

Основы электроники

Домашнее задание №6

Евгений Зеленин

15 сентября 2024 г.

1. Реализация параметрического стабилизатора

Условия задачи. Выполнить разработку на макетной плате (бредборд) схему параметрического стабилизатора, со входным напряжением 12В, выходным напряжением 5В и подключенной к выходу нагрузкой, в виде лампы накаливания и пяти параллельно подключенных светодиодов всех цветов (красный, белый, желтый, зеленый, синий), так же необходимо рассчитать токоограничивающие резисторы для светодиодов для каждой ветви ограничить ток. Рассчитать ток делителя напряжения со стабилитроном который будет потреблять база транзистора из расчета подключенной нагрузки (+ запас 30) на выходе стабилизатора. Для задачи выполнить принципиальную схему в KiCAD, приложисть чертеж в PDF.

Перед тем, как выбрать схему устройства и произвести расчеты, необходимо вяснить какой ток потребляет нагрузка (лампа и светодиоды). Для этого, лампу подключим к источнику напряжения 5в и измерим потребляемый ток, а светодиоды к источнику тока 20mA и измерим падение напряжения на p-n переходе.



Рис. 1: Измерение тока и напряжения нагрузок

Из чего можно сделать вывод, что суммарная нагрузка по току на стабилизатор близка к 250mA ($145mA + 5 \cdot 20mA$). Определим рассеиваемую мощность. Так как, на входе питание DC 12в, а на выходе стабилизатора - 5в, то падение напряжение на стабилизаторе близко к 7в. При токе в 0.25ма, мощность рассеиваемая стабилизатором составит около 1.75w. Следовательно, одного транзистора BC337 из набора будет не достаточно (в соответствии со спецификацией, его мощность 625mW). Поэтому, для увеличения общей суммарной мощности включим три транзистора BC337 параллельно. Для выравнивания токов коллектора, в цепь эмиттера включим балансировочный резистор (иначе, т.к. транзисторы не идеальны по характеристикам, возникнет перекос по плечам и через один транзистор потечет ток значительно больше, чем через другой). В соответствии с вышеизложенным, спроектируем схему будущего устройства (Рис. 2).

Номиналы сопротивлений светодиодов рассчитаны в соответствии с измерениями (Рис. 1). По формуле $R_{led} = \frac{U_{led}}{20mA}$. Для голубого и белого светодиодов, $R_7, R_9 = 100 \Omega$, для остальных

