

# Основы электроники

Домашнее задание №8

Евгений Зеленин

27 сентября 2024 г.

## 1. Реализация схемы управления реле

**Условия задачи.** 1. Реализовать цепь питания 9 Вольт для выполнения пунктов 2-4. Условия: входящее питание 12 Вольт, линейный регулятор LM317T. 2. Реализовать на основе бистабильного режима 555 таймера схему включения и отключения нагрузки ОДНОЙ и той же тактовой кнопкой (первое нажатие включает нагрузку, повторное нажатие-отключает). Напряжение питания схемы 9 вольт. 3. Реализовать на основе астабильного режима 555 таймера схему генератора периодических импульсов частотой 1-10 Гц (чтобы визуально подтвердить работоспособность) 4. Считать пункт 3 нагрузкой для пункта 2 и организовать подачу питания. Сборку выполнить на макетной плате (бредборд). Зафиксировать на видео все этапы работы. Подключение питания на макетку, первое нажатие тактовой кнопки (подача питания на нагрузку пункт 3), работоспособность генератора (индикация мигающим с расчетной частотой светодиодом), повторное нажатие на тактовую кнопку для отключения нагрузки. Подключение пункта 3 напрямую к выводу 3 таймера не рекомендую. Оформляйте через ключ на транзисторе. Для задачи выполнить принципиальную схему в KiCAD, приложить описание проведенной работы и чертеж в формате PDF.

*Расчет линейного регулятора*

Приступим к составлению схемы устройства (Рис. 1). Для питания устройства используется линейный стабилизатор LM317T, включенный по стандартной схеме из даташита. Так как в наборе отсутствует сопротивление 240 Ом ( $R_9$ ), его номинал заменен на 220 Ом. Регулировка уровня выходного напряжения осуществляется с помощью потенциометра  $R_{V1}$  (так как номиналы реальных компонентов могут отличаться от расчетных). Чтобы обеспечить регулировку в требуемом диапазоне (9В), номинал  $R_{V1}$  должен быть не менее 2 кОм ( $\frac{U_{st}-1.25}{\frac{1.25}{R_9}} = 1364 \text{ Ом}$ , округляем в большую сторону до ближайшего значения - 2кОм).

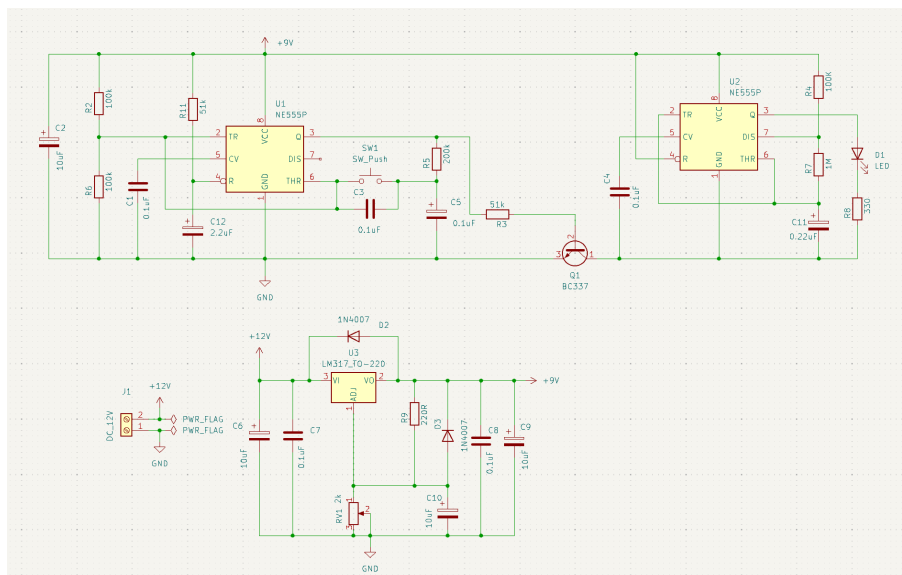


Рис. 1: Схема устройства

*Расчет бистабильного режима*

Более подробно остановимся на реализации бистабильного режима таймера 555. Основа работы схемы - делитель  $R_2, R_6$  резистор обратной связи  $R_5$  и время задающая RC цепь  $C_5, R_5$ .

