

Основы электроники

Домашнее задание №3

Евгений Зеленин

8 сентября 2024 г.

1. Подключение нагрузки через PNP транзистор

Условия задачи. Рассчитать и выполнить подключение нагрузки через PNP транзистор. Нагрузкой является лампа накаливания из набора (напряжение лампы 12 В, ток измерить мультиметром) Управление включением производить таймовой кнопкой (кнопка нажата - лампа горит). Напряжение управляющего сигнала 3.3 В.

Для решения этой задачи, сначала определим какое потребление тока возникает при включении лампы накаливания в цепь 12В. Для этого воспользуемся мультиметром:



Рис. 1: Измерение потребления тока

Лампа потребляет 227.7mA при включении в цепь 12В. Таким образом, для управления этой нагрузкой будет достаточно использовать транзистор bc327 с максимальным рабочим током 900mA и напряжением 50В. Составим схему устройства и приступим к расчету номинала сопротивления.

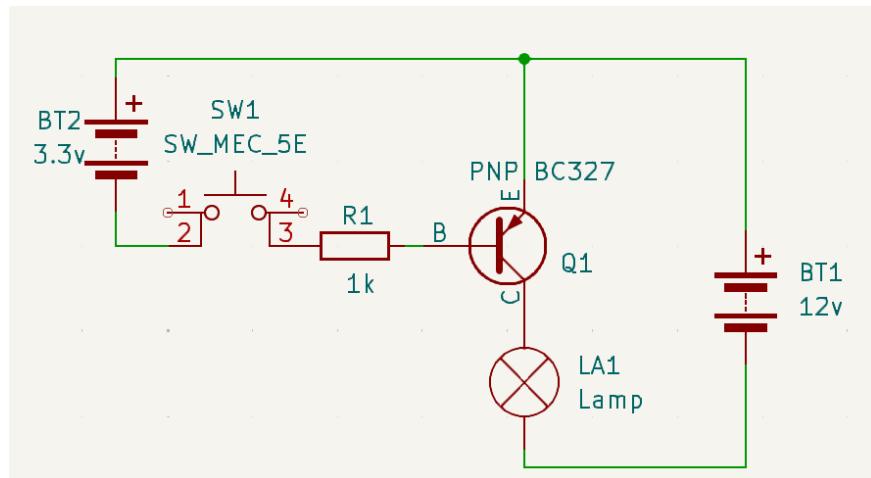


Рис. 2: Принципиальная схема

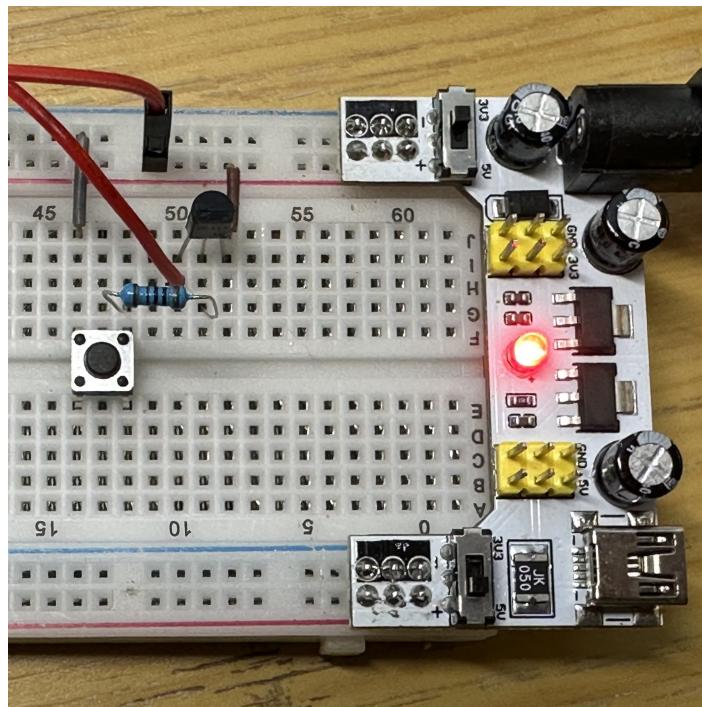


Рис. 3: Сборка на макетной плате

Для выбора номинала токо-ограничительного сопротивления R_1 воспользуемся следующей формулой:

$$R_1 = \frac{V_{bat} - V_{BE}}{I_B}$$

Чтобы найти V_{BE} и I_B обратимся к справочной документации на транзистор. Сначала, найдем ток базы, для этого потребуется найти h_{FE} из таблицы:

h_{FE} Classification

Classification	16	25	40
h_{FE1}	100 ~ 250	160 ~ 400	250 ~ 630
h_{FE2}	60-	100-	170-

