

Основы электроники

Домашнее задание №12

Евгений Зеленин

11 октября 2024 г.

1. Реализация схемы "Бегущий огонь"

Условия задачи. Выполнить реализацию схемы «бегущий огонь» (условное название, на фантазию). Суть, при подаче питания по очереди должно загореться 16 светодиодов (скорость не сильно важна, ориентир – бегающий поворотник на иномарках). После того, как загорится последний – должен произойти сброс и все повториться заново. Условия: Входящее питание 12 Вольт преобразовать в 9 Вольт при помощи DC-DC пониждающего на MC34063, для питания генератора импульсов на таймере 555. Организовать линию питания 5 Вольт для остальной схемы (регистры, светодиоды и обвязка), например через LM7805. Согласовать напряжение импульсов на регистры! Для задачи выполнить принципиальную схему в KiCAD, приложите описание проведенной работы и чертеж в формате PDF. Работу выполнить на макетной плате, приложив видеоролик

Разработка цепи питания

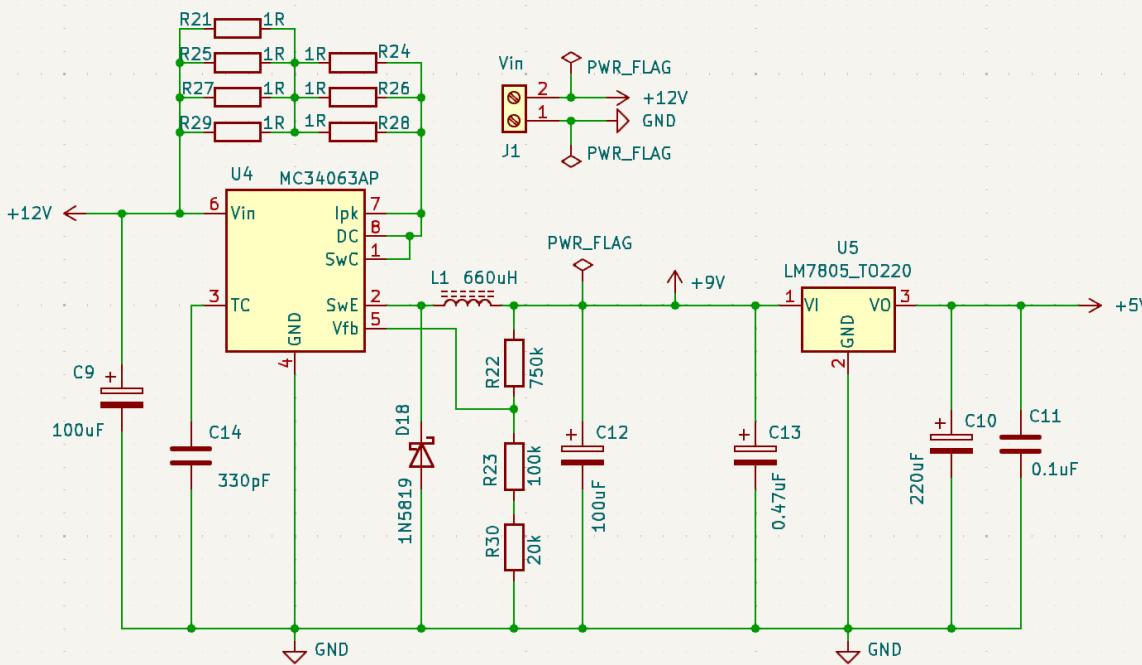


Рис. 1: Схема блока питания

Приступим к составлению схемы устройства. Начнем с разработки цепи питания (рисунок 1). По заданию, требуется понизить входящие 12в до 9в с помощью DC-DC преобразователя на базе MC34063 (питание генератора), а затем с помощью линейного регулятора LM7805 получить 5В (питание логики). Микросхема MC34063 используется в качестве понижающего DC-DC преобразователя, схема включения стандартная. Расчет компонентов выполнен с помощью калькулятора на сайте vip-schema.org.

Для достижения номиналов сопротивления R_{sc} в 0.750 Ом использовалось последовательно-параллельное соединение резисторов в 1 Ом (3 и 4 шт, соответственно).

Произведем измерения в контрольных точках (вход питания, выход DC-DC, выход линейного регулятора 5в). Как видно из рисунка 3, источник питания 12в из набора не может обеспечить заданные по условию 12в под нагрузкой. Также, после DC-DC преобразователя наблюдается просадка по питанию по мере зажигания 16-ти светодиодов, причина - слишком высокая частота. Питание же 5В стабильно, просадок не наблюдается.