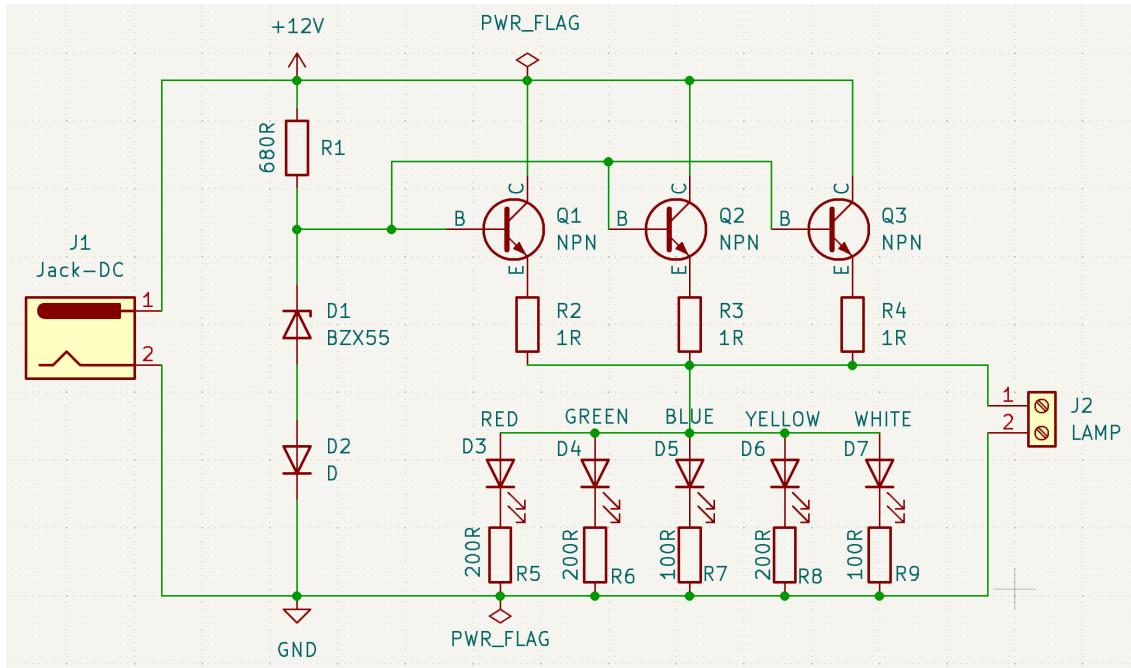


Рис. 2: Схема параметрического стабилизатора

$R_5, R_6, R_8 = 200$ Ом, значения выбраны максимально близко, так, чтобы ток отдельного диода не превышал 20mA.

В схеме на рис.2, значения сопротивлений $R_2 - R_4$ подобраны изходя из рекомендаций по параллельному включению биполярных транзисторов, а именно, их величина менее 10 Ом, а падение напряжения на каждом балансировочном сопротивлении - менее 0.7в. В ходе прототипирования, было установлено, что сопротивления в 1 Ом уже достаточно для выравнивания коллекторных токов.

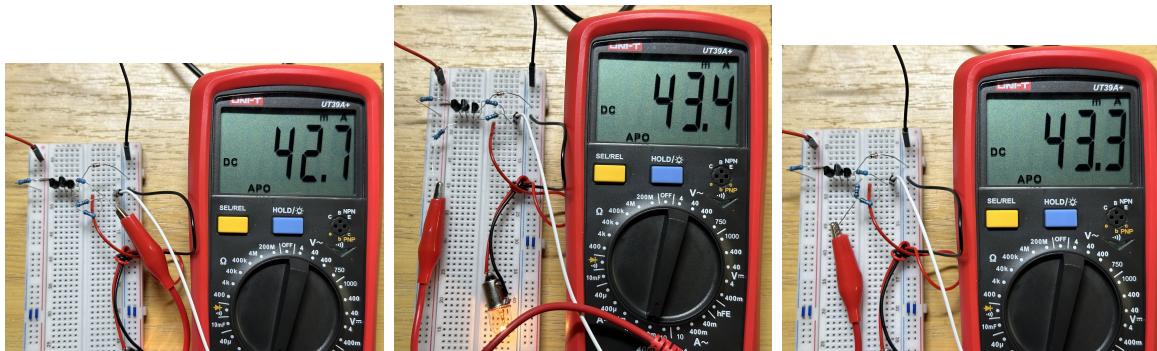


Рис. 3: Выравнивание коллекторных токов с помощью сопротивлений

Цепь стабилизации состоит из трех элементов: резистор R_1 , стабилитрон D_1 и диод D_2 . На базе транзисторов должен присутствовать уровень напряжения больший на 0.85в (падение на переходе база-эмиттер) чем на нагрузке. Для этого, с помощью стабилитрона выполним смещение на 5.85в. В наборе оказался доступным лишь стабилитрон номиналом на 5.1в. Поэтому, чтобы скомпенсировать падение напряжения в схему добавлен диод D_2 .