Суть в следующем, выводы 2 и 6 (Trigger и Thresold) соединены вместе и подключены к делителю  $R_6, R_2$ , который обеспечивает  $V_{ref} = 0.5 \cdot V_{cc} = 4.5v$  на этих входах. Переключение микросхемы из одного состояния в другое осуществляется, когда управляющий сигнал достигает  $1/3$  или  $2/3$  питающего напряжения. Иными словами, при превышении бв на выходе 3 (Q) устанавливается 0в, а при снижении уровня ниже 3в - 9в. Таким образом, когда кнопка  $SW_1$  разомкнута, микросхема находится в одном из стабильных состояний (9в или 0в на выходе). Когда на выходе микросхемы действует высокий уровень напряжения, конденсатор заряжается до этого же уровня. В момент нажатия кнопки,  $C_5$  коммутируется с управляющими входами 2 и 6, это эквивалентно к подтягиванию их к  $V_{cc}$ , что вызывает переключение выхода Q в противоположное состояние (0В).

В случае, когда на выходе Q уровень напряжения низкий (0В), конденсатор  $C_5$  разряжен, а в момент нажатия кнопки это эквивалентно подтягиванию управляющих входов 2,6 к земле. Что приводит к переключению выхода Q и появления на нем высокого уровня (Примерно  $V_{cc}$ ).

Номинал  $R_5$  должен быть больше, чем номиналы  $R_2, R_6$ , так как в момент нажатия кнопки  $R_5$  подключается параллельно с  $R_2$  (На Q высокий уровень) или  $R_6$  (На Q низкий уровень), в следствие чего соотношение делителя изменяется и если  $R_5$  меньше чем  $R_2, R_6$  на управляющие входы будет поступать сигнал меньше  $1/3$  или больше  $2/3$  напряжения питания на протяжении всего времени нажатия кнопки, что приведет к нестабильному режиму работы.

Без конденсатора  $C_5$  работа схемы также невозможна, так как падения напряжения только на  $R_5$  недостаточно для переключения схемы из одного состояния в другое. Номинал  $C_5$  должен быть таким, чтобы его заряда хватило на переключение триггера (на переключения фронтов уходит около 600нс).

Перейдем к расчету номиналов сопротивлений  $R_2..R_6$  и конденсатора  $C_5$ . Текущий вариант схемы сохраняет устойчивую работу на широком диапазоне номиналов сопротивлений и емкости, поэтому, введем несколько критериев:

- Ток делителя не более 0.1мА
- Номинал  $R_5$  больше чем  $R_2, R_6$
- Наличие номиналов в наборе
- Время переключения 600нс

При токе делителя в 0.1мА сумма значений сопротивлений должна быть не менее  $\frac{U_{9v}}{0.0001A} = 90 \text{ кОм}$ . Но в момент нажатия кнопки в параллель к делителю подключаются  $R_5$  и конденсатор. Следовательно, чтобы выполнить критерий, выберем ближайшее большее сопротивление из набора - 100кОм. Номинал  $R_5$  примем за 200 кОм (ближайшее большее сопротивление из набора). Рассчитаем номинал конденсатора.  $C_5 = \frac{3 \cdot t_{наж}}{R_5} = \frac{3 \cdot 600нс}{200k} = 0.09 \text{ мкФ}$ . Принимаем  $C_5 = 0.1 \text{ мкФ}$ .

