

Дозиметры Микрон-1 и Микрон-2

Разработка: Shodan/Быканов Андрей (г.Тула) adm@shodtech.net

Тестирование и разработка: Nusik1975/Бучнев Андрей (Тульская обл.)

Тестирование: Slavector/ Вячеслав (г.Омск)

Тут логотип

Пролог:

В последнее время форумы просто кишат обсуждениями разных дозиметров и радиометров, встречаются практически все виды, начиная с трещалки на одном транзисторе и заканчивая гиперсложными дозиками с GPS типа GreenRay. Это, конечно, превосходно-можно подобрать дозик под конкретную задачу, собрать его, и исследовать нужный объект.

Но почему-то все сразу забывают, что эти дозики большие, неповоротливые, жрущие АКБ как кот, которого дней 5 вообще ничем не кормили... ужОс!!!

Некоторые возгласят: И чо? Надо же замерить 1 раз, убедиться что все в норме и положить дозик в ящик...

Я же в корне не согласен с этой позицией, ибо мы коты свободные, гуляем сами по себе, гуляем в местах разных, НО, конечно, ни один кот не будет таскать с собой здоровенный и тяжеленный дозик, когда идет на прогулку с кошкой по парку....а там... а там можно хапнуть дозу, от какой-нибудь фиговины, которая лежит рядом с лавочкой...

И не забываем, что сейчас на дворе весна, тает снег, из-под него порой вылезает не только травка, но и радиоактивный мусор.

Да и к тому же далеко не о каждом радиоактивном выбросе трубят наши доблестные СМИ.

Кстати, когда я был еще совсем мелким котенком, игрался с батарейками, лампочками, выключателями.... все бы ничего... Но вот что выяснилось много лет спустя, когда я собрал свой первый дозик. Тот самый выключатель имел "на борту" ручку с СПД на основе изотопа Ra-226, который и по сей день очень активен по бета-излучению.

Как все начиналось:

Долго я рылся в поисках легкого, компактного дозика с большим временем автономной работы.... ничего подобного нету.... вот только может, Терра. Да, она по автономности на первом месте, но габарит..... ее габарит, мягко скажем, впечатляет: такую дуру с собой не поносишь. Почесал я репу и подумал: "А мы же сами с усами!"

Техзадание звучало так:

- 1.Вес менее 100 грамм.
- 2.Время автономной работы > 2 месяцев при ЕРФ.
- 3.Габариты, позволяющие положить его в чехол от сотика, который можно повесить на ремень.

Микрон 1:

При создании данного девайса были использованы все имеющиеся в моем арсенале “ноу-хау”, как-то:

- Работа с дисплеем от “Термометра самогонщика” (с) Nusik1975
- Усовершенствованный алгоритм сна дозика Гаммы 3.
- Повышающий каскад без блокинг-генератора, базирующийся на моем дозике “Бета-2”
- Режим “адаптивной накачки”, который включает повышающий каскад только на 1/500 - 1/10000-ую долю секунды. (в зависимости от разных условий)
- система катодного снятия импульса на “одном транзисторе”.
- счет фона в режиме реального времени. (фон показывается за интервал $t=36$ сек, где t - текущий момент времени)

Тут схема

Пояснения к схеме:

Цепь зарядки построена на элементах HL1, R1, IC1, R2 практически по типовой схеме включения зарядки LTC4054. При работе зарядки загорается светодиод HL1, который показывает, что АКБ заряжается, а после окончания зарядки его яркость падает в 10 раз. В данной цепи допустимо применить зарядный чип MCP73812, это практически полный аналог LTC, но он не допускает использования светодиода для индикации, поэтому при использовании MCP светодиод не устанавливается, а на его место ставится перемычка.

Цепь накачки высокого напряжения построена на элементах R17,R14,C8,C9,VT1,T1. МК подает импульсы накачки на базу VT1, тот, в свою очередь, замыкает цепь первичной обмотки трансформатора T1, создавая на вторичной обмотке импульсы амплитудой от 120 до 185 вольт(в зависимости от напряжения АКБ).

Причем кол-во импульсов вычисляется в МК таким образом, чтобы поддерживать напряжение на датчике BD1 в рамках рекомендуемого “плато”.

На элементах VD1-VD3,C5-C7 собран умножитель напряжения на три.

