

Основы электроники

Домашнее задание №5

Евгений Зеленин

11 сентября 2024 г.

1. Реализация датчика протечки

Условия задачи. Выполнить реализацию датчика протечки. Данная схема должна обеспечить аудио и визуальную индикацию события затопления, в качестве электродов можно использовать соединительные провода из набора, испытать схему помещая электроды в емкость с водой (стакан). Используемое напряжение 5В. После отладки проекта на бредборде его требуется выполнить на монтажной плате при помощи пайки. Для подключения электродов использовать винтовой зажим.

Для того, чтобы определиться со схемой устройства, требуется произвести несколько измерений, а именно, установить величину электрического сопротивления толщи воды между электродами и ток, потребляемый звукоизлучателем. Измерим R_w (сопротивление воды). Воспользуемся мультиметром:

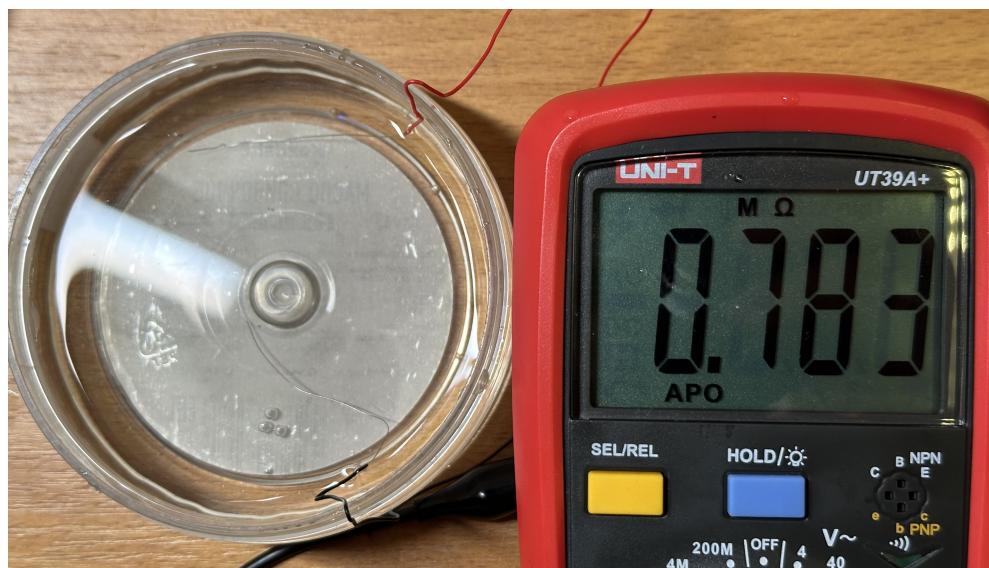


Рис. 1: Измерение сопротивления между электродами

Длина электродов из монтажных проводов $L = 5\text{ см}$, измеренная величина сопротивления водной толщи $R_w = 783 \text{ кОм}$ (Рис. 1).

Далее, определим ток потребления звукоизлучателя, подключив его к 5в через макетную плату (Рис.2), $I_{spk} = 18,63 \text{ mA}$.

Для обеспечения световой индикации, параллельно со звукоизлучателем можно установить светодиод. Ток диода, с токоограничительным резистором 220 Ом, примем за 20mA. Вычислим общий ток нагрузки $I_c = I_{spk} + I_{led} = 18,63mA + 20mA = 38,63mA$. Примем ток нагрузки за 40mA.

