

Амперметр для трансивера Mini Watt-Meter

Автор: Быканов Андрей (Shodan) (R3PAV), adm@shodtech.net

Опубликовано 28.01.2014.

Создано при помощи [KotoRed](#).

Разработка: Shodan/Быканов Андрей (г.Тула) shodan@xn--h1aeege.net R3PAV
Помощь в разработке: Nusik1975/Бучнев Андрей (Тульская обл.) RC2PAA

Предисловие:

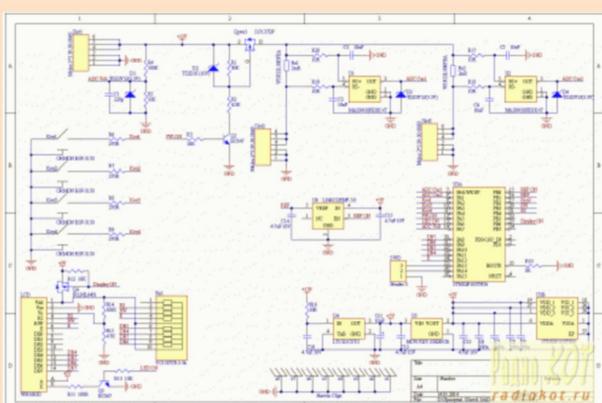
Продолжая серию компактных высокоинтегрированных устройств, после разработки дозиметра Альфа-Микрон, задался вопросом: чтоб еще такого сделать?

Так как с разработки дозиков я медленно и уверенно переполюю на создание устройств для трансиверов, решил, что в моем "шеке" не хватает компактного и мощного амперметра.

Поиск по инету выдал пачку китайских модулей и любительских поделок, основными минусами которых являются:

- включение шунта с разрыв минусового провода;
- "одноканальная" архитектура (не забываем, что часто помимо самодельного трансивера на 5-20 ватт, есть еще и усилитель мощности ватт на 100-200);
- отсутствие статистики по пиковому и среднему току (очень важно при работе в SSB режиме);
- зачастую-отсутствие корпуса;
- соединение проводов "винтовыми зажимами" (что при полевых выездах требует таскать с собой отвертку).

Решение было мгновенным и неоспоримым: "Надо делать свой!".



Краткие характеристики устройства:

Напряжение источника питания: **9-17В**

Максимальный(пиковый) ток через устройство: **32А** (не более 20сек)

Максимальный(средний) ток через устройство: **24А** (длительно)

Собственное потребление: **28мА**

Количество каналов подключения нагрузки: **2** (с отдельным замером тока по каждому каналу)

Полное сопротивление устройства на канал: **8.5** миллиОм (вычисленное по замеру падения напряжения, на токе 10А и подключении щупов на кабеля питания)

Принцип:

Первое, на что надо обратить внимание - способ включения шунта.

Включение шунта в разрыв минуса недопустимо для 2х случаев: это полевой выезд на машине, и работа в полностью заземленном шеке. В каждом из этих случаев, минус блока питания и минус трансивера может быть соединен между собой, и в месте этого соединения потечет

ток, а устройство будет значительно врать по показаниям.

Значит, надо шунт ставить в разрыв плюсового провода.

Сам же шунт должен быть как можно более низкоомным и мощным.

Для этой цели был выбран любимый мною производитель Vishay. Компания эта делает отличные высокотехнологичные и зачастую прецизионные компоненты.

Поиск по каталогу показал, что есть хорошие шунты под мою задачу Vishay Dale WSR32L000FEA 0.002 Ома, точность 1%, мощность 2W (пиковое 3W).

Для снятия и усиления напряжения падения был применен один из новейших усилителей Maxim MAX9938FEUK+T, он в отличии от предыдущих серий усилителей токовых шунтов характеризуется несколькими нововведениями: высокая линейность усиления, питание от измеряемой цепи, почти полное отсутствие "смещения при нулевом токе".

Вот уже вырисовывается концепт устройства:

В разрыв плюса каждого из двух каналов потребителей включается шунт, падение напряжение на нем усиливается и подается на АЦП в МК, также посредством резистивного делителя замеряется напряжение.

А далее программно можно получить любые вариации измеряемых параметров:

- **Напряжение**

- **Ток** (по каждому из каналов измерения)

- **Суммарный ток**

- **Мощность**

- **Пиковый ток**

- **Средний ток**

Описание схемы:

Источник питания подключается в разъем "Slot1".