Цепь детектирования построена на R3,BD1,R4,VT2. Через токоограничительные резисторы R3 заряжается емкость датчика BD1, при попадании в него ионизирующей частицы, между стенкой и стержнем создается разряд, который “просаживает” напряжение на выводах датчика на ~50 вольт, и создается кратковременный импульс тока, фиксируемый транзистором VT2. Таким образом, при каждой зафиксированной частице нога PD2 замыкается на землю, что инициирует прерывание режима сна МК.

Индикация выполнена на 7-ми сегментном четырехразрядном индикаторе FYQ-2841BUG, разряды которого коммутируются транзисторами VT3-VT6. Я рекомендую применять полевые транзисторы IRLML2244, с ограничительными резисторами 300 Ом. Но они очень труднодоступны, поэтому допустимо использование биполярных транзисторов BC857B. При использовании биполярных транзисторов ограничительные резисторы по базам ставятся номиналом 10к.

Второстепенный цепи. К ним относятся цепь звукового оповещения, цепь с кнопкой управления и питания, цепь мониторинга напряжения АКБ и цепи фильтров по питанию.

Их описывать нет особого смысла, т.к. там все интуитивно понятно.

Итого: данный дозиметр-радиометр состоит из менее 50 элементов, в отличие от его “больших братьев” где счет деталей идет на сотни.

Самыми труднодоставаемыми в данном устройстве являются:

- SMD конденсаторы 10 наноФарад / 500 Вольт габарита 1812.
- Датчик СБМ-20.

Если будете собирать этот дозик, то эти дикийные конденсаторы можно купить в Платане, или же можете попросить меня отсыпать из моих “обширных запасов”.

Остальные детали продаются во многих местах, и их не составит труда приобрести.

В качестве **источника питания** можно применить аккумуляторы ЕЕМВ серии LIR, которые по габариту смогут разместиться в данном корпусе. (к примеру LIR3048)

Также очень хорошо подходят маленькие АКБ серии “LP”, к примеру LP502030.

Корпус был применен самый маленький из тех, что мне вообще удалось найти, а именно Gainta G430(или G401), габаритом 90x50x16мм !!! По габаритам он напоминает 2 спичечных коробка.

Сборку дозиметра рекомендую проводить четко в следующей последовательности:

- снять колпачки с датчика СБМ-20, для примера можно посмотреть видео по снятию колпачков с СИ22Г, принцип внутреннего устройства один и тот-же. <http://www.youtube.com/watch?v=Yefjrx1rdhY>
- намотать трансформатор, приклеить его к обратной стороне платы, как показано на фотографии.
- произвести разметку корпуса, а именно определить те места где надо будет убрать лишний пластик, расставив компоненты внутри корпуса. Но будьте осторожны с катодом датчика, там очень нежная стеклянная колба, она должна иметь от боковой заглушки зазор не менее 1мм.
- Выбрать/выточить лишний пластик.
- целиком спаять все соединения устройства самым тонким МГТФ что у вас есть.
- уложить детали в корпус на клей. Я обычно использую Рохіроl и укладываю по 1 детали за раз, начиная с датчика.

В результате получается КОТОстрофически мелкий и сверхлегкий дозиметр для ношения в режиме постоянного мониторинга.

Тут фотки

Работа с устройством:

Зарядка осуществляется через стандартный разъем “miniUSB B”.

У устройства есть всего 2 кнопки управления: это кнопка с фиксацией для подачи питания и тактовая кнопка SWT-8 для активации индикации на устройстве.

При однократном нажатии кнопки дозиметр отображает текущий фон в мкР/ч, данные отображаются и обновляются в течении 20 секунд. затем цифровая индикация отключается, и еще 5 минут продолжает мигать знак двоеточия, в моменты фиксирования радиоактивных частиц. После этого устройство переходит в режим сверхнизкого потребления и продолжает контроль фона.

При индикации частицы в виде мигающего символа двоеточия можно осуществлять поиск источника излучения, полагаясь на частоту мерцания.

При удержании кнопки более 2х секунд, на дисплее отображается “накопленная доза” с момента включения или за последние сутки(что наступит раньше) Обратите внимание, что она рассчитывается уже в **миллиРентгенах**.

В случае если фон превышает 60 мкР/ч, то включается звуковая сигнализация, которую можно временно деактивировать нажатием кнопки.

