

В данном случае на приемную катушку наводятся токи разных направлений, которые в ней взаимно компенсируются. Если теперь в магнитное поле попадет какой-либо предмет, то он исказит магнитное поле, и на выводах приемной катушки появится сигнал разбаланса, который после преобразования и зафиксирует контроллер [3].

Заключение. Изучив основные методы металлодетектирования можно сделать вывод, что наиболее удобным и вполне реализуемым является металлодетектор, работающий по принципу индукционного баланса.

ЛИТЕРАТУРА

1. Металлоискатели – электронные индукционные приборы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.akmetrade.ru/Products/article_100/. – Дата доступа: 23.06.2015.
2. Металлоискатель по принципу [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.chipinfo.ru/literature/books/metal_detector/chapter6/part1.html. – Дата доступа: 20.06.2015.
3. История металлоискателей [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://zpostbox.ru/istoriya_metallodetektorov.html. – Дата доступа: 20.06.2015.

УДК 537.633.9

СЕЛЕКТИВНЫЙ МЕТАЛЛОДЕТЕКТОР, РАБОТАЮЩИЙ ПО ПРИНЦИПУ БАЛАНСА ИНДУКЦИИ С ПРЯМОЙ ОБРАБОТКОЙ НА МИКРОКОНТРОЛЛЕРЕ STM32

В.И. АРЖАНОВСКИЙ
(Представлено: В.М. ЧЕРТКОВ)

Приведены результаты научной работы по разработке устройства металлодетектирования. В результате проектирования разработаны структурная и функциональная схемы, произведен выбор и обоснование элементов схемы устройства, разработаны принципиальная схема устройства, исходный код программы микроконтроллера и конструктивное исполнение устройства.

Актуальность разработки обусловлена постоянным ростом рынка реализации готовой продукции, отсутствием аналогов отечественного производства, а также устройств зарубежного производства в целевой ценовой категории. Разрабатываемое устройство металлодетектирования обладает достаточно низкой себестоимостью для удовлетворения спроса широкого круга потребителей, и, вместе с тем, достаточной точностью для постоянного применения пользователем, уже имеющим опыт работы с аналогичными устройствами зарубежного производства.

Структурная схема устройства приведена на рисунке 1.



Рис. 3. Структурная схема металлодетектора

Назначение блоков:

1. Модуль питания – стабилизация напряжения питания до 3,3 В и 5 В, в зависимости от требуемого напряжения для каждого блока.
2. ЭСППЗУ – электрически стираемое перепрограммируемое постоянное запоминающее устройство, один из видов энергонезависимой памяти.
3. Устройство звуковой индикации – выводит звук с определенными параметрами, в зависимости от условий измерения.
4. Функциональные клавиши – с помощью этого блока происходит настройка прибора и листинг меню.
5. Устройство визуальной индикации – отображает наглядную информацию, текст меню, поисковые данные.
6. Выходной каскад – формирует сигнал для передающей катушки.
7. Передающая катушка – образует электромагнитную волну для распространения в пространство.
8. Приемная катушка – принимает электромагнитные колебания, отраженные от исследуемых объектов.
9. Входной усилительный каскад – усиливает сигнал с приемной катушки для дальнейшей обработки микроконтроллером.
10. Микроконтроллер – формирует выходной сигнал, обрабатывает входной сигнал, формирует вывод информации.

Для разработки принципиальной схемы металлодетектора и исходного кода программы микроконтроллера была рассмотрена внутренняя структура микроконтроллера и разработана методика его взаимодействия с остальными блоками устройства. Функциональная схема структуры микроконтроллера изображена на рисунке 2.