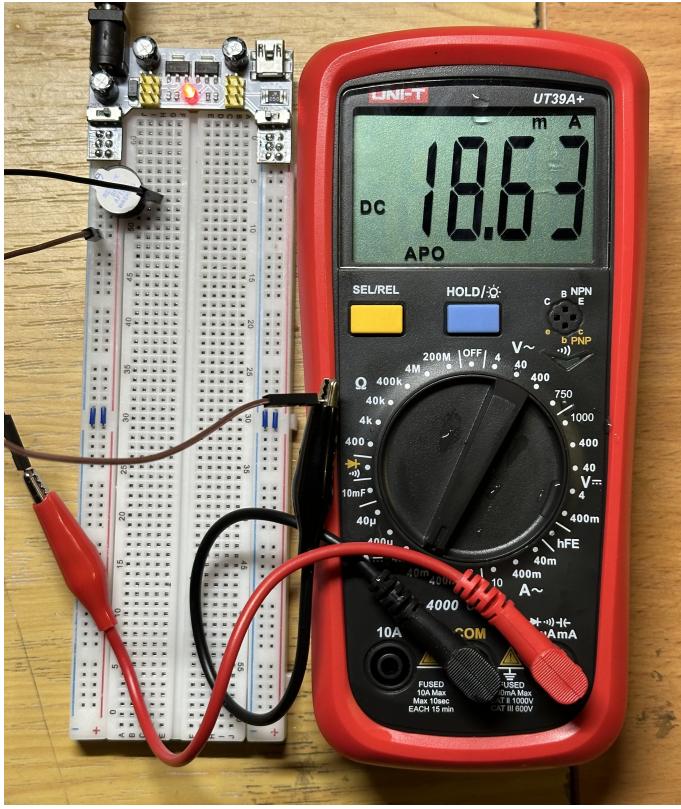


Рис. 2: Измерение тока звукоизлучателя

В случае использования одного транзистора (bc337), для обеспечения достаточного тока коллектора, требуется обеспечить ток базы $I_b = \frac{I_c}{h_{FE}} = \frac{40mA}{250} = 0,16mA$.

Вычислим максимальный ток базы, который может обеспечить датчик протечки: $I_b = \frac{U_{bat}}{R_W} = \frac{5V}{783\Omega} = 6.39 \text{ мкА}$.

Следовательно, одиночный транзистор сможет обеспечить ток коллектора не более чем $I_c = I_b \cdot h_{FE} = 6.39 \text{ мкА} * 250 = 1.59 \text{ мА}$. Таким образом, коэффициент усиления одного транзистора будет недостаточен для управления нагрузкой ($1.59 \text{ мА} < 40 \text{ мА}$).

Поэтому, при построении устройства будем опираться на схему Дарлингтона, в которой коэффициенты усиления транзисторов перемножаются (Рис. 3).

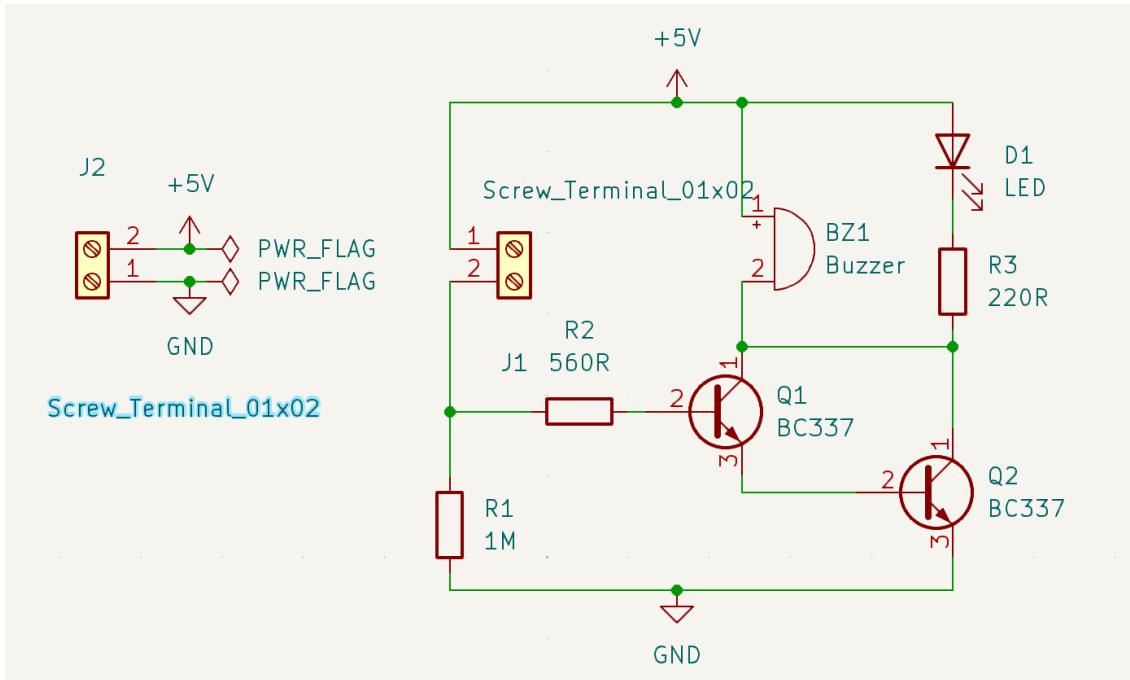


Рис. 3: Принципиальная схема датчика протечки

В этой схеме, сопротивление R_2 необходимо для ограничения тока базы в случае короткого замыкания электродов. Возьмем за максимальный ток базы 10mA. В таком случае, $R_2 = \frac{U_{bat}}{I_b} = \frac{5v}{10mA} = 500$ Ом. Ближайший резистор из ряда Е24 - 560 Ом.