Определим номинал сопротивления R_1 . Для этого воспользуемся следующей формулой:

$$R_1 = \frac{U_{R_1}}{I_{R_1}} = \frac{U_{in} - U_{D_1} - U_{D_2}}{I_z + I_b}$$

Минимальный ток стабилизации - $I_z = 5mA$. Совокупный ток базы трех транзисторов: $I_b = \frac{I_c}{h_{FE}} = \frac{250mA}{250} = 1mA$.

$$R_1 = \frac{12V - 5.1V - 0.7V}{5mA + 1mA} = 1.03\text{k}\Omega$$

Сделаем запас по току 30%. Для этого, номинал сопротивления выберем на 30% меньше расчетного. Ближайшее значение из набора - 680 Ом. Соберем схему и проведем измерения в ключевых точках. Исходя из Рис.4 видно, что ток сопротивления R_1 составил 8.15mA, а

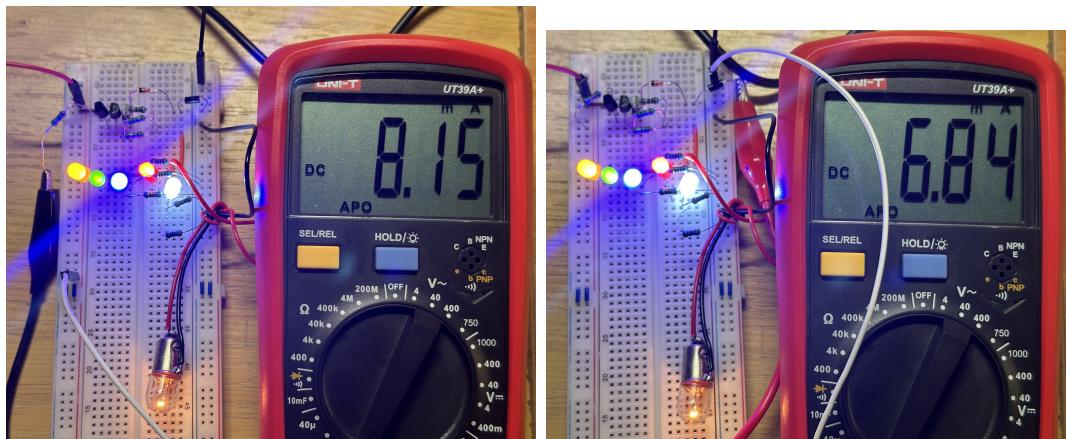


Рис. 4: Проверка тока R_1 и тока стабилитрона

ток стабилитрона - 6.84mA. Соответственно, совокупный ток базы - $I_b = I_{R_1} - I_z = 8.15mA - 6.84mA = 1.31mA$. Что очень близко к рассчетному значению 1mA с запасом в 30%.

Проверим напряжение и ток на нагрузке:

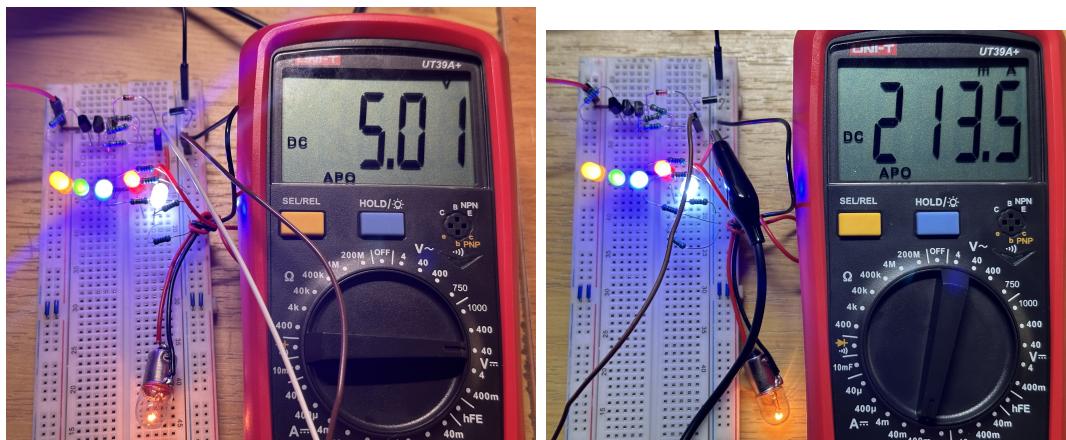


Рис. 5: Напряжение и ток на нагрузке

Напряжение соответствует рассчетному значению, а ток немного меньше. Выясним в чем причина, для этого произведем измерения тока каждой нагрузки по отдельности.