Рис. 4: Определение h_{FE}

Примем коэффициент передачи по постоянному току h_{FE} за 170.

$$I_B = \frac{I_C}{h_{FE}} = \frac{227.7 \text{ mA}}{170} = 1,33 \text{ mA}$$

Далее, определим падение напряжение на переходе коллектор-эмиттер и база-эмиттер по графикам из документации.

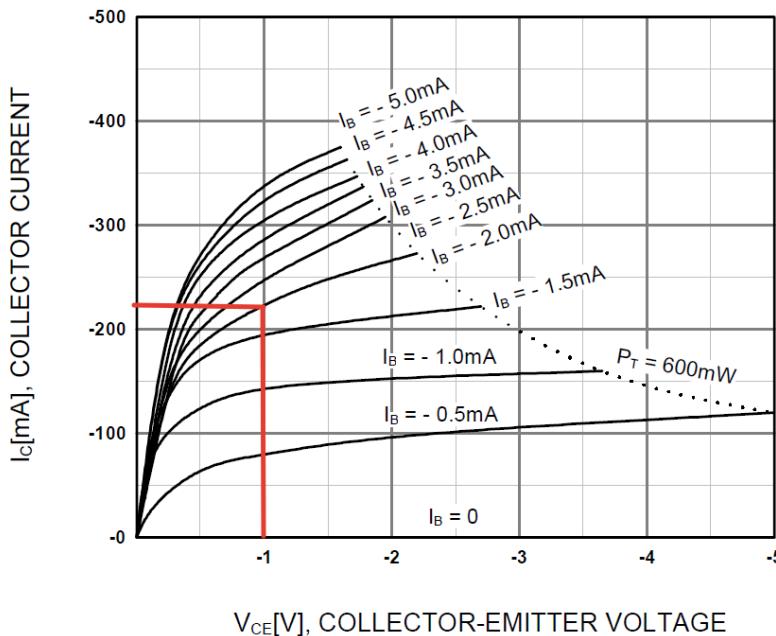


Figure 1. Static Characteristic

Рис. 5: Определение V_{CE}

Получаем, что при токе в 227.7mA, на переходе коллектор-эмиттер падает напряжение в 1в (Рис. 5).

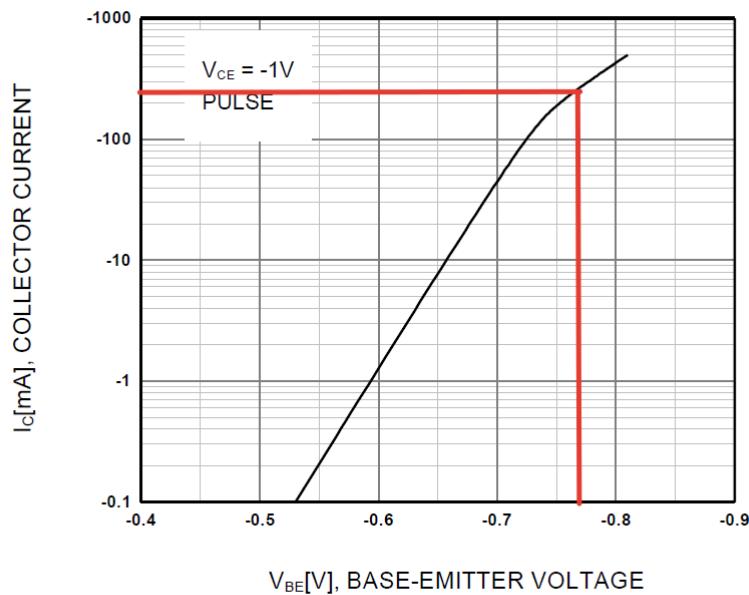


Figure 5. Base-Emitter On Voltage

Рис. 6: Определение V_{BE}

В это же время, на переходе база-эмиттер падение напряжение составляет 0.77в (Рис. 6).