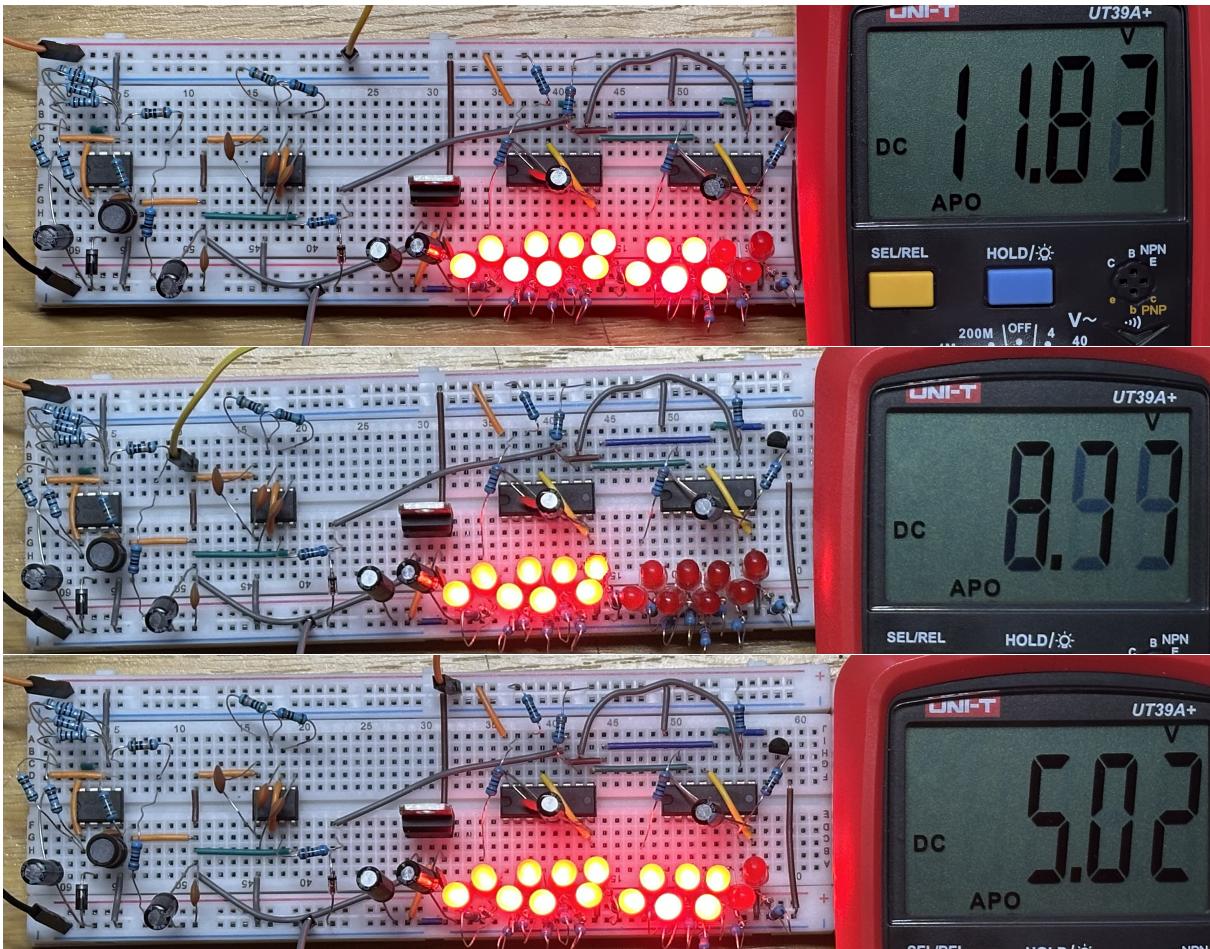


Рис. 2: Уровень напряжения на входе, выходе 9в, выходе 5в

Разработка генератора

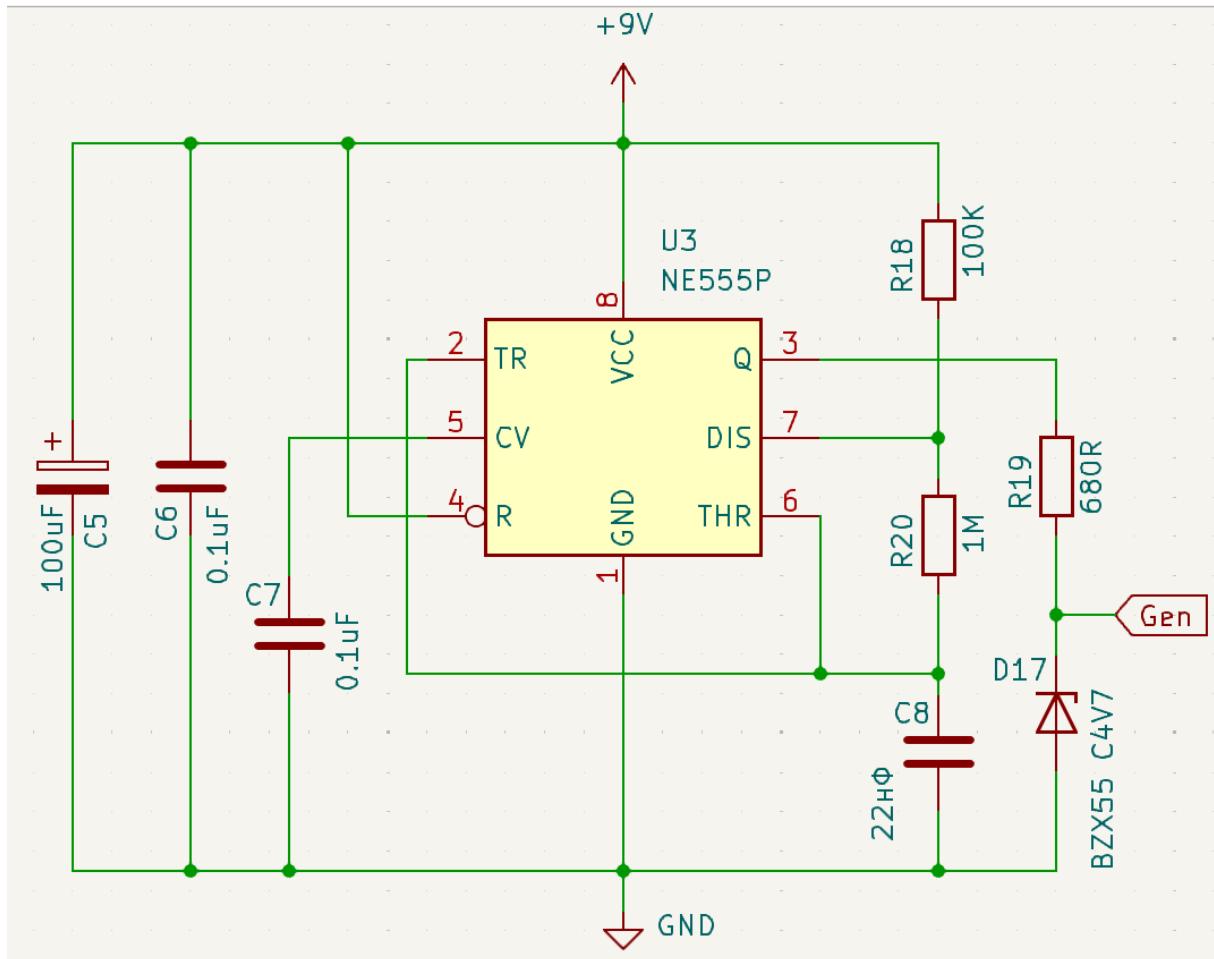


Рис. 3: Схема генератора

Генератор тактовых импульсов соберем на микросхеме - таймере NE555. Расчет генератора полностью аналогичен приведенному в ДЗ 9, за исключением выбора требуемой частоты и конденсатора C8.

Примем время, требуемое для зажигания 16-ти светодиодов за 0.8с (обеспечивает достаточно красивую визуализацию). Тогда, период импульсов генератора должен быть в 18 раз короче, чем 0.8с (один рабочий цикл - 18 импульсов генератора), $t = \frac{0.8}{18} = 0,04(4)c$, $f_{gen} = \frac{1}{0,04(4)c} = 22.5$ Гц, округлим до 24 Гц. Рассчитаем номинал конденсатора: $C_8 = \frac{1}{0,693 \cdot (100k+2 \cdot 1M) \cdot 24\text{ Гц}} = 28.6$ нФ. Ближайший номинал из набора - 22 нФ, при этом, частота на выходе генератора составит $f_{out} = \frac{1.44}{(R_{18}+2R_{20})C_8} = \frac{1.44}{(100k+1M)22\text{ нФ}} = 31.1$ Гц.

Для согласования выхода генератора (9В) со входом регистров U_1, U_2 (5В) использован делитель напряжения из резистора и стабилитрона 4.7В (R_{19}, D_{17}). Номинал сопротивления R_{19} выбран исходя из минимального тока стабилизации в 5мА и составляет 680 ом.