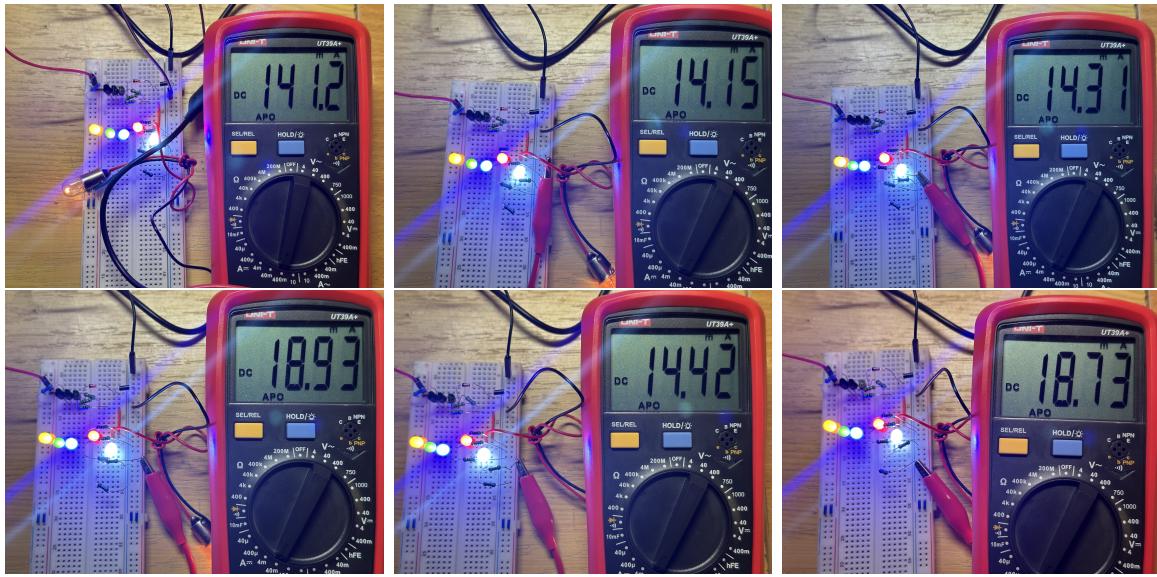


Рис. 6: Измерение тока на нагрузке

Как видно из Рис. 6, совокупно, через светодиоды проходит на 20mA меньший ток. Это связано с тем, что номиналы токоограничительных сопротивлений отличаются от расчетных номиналов в сторону большего значения, так же, на результаты измерений влияет погрешность мультиметра, потери на контактах и т.д.

Использование трех транзисторов позволило снизить коллекторные токи и, как следствие, уменьшить рассеиваемую мощность на каждом из них.

