

Основы электроники

Домашнее задание №8

Евгений Зеленин

22 сентября 2024 г.

1. Реализация схемы управления реле

Условия задачи. Выполнить разработку схемы, которая позволит управлять двумя независимыми каналами нагрузки через реле. Условия: входящие сигналы от 3.3 до 5 Вольт с максимальным током 1-2 мА (можно повесить на один винтовой терминал: 3.3V-5V / GND / 3.3V-5V) Используемые реле- 5 Вольт 2шт. Входящее питание схемы – 12 Вольт, цепь питания 5 Вольт для реле обеспечивается преобразователем на основе LM317T. Выходные контакты реле (NC, NO, COM) вывести на винтовые терминалы для подключения различных нагрузок. Предусмотреть визуальную индикацию работающего реле. Суть – возможность подать на плату 12 Вольт питание и подключить микромощные выходы с условного микроконтроллера для управления нагрузками. Выполнить сборку на монтажной плате при помощи пайки. Для задачи выполнить принципиальную схему в KiCAD, приложисть чертеж в PDF.

Приступим к составлению схемы устройства (Рис. 1). Для запуска реле в целях гальванической развязки каналов будем использовать оптопары U_2, U_3 . Так как по условию задачи входной ток ограничен максимумом в 1-2мА, рассчитаем номинал ограничительного резистора. Сначала, определим минимально допустимые номиналы сопротивлений для 5в и для 3.3в: $R_{5v} = \frac{5v}{0.002A} = 2.5k$, $R_{3.3v} = \frac{3.3v}{0.002A} = 1.65k$. Таким образом, чтобы гарантированно не превысить допустимый ток потребления, номинал токоограничительного сопротивления должен быть не меньше 2.5кОм.

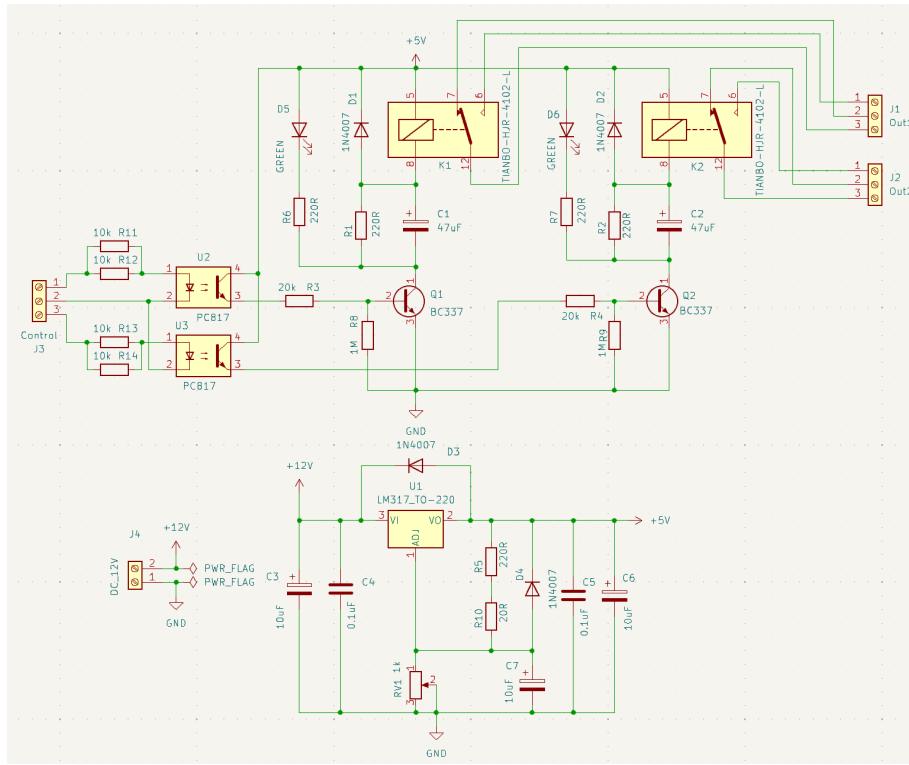


Рис. 1: Схема устройства

Теперь посчитаем какой ток базы транзисторов Q_1, Q_2 требуется достичь и исходя из этого найдем минимально необходимый ток оптопары. Из предыдущего датапита на реле и ДЗ №7 мы знаем, что для питания одного реле необходимо обеспечить около 40mA. По заданию, требуется предусмотреть индикацию работы реле. Для этого в цепь добавлены светодиоды

D_1, D_2 . Ток потребления каждого - 20mA. Суммарный ток реле и диода - 60mA. Исходя из этого, вычислим ток базы: $I_b = \frac{I_c}{h_{FE}} \frac{60mA}{270} = 0.222mA$.

Определим минимальный ток на выходе оптопары. Для этого воспользуемся графиком на рисунке 2.

