**Модуль А. Проектирование оптоэлектронных систем**

*Время на выполнение модуля* – 3 часа

**Задание:**

Конкурсант должен спроектировать электрическую схему, основу которой составляют оптоэлектронные приборы. Схема должна выполнять некоторый заданный функционал. Задание может предусматривать проектирование, как целой схемы оптоэлектронной системы, так и ее отдельных частей. Конкурсанту необходимо подобрать необходимые элементы, пользуясь предоставленной технической документацией, а также произвести электрические расчеты заданных параметров проектируемой схемы. Проектирование оптоэлектронной системы включает в себя аналоговую и цифровую схемотехнику.

Функциональность схемы подтверждается посредством виртуального моделирования в специализированной САПР. Рекомендовано программное обеспечение промышленного стандарта, поддерживающее SPICE-моделирование.

Время выполнения задания данного модуля составляет 3 часа. В результате выполнения данного модуля конкурсанту необходимо предоставить экспертам электронный файл-отчет, заполненный по установленной форме, подтверждающий работоспособность спроектированной схемы. Данное задание модуля оценивается в 15 баллов, из которых судейская оценка составляет 3 балла.

Проект представляет собой устройство «Пульсометр», предназначенное для измерения частоты сердечных сокращений человека (ЧСС). Устройство основано на принципе оптической плетизмографии, суть которого поясняется на рисунке 1. В качестве оптического датчика используется оптопара, которая регистрирует изменение объема крови синхронно с биением сердца. Сужение и расширение сосуда под действием пульсации кровотока вызывают соответствующее изменение амплитуды сигнала, получаемого с выхода фотоприемника. Полученные колебания используется для расчета частоты сердечных сокращений (рис. 2). Благодаря использованию технологии оптической плетизмографии можно максимально точно определить пульс, если устройство имеет качественное исполнение.

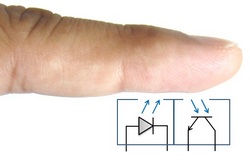
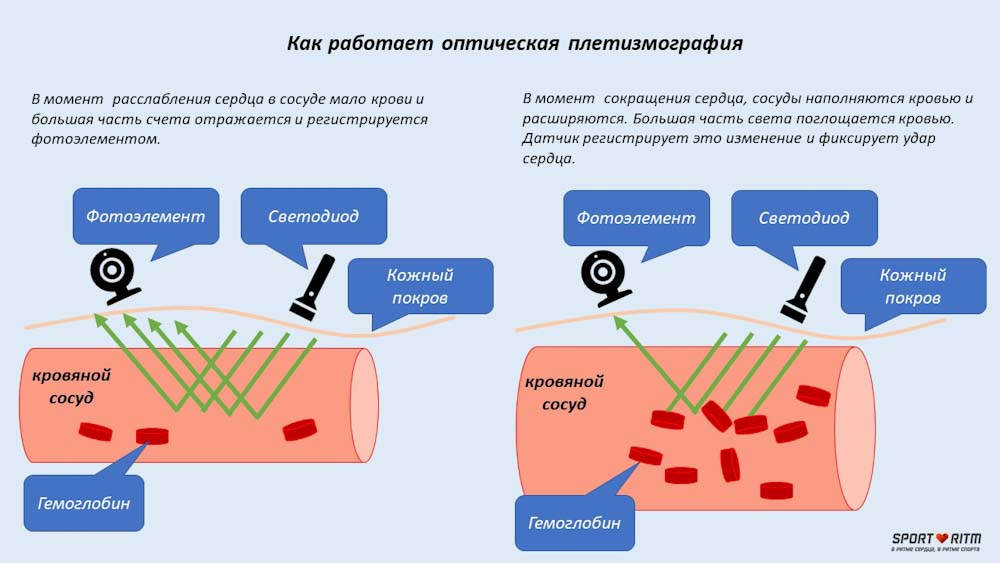


Рисунок 1. Схематичное изображение метода оптической плетизмографии измерения пульса

