

Основы электроники

Домашнее задание №10

Евгений Зеленин

30 сентября 2024 г.

1. Реализация схемы управления реле

Условия задачи. Реализовать схему (Рис. 1). Питание части таймера 5 вольт (получаем из 12 Вольт при помощи LM317T). Питание драйвера 5 вольт, нагрузки 12 Вольт. После отладки на бредборде выполнить сборку на монтажной плате при помощи пайки. Для подвода входящего питания использовать винтовой зажим. Для подключения нагрузки можно также использовать винтовой зажим. Для задачи выполнить принципиальную схему в KiCAD, приложив описание проведенной работы и чертеж в формате PDF.

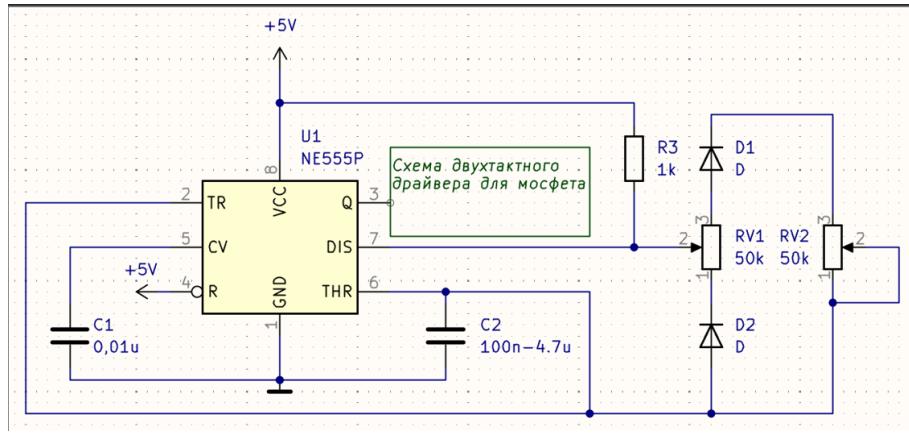


Рис. 1: Задание

Составление схемы

Приступим к составлению схемы устройства (Рис. 3). В соответствии с заданием, для питания устройства используется линейный стабилизатор LM317T, включенный по стандартной схеме из даташита. Схема регулятора приведена на рисунке 2 и вынесена на отдельный иерархический лист в KiCAD.

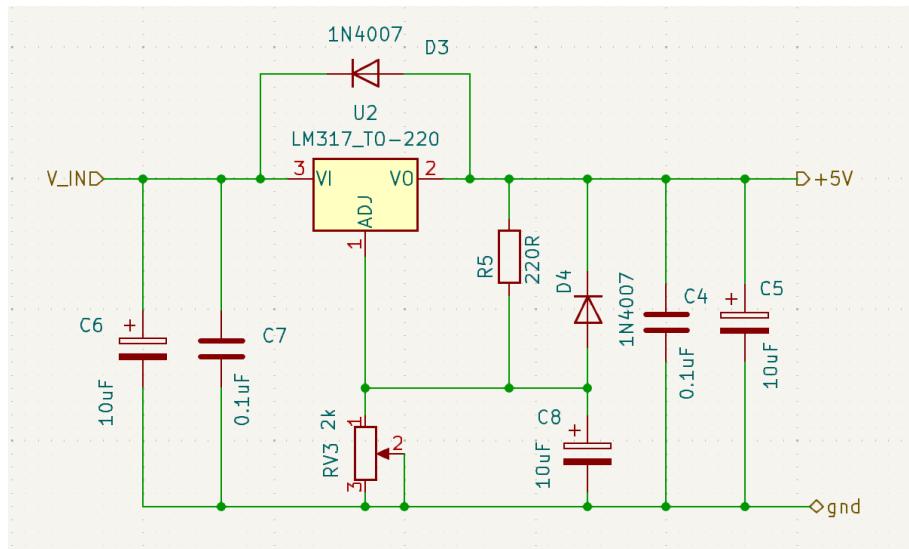


Рис. 2: Схема линейного регулятора

Для управления нагрузкой используем силовой ключ IRLZ44N, а драйвер соберем на биполярных транзисторах BC337 и BC327.