Fig.6 Current Transfer Ratio vs. Forward Current

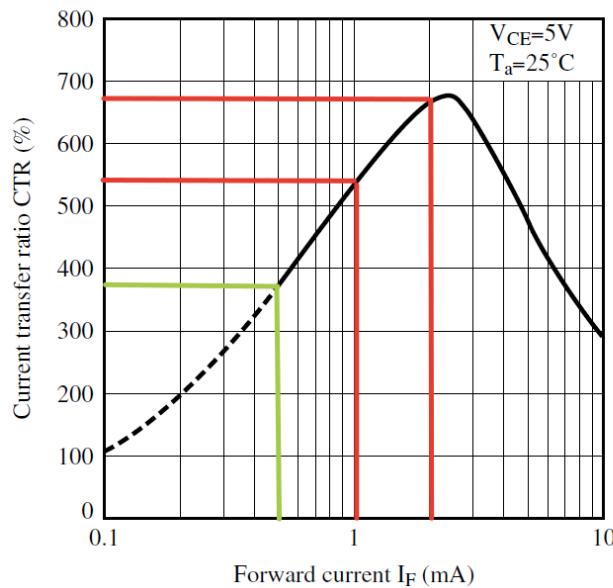


Рис. 2: Коэффициент токопередачи оптопары

Как видно из графика, уже при токе в 0.5mA (начало пунктирной линии), на выходе оптопары будет ток около 1.8mA, что с запасом подходит под наши условия. Рассчитаем максимальный номинал исходя из этих данных. $U_{max} = \frac{3.3v}{0.5mA} = 6.6k$. Таким образом, $2.5k < R < 6.6k$ В нашем наборе нет таких номиналов, но если взять два сопротивления по 10кОм и поставить параллельно, то получим 5кОм, что укладывается в границы данного критерия.

Для питания схемы используется линейный регулируемый стабилизатор LM317T, схема включения типовая, из даташита. Одно но, в наборе нет номинала сопротивления в 240 Ом. Поэтому, для достижения требуемого значения, соединим два сопротивления последовательно (R_5, R_{10} номиналом в 220 Ом и 20 Ом).

Соберем устройство на монтажной плате (Рисунок 3).