Далее, управляющий сигнал с вывода 3  $U_1$  поступает через резистор  $R_3$  на базу транзистора  $Q_1$ . Коллекторный ток примем за 30мА (ток диода 20мА и 10мА ток генератора). Рассчитаем токоограничительный резистор транзистора.  $R_3 = \frac{U_{9v} \cdot h_{FE}}{I_c} = \frac{9B \cdot 270}{0.04mA} = 81 \text{ кОм}$ . Ближайший минимальный номинал из доступных = 51кОм, следовательно  $R_3 = 51 \text{ кОм}$ .

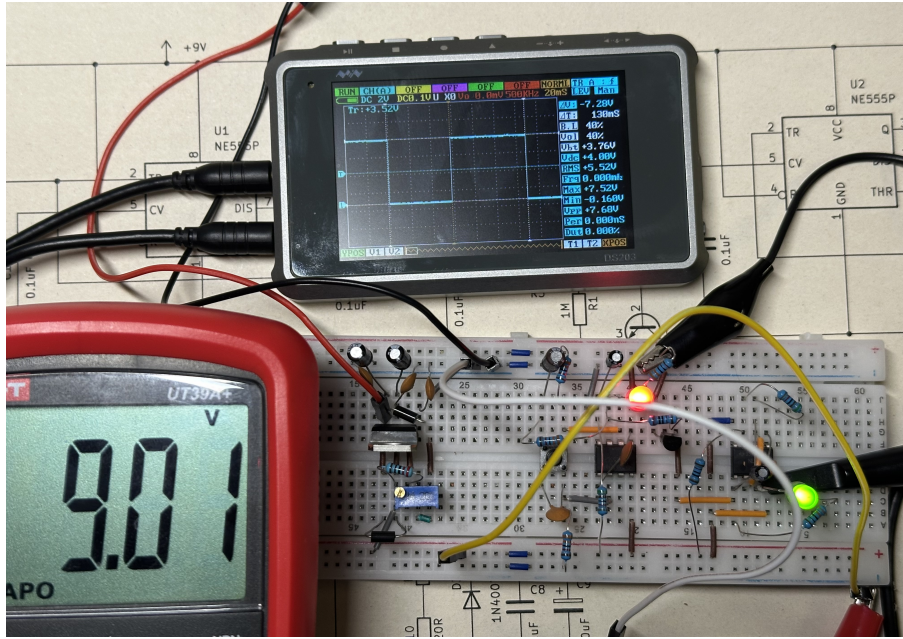


Рис. 2: Измерения

Чтобы обеспечить правильный запуск устройства (на выходе Q должен быть низкий уровень после включения), требуется подтянуть вывод 4 (Reset) к нолю на время выхода завершения переходных процессов и выхода схемы на рабочий режим. Для этого используется RC-цепочка  $R_{11}$  и  $C_{12}$ . Номиналы  $R_{11} = 51k$  и  $C_{12} = 2.2\mu\text{кф}$  подобраны экспериментальным путем.

*Расчет генератора* Генератор собран по классической схеме из даташита на микросхему NE555, а для индикации работы используется светодиод, подключенный к выходу 3 микросхемы  $U_2$ . По заданию, период сигнала должен находиться в пределах 1-10Гц. Под эти условия подходит огромное количество сочетаний резисторов и конденсаторов. Поэтому, введем ограничение по максимально допустимому току через делитель в 0.1мА. Это значение определяется резистором  $R_4$ ,  $R_4 = \frac{9B}{0.1\text{mA}} = 90k$ , округляем до 100кОм из набора. Чтобы мигание светодиода было легко различимым, коэффициент возьмем максимально близким к 0.5. Рассчитаем номинал  $R_7$  через коэффициент заполнения (в этой схеме, он не может быть меньше 0.5).  $R_7 = \frac{R_4(1-D)}{2D-1} = \frac{100k(1-0.52)}{2 \cdot 0.52 - 1} = 1.2M$ , ближайший номинал из набора - 1М, принимаем  $R_7$  за 1М.