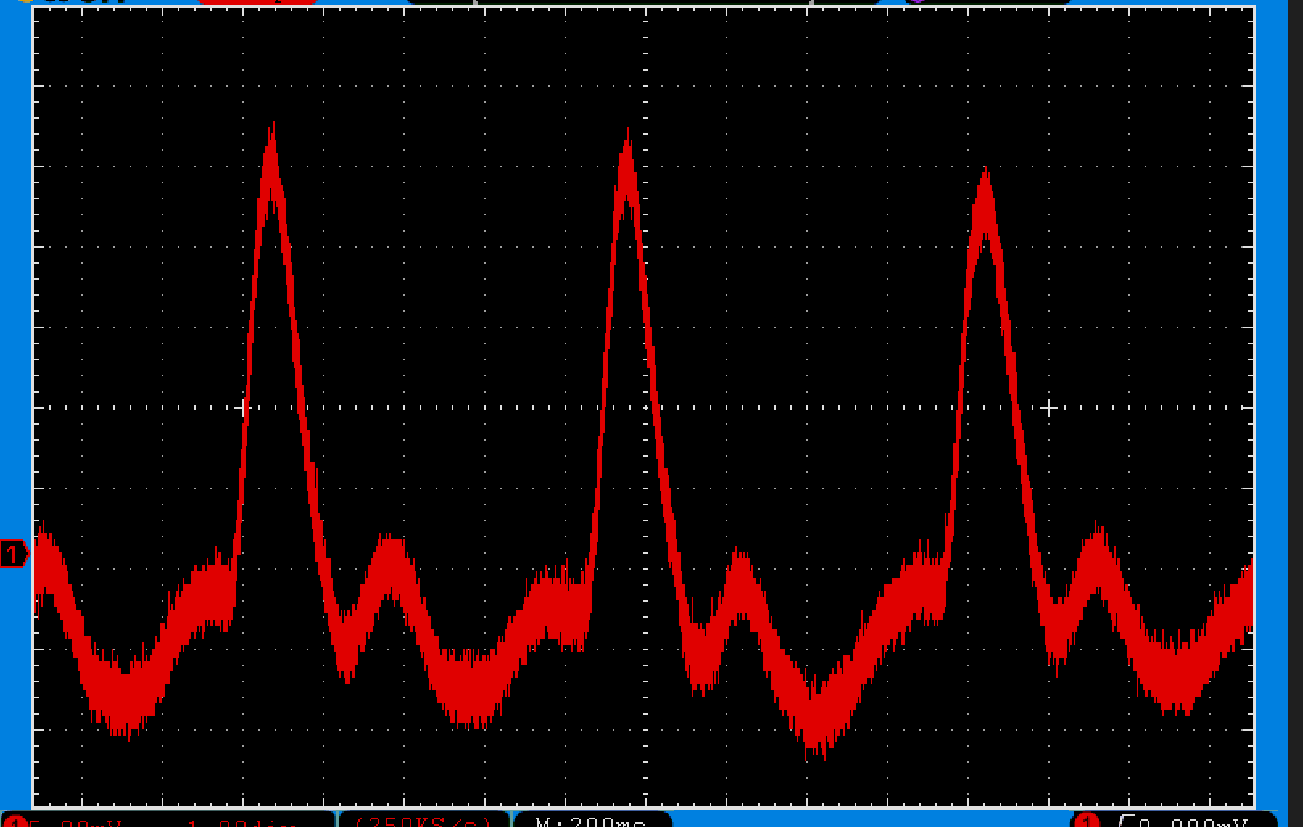


Рисунок 2. Форма колебаний, получаемая с оптопары

Структурная схема устройства изображена на рисунке 3.