Если же необходимо полностью ее отключить, то устройство надо включить с зажатой тактовой кнопкой в момент подачи питания.

Максимальное индицируемое число в режиме фона - 9999 мкР/ч, в режиме дозы - 999.9 мР. при превышении этих значений отображается “- - - -”.

При разряде АКБ устройство каждую минуту сигнализирует подачей группы коротких сигналов.

В случае отказа датчика сигнализация осуществляется серией длинных сигналов.

Данное устройство позиционируется как носимый дозиметр, который позволяет оперативно оценить и предупредить радиоактивную угрозу организму.

Параметры устройства

Габариты: 90x50x16мм (сравнимо с маленьким сотовым)

Вес: 64 грамма.

Материал корпуса: пластик.

Время автономной работы: > 2 месяцев на АКБ LIR3048.

Данное устройство было собрано 1 раз в качестве “прототипа”, потом меня уговорили переделать его под дисплей Nokia 3310 и батарейку AAA. Так родился следующий дозик в рамках этого проекта.

Микрон 2:

Данный дозиметр сделан по аналогичной схеме и принципам с Микроном-1, за исключением:

- семисегментный индикатор заменен на дисплей от Nokia 3310;
- питание производится от AAA батарейки с применением повышающей схемы на MAX1678 (более крупная батарейка не влезет по высоте в корпус G430);
- реализован алгоритм ускорения счета;
- генератор высокого напряжения перепроектирован на большую эффективность.

Однако стоит заметить, что Микрон-1 на семисегментном индикаторе наиболее устойчив к физическим стрессам, т.к. повредить семисегментник практически невозможно!

Тут схема

Пояснения к схеме:

Питание ATMEGA8, дисплея и цепи накачки осуществляется от 3.3 вольт. Повышающий преобразователь собран по типовой схеме включения MAX1678. Крайне рекомендуется применять дроссели Sumida CD43NP-470KC, т.к. они максимально эффективны на данном чипе. Конечно, допускается применять что-то аналогичное, но эффективность упадет.

В цепи накачки высокого напряжения применен полевой транзистор IRLML6346, это позволило снизить затраты на преобразование и продлить срок автономной работы. Допускается замена на другие N-канальные транзисторы с сверхмалым $R_{ds(on)}$ при потенциале на затворе не более 2.5 вольт. На момент написания статьи в номенклатуре International Rectifier есть только 4 аналога на замену IRLML6344, IRLML6244, IRLML2502, IRLML6246. Причем я бы рекомендовал применять только IRLML6344 и IRLML6346, т.к. в остальных вариантах напряжение выброса близко к напряжению пробоя VBRDS.

Светодиоды подсветки выбираются максимально яркими, нагрузочные резисторы рассчитываются таким образом, чтобы каждая группа светодиодов потребляла не более 12 мА, а лучше 10 мА, иначе может не хватить тока для корректной работы схемы при низком напряжении батареи.

Нагрузочный резистор на динамик рассчитывается также, чтобы ток не превышал 12 мА.

При пайке конденсатора 1мкФ (габарит 0805) на ножки дисплея может возникнуть проблема с тем, что он по габаритам слишком большой. Тогда можно сделать отступление от схемы, припаяв первый вывод конденсатора сразу к 2-м ножкам - GND и SCE, а второй вывод конденсатора припаять к VOUT. Соответственно контакт SCE на плату уже нельзя припаивать и вывод SCE платы дозиметра надо оставить "висящем в воздухе".

Дисплей применяется от Nokia 3310, причем нужен обязательно оригинальный дисплей с

металлизированными контактами на стекле. Я встречал оригинальные дисплеи, которые не имеют металлизации на стекле и соединительная панелька к нему была приклеена, такие нам не подходят. Т.к. они просто не влезут в корпус.

Работа с устройством:

Основной режим это “Дежурный” с выключенным дисплеем и активной цепью детектирования частиц. В этом режиме устройство осуществляет мониторинг фона и расчет накопленной дозы за сутки.

В случае если превышен порог фона, устройство “просыпается” и переходит в режим тревоги. В данном режиме включается красная подсветка и раздается сигнал тревоги.

В основном режиме на дисплее отображаются все важнейшие показатели, такие как “фон”, полученная за сутки доза, время с момента включения, гистограмма прихода импульсов.

