

УДК 53.072.8

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЦИФРОВОГО УСТРОЙСТВА НА ОСНОВЕ
МИКРОКОНТРОЛЛЕРА СЕРИЙ STM32F103C8**

**Кадырбаев Олжас Болатбекович,
Нұрмұханова Назгүл Серболатқызы,
Қарабалаева Әйгерім Бақытбекқызы**
makanov@inbox.ru

Магистранты специальности «Радиотехника, электроника и телекоммуникации», физико-технического факультета ЕНУ им. Л.Н. Гумилева, Нур-Султан, Казахстан
Научный руководитель – к.ф.-м.н. К.М. Маханов

Одним из основных трендов индустрий микроэлектроники является максимальное снижение энергопотребления конечного устройства [1]. С точки зрения энергоэффективности, удачно спроектированное устройство, это не только то, что потребляет минимальное количество энергии, но и имеющее простую и компактную схему питания, влияющую на конечные размеры платы.

Микроконтроллеры семейства Cortex-M3 серий STM32F предоставляют разработчикам множество инструментов для минимизации энергопотребления [2]. Возможности управления питанием в микроконтроллерах позволяют разработчикам достичь наиболее тонкой

настройки энергопотребления устройства, способного годами работать от небольшой батарейки.

На энергопотребление цифрового устройства влияют в первую очередь рабочая тактовая частота микроконтроллера, и во вторых сложность самого устройства. Чем выше рабочая частота, тем больше потребление тока. В первом случае, выбор тактовой частоты определяется функциональными задачами, для выполнения которых проектируется устройство. При отсутствии необходимости, для экономии энергии можно просто понизить тактовую частоту. Во втором случае, эффективность энергопотребления определяется количеством активной периферии, которое уже нельзя просто сократить. Следует учитывать, что в разрабатываемом устройстве могут присутствовать периферийные компоненты, которые имеют повышенные требования к питанию. Из изложенного выше следует, что чем больше электронных компонентов периферии активно в единицу времени, тем больше потребление энергии. В таком случае, важную роль играют возможности выбранного микроконтроллера. Микроконтроллеры серии STM32F предоставляют разработчикам возможность выбора режима экономии энергопотребления за счет регулирования тактовой частоты и отключения не активных компонентов. Следовательно, хорошо спроектированная управляющая программа должна немедленно отключать питание компонента, который на данный момент времени не будет задействован.

В данной работе представлены результаты разработки электронного устройства на основе RFID - технологии (радиочастотная идентификация) для организации считывания данных с NFC-карточек (ближняя бесконтактная связь).

NFC-карточки предварительно активируются на данном устройстве. Идентификационные данные карточки автоматически сохраняются в памяти устройства. Также, для каждой карточки формируется заданное количество условных единиц, которые будут списываться при прикладывании карты к устройству.

Цель данной работы - продемонстрировать возможности схемотехнической организации защиты схемы питания и возможности микроконтроллера серий STM32f103RBT6 при программной организации режима энергосбережения.

Электронная схема разрабатываемого устройства состоит из нескольких блоков: блок схемы питания, блок схемы включения TFT-дисплея (3,2 дюймовый TFT ЖК дисплей с разрешением 480*320 пикселей), блок схемы включения USB интерфейса, блок внешнего источника часов реального времени (RTC- Real-Time Clock), блок внешней энергонезависимой памяти (EEPROM), блок включения непосредственно NFC-считывателя. Для каждого отдельного блока была разработана самостоятельная схема. Данные схемы внутрисхемно объединяются и образуют одну общую электрическую схему устройства (рисунок 1). Разработка электронной схемы и проектирование печатной платы проводились в среде Altium Designer [3].

Разработка управляющей программы для устройства осуществлялась в среде Keil uVision, на языке Си (Рисунок 1).