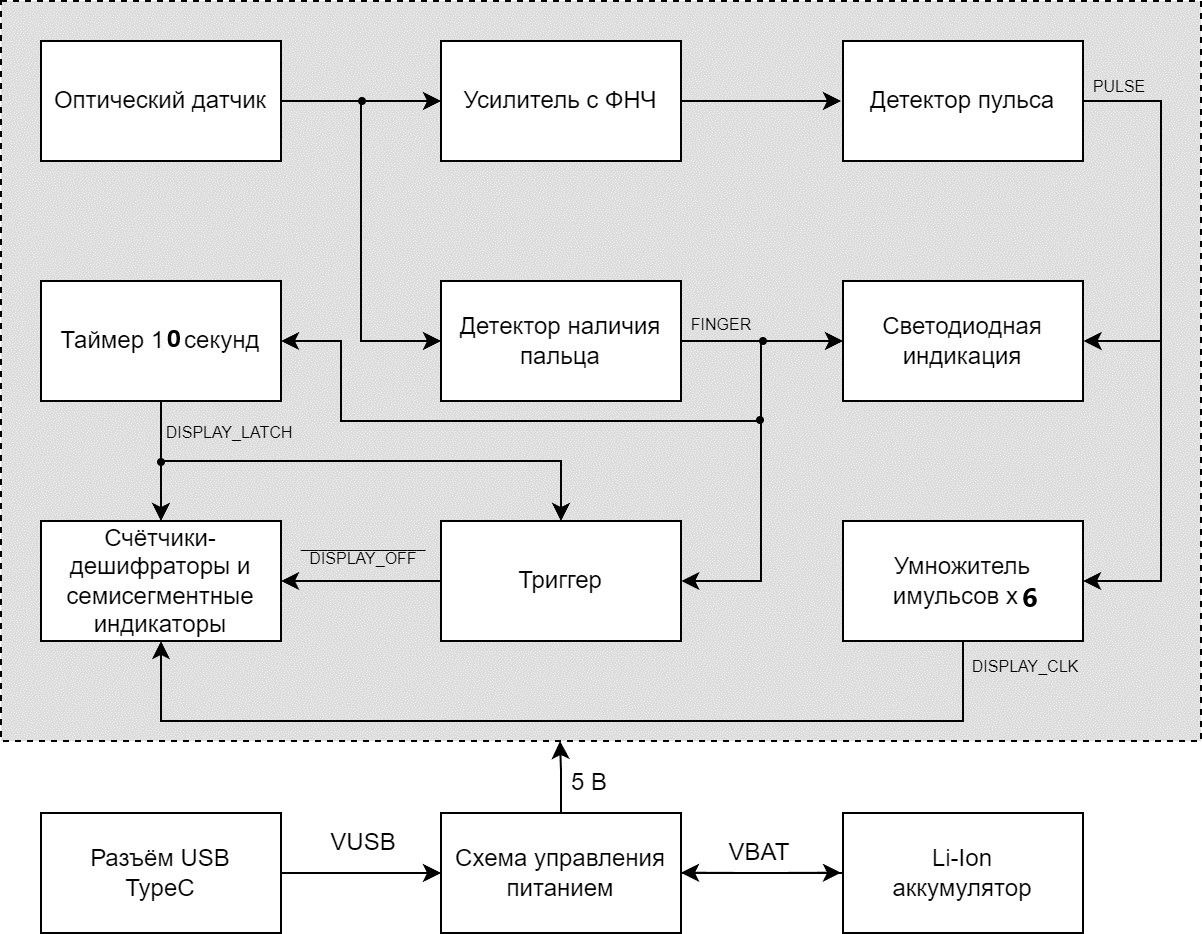


Рисунок 3. Структурная схема пульсометра

Для запуска измерения нужно приложить подушечку пальца к оптическому датчику устройства. После этого устройство производит измерение частоты сердечных колебаний. При низком напряжении на выходе оптического датчика блок детектора наличия пальца формирует высокий уровень сигнала **FINGER**. С сигнала на выходе оптического датчика выделяется переменная составляющая, затем она усиливается и фильтруется. Полученный результат попадает в детектор пульса, где формируются прямоугольные импульсы **PULSE**, соответствующие одному удару сердца.

Таймер генерирует импульс **DISPLAY\_LATCH**, имеющий длительность 10 секунд – для сокращения периода измерения. Далее импульсы сердцебиения **PULSE** умножаются на шесть, тем самым формируя сигнал **DISPLAY\_CLK**. Этот сигнал поступает на блок счётчиков-дешифраторов и индикации. Обновление значений дешифраторов и сброс счётчиков в этом блоке происходит по сигналу **DISPLAY\_LATCH**.