Вычислим сопротивление R1:

$$R_1 = \frac{3.3\text{ В} - 0.77\text{ В}}{0.00133\text{ А}} = 1902\text{ Ом} = 1.9\text{ кОм}$$

Ближайший меньший номинал из наличия в наборе - 1кОм. Соберем схему на макетной плате (Рис.2) и проверим расчеты на практике: подключим 3.3в на цепь управления, 12в на цепь питания нагрузки (Рис.7). Лампа горит в полный накал, а нагрев транзистора незначительный, это косвенно указывает на работу транзистора в ключевом режиме.

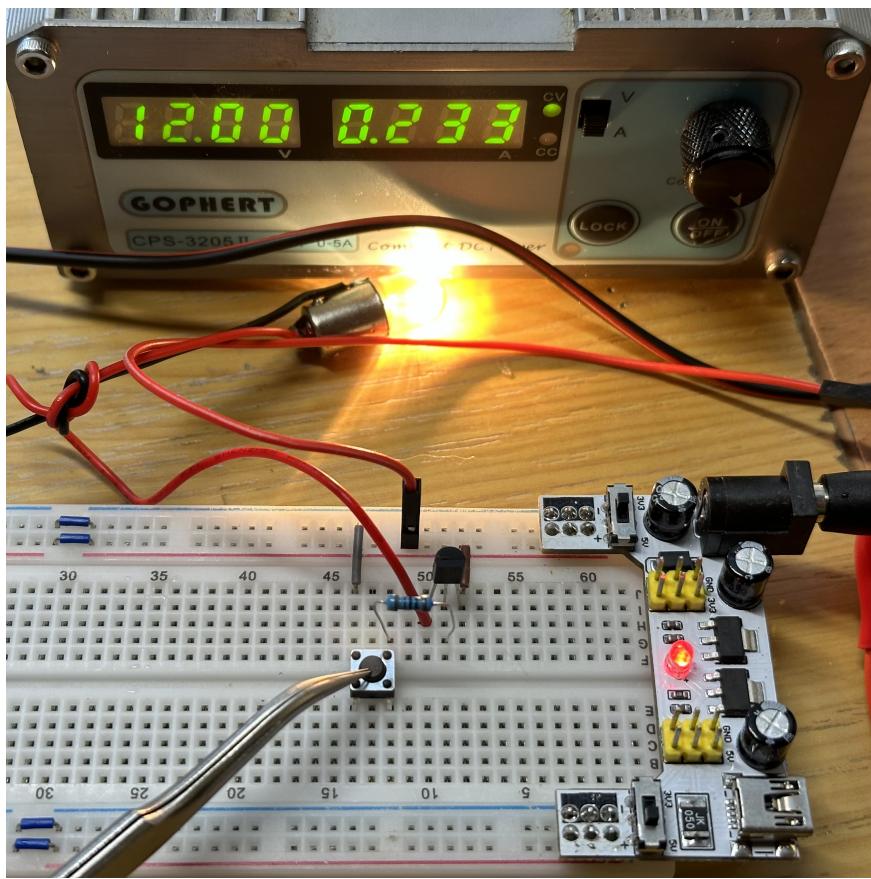


Рис. 7: Лампа включена

2. Реализация сумеречного датчика

Условия задачи. Выполнить реализацию сумеречного датчика с возможностью регулировки порога срабатывания. При затухании освещения требуется включать нагрузку (лампа накаливания 12 В).

В предыдущем задании, мы уже определили, что лампа потребляет 227.7mA. Теперь определим какое сопротивление имеет фоторезистор в различных режимах освещения.