Рассчитаем номинал конденсатора:  $C_7 = \frac{1}{0.693 \cdot (100k + 2 \cdot 1M) \cdot 5 \text{ Гц}} = 0,13\mu\text{кФ}$ . Ближайший номинал из набора - 0.22мкф, при этом, частота на выходе генератора составит 3.12 Гц.

Подключим осциллограф, измерим реальную частоту на выходе генератора. Как видно из фото, период сигнала равен 216мС, значит частота генератора  $f = 4.6\text{Гц}$ . Такое отклонение можно объяснить неидеальностью реальных компонентов.

## 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 размеров, 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.

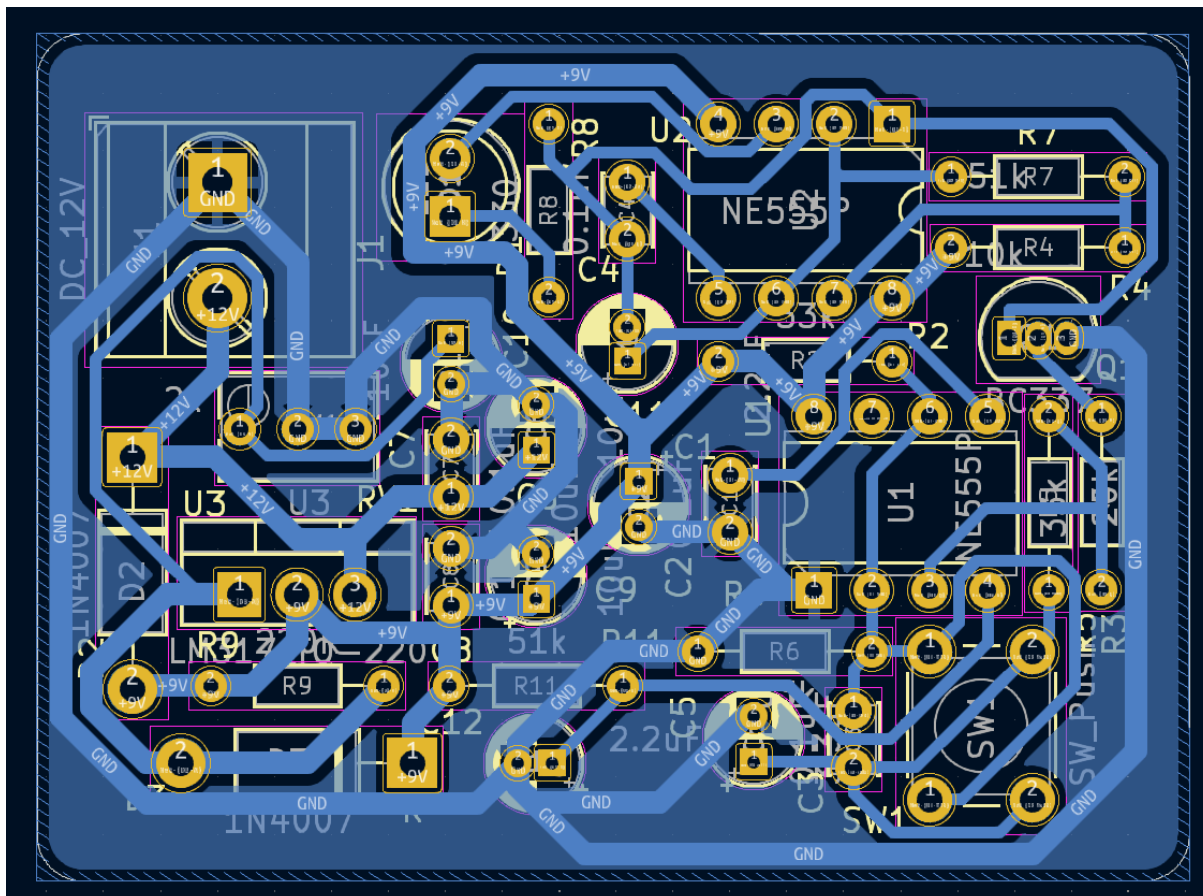


Рис. 3: Чертеж платы

Трехмерные виды показаны на рисунках 17, 18, 19.