Обнаружение пальца сигнализируется свечением светодиодов в блоке световой индикации. Отображение результата измерения производится на трех семисегментных индикаторах. При отсутствии результатов измерения на семисегментных индикаторах отображаются три горизонтальные черты (рисунок 4). Через 10 секунд с момента начала измерения значение ударов в минуту выводится на семисегментный индикатор (рисунок 5 и 6). Если палец остался на сенсоре, то измерение запускается повторно, предыдущий результат измерения остаётся на экране. Если убрать палец от сенсора, то измерение прекратится, на экране снова появятся три горизонтальные черты (рис. 4).

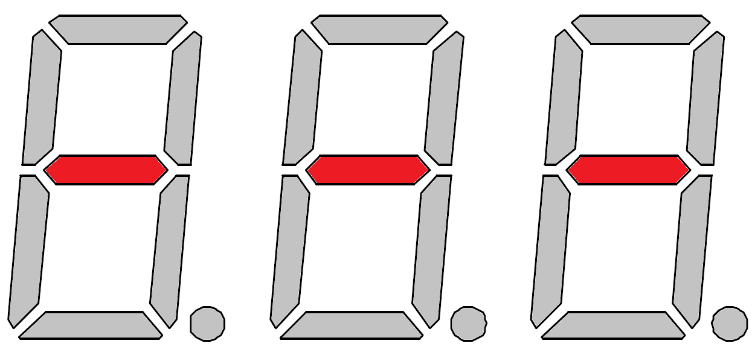


Рисунок 4. Экран устройства при отсутствии результата измерения

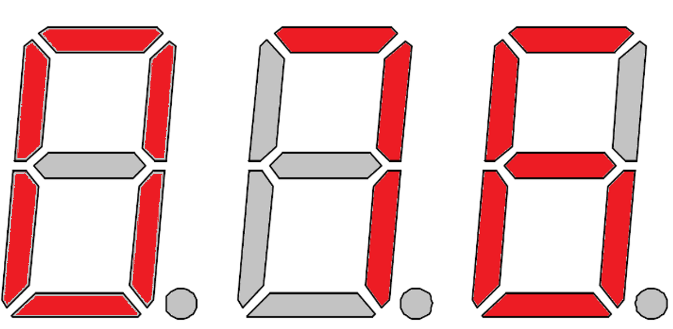


Рисунок 5. Изображение на индикаторе значения ЧСС равное 76 ударов/мин

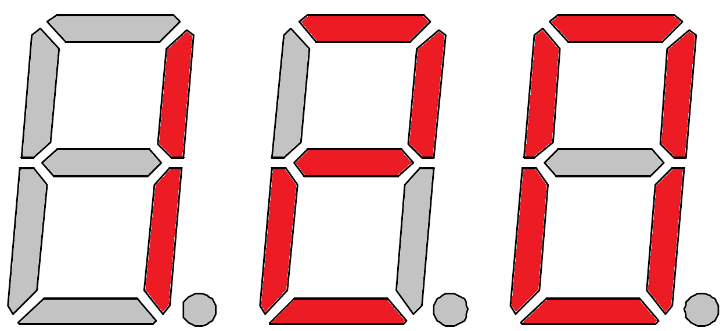


Рисунок 6. Изображение на индикаторе значения ЧСС равное 120 ударов/мин

Индикаторы управляются сигналом **DISPLAY\_OFF**. При высоком уровне на индикатор выводится полученное количество ЧСС. При низком уровне отображаются три горизонтальные черты. Сигнал **DISPLAY\_OFF** формируется триггером. Сброс триггера производится низким уровнем сигнала **FINGER**. Установка производится по низкому уровню **DISPLAY\_LATCH** и высокому уровню **FINGER**.

Питание устройства может производиться от USB-разъёма или от аккумулятора. Переключение между источниками питания осуществляется автоматически. Включение/выключение питания устройства производится кнопкой. При отсутствии питания по линии USB запускается повышающий преобразователь, который из напряжения Li-Ion аккумулятора формирует напряжение питания схемы +5 В. При появлении напряжения питания на USB-разъёме схема формирования питания прекращает работу повышающего преобразователя и устройство питается от напряжения USB. Начинается зарядка аккумулятора.