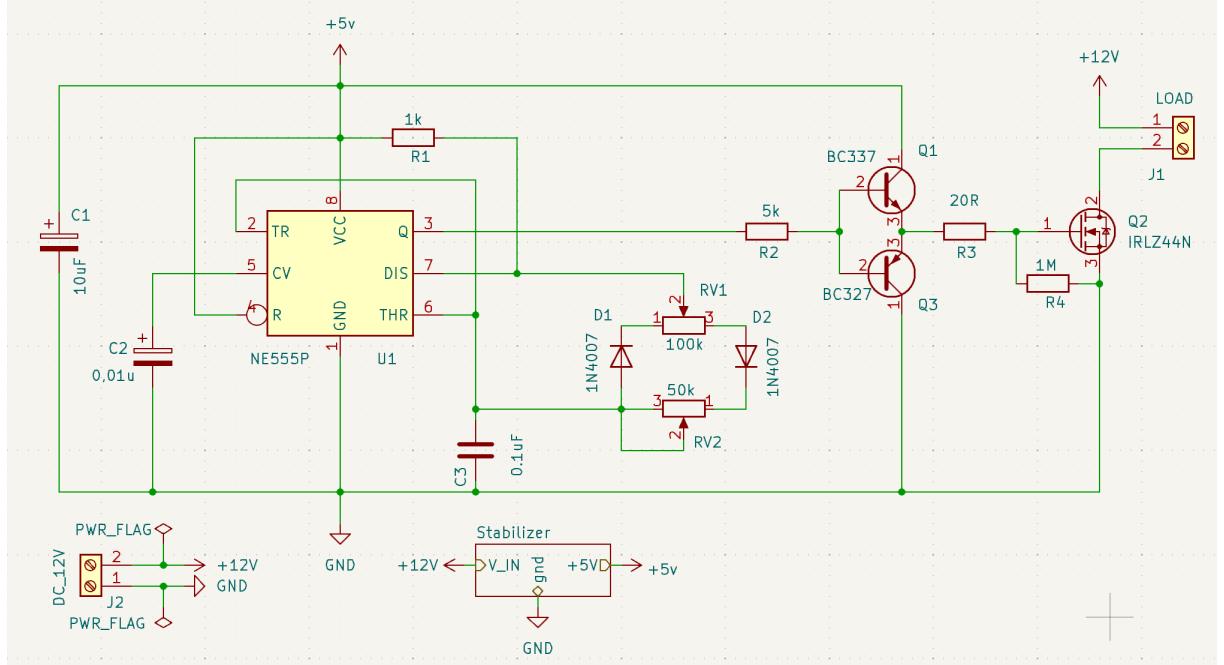


Рис. 3: Схема устройства

Произведем расчет номиналов компонентов ШИМ-регулятора и драйвера силового ключа. В качестве нагрузки выступает лампа накаливания, поэтому чтобы избежать видимого мерцания достаточно обеспечить частоту переключений в 50Гц и более. Минимальная емкость электролитического конденсатора в наборе 0.1мкФ, поэтому, примем $C_3 = 0.1$ мкф. Далее, вычислим номиналы токоограничительных резисторов R_1, RV_1, RV_2 , для этого воспользуемся следующей формулой:

$$f = \frac{1}{\ln(2) \cdot (R_1 + 2 \cdot RV_1) \cdot C_3}$$

$$R_1 + 2 \cdot RV_1 = \frac{1}{0.693 \cdot 100\text{Гц} \cdot 0.1\text{мкФ}}$$

Чтобы диапазон регулировки ШИМ был достаточно широким, примем соотношение сопротивлений $R_1 : RV_1 = 1 : 100$, тогда:

$$R_1 + 2 \cdot 100 \cdot R_1 = 144270 \text{ Ом}$$

$$R_1 = \frac{144270 \text{ Ом}}{201} = 717 \text{ Ом}$$

$$RV_1 = 200 \cdot R_1 = 200 \cdot 717 \text{ Ом} = 143.5 \text{ кОм}$$

Округлим до номиналов из набора - $R_1 = 1$ кОм, $RV_1 = 100$ кОм. В таком случае, частота генератора составит $f = \frac{1}{\ln(2) \cdot (1k+2 \cdot 100k) \cdot 0.1\text{мкФ}} = 71.8$ Гц, что соответствует нашим целям регулирования. Соберем генератор на макетной плате и произведем измерения с помощью осциллографа (Рисунок 4).