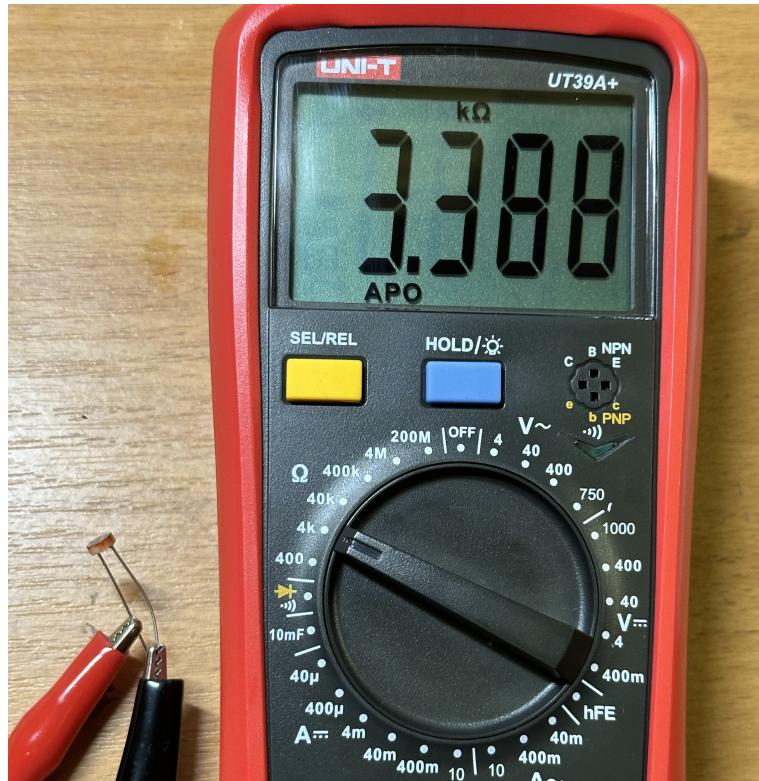


Рис. 8: Сопротивление фото-резистора при свете настольной лампы

Для выполнения этого задания, выберем NPN транзистор BC337. Определим ток базы и nominal токоограничительного резистора. Примем коэффициент токопередачи h_{FE} равным 250 (Рис.9).

BC817-40; BC817-40W; BC337-40	250 - 600
-------------------------------	-----------

Рис. 9: Коэффициент H_{FE} для BC337-40 из datasheet

$$I_b = \frac{I_c}{h_{FE}} = \frac{0.2277A}{250} = 0.0011A = 0.11mA$$

Далее, по даташиту определяем падение напряжение V_{be} :

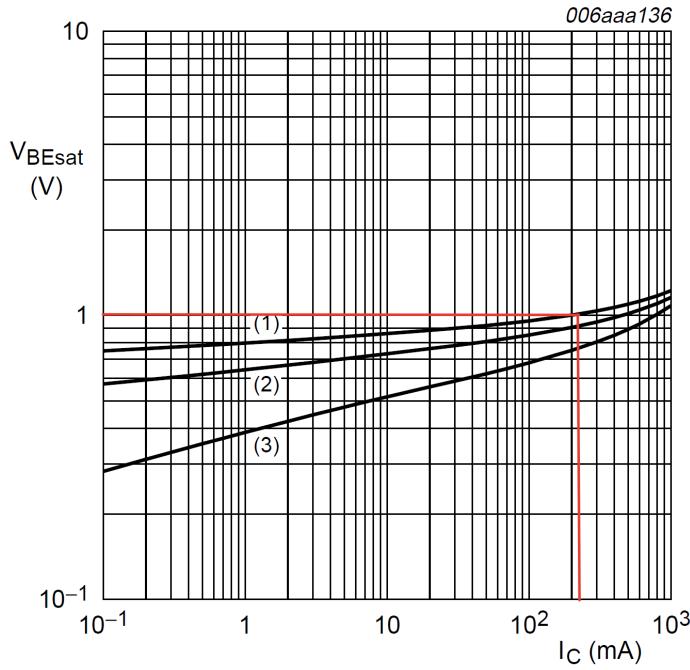


Рис. 10: Падение напряжение база-эмиттер при токе 227.7А

Из графика выше, определяем $V_{be} = 1\text{В}$.

$$R_b = \frac{V_{bat} - V_{be}}{I_b} = \frac{12\text{В} - 1\text{В}}{0.0011\text{А}} = 10 \text{ кОм}$$

Так как сопротивление освещенного фоторезистора около 3.3кОм, можно сделать вывод, что работа одиночного транзистора в ключевом режиме будет затруднена. Поэтому, построим схему на двух транзисторах.