**Задание для конкурсантов**

На модуле А конкурсанту предстоит доработать или спроектировать 5 электрических схем (#1-#5), предложенных в задании. Для подтверждения функционирования разработанного конкурсантом схемотехнического решения и его моделирования используется программа моделирования электрических схем Multisim. Исходя из условия задания на каждую схему, конкурсант сопровождает свое схемотехническое решение расчетами, временными диаграммами и графиками.

Для разработки схемы допускается использование активных компонентов только из предложенного перечня элементов. Указания по применению активной компонентной базы к каждой схеме будут описаны непосредственно в задании на проектирование. Номиналы пассивных компонентов (резисторов и конденсаторов) конкурсант подбирает самостоятельно, исходя из рядов Е24 и Е12 соответственно. При оформлении схемы конкурсант должен соблюдать аккуратность и единообразие, обозначать элементы согласно ЕСКД.

В результате выполнения задания конкурсант подготавливает электронный отчет в среде предложенного текстового редактора. Файл отчета должен содержать электрические принципиальные схемы, полученные в результате схемотехнического решения конкурсанта, выполненные в Multisim, а также необходимые расчеты, временные диаграммы и графики, подтверждающие функциональность решения.

По истечению назначенного времени конкурсант сдает экспертам отчет в электронном виде в формате **\*.pdf** и файлы с виртуальными моделями схем для Multisim. Имя файла отчета должно содержать имя, фамилию и номер рабочего места конкурсанта: «**Модуль\_А\_Иванов\_Иван\_№5.pdf»**. Все электронные файлы (отчет и модели) необходимо упаковать в архив с названием «**Модуль\_А\_Иванов\_Иван\_№5**» и передать экспертной группе для оценки.

**Схема #1**

Спроектируйте схему формирователя сигналов **PULSE** и **FINGER**, в соответствии с функцией работы устройства. Для формирования блоков усилителя с ФНЧ, детектора пульса и детектора наличия пальца используйте микросхемы LM324 и необходимое количество резисторов из ряда Е24 и конденсаторов из ряда Е12.

Для моделирования сигнала с датчика (оптопары) воспользуйтесь готовым файлом, содержащим модель одного периода сигнала: **Модель сигнала датчика.csv**

Сигнал с оптопары сначала необходимо избавить от постоянной составляющей, далее сигнал должен идти на пассивный RC-фильтр низких частот первого порядка. Затем отфильтрованный сигнал должен поступить на неинвертирующий усилитель на основе ОУ. Частота среза ФНЧ должна составлять 5,0 Гц. Коэффициент усиления усилителя должен быть равен 105. Значения генерируемых сигналов **PULSE** и **FINGER** необходимо выдержать в уровне логической 1. Наличие пальца регистрируетсясигналом **FINGER** и дополнительнодолжно сопровождаться индикацией на сигнальном светодиоде. Уровень сравнения сигнала оптопары должен регулироваться в пределах от 0 до 1,5 B.

В отчёте приведите итоговую схему формирователя сигналов, расчёты элементов обвязки ФНЧ и усилителя. Докажите с помощью средств Multisim правильность работы схемы формирователя сигналов **PULSE** и **FINGER** относительно входных сигналов от оптопары.

**Схема #2**

Спроектируйте схему формирователя сигналов **DISPLAY\_CLK**. Эти сигналы получаются посредством умножения импульсов сердцебиения **PULSE** на шесть. Иными словами, с приходом одного импульса **PULSE** формируется 6 импульсов **DISPLAY\_CLK** на выходе схемы. Для реализации схемы примем, что импульс сердцебиения **PULSE** приходит 1 раз в секунду.

Для реализации схемы используйте микросхемы 74НС74D, 74HC390D, CD4011D и необходимое количество резисторов из ряда Е24 и конденсаторов из ряда Е12.

В отчёте приведите итоговую схему формирователя сигналов **DISPLAY\_CLK** и расчёт элементов обвязки генератора на частоту формирования выходных импульсов **DISPLAY\_CLK**. Докажите с помощью средств Multisim правильность работы схемы формирователя сигналов **DISPLAY\_CLK** относительно сигнала **PULSE**.