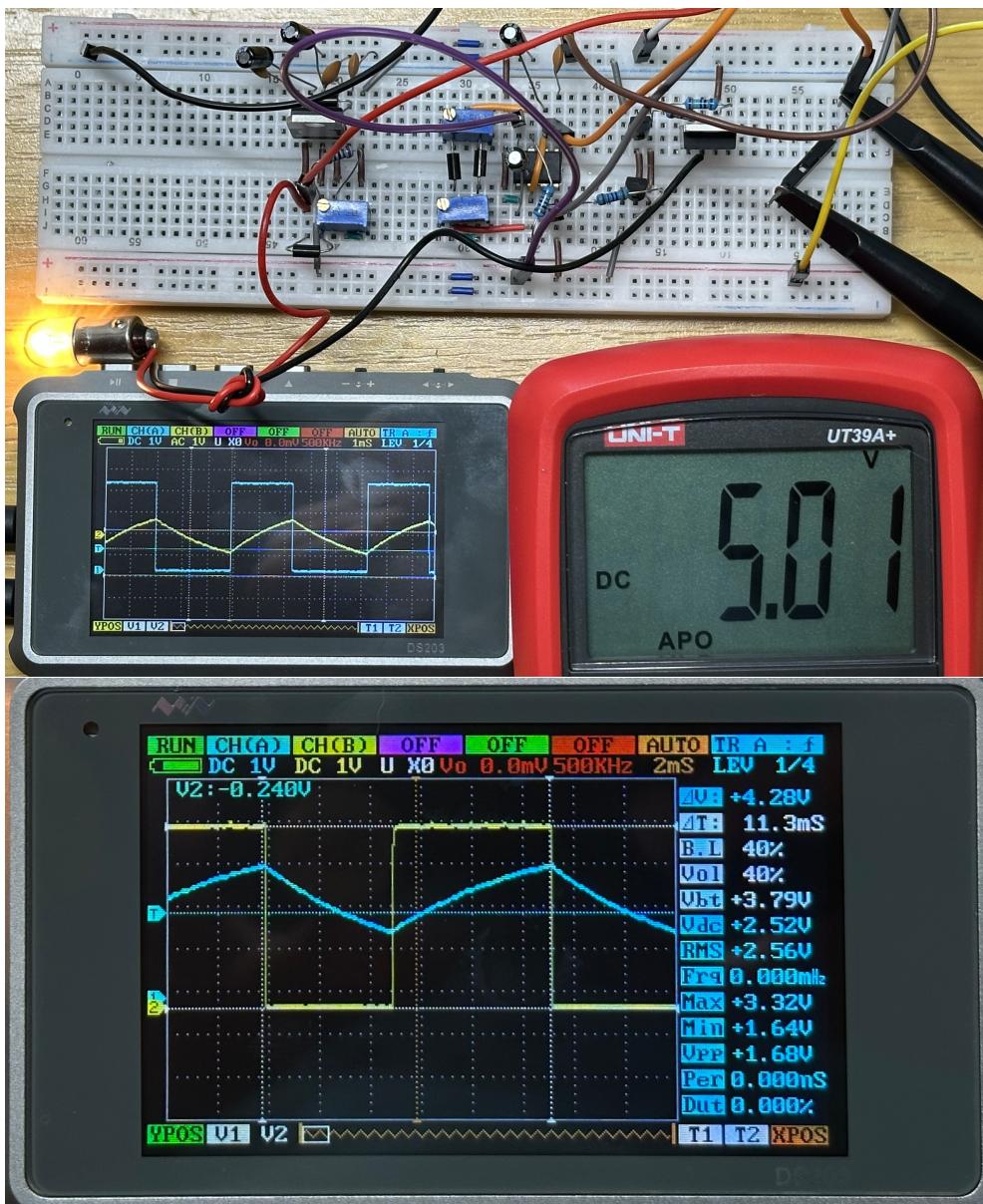


Рис. 4: Сборка на макетной плате и измерения

Как видно из рисунка 4, напряжение питания генератора и драйвера - 5в, амплитуда управляющего сигнала - 4.28в, а период сигнала составил 11.3мс, это соответствует частоте 88.5 Гц, что можно объяснить отклонением реальных номиналов компонентов.