Разработка логической части

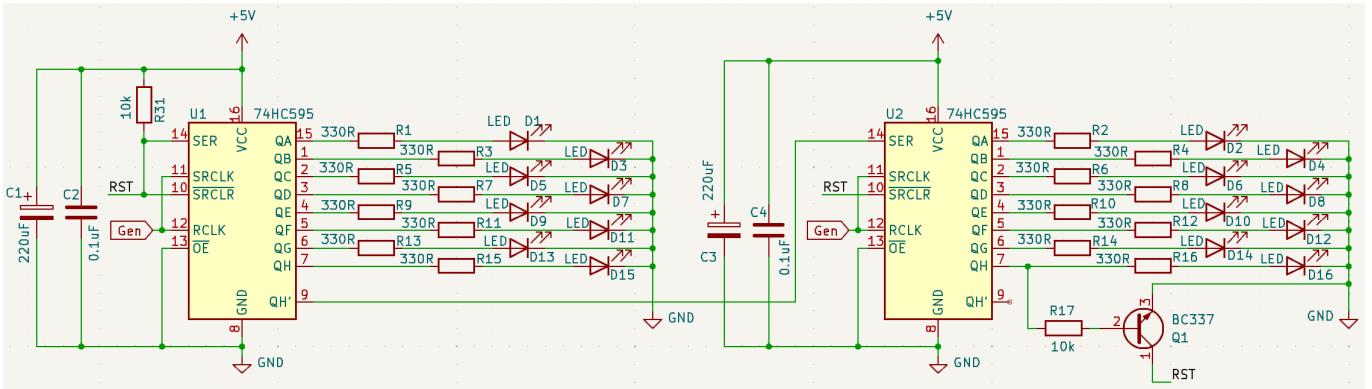


Рис. 4: Схема логической части

Чтобы обеспечить поочередное появление высокого уровня на выходах регистров сдвига 74HC595, требуется обеспечить наличие сигнала на входах 14 (SER) и тактовых импульсов с генератора на входах 11, 12 (SRCLK, RCLK). Также, чтобы разрешить передачу логических сигналов на выходы, необходимо вход 13 (OE) притянуть к земле. По мере поступления тактовых импульсов с генератора, поочередно зажигаются светодиоды подключенные к U_1 , далее, когда зажгутся все 8 светодиодов, сигнал необходимо передать на следующий регистр сдвига (U_2). Для этого служит выход 9 (QH'), он формирует выходной сигнал чуть раньше, чтобы не было задержки.

Когда загорится последний светодиод, на базу транзистора Q_1 с выхода 7 (QH) через резистор R_{17} поступит управляющий сигнал, в следствие чего Q_1 откроется и входы 10 (SRCLR) микросхем U_1, U_2 , притянет к земле, что равносильно подаче управляющего сигнала на сброс регистров. Следует отметить, что для стабильной работы устройства, когда транзистор Q_1 закрыт, необходимо притянуть вход сброса к питанию, для этого служит резистор R_{31} номиналом 10кОм.

Дополнительно, требуется выполнить условие по максимальному совокупному току для микросхем U_1, U_2 , который составляет 70mA. Так как количество подключаемых светодиодов на одну микросхему - 8шт., то требуется обеспечить на каждом выходе не более чем 8.75mA. В таком случае, номинал ограничительных резисторов светодиодов должен быть не менее, чем $R_{LED} = \frac{5v-2.5v}{8.75mA} = 285$ Ом. Ближайшее номинал из набора - 320 Ом.

Отдельно каждая микросхема с зажженными светодиодами потребляет по 65mA, что укладывается в допустимые 70mA.

Проверим потребление тока устройством. Как видно из рисунка 5, по питанию 12в потребление тока - 122mA (мощность 1.44 Вт). Генератор потребляет 6.2mA (55мВт), стабилизатор - 140ма, логическая часть - $65mA + 65mA = 130mA$ (Мощность 0.65 Вт). На стабилизаторе теряется $P_{loss} = 9v \cdot 140mA - 5v \cdot 120mA = 600$ мВт или 48.7%.

Потери на DC-DC преобразователе $P_{loss_{dc}} = 11.8v \cdot 122.2mA - 146.2mA \cdot 8.8v = 155.5\text{мВт}$ или 10.5%

Посчитаем КПД всей схемы как отношение полезной мощности (логическая часть и генератор), к полной. $\eta = \frac{0.65+0.055}{1.44} \cdot 100 = 49\%$