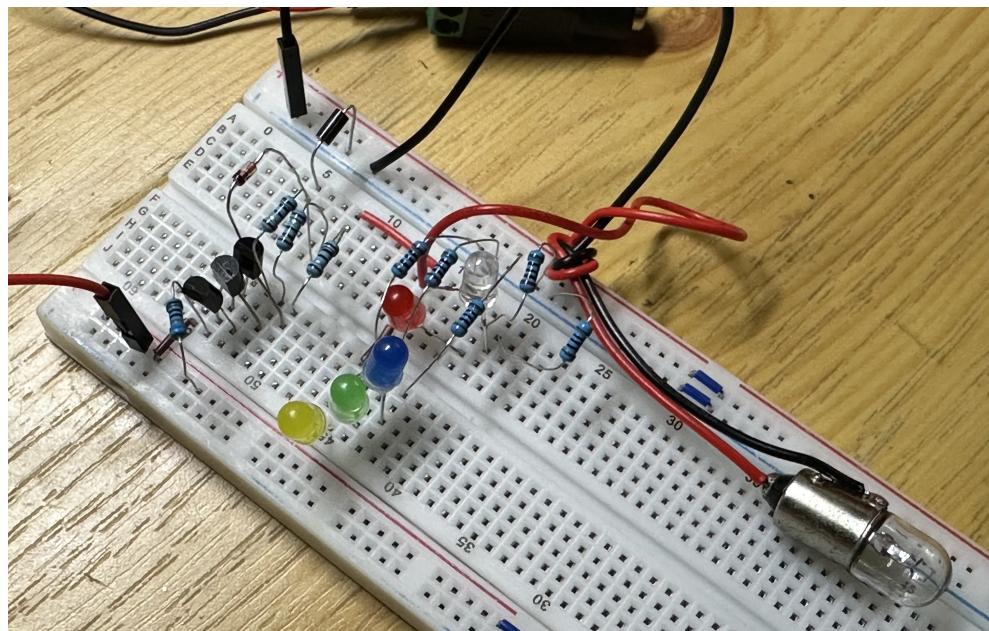


Рис. 7: Общий вид на макетной плате

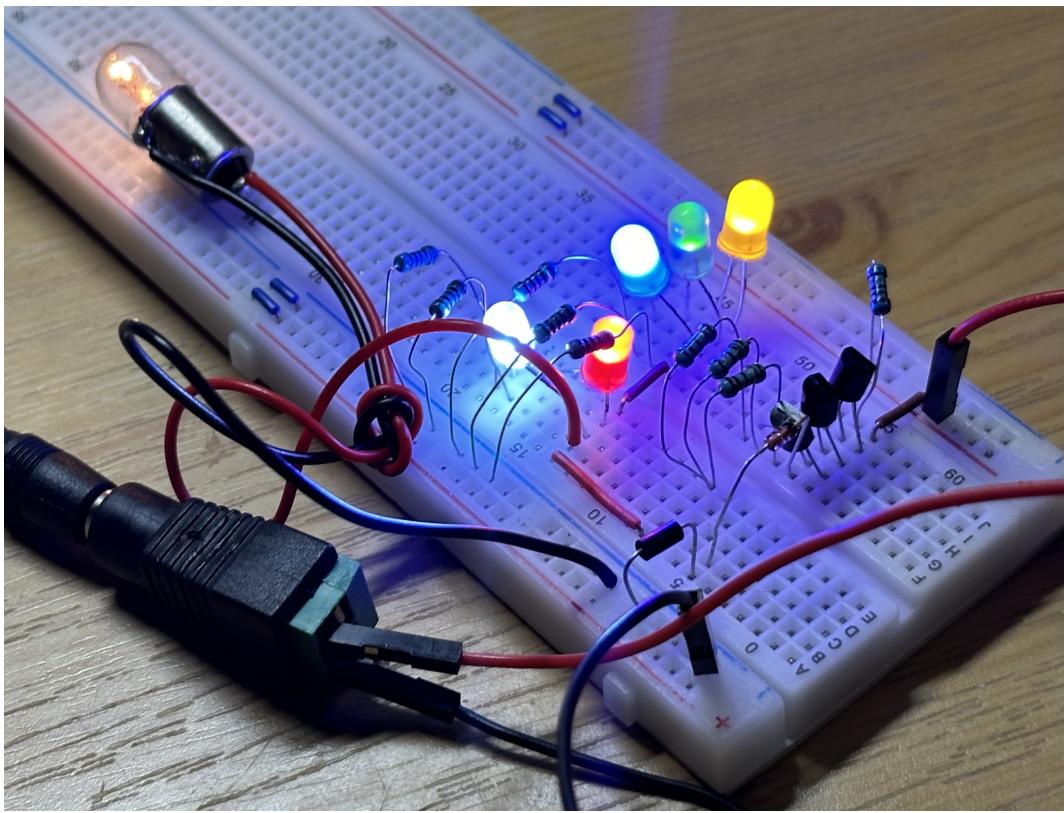


Рис. 8: Схема во включенном состоянии

2. Проект печатной платы в KiCAD

Условия задачи. *Выбрать или 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 9.