Произведем расчет номиналов в цепи управления драйвером. Чтобы управлять силовым ключом IRLZ44N, требуется быстро заряжать и разряжать емкость затвора. Для этого будем использовать транзисторы BC337 и BC327. Так как в момент заряда и разряда паразитного конденсатора затвора токи могут достигать больших величин, требуется использовать токограничительный резистор R_3 , выберем его номинал исходя из допустимого тока коллектора транзисторов Q_1, Q_2 . Допустимый ток коллектора согласно даташиту - 800mA. Ограничим его величиной в 250mA, в таком случае $R_3 = \frac{5B}{0.25a} = 20$ Ом. Тогда, номинал $R_2 = \frac{270 \cdot 5B}{0.25a} = 5400$ кОм, примем $R_2 = 5$ кОм.

Произведем сборку устройства на макетной плате полностью, результат на рисунке 5.

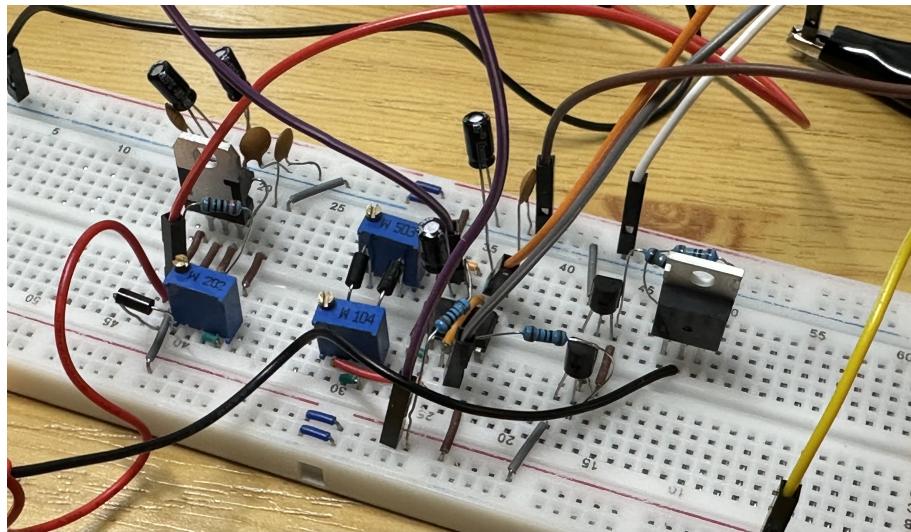


Рис. 5: Сборка на макетной плате

После проверки диапазонов регулирования ШИМ (процесс регулирования показан на видео к занятию), перенесем устройство на монтажную плату для прототипирования, результат показан на рисунках 6, 7.

