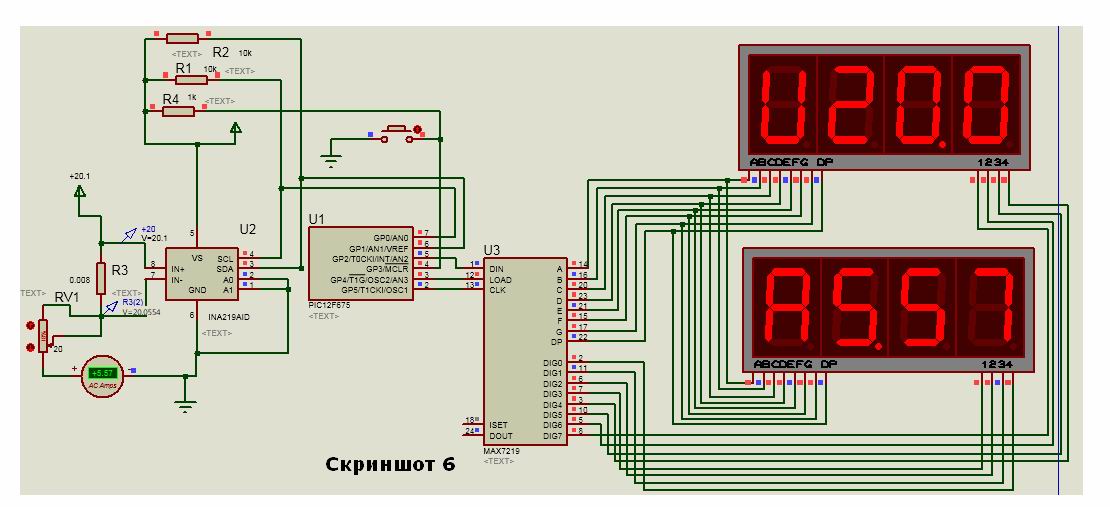
Вот теперь надо еще раз нажать и уже удерживая кнопку, следить, как увеличивается калибровочный коэффициент. Сперва медленно, а через 10 циклов быстро. Чтобы попасть в подпрограмму декрементации, надо при нажатии второй раз на кнопку не отпускать ее, а дождаться (1,5 сек) когда появится стилизованная надпить dEc – декремент. смотрим скриншот 4.



Вот теперь надо еще раз нажать и уже удерживая кнопку, следить, как уменьшается калибровочный коэффициент. Сперва медленно, а через 10 циклов быстро. Как только появится нужное вам число, сразу отпускаем кнопку. Программа возвращается в рабочее состояние. Стоп, возвращаемся назад, в подпрограмму Inc. Нам надо увеличить калибровочный коэффициент. Нажимаем на кнопку и смотрим, как он увеличивается. Все, на индикаторах 5120. Смотрим скрин 5.

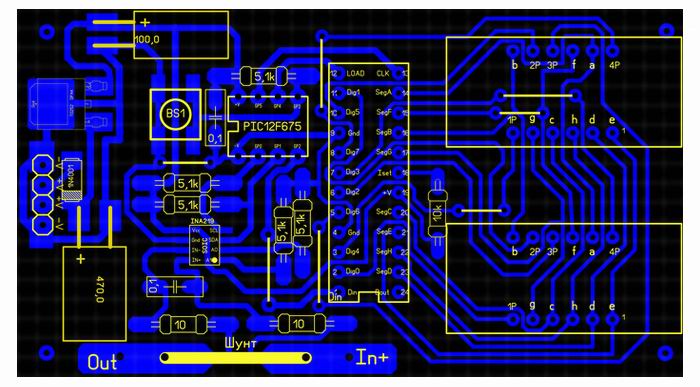


Я тут чуток переборщил, сейчас уменьшу до расчетного 5120 и посмотрим на величину тока.

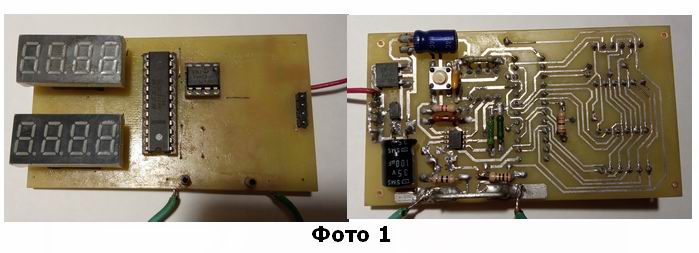


Картинку можно увеличить и увидеть, что показания амперметров теперь совпадают. Ну, думаю, что все всё поняли.

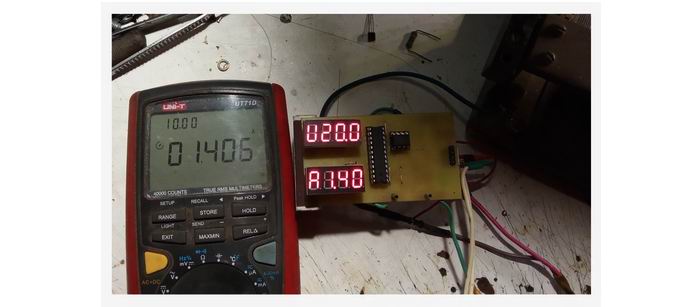
Все элементы схемы монтируются на односторонней печатной плате, правда есть один нюанс – на схеме показана нумерация выводов микросхемы INA219 в корпусе SOT-23, а топология печатных проводников на плате предусмотрена для INA219 в корпусе SOIC.



В реальной жизни моя экспериментальная плата выглядит следующим образом.



А вот реальная работа устройства измерения. Напряжение питания подал так же 20 вольт. Ток меньше сделал, а то я этой нагрузкой весь стол прожег.



Для моего шунта (кусок константановой наобум отрезанной проволоки 1,6мм) потребовалось увеличить калибровочный коэффициент до 5434. несложно посчитать, что его сопротивление Rшунта= 0,04096/0,001 · 5434 ≈ 0,00754 Ом. Хочу напомнить, что параметры АЦП INA219 хуже, чем у, например INA226, поэтому данное устройство лучше использовать в устройствах, допускающих не столь точные измерения.

На этом все. Удачи. К.В.Ю.

Скачать файлы проекта можно здесь.