Рис. 2. Функциональная схема базового блока металлодетектора

Помимо процессора, производящего вычисления и управляющего работой контроллера, в данном устройстве использованы следующие периферийные модули:

– внешний программатор – ST-LINK/V2 программатор/отладчик для микроконтроллеров серии STM32. К контроллеру отладчик подключается посредством стандартного JTAG/SWD интерфейса, к компьютеру, через USB порт;

– JTAG/SW отладка – собственная встроенная отладочная система ЦПУ ARM. Порт JTAG является стандартным интерфейсом для подключения к ЦПУ, а также загрузки кода программы во внутреннее ОЗУ или Flash память. Порт JTAG также поддерживает базовые функции управления исполнением про-

граммы (пошаговое выполнение, установка контрольных точек и др.) и делает возможным просмотр содержимого ячеек памяти;

– ЦПУ Cortex–M3 – выполняет инструкции, производит вычисления в своем АЛУ (арифметико-логическом устройстве). Его гарвардская архитектура позволяет одновременно загружать инструкции и осуществлять доступ к памяти – благодаря этому, а также трехступенчатому конвейеру, большинство инструкций выполняются за 1 такт. Ядро Cortex–M3 поддерживает набор инструкций Thumb–2, который содержит как 32-битные, так и 16-битные инструкции для сокращения объема кода за счет менее дальнобойных переходов; имеет 13 регистров общего назначения, снижая потребность в частом доступе к памяти [1];

– КВВП – контроллер векторизованных вложенных прерываний. КВВП предоставляет стандартную структуру прерываний для всех Cortex-микроконтроллеров и способы их обработки;

– каналы ПДП – каналы прямого доступа к памяти. Каждый канал может использоваться для передачи данных между регистрами любого из УВВ и запоминающими устройствами 8-, 16- или 32-битными словами. Каждое из УВВ может выполнять роль потокового контроллера ПДП, при необходимости отправляя данные или посылая запрос на их получение. Арбитр внутренней шины и матрица шин минимизируют потребность в арбитраже доступа к шинам со стороны ЦПУ и каналов ПДП. Это означает, что блок ПДП является универсальным, простым в применении и реально автоматизирует передачу потоков и данных внутри микроконтроллера;

– матрица шин – набор высокоскоростных шин, через которые системная шина и шина данных подключаются к внешнему микроконтроллеру. Она образует несколько параллельных соединений между шинами Cortex и другими внешними шинными мастерами. Здесь шины соединены так, что устройства могут взаимодействовать напрямую, не через ядро;

– ФАПЧ – блок фазовой автоподстройки частоты. Выходная частота блока ФАПЧ зависит от заданного целочисленного значения коэффициента умножения частоты, которое хранится в регистре RCC_PLL_configuration. Если используется генератор на частоту 8 МГц, для генерации максимальной тактовой частоты 72 МГц необходимо задать коэффициент умножения 9;

– интегрированная флэш-память – память программ, которая представляет собой электрически стираемое ПЗУ. Она предназначена для хранения команд, управляющих работой микроконтроллера. Память программ также часто используется для хранения таблиц констант, не меняющихся во время работы программы;

– СОЗУ – статическое запоминающее устройство, используемое для хранения переменных;

– ЭСППЗУ – электрически стираемое перепрограммируемое ПЗУ, один из видов энергонезависимой памяти;

– таймер SysTick – предназначен для использования в качестве стандартного таймера во всех Cortex-микроконтроллерах. Таймер SysTick может использоваться для формирования шкалы времени в ОСРВ или для генерации периодических прерываний для обработки запланированных задач;

– ЦАП – устройство для преобразования цифрового кода в аналоговый сигнал;

– АЦП – устройство, преобразующее входной аналоговый сигнал в цифровой;

– блок питания – для работы микроконтроллеров STM32 их необходимо питать одним напряжением в диапазоне от 2,0...3,6 В. Для питания ядра Cortex напряжением 1,8 В в МК интегрирован стабилизатор напряжения. Однако к STM32 может быть подано еще два опциональных напряжения питания. В домене с отдельным питанием расположены часы реального времени и небольшое число регистров, что позволяет организовать их резервное питание и обеспечить работоспособность даже при нахождении МК в режиме полного отключения;

– генератор – в МК STM32 имеются внутренние RC-генераторы, способные синхронизировать встроенную схему ФАПЧ. Благодаря их совместной работе, МК могут синхронизироваться частотой до 72 МГц. Внутренние генераторы, по сравнению с кварцевыми, не отличаются такой же высокой точностью или стабильностью, поэтому, во многих применениях может потребоваться использование как минимум одного внешнего кварцевого генератора;