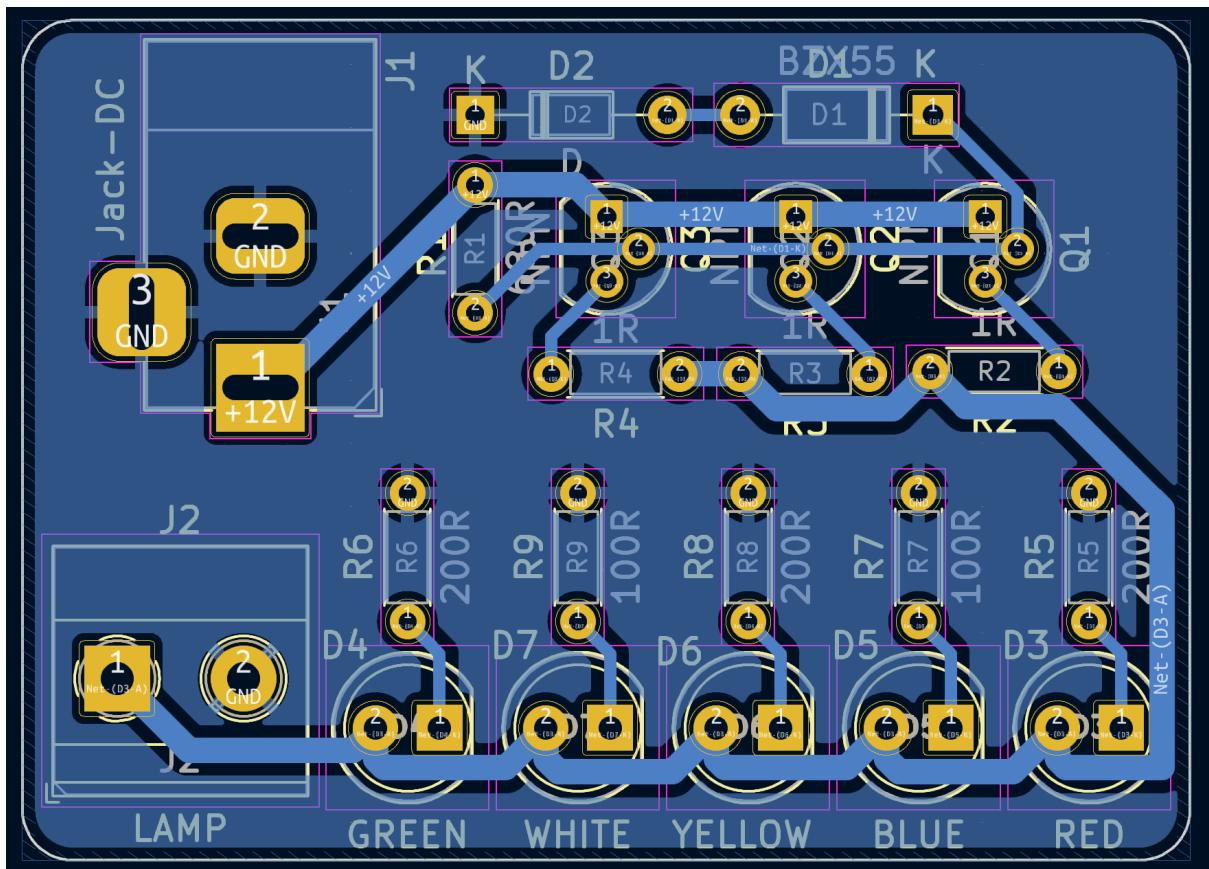


Рис. 9: Чертеж платы

Трехмерные виды показаны на рисунке 10.