Резистор R_1 необходим для уменьшения влияния помех на работу схемы. Примем его значение за 1 мОм: соотношения делителя 783кОм / 1мОм будет достаточно, чтобы обеспечить минимально необходимое напряжение V_{be} (около 1.4 в) и ток базы (достаточно нескольких микроампер). Также, в ходе практических экспериментов было установлено, что номинала 1 мОм достаточно для устранения влияния помех.

Присупим к практической части.

2. Сборка и отладка схемы

Для изготовления электродов будем использовать монтажный провод из набора.



Рис. 4: Провод для изготовления электродов

Сначала, соберем схему на макетной плате:

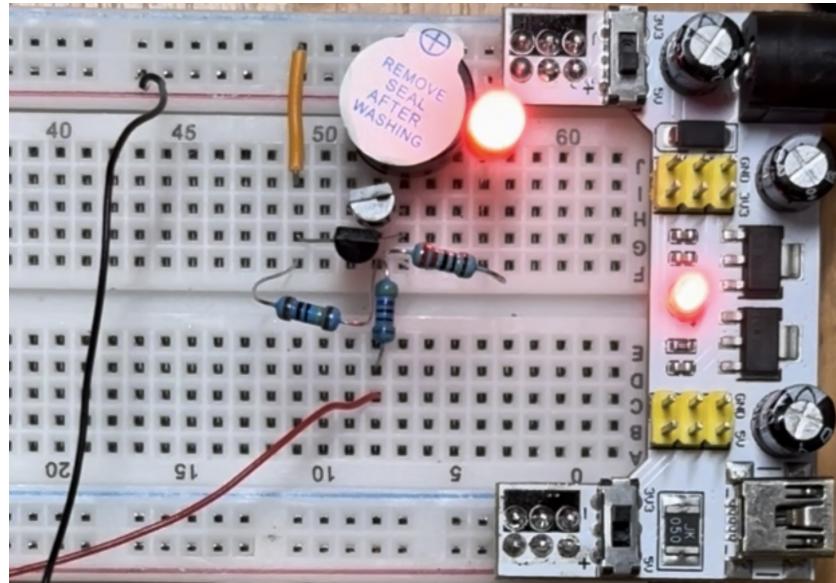


Рис. 5: Сборка на макетной плате

Опустим электроды в воду, светодиод и зуммер начинают сигнализировать о сработке датчика (Рис. 6).

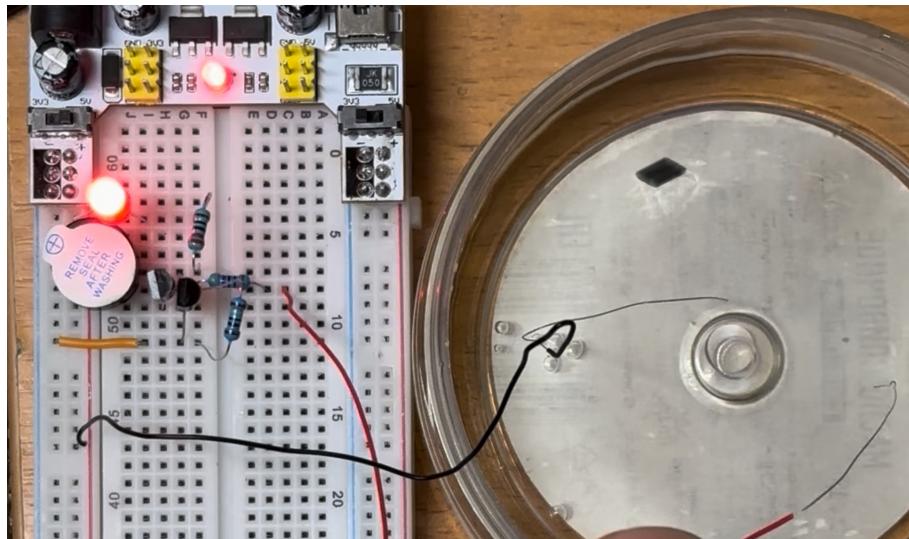


Рис. 6: Проверка работы схемы

Приступим к сборке на монтажной плате.