## 3. Материалы к занятию

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

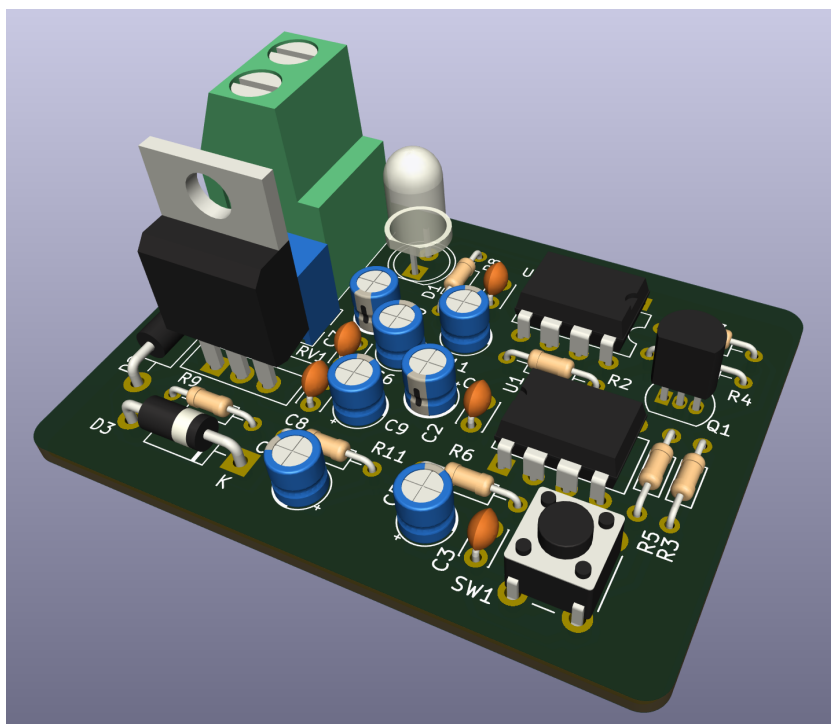


Рис. 4: 3D-вид - верх

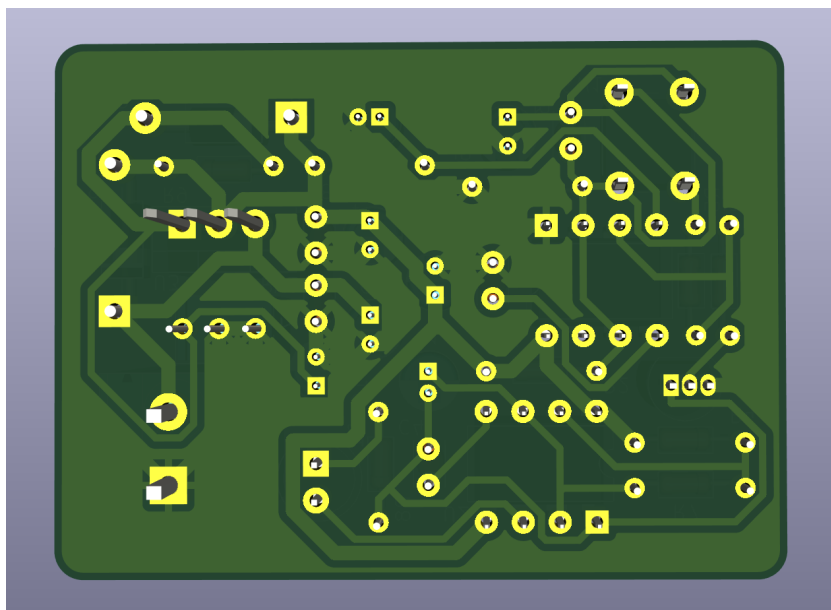


Рис. 5: 3D-вид - низ