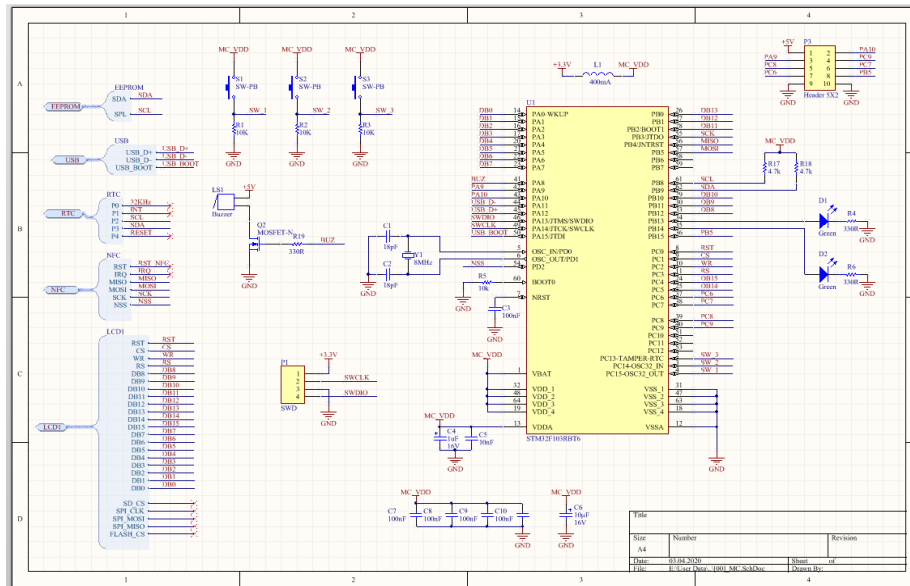


Рисунок 1. Общая электрическая схема

Рассмотрим более подробно интересующие нас блоки. На рисунке 2 представлен внешний вид схемы питания. Изначально, сетевое напряжение в 220В, с помощью стандартного адаптера питания понижается до 12В (обозначение в схеме V_IN) и подается на общий вход (J1) схемы.

Для подавления электромагнитных помех индуктивной части адаптера питания, в схему был включен ферритовый фильтр (обозначение в схеме TVS1), полностью развязывающий схему питания от внешнего воздействия. По определению, для сохранения эффективности действия ферритовой защиты, микросхему следует располагать как можно ближе к краю печатной платы, т.е. ближе к внешним разъемам.

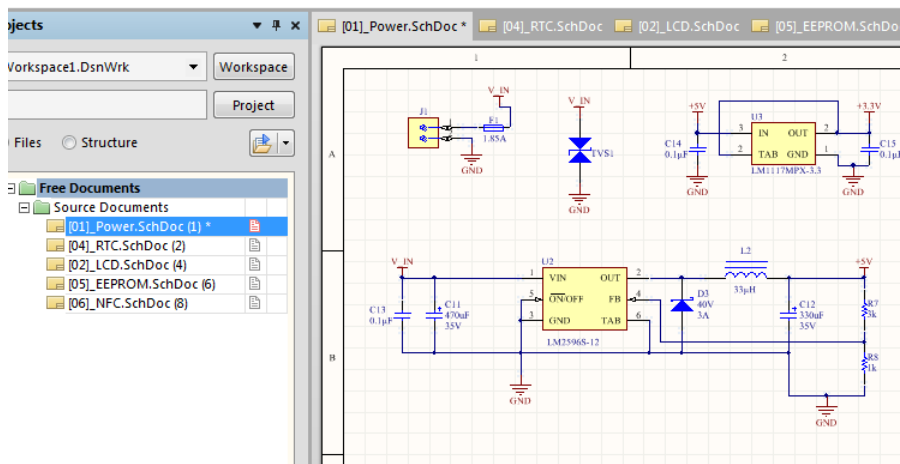


Рисунок 2. Внешний вид схемы питания

Для организации питания компонентов схемы были задействованы две микросхемы, импульсный понижающий стабилизатор постоянного напряжения LM2596S-12 и линейный стабилизатор напряжения LM1117 MPX. Формируемые на выходах 5В и 3.3В задействованы для электрического питания TFT дисплея и микроконтроллера соответственно.