– приемный усилитель – состоит из двух каскадов. Оба каскада выполнены на ОУ. Первый обладает высоким входным сопротивлением благодаря последовательной ООС по напряжению. Это позволяет исключить потери полезного сигнала вследствие шунтирования колебательного контура входным сопротивлением усилителя. Второй каскад формирует искусственную среднюю точку для питания первого;

– усилитель мощности – построен на мощных ключах, усиливает сигнал и передает его на передающую катушку.

В ходе проектирования была создана макетная плата с помощью программного пакета для проектировки и ручной разводки печатных плат Sprint-Layout 6.0. Внешний вид одного из слоев платы в программе отображен на рисунке 3.

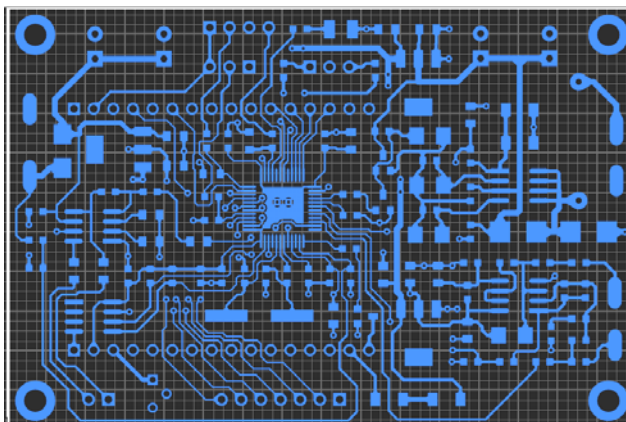


Рис. 3. Дорожки верхнего слоя печатной платы

На рисунке 4 изображена плата, на которой размещены и припаяны все элементы.

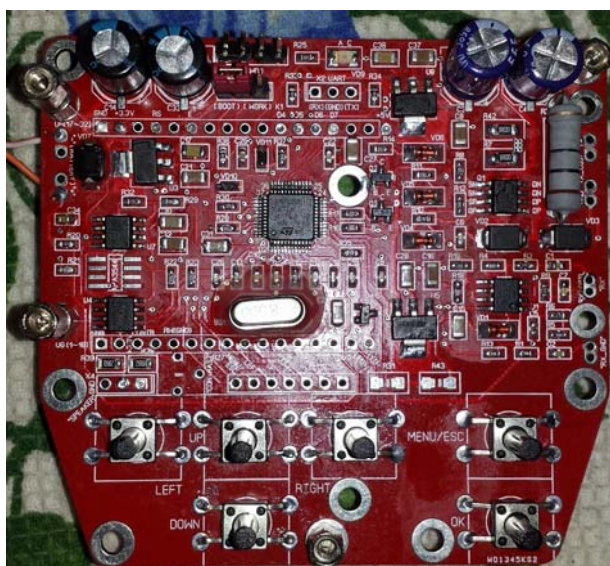


Рис. 4. Готовая плата металлодетектора

После полной сборки макетной платы прибора, установки дисплея, динамика был запрограммирован микроконтроллер и устройство успешно запустилось.

Заключение. В данной научной работе произведена разработка устройства металлодетектирования. В результате проектирования проведен анализ существующих аналогов и методов металлодетектирования, разработаны структурная и функциональная схемы, произведен выбор и обоснование элементов схемы устройства, разработана принципиальная схема устройства, исходный код программы микроконтроллера. Осуществлено конструктивное исполнение устройства и проверено на работоспособность. Результат подтвердил изначально поставленные гипотезы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ознакомительное руководство по ARM-микроконтроллерам Cortex-M3 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.gaw.ru/html.cgi/txt/doc/micros/arm/cortex_arh/index.htm.
2. STM32 – Datasheet – STMicroelectronics [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/352432/STMICROELECTRONICS/STM32-SK-IAR.html>.