Цель **R4-R5-D1-C1** выполняет роль резистивного делителя напряжения, для замера напряжения источника питания.

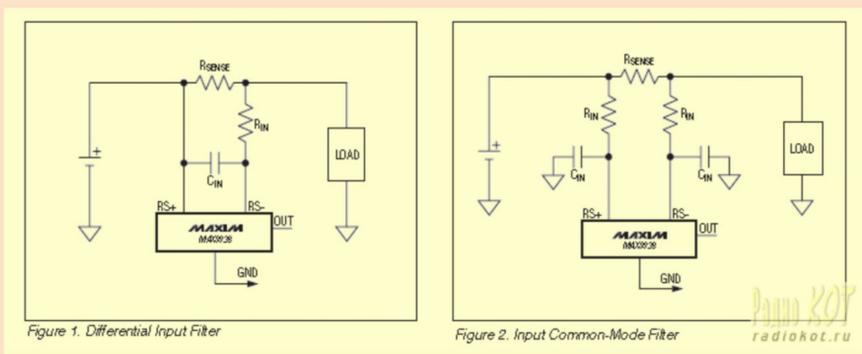
D1 отсекает броски напряжения, которые могут повредить МК, к примеру статика и внештатные ситуации.

C1 отсекает высокочастотный шум, который может внести погрешность в измерение.

Цель **Qpwr1-R1-R2-D2-Q2-R3** введена для включения-отключения нагрузки, скажем, при фиксации тока сверх допустимого.

Так как у **Qpwr1** есть ограничения по напряжению G-S, которое не должно превышать +-12В, пришлось ввести элементы **R1-R2-D2**, которые ни при каких условиях не позволят напряжению G-S выйти за предел -10В, предохраняя транзистор от повреждения. **Q2-R3** адаптирует логические уровни МК для управления этим мосфетом.

Каналы нагрузки, выполненные на **Rs1[Rs2]-U1[U2]-D3[D4]** и фильтрующей RC цепи по входу MAX9938 выполнены по типовой (референсной) схеме. Разводка платы такова, что позволяет установить любой из вариантов RC цепочек, описанных в даташите на MAX9938.



Хорошо себя показал вариант описанный на рисунке "**Figure 1. Differential Input Filter**" с номиналами **Rin-33R Cin-100n**. Но для отображения полной топологии платы на принципиальной схеме приведен более полный вариант согласно "Figure 2. Input Common-Mode Filter".

Т.к. при значительных бросках тока напряжение на выходе MAX9938 может превышать допустимые для МК 3.3 вольта в схему введен ограничительный стабилитрон D3[D4].

К разъемам **Slot2** и **Slot3** подключаются потребители, в моем случае, это трансивер и усилитель мощности.

Во-первых, скажу, что разъемы Slot1-2-3 это 2x3 Mini-Fit, часто используемые в компьютерах для питания современных видеокарт.

Стоит особо обратить внимание на то, что для достижения максимального расчетного тока в 32А к разъемам Slot применяются особые требования по допустимому току на контакт.

Практика показывает, что есть 3 группы разъемов этого типа:

Нонейм китай - ток на контакт не более 3А (в сумме на разъем 9А)

Стандартный, но фирменный MOLEX - ток на контакт не более 6А (в сумме на разъем 15.5А)

MOLEX повышенной мощности - ток на контакт не более 13А (в сумме на разъем 32А)

Применяемые разъемы мною очень тщательно подбирались по каталогу MOLEX'a, в результате были выбраны следующие составляющие:

Вставка: MOLEX - 39-01-2060 - RECEPTACLE, MINI-FIT, 6WAY, CRIMP

Контакты вставки: MOLEX - 45750-3112 - CONTACT, SOCKET, 16 AWG, CRIMP

Разъем на плату: MOLEX - 39-30-0060 - HEADER, MINI-FIT, R/A, DUAL ROW, 6WAY

Питание и ИОН (источник опорного напряжения) собраны на LDO **U4-U5-U6**, их "обвязка" конденсаторами составлена по сути по референсной схеме из соответствующих даташитов.

За исключением цепи **R16-C10**, она введена для дополнительного сглаживания бросков напряжения. С этой цепью на микросхему **U4** приходит меньше пульсаций при работе трансивера в SSB режиме.

ИОН **U6** введен для того, чтобы минимизировать погрешность работы АЦП микроконтроллера. Несмотря на то, что в микроконтроллере есть свой собственный ИОН, его работа, к сожалению, меня не устроила - слишком большой у него дрейф.