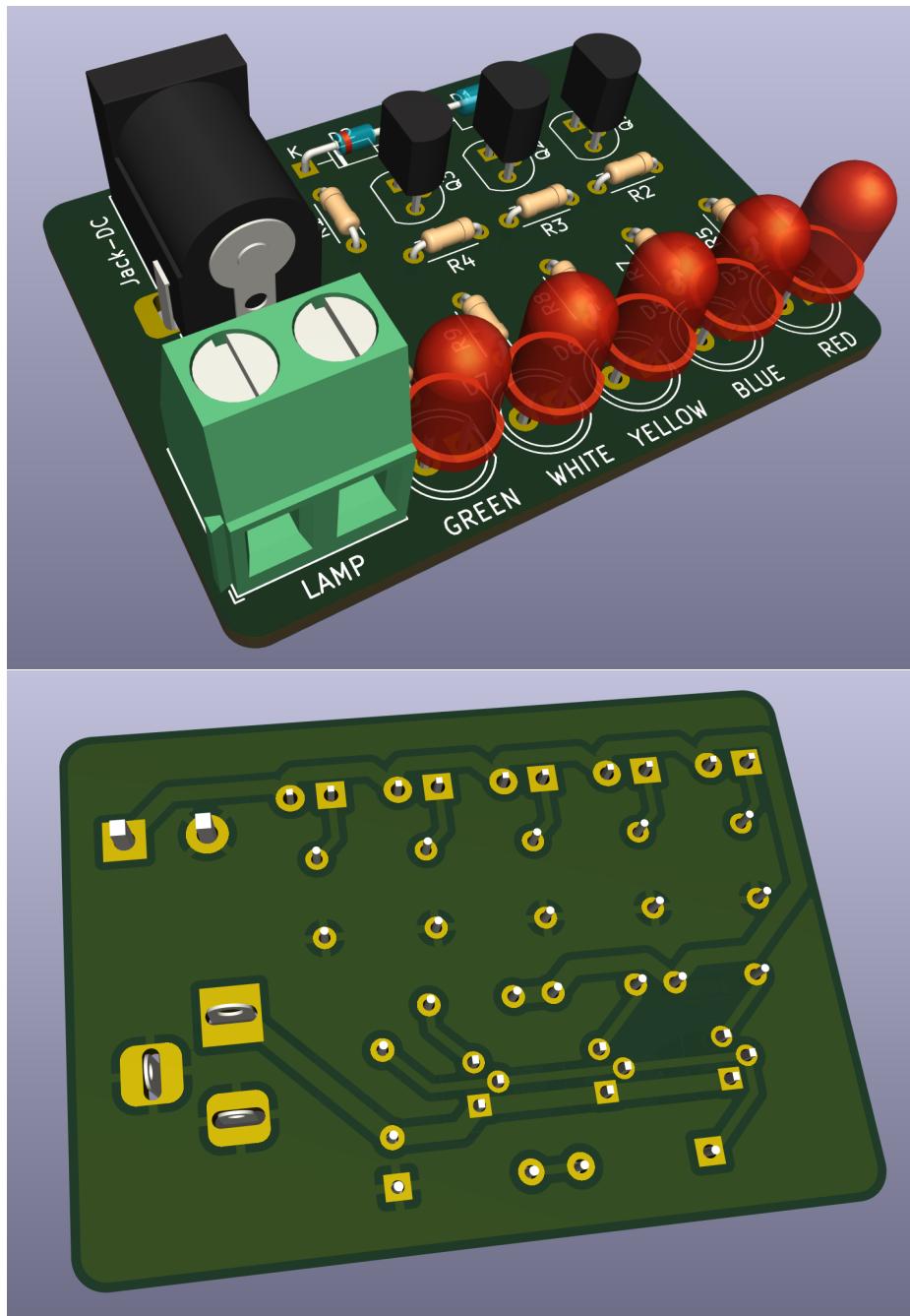


Рис. 10: 3D-вид

3. Материалы к занятию

Схемы и материалы к занятию расположены в папке на google диске по следующей ссылке:
[материалы к ДЗ-06](#)