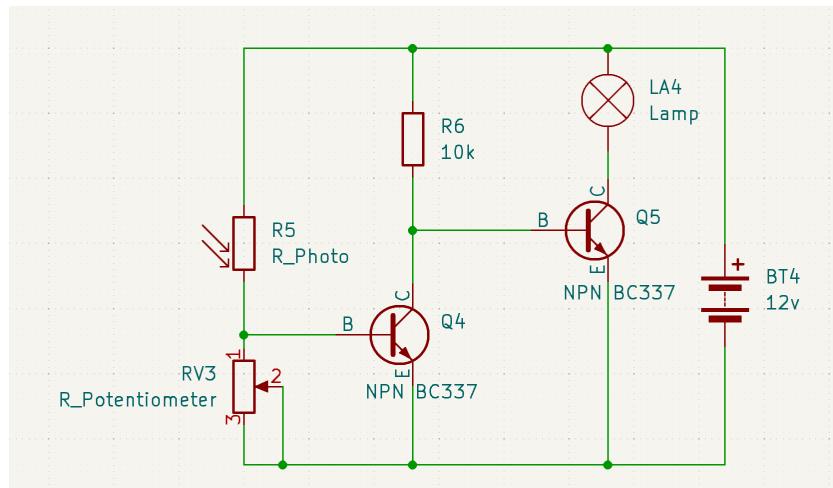


Рис. 11: Схема сумеречного датчика на двух транзисторах

В этой схеме, оба транзистора работают в ключевом режиме. Транзистор Q_4 гарантированно открыт при освещенном фоторезисторе R_5 . Порог его срабатывания регулируется потенцио-

метром RV_4 . Когда транзистор Q_4 находится в ключевом режиме, практически весь ток резистора R_6 протекает через переход коллектор-эмиттер транзистора Q_4 , таким образом, ток базы транзистора Q_5 недостаточен для его открытия. Наоборот, когда уровень освещения фото-резистора недостаточен, транзистор Q_4 закрывается, ток базы транзистора Q_5 увеличивается и ограничивается резистором R_6 .

На фотографиях ниже показано два режима работы (выкл/вкл):