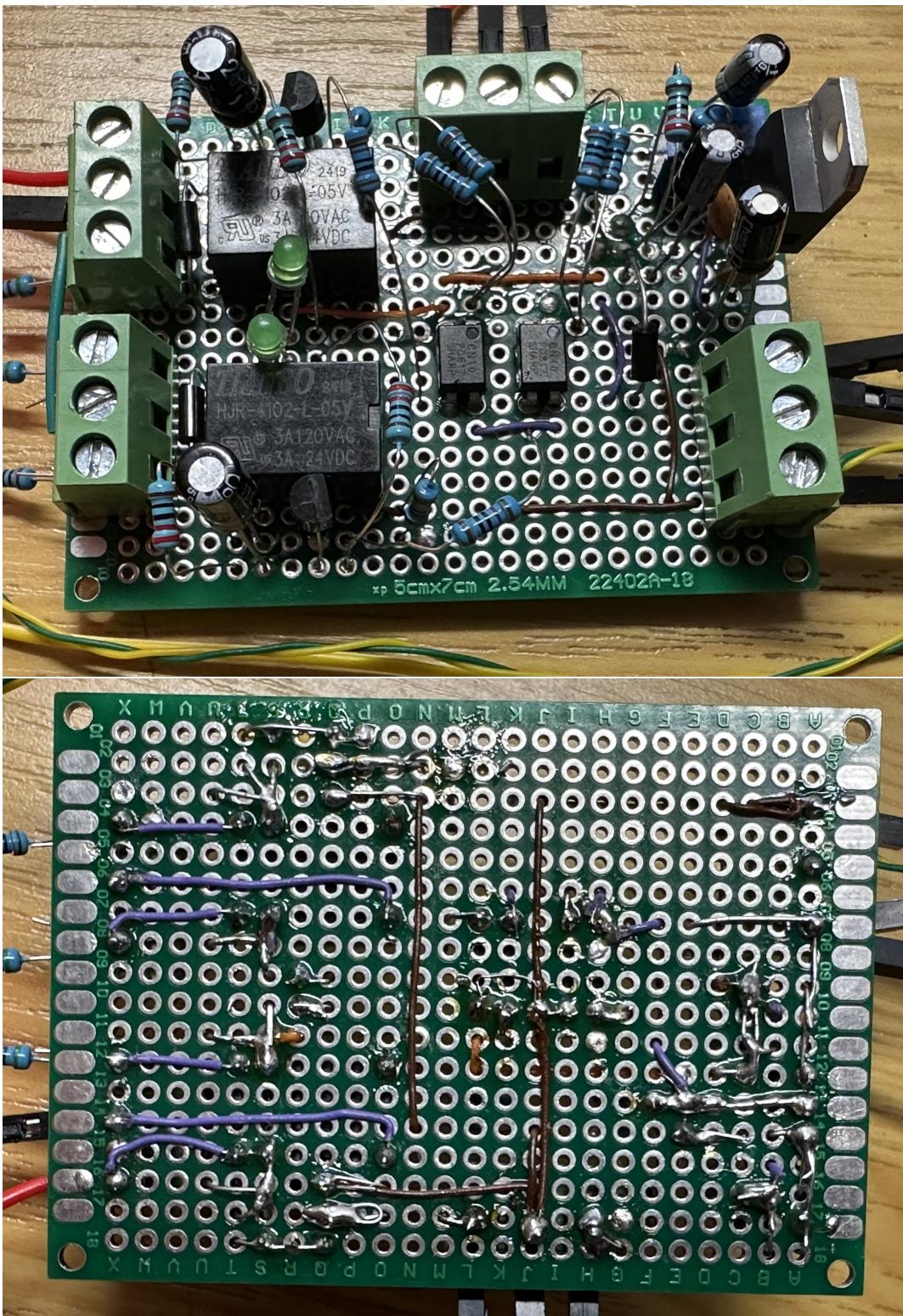


Рис. 3: Сборка на монтажной плате

Проверим различные режимы работы в контрольных точках. Установим мультиметр в разрыв цепи оптопары и проверим значение потребляемого тока на 3.3в и на 5в.

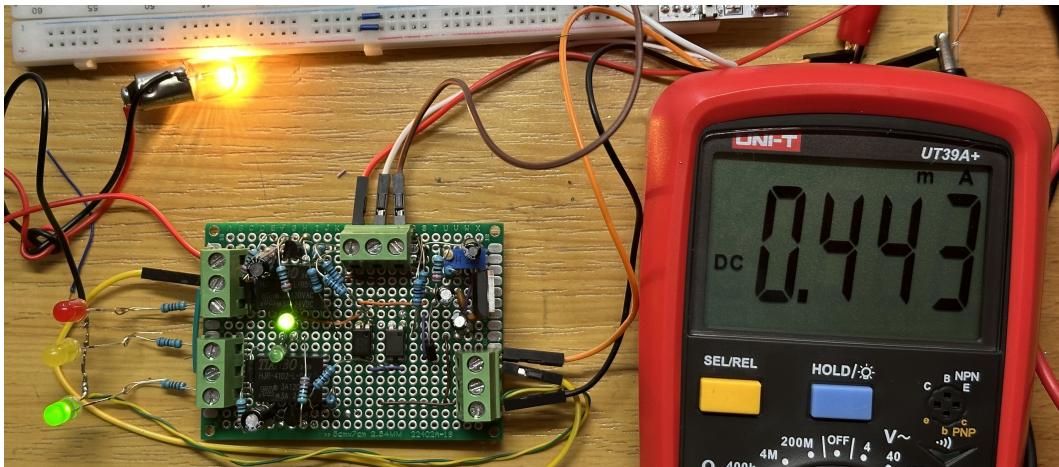


Рис. 4: Потребление тока оптопарой при 3.3в

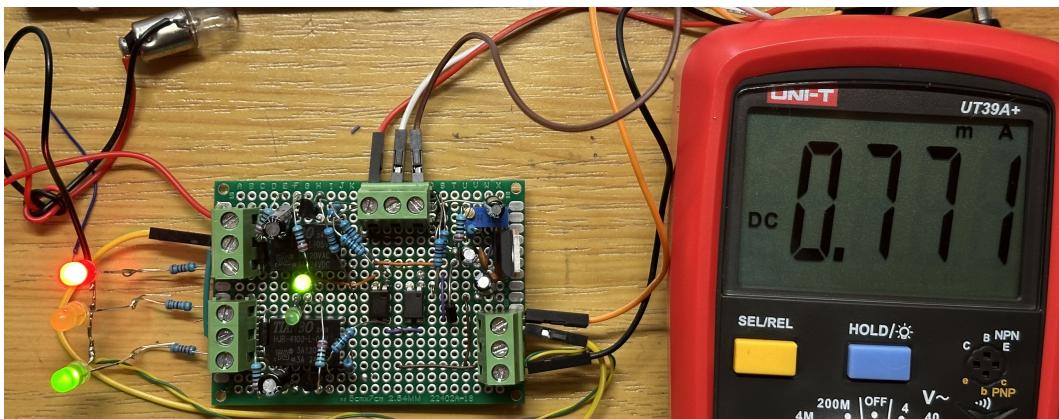


Рис. 5: Потребление тока оптопарой при 5в

Как видно из фотографий, удалось с запасом попасть в допустимые 1-2mA по току.

Проверим потребление тока от источника 12в (Рисунки 6 - 9).