Гистограмма прихода импульсов очень помогает при поиске радиоактивных источников, по пикам на ней можно легко определить приближение или удаление от источника. Если значение фона выходит за пределы гистограммы, то ее масштаб автоматически пересчитывается, это позволяет найти точку с “максимумом излучения” и корректно отобразить данные на ней.

Интерфейс проектировался с расчетом на максимальную простоту и одновременное отображение всех необходимых показателей без необходимости лазить по всевозможным меню.

Также при повышении фона включается алгоритм ускоренного счета:

При фоне > 1000 мкРч, счет идет 18 сек

При фоне > 2000 мкРч, счет идет 9 сек

При фоне > 4500 мкРч, счет идет 4 сек

Когда включено ускорение счета, слева от гистограммы пишется коэффициент ускорения $\times 2, \times 4, \times 9$ соответственно.

При разряде батареи до напряжения ниже 1.1 вольта, 1 раз в минуту начинает раздаваться серия звуковых сигналов. При этом батарею необходимо заменить.

Если за период в 5 минут с датчика не пришло ни одного импульса, то считается, что цепь детекции вышла из строя и раздается сигнал звукового предупреждения.

Работа устройства проверена до фона 14 900 мкРч, теоретический предел измерения составляет 65 000 мкРч, но на практике устройство на данном фоне не проверялось.

Работа с кнопками:

- Нажатие кнопки меню включает дисплей.

- Удержание кнопки меню(от 1 до 4х секунд) включает подсветку.
- Удержание сразу 2х кнопок на период 1-4 секунды активирует режим меню, где можно скорректировать параметры работы устройства.
- Длительное удержание(>5 сек) кнопки меню переводит устройство в режим отключения, в котором МК не выполняет никаких действий и высокое напряжение на датчик не подается.

Тут фотки микрона 2

Питание:

После сборки дозика встал вопрос о питании, ведь чем более эффективная батарейка будет установлена, тем дольше дозик проработает без замены элемента.

Провёл тест известных “брендов” в габарите AAA с надписью на корпусе “алкалайн”:
Все батарейки тестировались током 100мА до разряда 1 вольт

Kodak Max - вес 11.30гр. отданная емкость 893 мА/ч

Duracell - вес 11.72гр. отданная емкость 870 мА/ч

Samsung Pleomax - вес 11.30гр. отданная емкость 865 мА/ч

Energizer - вес 11.71гр. отданная емкость 797 мА/ч (реклама врет в чистом виде)

Panasonic - вес 10.68гр. отданная емкость 701 мА/ч

После чего наткнулся на даташит от батарейки “Energizer L92 Ultimate Lithium”, в котором обещалось “с три короба”: типа “идеальный элемент”; протестировав ее, я был приятно удивлен:

При тесте в морозилке -14 гр.С, разрядном токе 100 мА, напряжении окончания заряда 1 вольт-элемент отдал 1072 мА/ч и это при весе в 7.56 грамм.

При тесте в комнатной температуре 22 гр.С, разрядном токе 500 мА и напряжении окончания заряда 1 вольт элемент отдал 1102 мА/ч.

Как показывает практика, носимые устройства далеко не всегда работают в условиях комнатной температуры, а при низких температурах алкалайны резко сокращают свою емкость. Тут спасает дорогостоящий, но надежный литий. (не путайте с литиевыми аккумуляторами) Да и гарантийный срок хранения в 15 лет, как минимум впечатляет, при этом саморазряд за эти 15 лет ограничивается 10-ю процентами от номинала.

Литиевые элементы на основе литий-дисульфид железа также производятся и другими брендами на подобию Varta, но их не всегда легко достать.

Тут фотки подопытных

Платы обоих Микронов спроектированы по минимальным ограничениям 0.21/0.35 (зазор/

проводник)

Также необходимо обратить особое внимание на то, что плата Микрон-2(под корпус G430) сделана двухсторонней. На второй стороне никаких компонентов нет, только экранирующий слой и 1 дорожка.