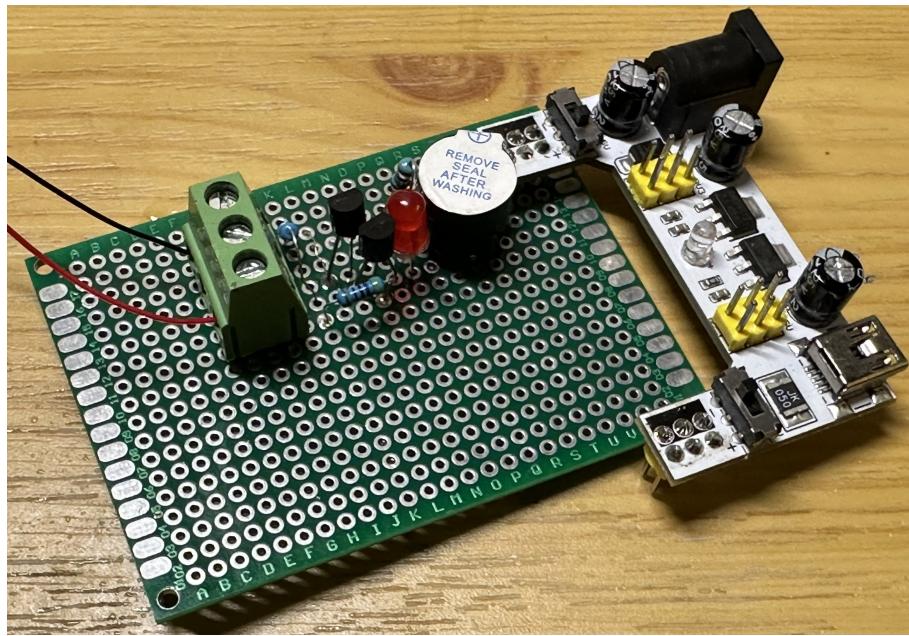


Рис. 7: Сборка на монтажной плате

Так выглядят соединения компонентов с тыльной стороны монтажной платы (Рис. 08).

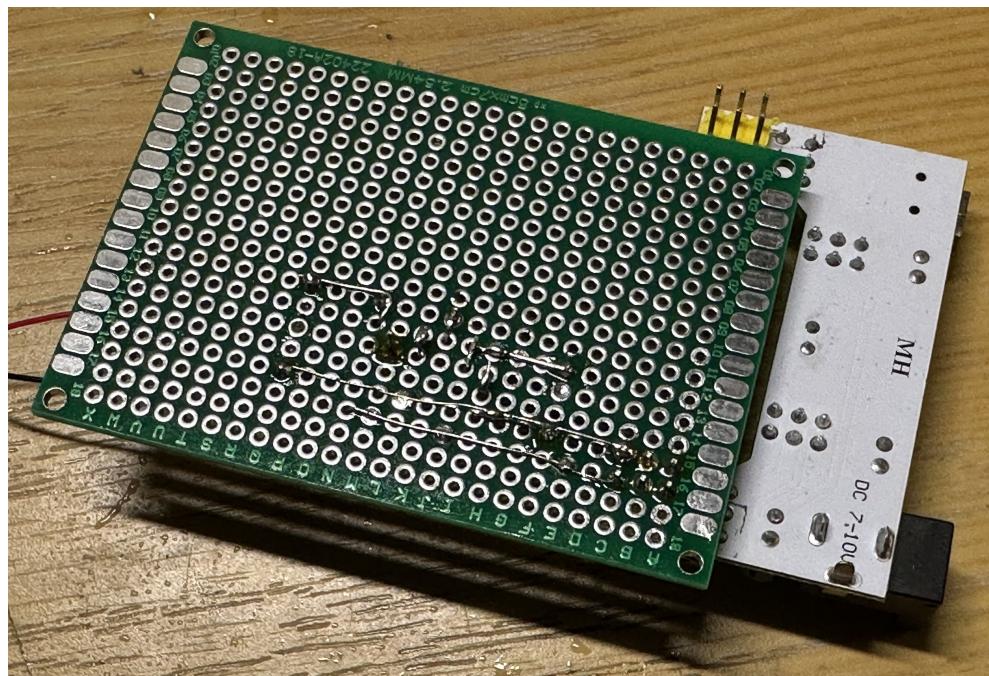


Рис. 8: Вид с тыльной стороны монтажной платы

Проверим работу схемы. Опустим электроды в пластиковую миску с водой (Рис. 09).