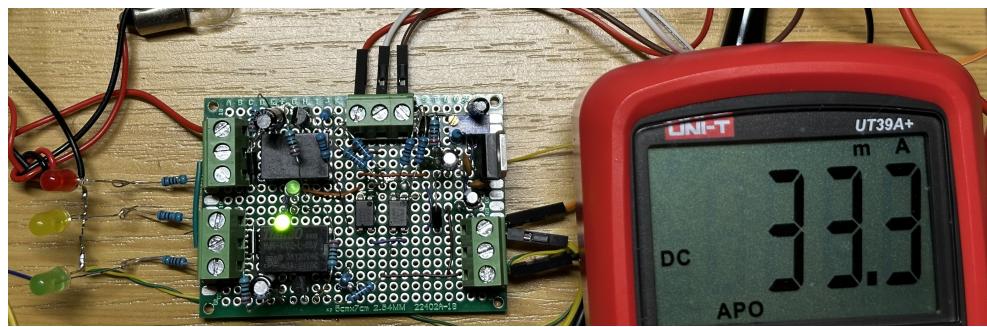


Рис. 6: Потребление тока при работе одного канала

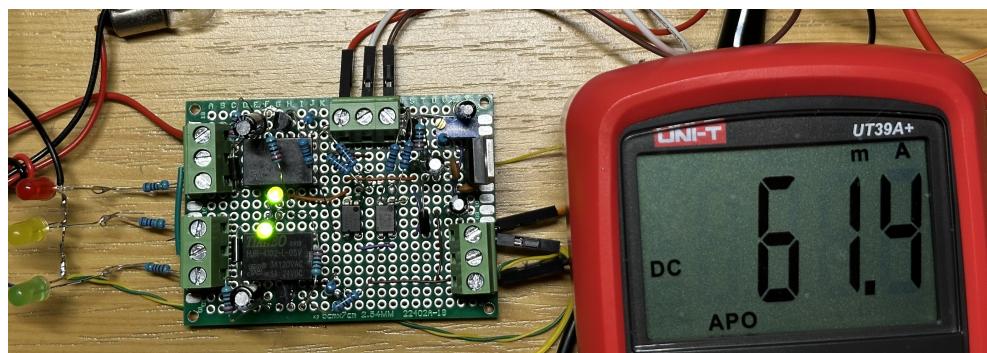


Рис. 7: Потребление тока при работе двух каналов

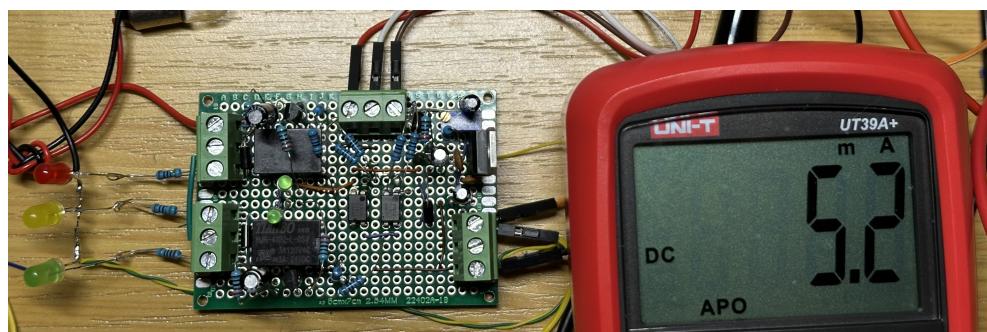


Рис. 8: Без нагрузки

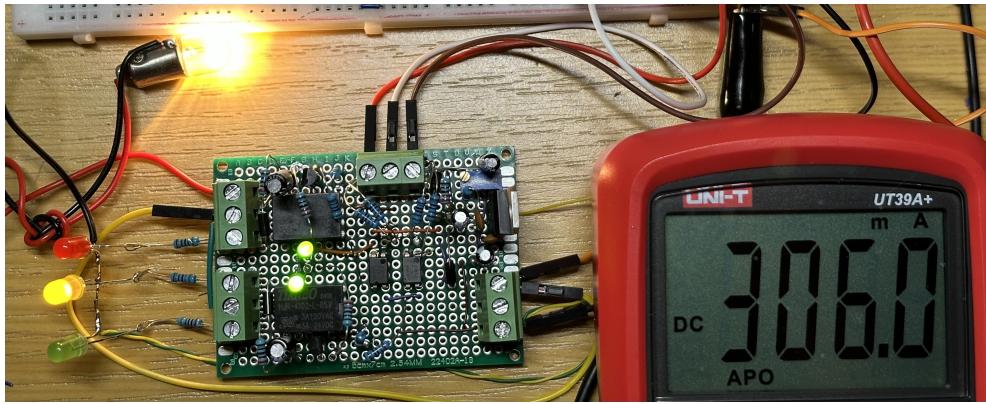


Рис. 9: Два канала и нагрузка

Измерим входное напряжение и напряжение после стабилизатора (Рисунки 10, 11).