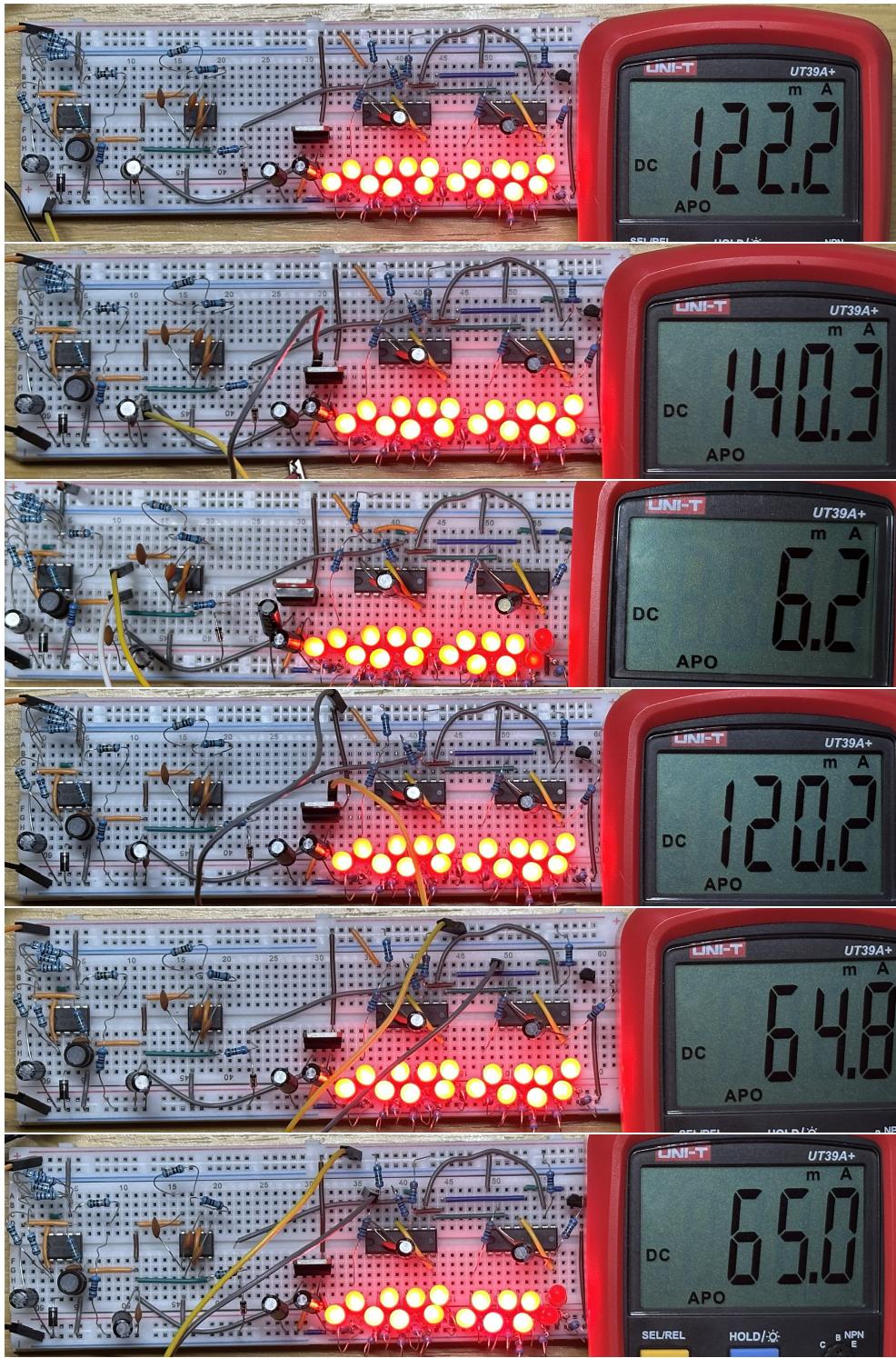


Рис. 5: Потребление тока: вход 12в, выход 9в, генератор, выход 5в, микросхемы 595

Подключим осциллограф и посмотрим какие процессы протекают в контрольных точках (рисунок 6).