Кнопки **Key1-Key2-Key3-Key4** дополнительно комплектуются защитными резисторами **R6-R7-R8-R9**. Эти резисторы не являются обязательными, и вместо них можно поставить перемычки 0R, но в случае сбоя программы МК защитные резисторы лишними явно не будут.

Двухстрочный дисплей **WH1602D-TML-CT** применен из соображений его большой информативности. Он изначально не совместим с 3.3В логическими уровнями, поэтому пришлось добавить дополнительную резистивную матрицу **Rn1** для подтяжки ножек к 5В, а также все линии подключить к 5V toleant портам МК, которые не выходят из строя при 5В логическом уровне, и работают в ключевом режиме, замыкая их на землю, когда надо получить логический 0.

Контраст дисплея выполнен не на подстроечном резисторе, как это делают многие, а постоянными резисторами **R15-R14**. Многолетняя практика применения серии дисплеев WH1602D показывает, что с этим включением практически никогда не бывает проблем с контрастом.

Q4-R12-R11-Q3-R13 выполняют роль ключей управления питанием дисплея и подсветкой.

Разъем SWD - создан с целью программирования устройства.

R10 - перемычка управления "экстренным" режимом бутлоадера МК, по умолчанию она устанавливается. При необходимости перевода МК в режим заводского бутлоадера-снимается.

Почти все важные компоненты платы скрыты за экраном производства компании Hagwin, который состоит из 3х частей:

Фиксаторы прямые S0991-46R

Фиксаторы угловые S0981-46R

Крышка экрана S01-30200500

Экран введен исключительно для "перестраховки", т.к. при работе в полевых условиях на амперметр может наводиться ВЧ излучение значительной мощности.

МК STM32F103T8U6 - Выбор пал на этот МК по причине массы полезностей для он-лайн измерительных целей, такие как DMA каналы, высокое разрешение АЦП, быстрая работа с float переменными.

Ну и потому, что контроллеры серии AtMega давно уже устарели.

Нюансы сборки устройства:

Кнопки и толкатели применены OMRON B3F-3150 и B32-10**, выбор этих кнопок обусловлен их исключительной надежностью и малым усилием нажатия.

Корпус Gainta G1812, выбран из-за его небольших габаритов, и он мною уже неоднократно опробован в многих конструкциях.

Коннекторы MOLEX-39-01-2060, как и все подобные вставки, неспособны войти в разъем на 100% т.к. мешает плата дисплея. Чтобы устранить этот маленький недочет, достаточно на этих коннекторах совсем немного сточить торец защелки, чтобы он не упирался в плату дисплея.

После этого они отлично досылаются до конца и успешно защелкиваются.

Дисплей ставится на плату посредством создания разъемного соединения из стандартных PLD, PLS, PBD, PBS коннекторов. И при необходимости легко снимается.

Сзади дисплея нужно подогнуть к плате защелки держателя матрицы в тех местах, где они упираются в разъемы питания.

Для полевых условий, чтобы не повредить дисплей, можно наклеить на него кусочек оргстекла от коробки компакт-дисков.

Сзади корпуса, под болты крепления платы, можно приспособить кронштейны, для удобного крепления к стене.

Стоит обратить внимание, что почти все компоненты в корпусах 0603.

При **заказе плат** надо обратить внимание, что базовая толщина меди должна быть не менее 32мкм, а текстолит желательно брать высокотемпературный HiTG170 и подобные. В России это умеет делать ООО "Резонит", а из зарубежных производителей хорошо подходит [www.oshpark.com](#)

Описание меню и кнопок:

Key2 - включение-выключение нагрузки

Key1 - смена режима отображения, а при длительном нажатии вход в меню настройки

Key3 - увеличения значения

Key4 - уменьшение значения

В устройстве реализовано **3** информационных экрана (переключение по Key1), отображающие всю возможную статистику о потреблении, а именно:

- **Напряжение**

- **Ток** (по каждому из каналов измерения в отдельности)

- **Пиковый ток**

- **Средний ток**

- **Суммарный мгновенный ток**

- **Суммарная мощность**

Меню настройки позволяет задать:

- Максимальный ток, при котором произойдет отключение нагрузки

- Коэффициент коррекции делителя напряжения R4-R5

- Коэффициент коррекции шунта Rs1

- Коэффициент коррекции шунта Rs2

- Коэффициент смещения нуля усилителя U1

- Коэффициент смещения нуля усилителя U2

- Частоту обновления данных на экране