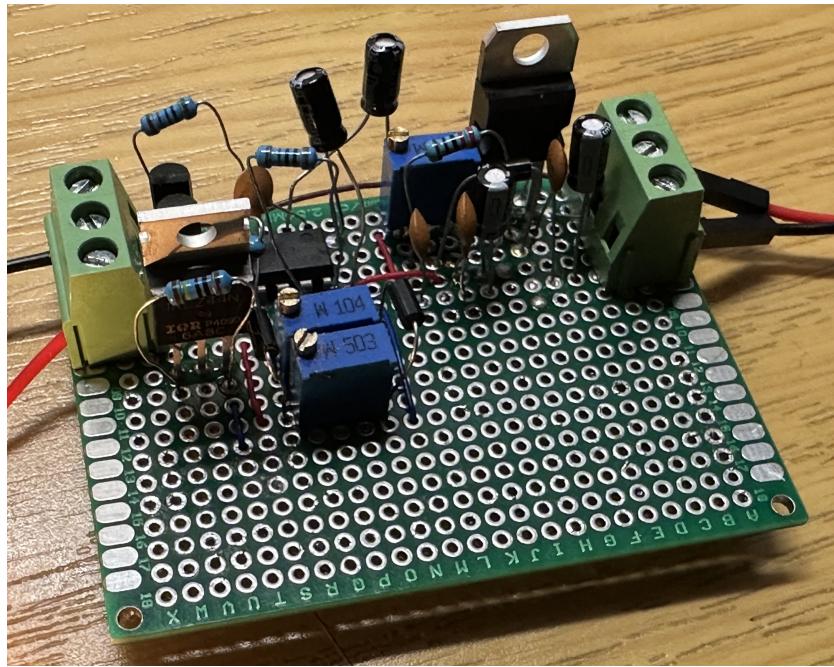


Рис. 6: Сборка на монтажной плате - верх

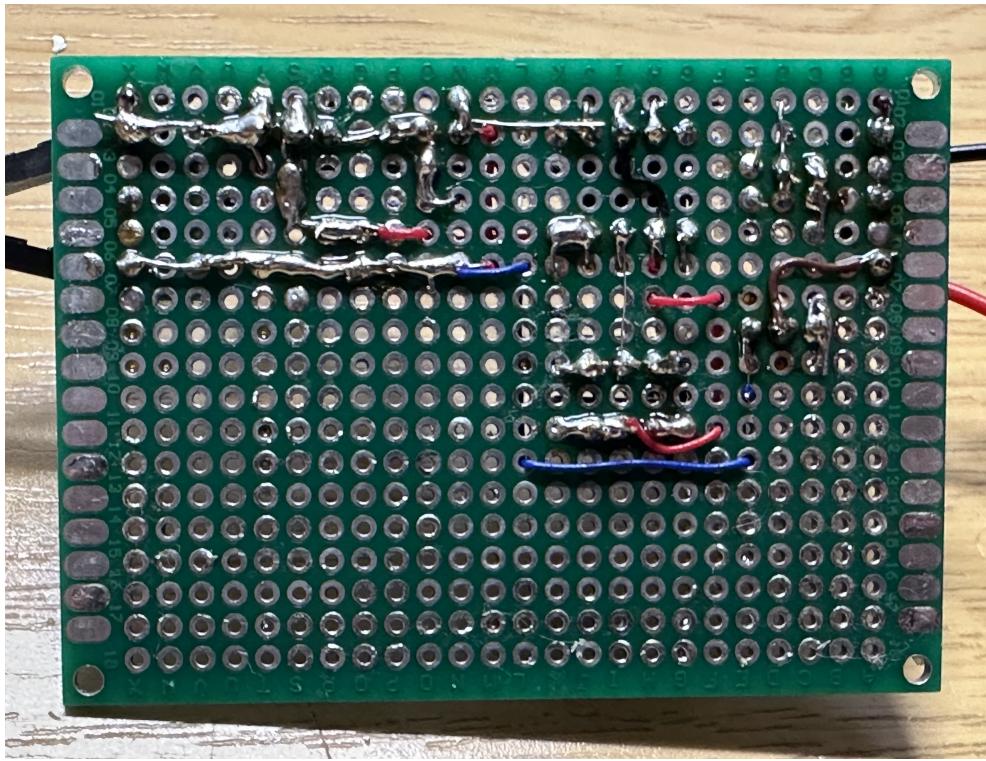


Рис. 7: Сборка на монтажной плате - низ

Выполним несколько измерений, а именно - выясним, какой у платы ток потребления без нагрузки, с нагрузкой при минимальном и максимальном коэффициенте заполнения D (результаты показаны на рисунке 8).

Ток потребления без нагрузки составил 9.8mA. Что совпадает с результатами из предыдущего ДЗ, около 5mA - теряется на линейном регуляторе и еще столько же уходит на работу холостого хода генератора. В случае подключения нагрузки и минимальном D, ток возрастает на 10mA. Это связано с тем, что диапазон регулирования ШИМ не 0-100%, а около 5-95%. При максимальном D, потребляемый ток возрастает до 263.3mA. Что соответствует максимальному току потребления лампы накаливания от 12в примерно в 240mA и потерям на регулирование.