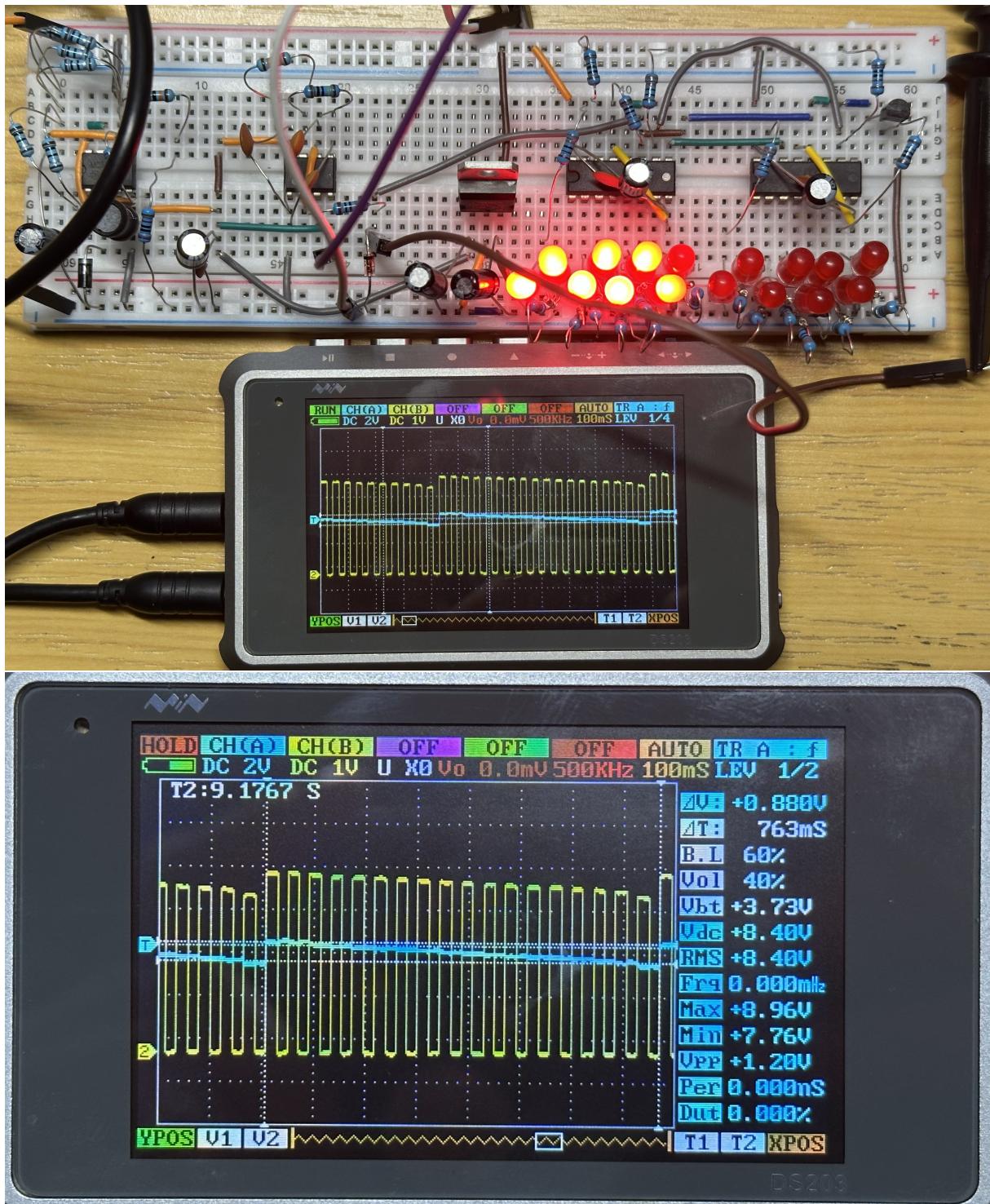


Рис. 6: Осцилограммы: выход генератора и выход DC-DC преобразователя

Как видно из рисунка 6, по мере включения светодиодов, возрастает потребление тока устройством, в следствие чего начинает просаживаться напряжение на выходе DC-DC преобразователя. Размах просадки составил 0.88в (минимальная нагрузка - максимальная нагрузка).

Такое значение можно объяснить тем, что схема собрана на макетной плате и частота преобразователя в 100кГц слишком высока для такого исполнения. После снижения рабочей частоты ниже 10кГц, этот эффект почти исчезает. Также, достаточно сильно проседает питание с адаптера во входной цепи 12В.

Отмечу, что на весь цикл работы требуется 18 тактовых импульсов с генератора. Последний импульс последовательности поступает на базу транзистора Q_1 и разрешает сигнал на сброс, это видно по немного большей просадке по питанию относительно других импульсов.

Следующий тактовый импульс переводит состояние регистров в 0 и счет начитается заново. Еще один импульс тратится на переключение регистра-защелки в самом начале цикла (это заметно по первым двум импульсам в последовательности, когда просадки нет и все светодиоды выключены).

Таким образом, первый светодиод загорается на 3-ем импульсе тактового генератора, на 18-ом включены все 16 светодиодов, а во время 1-го и 2-го импульса все светодиоды выключены.

Период последовательности составил 763мс, это соответствует $f_{gen} = \frac{18}{763\text{ мс}} = 23.6\text{ Гц}$. От расчетного значения в 31.1 Гц реальная частота генератора отличается на 23.5% ввиду достаточно большого разброса по номиналом компонентов.

Оценим тепловое выделение схемы. Для этого используем тепловизор (рисунки 7, 8). Как



Рис. 7: Термовизионное исследование

видно из рисунка 7, наиболее горячая часть схемы - это линейный регулятор, с температурой 37.3 градуса. Также, стоит отметить, что несмотря на очень малый ток (7.5mA), на токоограничительных резисторах уже происходят видимые тепловые потери! Чем дольше

включен светодиод - тем больше тепла выделяется на сопротивлении. Первый резистор - 32с, второй - 31с, третий - 28с, и так далее...