Сборка в корпусе G430:

Будьте аккуратнее, припаявая провода МГТФ к дисплею. Также нужно аккуратно припаять керамический конденсатор 1 мкФ между 6 и 7 ножками дисплея. Ни в коем случае не протирайте после пайки контакты дисплея спиртом-контроллер дисплея приходит в негодность. Снаружи дисплея, внизу, нужно приклеить светонепроницаемую пленку, иначе на ярком солнце дисплей отключается. Подсветка дисплея выполнена из родной подложки. Для этого нужно взять подложку, на которой крепится дисплей в телефоне и аккуратно выпилить оргстекло под размер дисплея, оставив полукруглый выступ. Светодиоды подсветки (2 штуки SMD зеленого цвета) - взяты родные, с платы сотового. Светодиоды тревоги-(2 штуки SMD красного цвета)-применены подходящего типа. Все 4 светодиода крепятся на платке, и светить они будут на прозрачный полукруглый выступ подложки. Для начала советую сделать каплю термоклеем, в темноте отцентрировать подсветку, и только после этого можно залить Поксиполом.

Также, как и при сборке любого дозиметра, особое внимание уделите чистоте платы в районе умножителя. Грязь на плате и невысохший флюс приводят к большим утечкам, и, как следствие, неработоспособности устройства.

Не забудьте сделать пропилы в боковинках корпуса, чтобы датчик не касался их.

Разъем для программирования устанавливается по желанию. Вполне вероятно, что будут еще прошивки с новыми фишками. Хотя память уже сейчас занята на 100%, но оптимизация кода возможна.

Всю пайку советую осуществлять с флюсом ЛТИ-120 с последующей отмыжкой в УЗ ванне с использованием изопропилового спирта. Если УЗ ванны нет, то надо хорошо протереть изопропанолом, до полной отмыжки остатков флюса.

После этого, просушить 4 часа под вытяжкой + 24 часа в герметичной коробке с силикагелем. Если нет специального силикагеля, то можно применить хорошо измельченный силикагель, который применяется в качестве наполнителей для кошачьих туалетов. Конечно он должен быть свежий и не использованный :)

После этого сразу покрыть плату лаком Plastik-71 или полиуретаном с последующей сушкой в течении 24 часов

После снятия колпачков с датчика необходимо укоротить анодный вывод. Для этого аккуратно кусачками делаем круговые нажатия, постепенно перекусывая стержень. Обмотав штырек зачищенным от изоляции проводом МГТФ, обильно смачиваем все флюсом и быстро паяем, не нагревая анод.

Плату желательно разместить внутри корпуса на стоечках, и просверлив в плате отверстия под мелкие шурупы.

Динамик располагается под датчиком. В случае, если все не помещается по высоте, сделайте углубление под динамик.

Сборка в корпусе G436:

В данном корпусе дозиметр делается на 2х печатных платах. Первая - это сам дозиметр с датчиком, а вторая - это дисплей, кнопки и динамик. Закрепляются они в штатных отверстиях корпуса.

Платы между собой соединяются гибким многожильным проводом, к примеру, МГТФ.

Накладка на лицевую панель выполняется из оргстекла, которое в свою очередь предварительно сгибается под данный корпус.

Светодиоды под данный корпус взяты выводные(не SMD), максимальной яркости. У них спилены линзы и отшлифованы, для того чтобы они давали более равномерный поток света.

В остальном процедура сборки схожа с корпусом G430.

Проверка устройства после сборки:

1.Проверка потребляемого тока при старте устройства (кт1) - в разрыв полностью заряженной батареи подключается миллиамперметр, подается питание на устройство.

- при старте и надписи "Загрузка...." потребляемый ток должен быть ~20-40 мА.

- после отображения главного меню, ток падает до 500-800 мкА.

- после автоматического отключения дисплея, ток падает до 100-150 мкА с редкими (почти не фиксируемыми обычным мультиметром) пиками до 10 мА.

2.В точке "кт2" проверяется напряжение питания, оно должно быть в пределах 3.25 - 3.35 вольт.

3. В точку "кт3" подключается мультиметр с входным сопротивлением не менее 10 МОм (китаец, на подоби M890) и при надписи "Загрузка", мультиметр должен показать не менее 200 вольт.(как правило 200-210 вольт)

Тут файлы к статье

Платы обоих Микронов спроектированы по минимальным ограничениям 0.21/0.35 (зазор/проводник) Также необходимо обратить особое внимание на то, что плата Микрон-2(под корпус G430) сделана двухсторонней. На второй стороне никаких компонентов нет, только экранирующий слой и 1 дорожка.