**Схема #3**

Спроектируйте схему индикации частоты сердечных сокращений, выполненную на трех семисегментных индикаторах. На индикаторах должно показываться количество поступивших импульсов **DISPLAY\_CLK**. Счёт схемы должен тактироваться от сигнала **DISPLAY\_CLK** и сбрасываться при высоком уровне внешнего сигнала сброса. При появлении сигнала **DISPLAY\_OFF** наиндикаторах должны загореться сегменты, как показано на рисунке 4. Для реализации функционала схемы индикации все необходимые сигналы, в том числе и указанные, конкурсант генерирует самостоятельно. При отсутствии сигнала **DISPLAY\_OFF** схема работает в режиме индикацииколичества поступивших импульсов **DISPLAY\_CLK**.

Для реализации схемы используйте микросхемы CD4511, 74HC390D, и необходимое количество транзисторов ВС857 и резисторов из ряда Е24. Семисегментные индикаторы для моделирования схемы необходимо применить с общим катодом.

Рассчитайте и подключите токоограничивающие резисторы для семисегментных индикаторов при напряжении питания 5 В, падении напряжения на светодиоде 1,8 В, и токе 5 мА.

В отчёте приведите итоговую схему индикации ЧСС, расчёт сопротивления одного из токоограничивающих резисторов.

Докажите с помощью средств Multisim правильность работы схемы индикации ЧСС в режиме счета импульсов **DISPLAY\_CLK** и в режиме появления сигнала **DISPLAY\_OFF.**

**Схема #4**

Спроектируйте для данного устройства «Пульсометр» схему питания.

Предусмотрите возможность питания устройства от внешнего источника – USB-порта и от встроенной аккумуляторной батареи напряжения 5 В в самом устройстве. Выбор источника питания может осуществляться пользователем с помощью тактовой кнопки – одно нажатие переключает на питание от порта USB, повторное нажатие переключает на питание от аккумулятора. Следующее нажатие на кнопку снова переводит питание от порта и так далее. При отсутствии внешнего питания схема автоматически переключается на аккумулятор и не может переключаться обратно с помощью кнопки, пока внешнее питание не восстановится.

Предусмотрите в схеме защиту от неверного подключения батареи и внешнего источника питания. Предусмотрите сигнальный светодиод для индикации наличия питания в схеме от внешнего источника.

Предусмотрите следующую индикацию заряда аккумулятора. Если выходное напряжение аккумуляторной батареи находится в диапазоне от 4,2 В и выше, то должен гореть только зеленый светодиод. Если напряжение опускается ниже 3,3 В, то горит только красный светодиод, а если напряжение находится в диапазоне от 3,3 до 4,2 В, то горит только желтый светодиод.

Для реализации схемы используйте всю доступную библиотеку активных и пассивных компонентов Multisim, учитывая применение резисторов из ряда Е24 и конденсаторов из ряда Е12. Применение микроконтроллеров недопустимо.

В отчёте приведите итоговое решение схемы питания. Докажите с помощью средств Multisim выполнение требований к переключению источников с помощью тактовой кнопки, индикацию уровней напряжения аккумулятора и возможность автоматического переключения источника питания при отсутствии внешнего напряжения.

**Схема #5**

Спроектируйте для данного устройства «Пульсометр» схему индикации «Приветствие».

На лицевой стороне устройства расположены 10 красных светодиодов. При включении устройства эти светодиоды поочередно с 1-го по 10-й зажигаются с частотой 1 Гц. Получается такая «бегущая единица». Затем, все 10 светодиодов одновременно мигают три раза подряд с той-же частотой и на этом «Приветствие» заканчивается и все светодиоды отключаются.

Для реализации схемы используйте всю доступную библиотеку активных и пассивных компонентов Multisim, учитывая применение резисторов из ряда Е24 и конденсаторов из ряда Е12. Применение микроконтроллеров недопустимо.

В отчёте приведите итоговое решение схемы «Приветствие». Докажите с помощью средств Multisim выполнение требований к индикации «Приветствие».