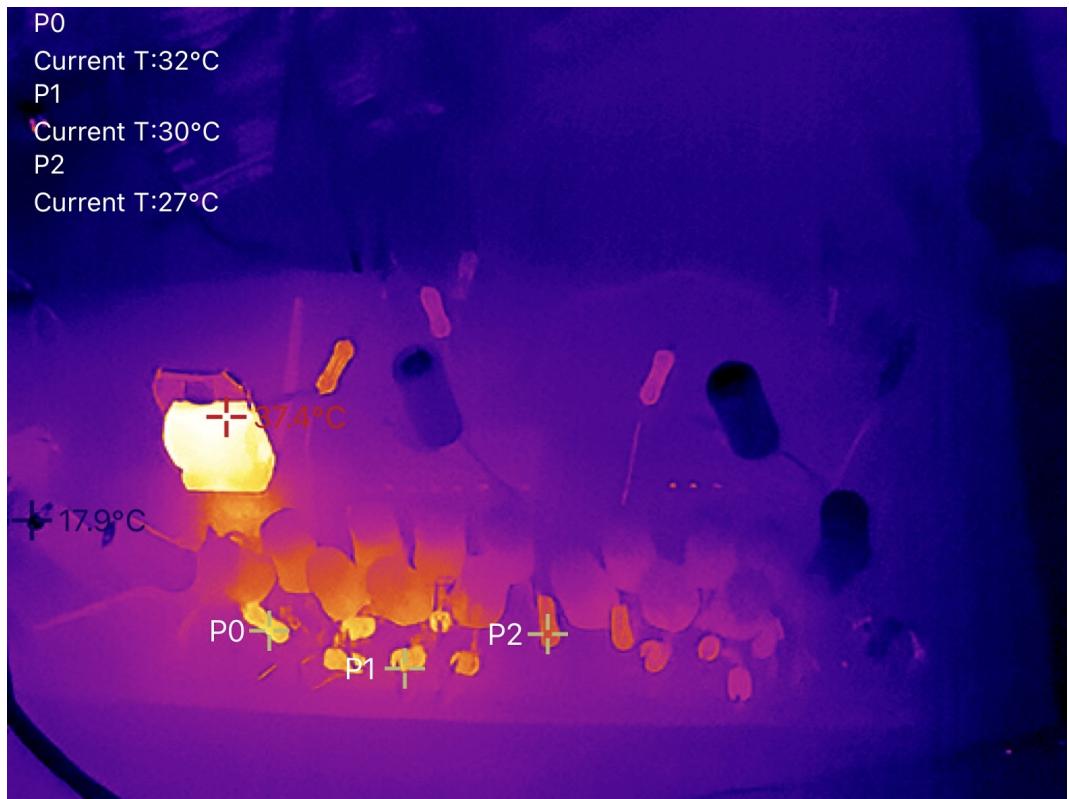


Рис. 8: Тепловизионное исследование

Общий вид устройства показан на рисунке 9.

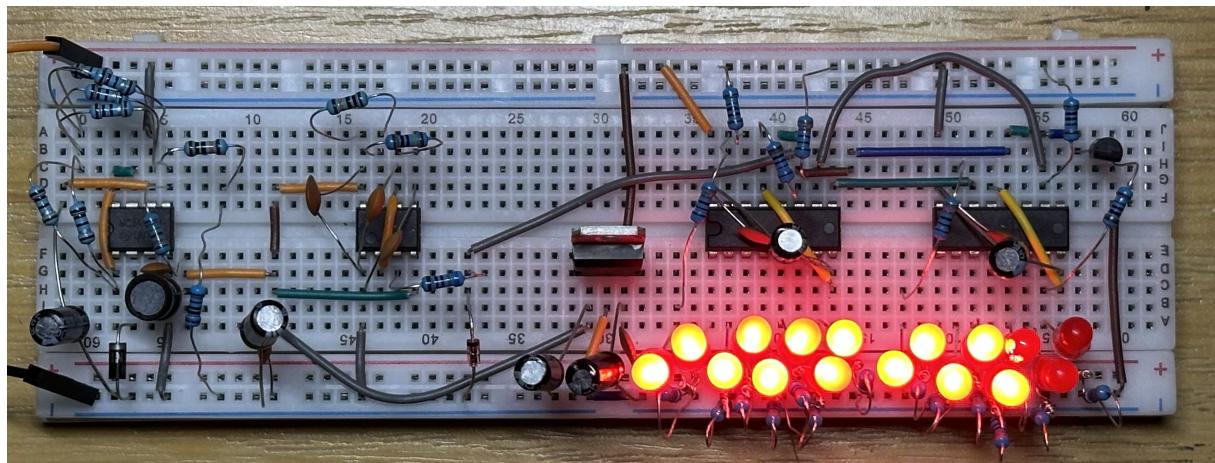


Рис. 9: Общий вид устройства

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 10.

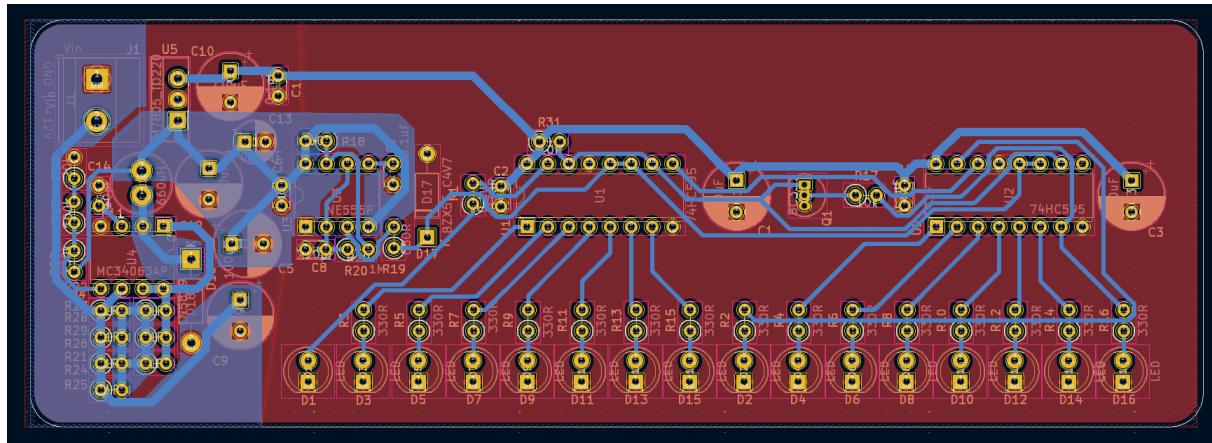


Рис. 10: Чертеж платы

Трехмерные виды показаны на рисунках 11, 12.