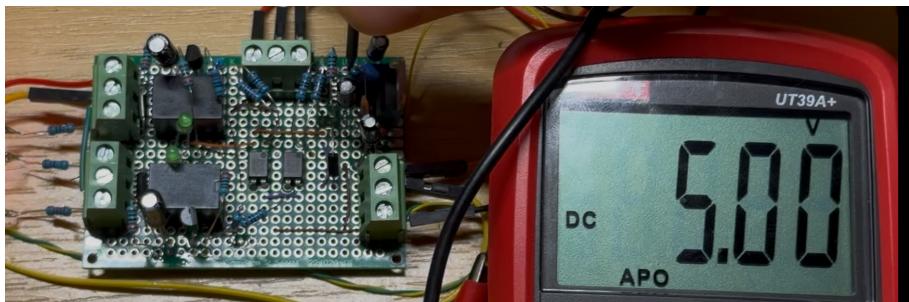


Рис. 10: Напряжение после стабилизатора

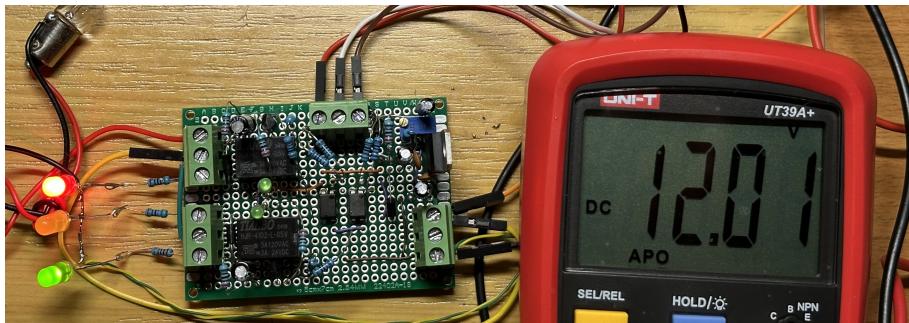


Рис. 11: Напряжение питания

Демонстрация работы устройства:

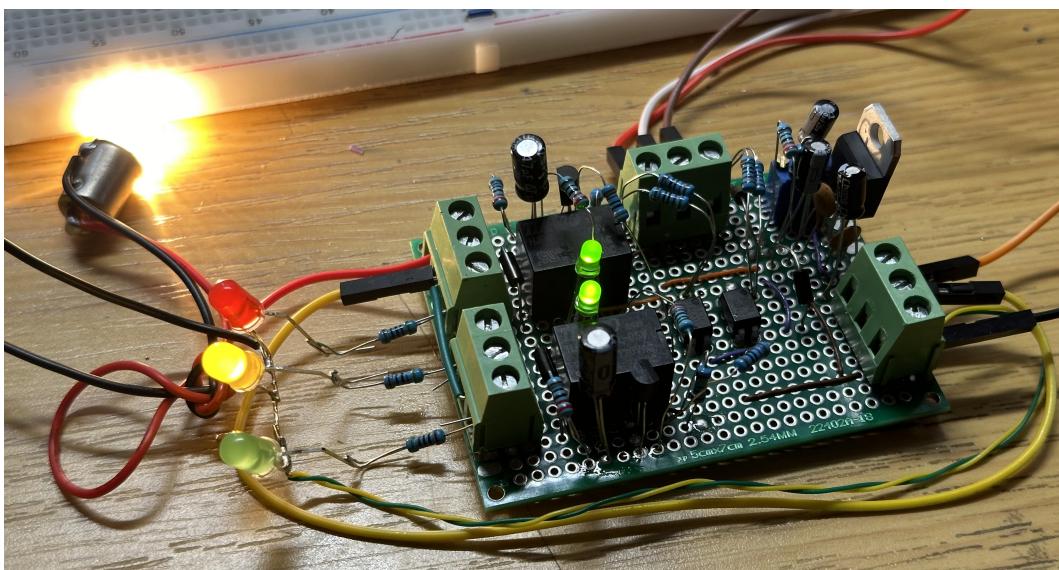


Рис. 12: Включены два канала

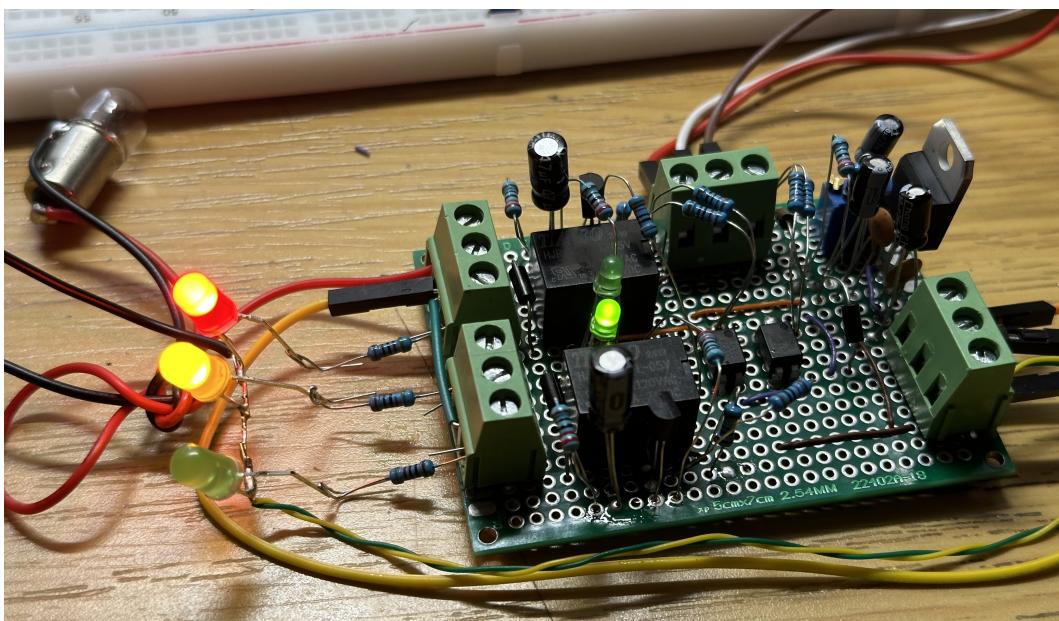


Рис. 13: Включен один канал

Выполним демонтаж компонентов:

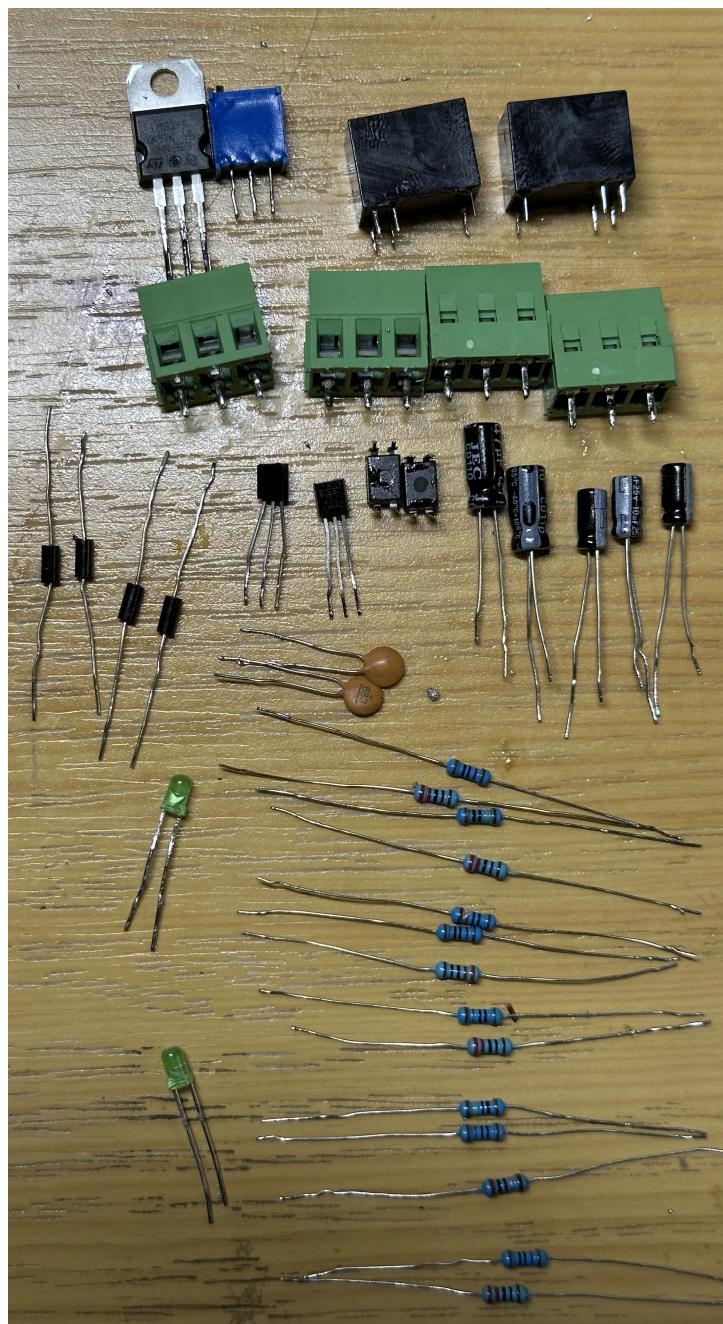


Рис. 14: Демонтаж компонентов

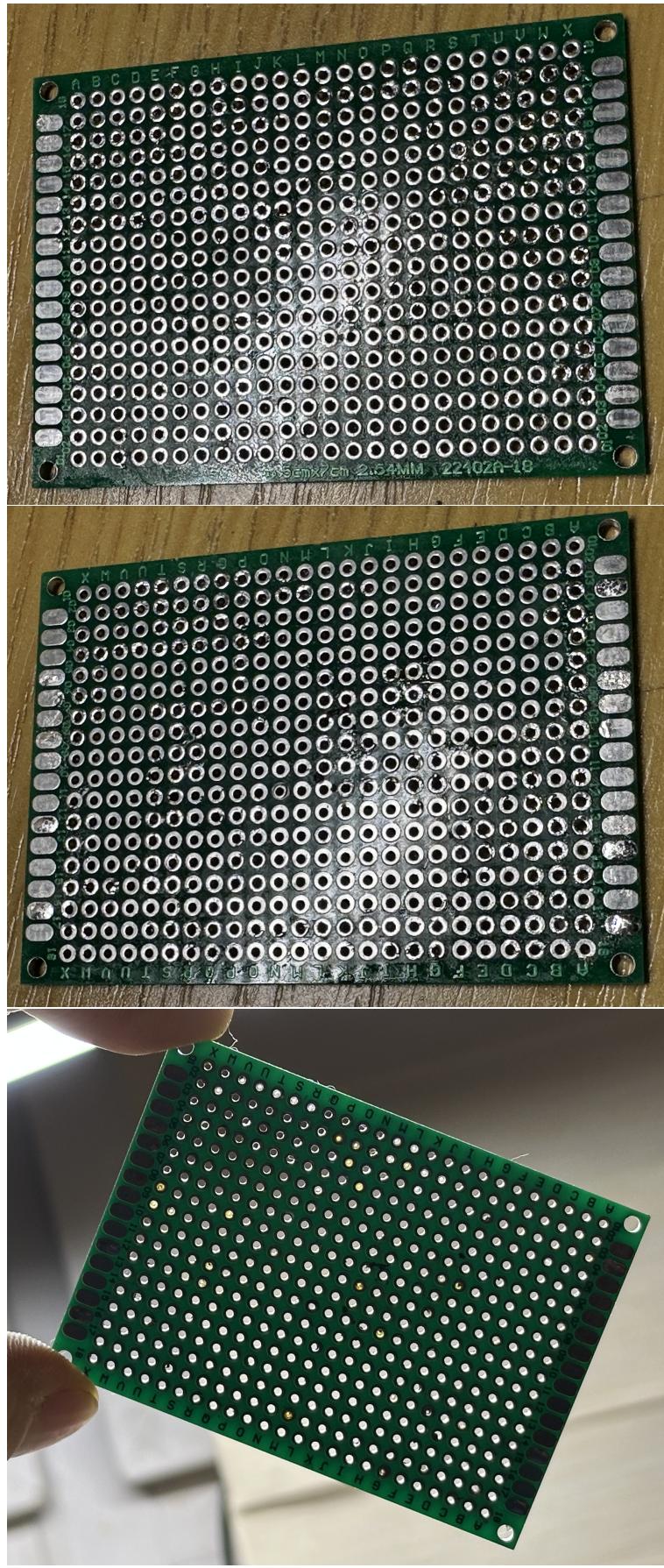


Рис. 15: Состояние монтажной платы

2. Проект печатной платы в KiCAD

Условия задачи. *Выбрать (создать) компоненты, развести плату, приложить чертежи в PDF с трассировкой и скрин с 3D видом верх (низ). Пояснительные чертежи размёров, надписи и прочая пользовательская информация выполняются на слоях *User.Drawings* и *User.Comments*.

Трассировка платы выполнялась в САПР KiCad. Скриншот чертежа приложен на рисунке 16.

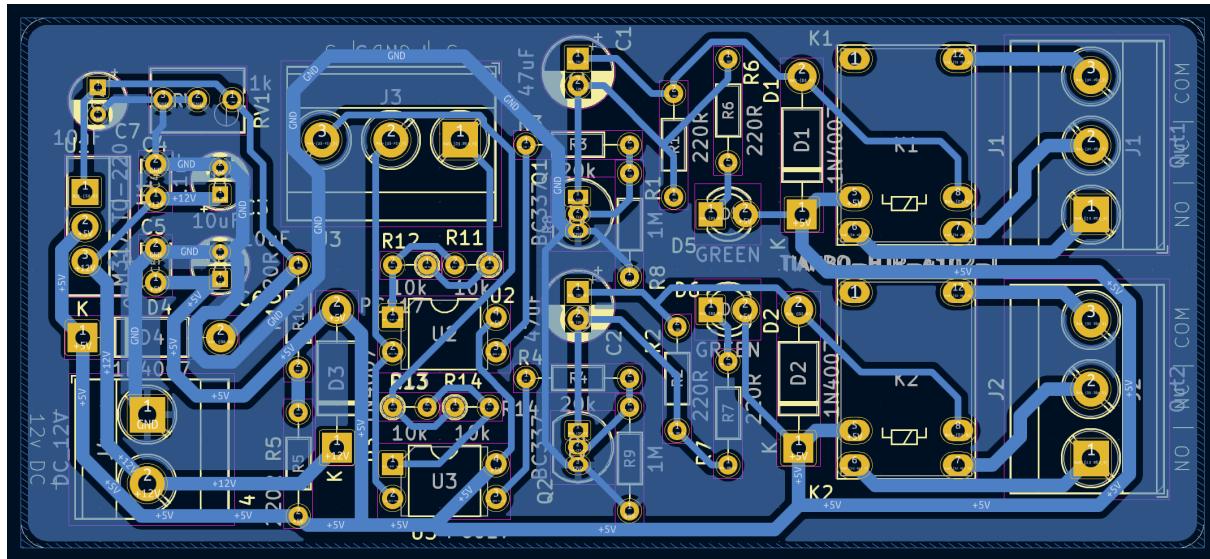


Рис. 16: Чертеж платы

Трехмерные виды показаны на рисунках 17, 18, 19.