Для защиты схемы от тока утечки, в схему параллельно включен диод, с запасом до 40В. Далее, с целью повышения стабильности напряжения в схему включены индуктивная катушка (L2) и дополнительно два конденсатора C12 и C14 емкостью 0,1 и 340 мкФ соответственно.

Следует отметить, что при разработке схемы питания микроконтроллера мы воспользовались рекомендациями производителя [1], в которых отражены все необходимые компоненты и их номиналы.

Как уже было отмечено выше, в схеме разрабатываемого устройства также задействованы микросхема внешней энергонезависимой памяти (EEPROM) и часы реального времени (RTC). Рассмотрим возможности понижения энергопотребления при использовании данных микросхем.

Существуют разные методы и подходы, которые позволяют организовать низкое энергопотребление конечного устройства. Одним из наиболее эффективных методов является управление посредством прерываний. То есть, система переходит в режим «сна» и переходит в активное состояние с приходом запроса на прерывание. При этом, процессор просыпается и обрабатывает запрос, и затем может вновь перейти в режим «сна», до поступления следующего запроса. Если запрос на обработку является периодическим и на обработку затрачивается примерно одинаковое время, то микроконтроллер можно запускать на самой низкой частоте. Что также является одним из альтернативных решений при организации энергосбережения устройства.

Микросхема внешней памяти (AT24C02N - EEPROM) в схеме использована для обеспечения корректной работы устройства. Микросхема хранит конфигурационные параметры, которые загружаются в ОЗУ в процессе прошивки (либо перезагрузки) микроконтроллера. Согласно спецификации, микросхема AT24C02N подключается по шине I²C. В схеме разрабатываемого устройства данный интерфейс используется только при первичной загрузке (при перезагрузке) устройства, что происходит очень редко. Соответственно, после загрузки параметров конфигурации, данное периферийное устройство может быть отключено. Для отключения мы воспользовались возможностью выборочного отключения путем вызова команды:

```
__HAL_RCC_<EEPROM>_CLK_DISABLE ();
```

соответственно используя вызов:

```
__HAL_RCC_<EEPROM>_CLK_ENABLE ();
```

включаем микросхему AT24C02N, которая, по сути, являлась периферийным устройством.

Следующий этап проектирования устройства заключался в подключении устройства хронометрирования т.е. часов реального времени (RTC). Для решения данной задачи мы выбрали микросхему DS3231 производства компаний Maxim. Схема включения микросхемы часов реального времени представлена на рисунке 3. Следует отметить, что повысить энергосбережение при использовании DS3231 в нашем приложении было принципиально не возможно. Так как RTC, у нас должно было быть активным во всех состояниях, включая режим сна (sleep), ожидания (shutdown) и VBAT. Соответственно, мы не могли оказывать какое либо влияние на потребление тока внешнего низкочастотного генератора (LSE-генератор), предназначенного для синхронизации часов реального времени.

Для достижения точности показаний часов, и для избежания пульсаций в схему питания также были дополнительно подключены два сглаживающих конденсатора C16 (1мкФ) и C17 (100 нФ).