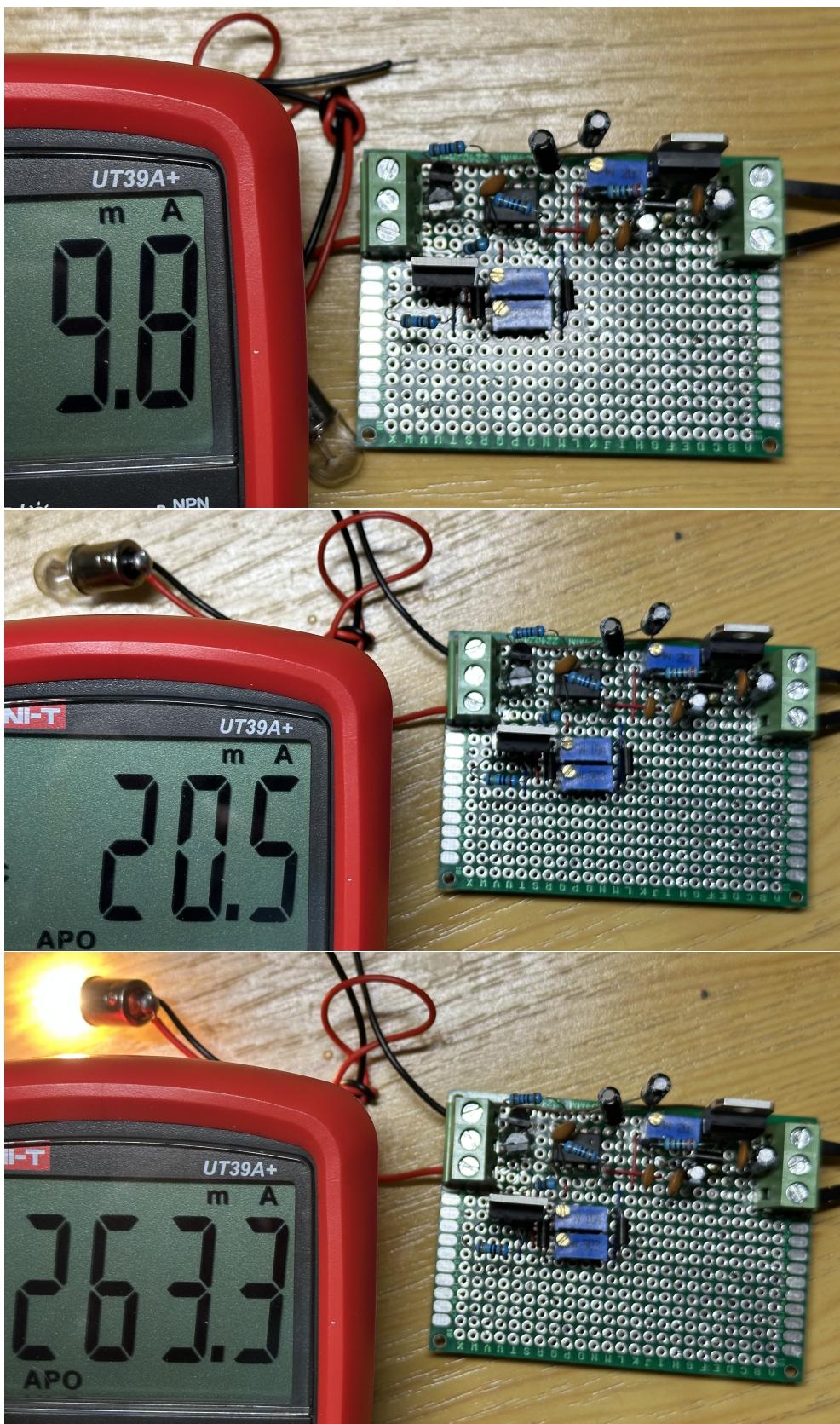


Рис. 8: Результаты измерений: без нагрузки, минимум, максимум

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 9.