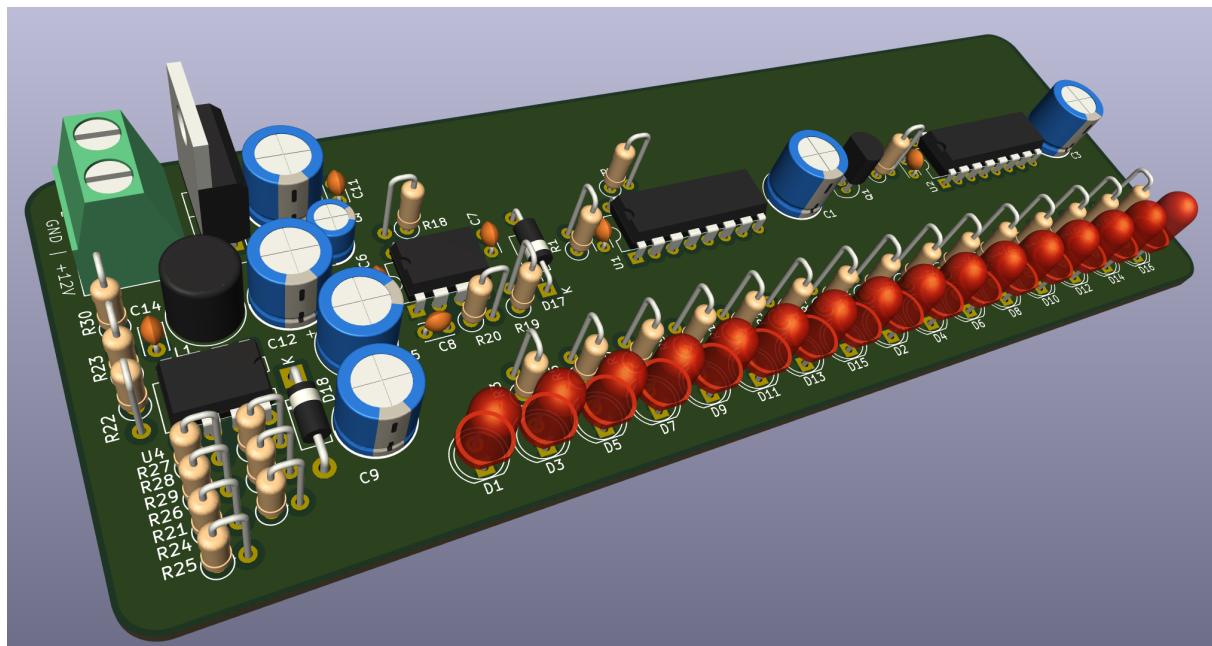


Рис. 11: 3D-вид - верх

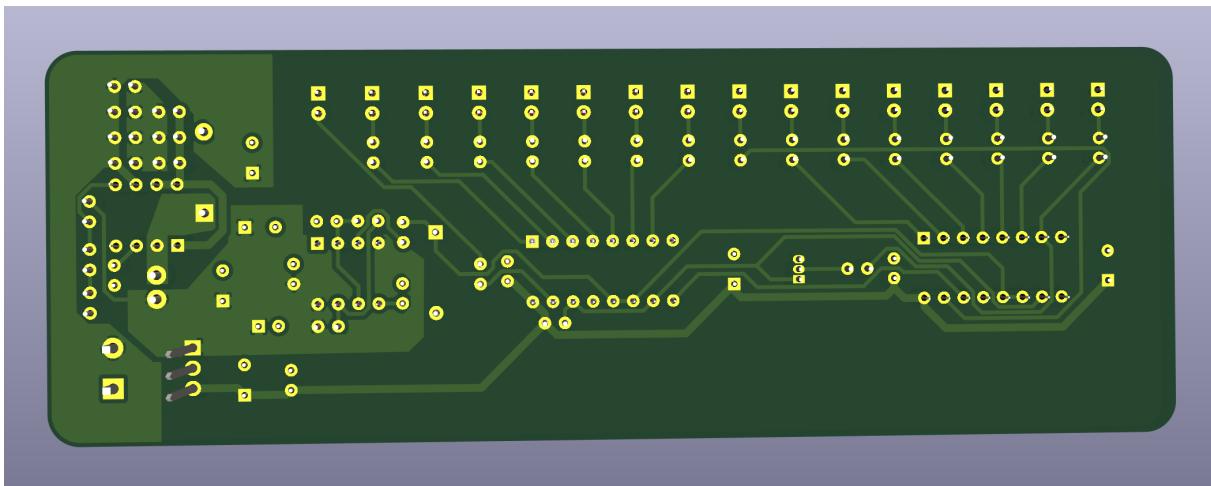


Рис. 12: 3D-вид - низ

3. Материалы к занятию

Схемы и материалы к занятию расположены в папке на google диске по следующей ссылке:
материалы к ДЗ-12