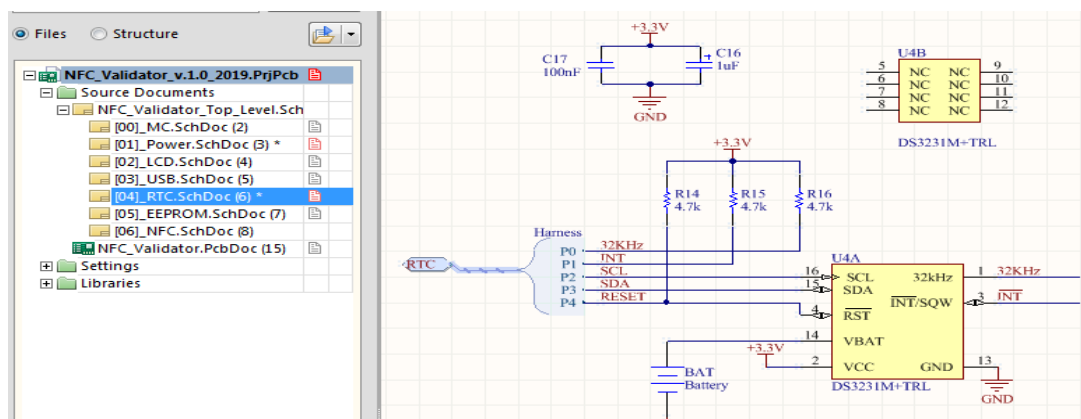


Рисунок 3. Схема включения микросхемы часов реального времени

Стабильность и постоянство работы микросхемы обеспечивались внешней аккумуляторной литий-ионной батареей (таблетка). На рисунке 4 представлены печатная плата и внешний вид разрабатываемого устройства в 3D формате. В качестве основных элементов схемы использованы SMD компоненты. Минимальный размер самого маленького элемента составляет 06*03 мм. Ширина дорожек между компонентами, в зависимости от выполняемой функции подбиралась отдельно. В целом, для линий питания ширина дорожек составляет 0.5 мм, для сигнальных линий 0.3 мм.

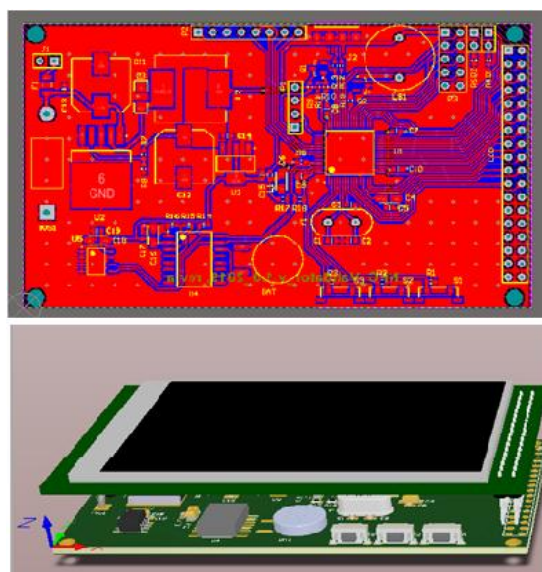


Рисунок 4. Печатная плата и вид разрабатываемого устройства в 3D формате

Благодаря правильной организации схемы питания, удалось на сравнительно небольшой поверхности (5см*10см) компактно и с точки зрения схемотехнических требований правильно разместить компоненты, общее количество которых составляет 44 шт.

Фотография внешнего вида собранного устройства приведена на рисунке 5.

На данном рисунке представлены внешний вид устройства: без дисплея (слева) и с дисплеем (справа). С использованием данного устройства нами были активированы несколько NFC карт. При приближении карты к антенне считывателя, микросхема карты активируется и «сообщает» считывающему устройству свой идентификационный (ID) номер.

Если в базе (памяти) считывающего устройства данный номер имеется, то считыватель, формирует второй запрос, о подтверждении принадлежности к используемой карточной системе. Таким образом, в результате обмена пакетами данных между считывателем и картой, устройство «принимает» какое либо решение, которое определяется алгоритмом управляющей программы.



Рисунок 5. Фоторафия внешнего вида

При постановке соответствующей задачи, разработанное устройство может быть использовано в различных областях. В системах охраны и доступа к закрытым помещениям и объектам, в банковской системе для идентификации клиентов, в качестве карт оплаты в магазинах, транспортных средствах и так далее.

В заключении, можно отметить, что используя дополнительные возможности применяемого микроконтроллера, в данном устройстве удалось добиться понижения потребления энергии в два раза.

Список использованных источников

1. https://www.st.com/content/st_com/en.html.
2. Мартин М. Инсайдерское руководство по STM32. // <https://cdn.homedistil.ru/fs/1803/18/46417.136702.pdf>
3. В. Суходольский: Altium Designer. Сквозное проектирование функциональных узлов РЭС на печатных платах. Издательство: BHV, 2017 г. – 560 с.