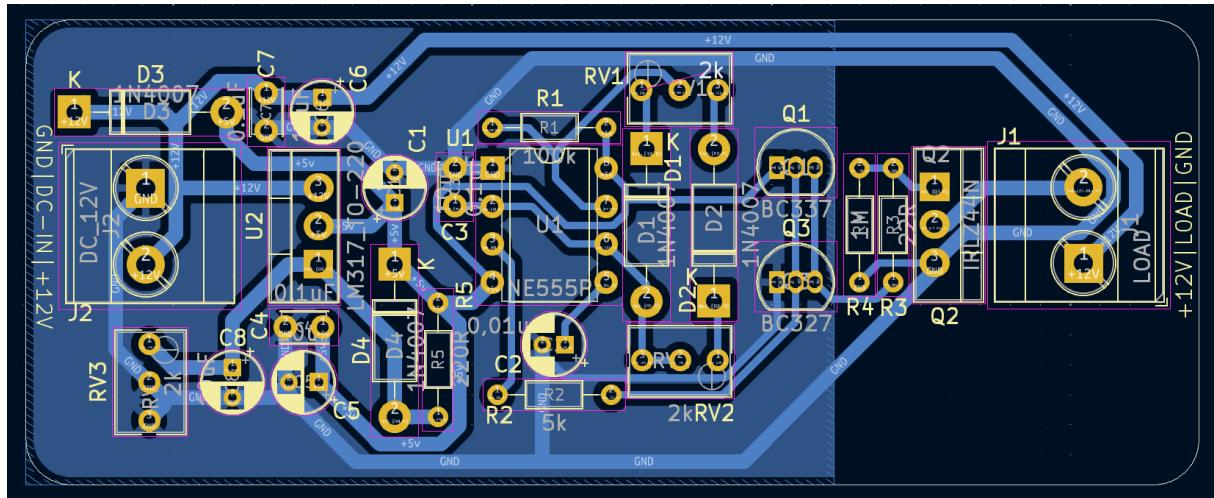


Рис. 9: Чертеж платы

Трехмерные виды показаны на рисунках 10, 11.

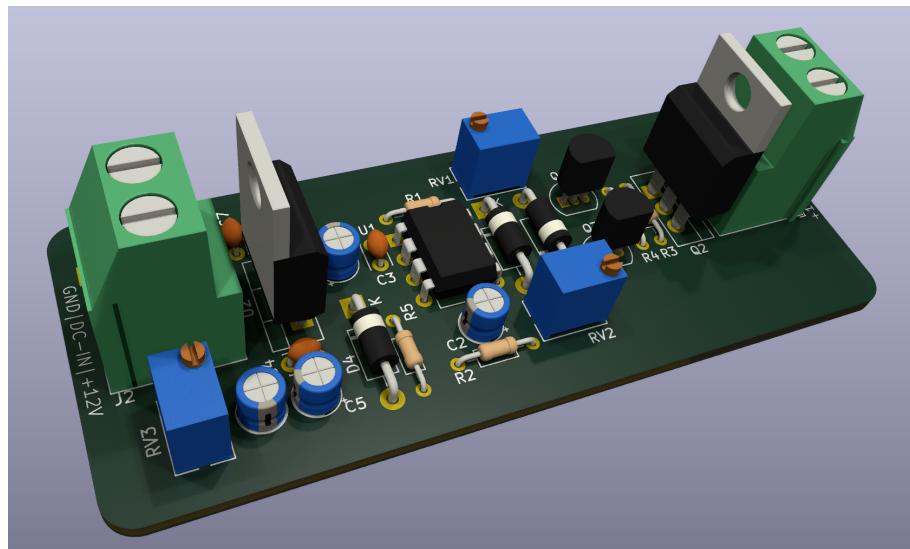


Рис. 10: 3D-вид - верх

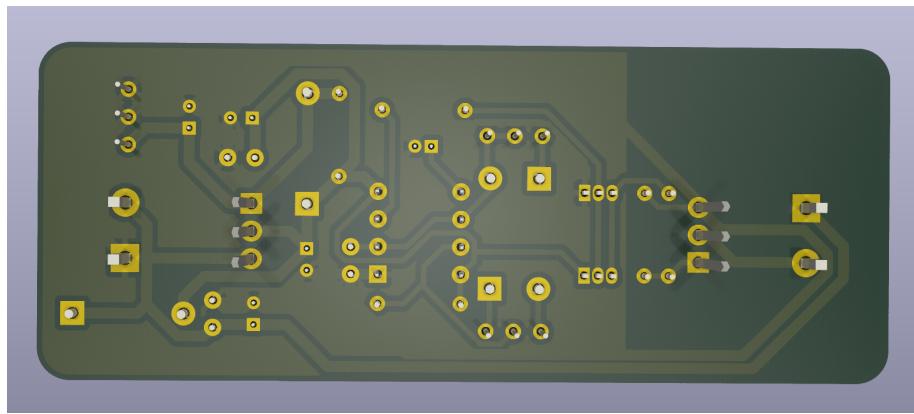


Рис. 11: 3D-вид - низ

3. Материалы к занятию

Схемы и материалы к занятию расположены в папке на google диске по следующей ссылке:
материалы к ДЗ-10