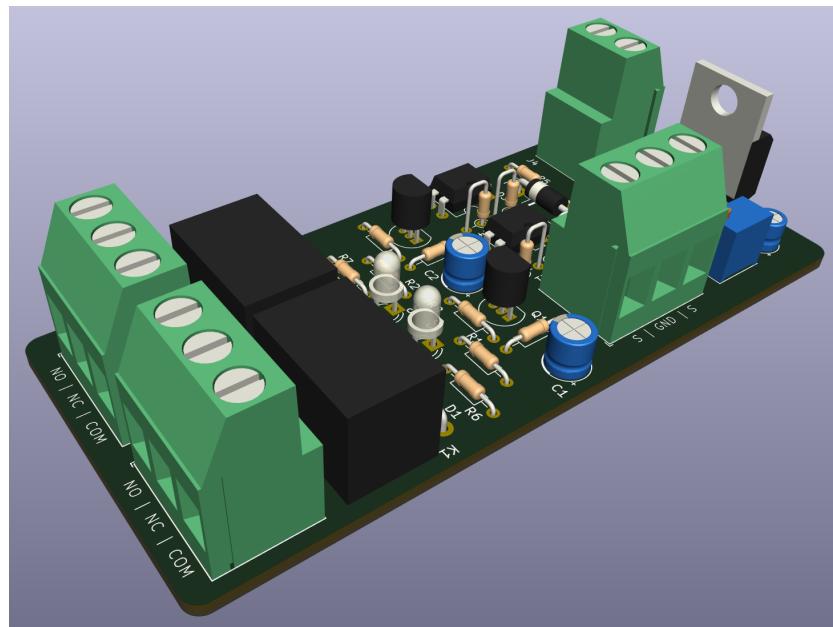


Рис. 17: 3D-вид - верх

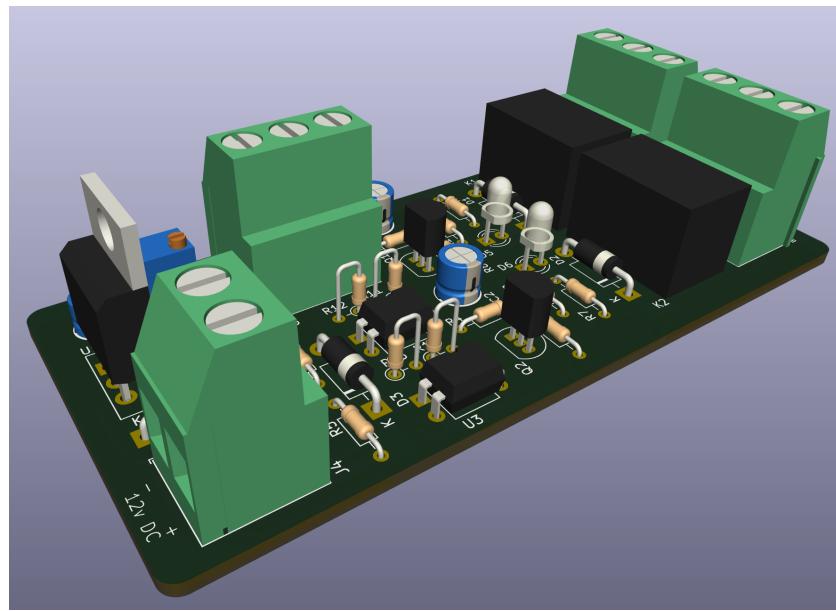


Рис. 18: 3D-вид - верх

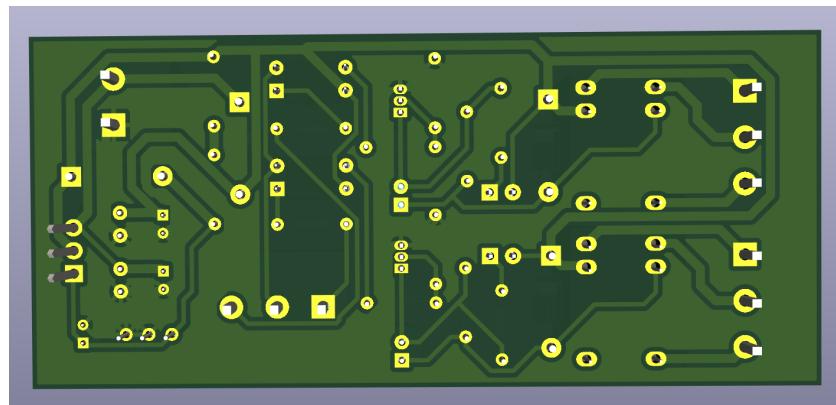


Рис. 19: 3D-вид - низ

3. Материалы к занятию

Схемы и материалы к занятию расположены в папке на google диске по следующей ссылке:
материалы к ДЗ-08