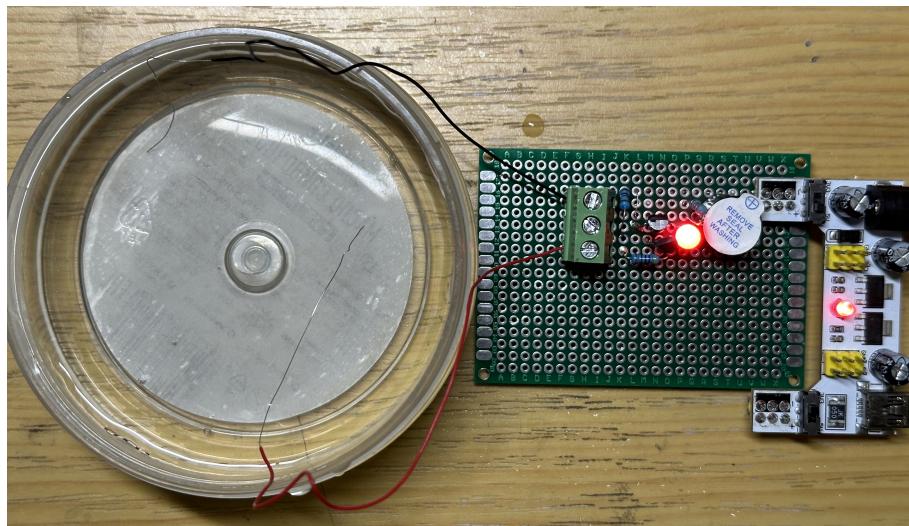


Рис. 9: Проверка работоспособности схемы

Произведем демонтаж компонентов (Рис. 10, 11).