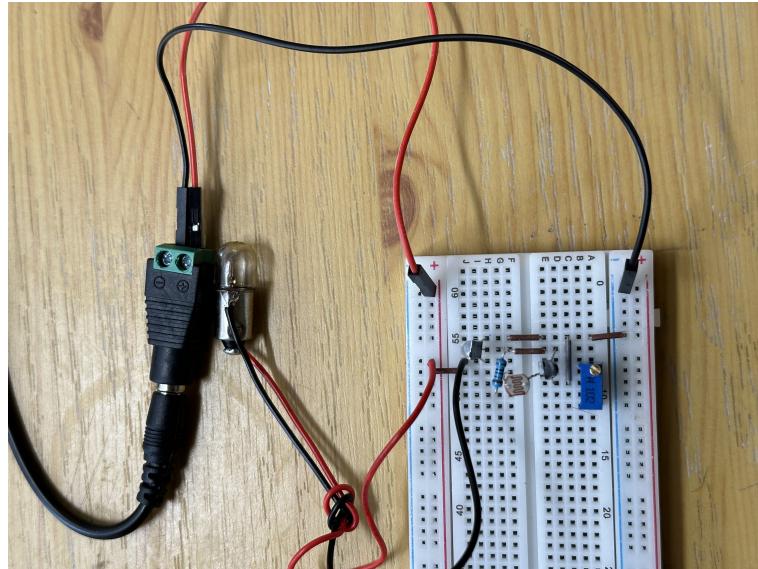


Рис. 12: Выключенное состояние

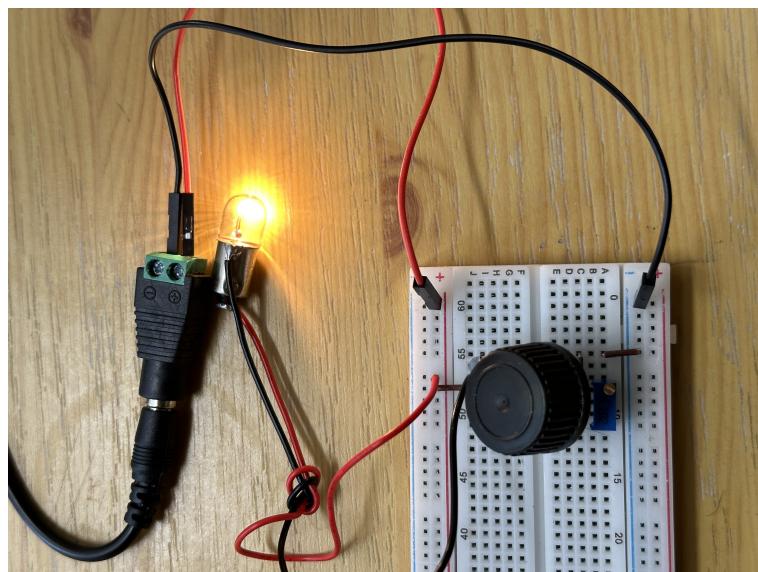


Рис. 13: Включенное состояние

Измерим номинал потенциометра, настроенного на дневное освещение из окна (Рис.14), его номинал составил $RV_4 = 232.4$ Ом.

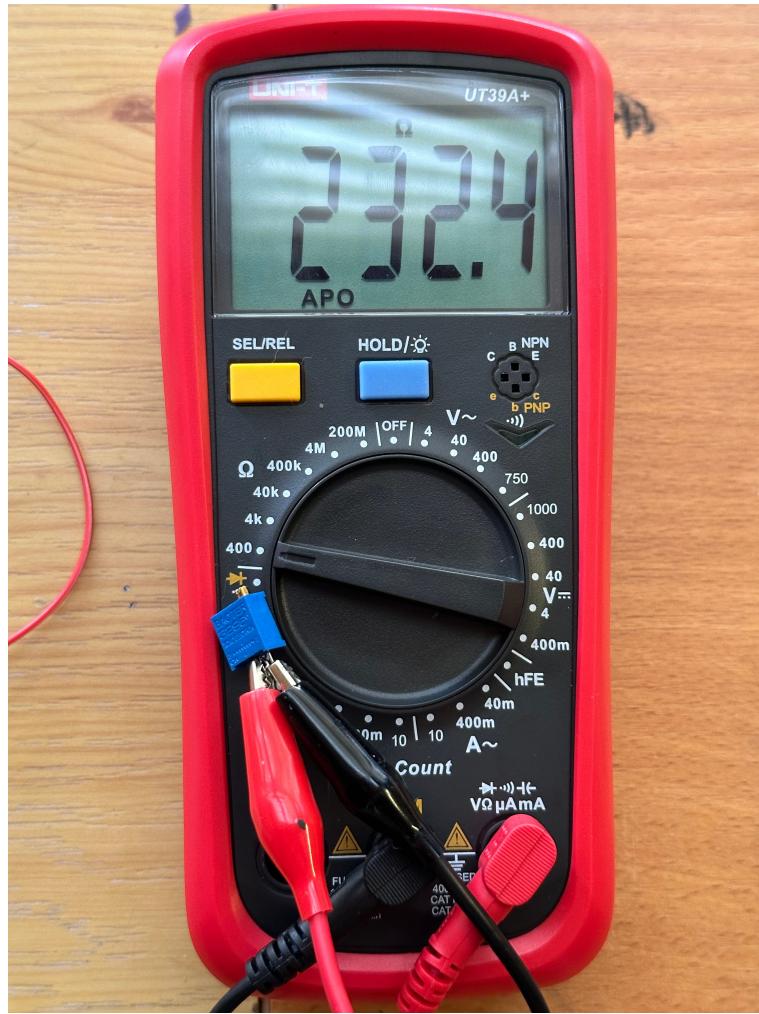


Рис. 14: Полученный номинал потенциометра

3. Схемы и фото-видео фиксация

Схемы к занятию и видео материалы расположены в папке на google диске по следующей ссылке: материалы к ДЗ-04