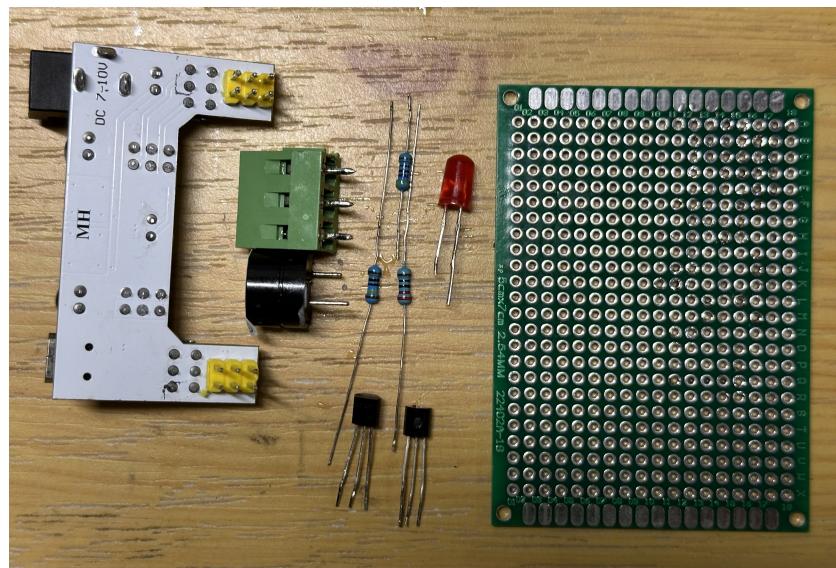


Рис. 10: Демонтаж

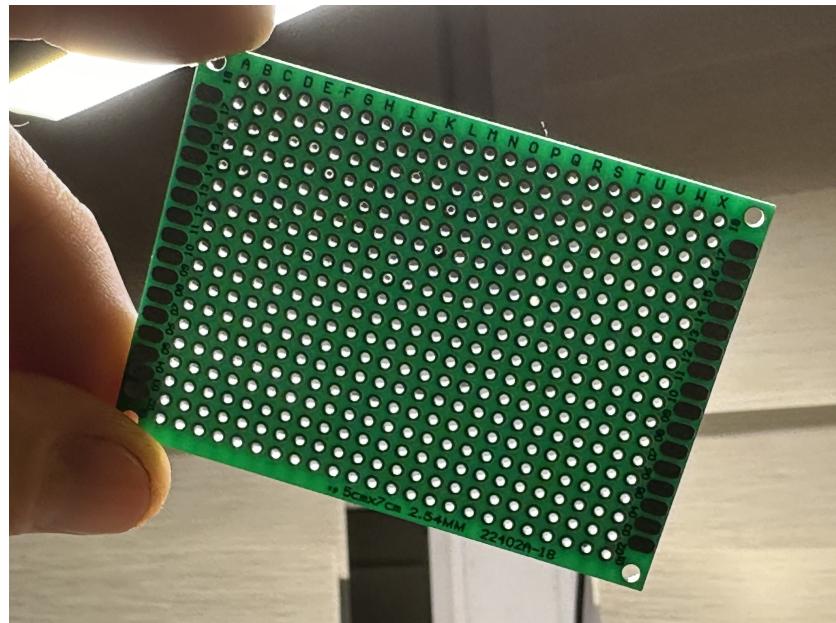


Рис. 11: Демонтаж

3. 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 12.

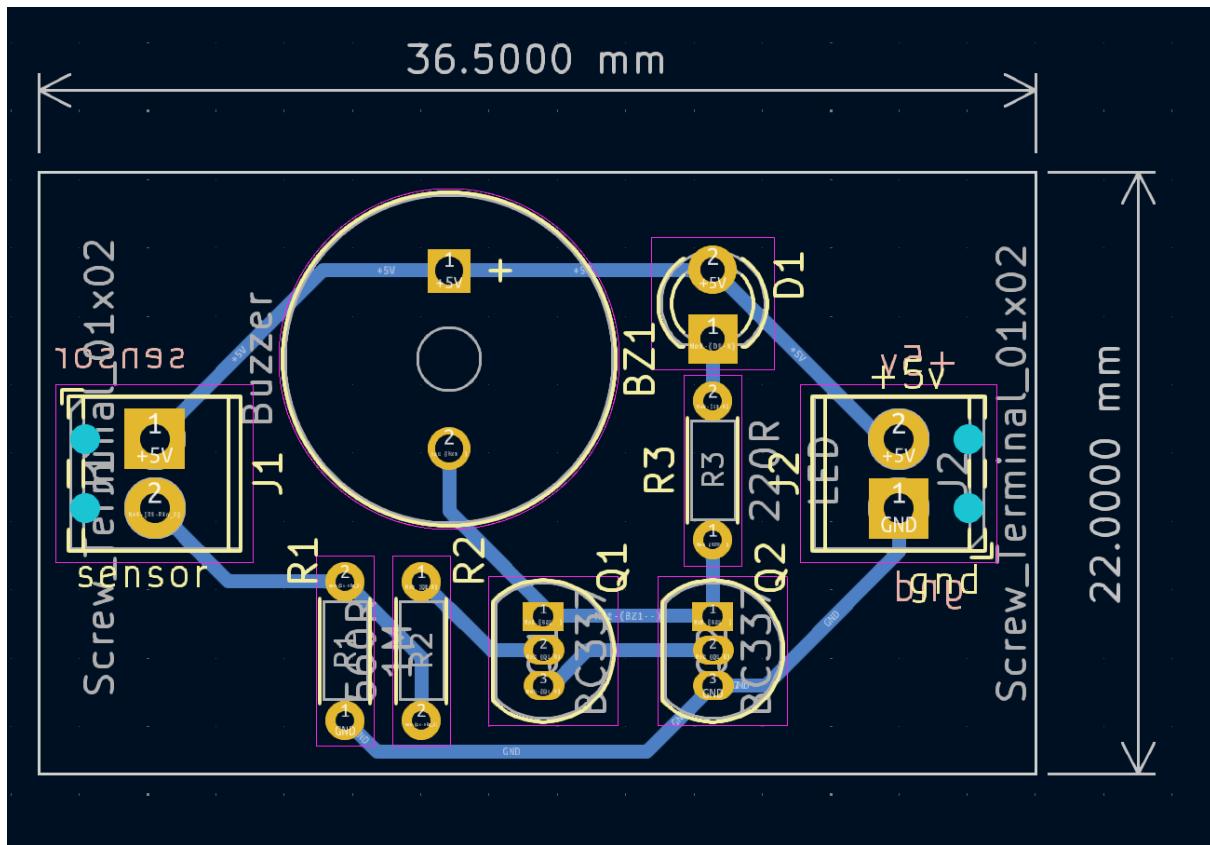


Рис. 12: Чертеж платы

Трехмерные виды показаны на рисунках 13, 14.

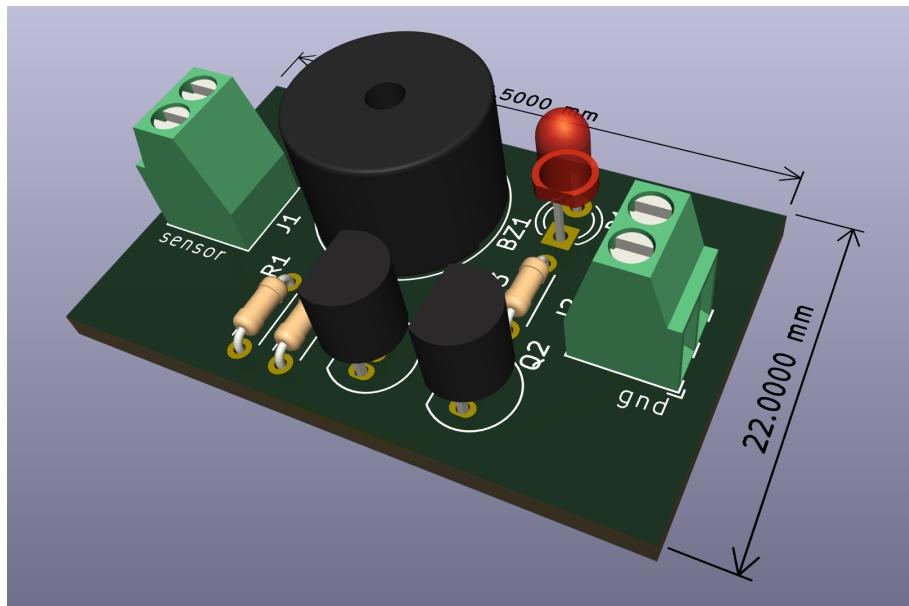


Рис. 13: верх платы, 3D-вид

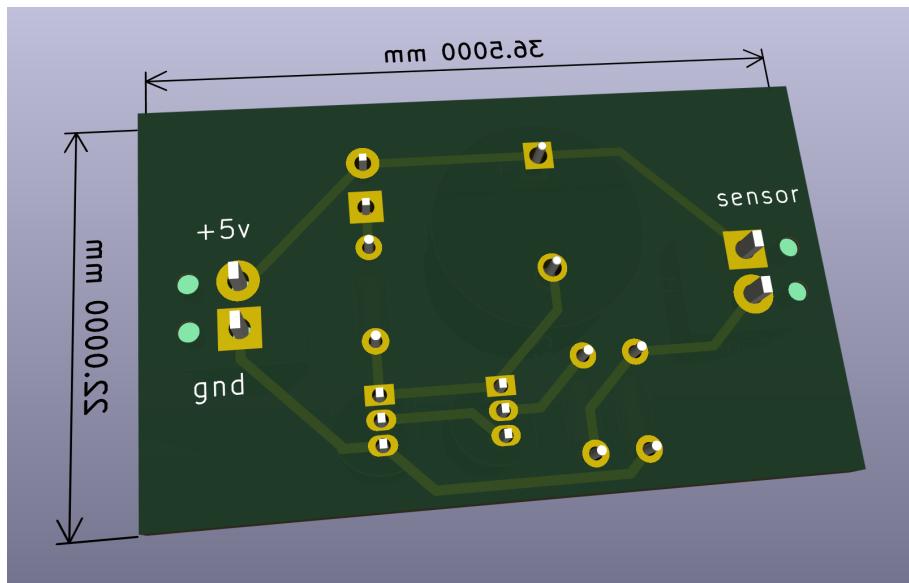


Рис. 14: Низ платы, 3D вид

4. Схемы и фото-видео фиксация

Схемы к занятию и видео материалы расположены в папке на google диске по следующей ссылке: материалы к ДЗ-05