

# Разработка USB устройства ввода в Linux

Михаил Белкин

19 августа 2021 г.

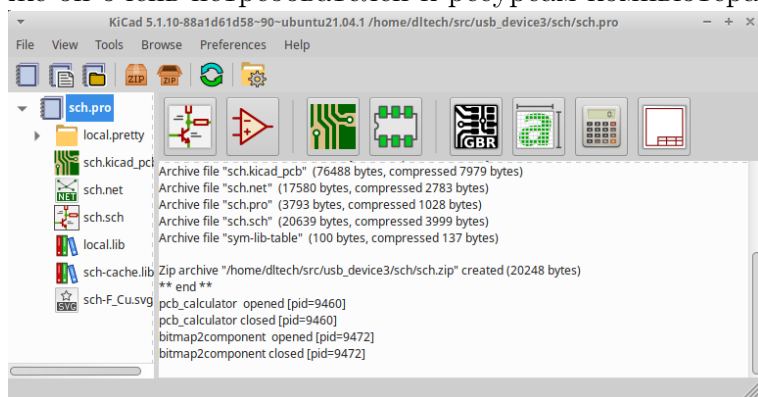
# Содержание

<b>1. Схемотехника.</b>	<b>2</b>
1.1. Выбор редактора. . . . .	2
1.2. Установка редактора и библиотек. . . . .	2
1.3. Выбор элементной базы. . . . .	3
1.3.1. Микроконтроллер . . . . .	3
1.3.2. Стабилизатор . . . . .	3
1.3.3. Мелочь . . . . .	4
1.4. Особенность схемотехники USB. . . . .	5
1.5. Схема устройства. . . . .	5
<b>2. Программное обеспечение.</b>	<b>7</b>
2.1. Тулчейн. . . . .	7
2.2. Базовые библиотеки для микроконтроллера. . . . .	7
2.3. Структура проекта. . . . .	7
2.4. Опрос кнопок. . . . .	7
2.5. Периферия USB. . . . .	7
2.6. Дескрипторы USB. . . . .	7
2.7. Стандартный протокол USB. . . . .	7
2.8. USB HID . . . . .	7
2.9. Отладка. . . . .	7

# 1. Схемотехника.

## 1.1. Выбор редактора.

Разработка схемы производится в KiCAD, это очень легковесный и компактный opensource редактор. Но при этом несмотря на его внешнюю простоту редактор как будто бы кричит нам "Я ничем не хуже чем этот ваш Altium и уж тем более Eagle". Поддерживается редактирование многослойных плат, так же используется профессиональный подход, при котором схема устройства и печатная плата редактируются отдельно. Так же он очень нетребователен к ресурсам компьютера.



К редактору имеется собственная библиотека компонентов, которая включает в себя компоненты всех популярных производителей. Но если вы принесли с китайского базара какую то экзотику, компонент придется разработать самостоятельно.

Вывод шаблона печатной платы возможен во всех удобных форматах, включая pdf. Так же и Gerber и векторный svg, последнее очень удобно для печати шаблона на принтере. Единственное неудобство это не возможность сразу выводить схему в растровом формате, приходится самостоятельно конвертировать из svg.

## 1.2. Установка редактора и библиотек.

Установка редактора в Ubuntu Linux производится очень просто, имеется отдельный ppa репозиторий с последней стабильной версией. В то время как наиболее полный набор библиотек компонентов можно скачать с гитхаба.

Набор команд для установки KiCAD:

```
sudo add-apt-repository —yes ppa:kicad/kicad-5.1-releases  
sudo apt update
```

```
sudo apt install —install—recommends kicad
```

Надеюсь устанавливать git вы умеете и про команду git clone вы тоже знаете. Вот ссылки на репозитории с библиотеками компонентов KiCAD:

<https://github.com/KiCad/kicad-library>

<https://github.com/KiCad/kicad-footprints>

<https://github.com/KiCad/kicad-symbols>

<https://github.com/KiCad/kicad-packages3D>

Установив редактор и добавив библиотеки вы сможете открыть проект со схемой устройства по адресу

### 1.3. Выбор элементной базы.

#### 1.3.1. Микроконтроллер

Для наиболее аккуратной реализации нужен современный микроконтроллер (МК) с полноценным аппаратным USB. Совершенно понятно, что таким микроконтроллером окажется STM32F103C8T6. Мощное ядро ARM Cortex-M3 с их фирменным вложенным контроллером прерываний (NVIC) позволит с легкостью справиться с любой задачей. А с такой простой как USB геймпад уж тем более. На борту имеется 64 килобайта FLASH и 20 килобайт SRAM. И этого настолько много, что можно вовсе не думать об оптимизации. Теперь о стоимости, когда то я покупал такой за 60 рублей, сейчас цена приблизилась к 200, что по прежнему сравнимо по стоимости с остальными морально устаревшими микроконтроллерами. Так же в пользу данного микроконтроллера говорит наличие подробной документации. О том, почему именно F103, тут все просто, это самый дешевый МК с USB из тех что может предложить компания ST microelectronics.

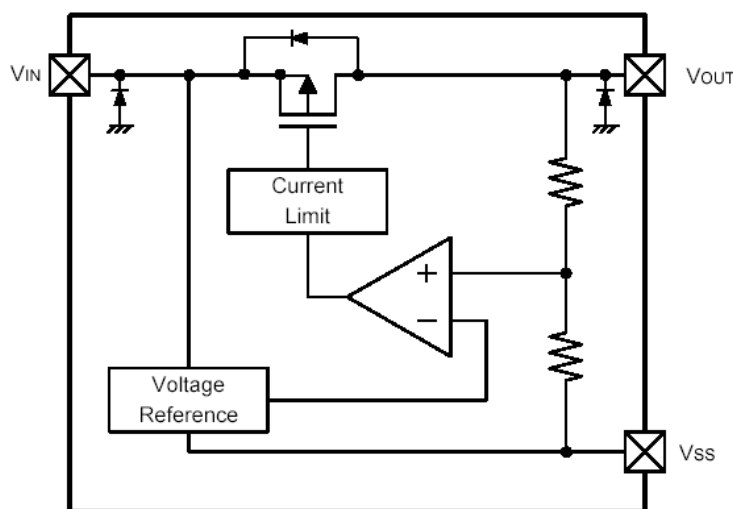
#### 1.3.2. Стабилизатор

В шине USB, как известно, 5В, а номинальное напряжение питания МК 3.3В. Поэтому необходим понижающий стабилизатор напряжения. Я рассматривал три марки стабилизаторов. Они приведены в таблице ниже:

марка	$U_{inmax}$	корпус	производитель	особенности
L78L33	30	SOT-89	ST microelectronics	
AMS1117-3.3	15	SOT-223	AMS semitech	термозащита
XC6206-33	7	SOT-23	TOREX	CMOS

И если первый давно знаком многим радиолюбителям. То последние два это стабилизаторы от китайских производителей, которые появились

недавно. В целом гораздо больше доверия к старому 78l, как минимум из за его большого входного напряжения. К тому же AMS1117 мне попадались нерабочими, и очень легко пробивались от скачков напряжения, не спасая нагрузку. Но хотелось бы компактней и подешевле, к тому же компьютер сам по себе стабильный источник питания. Поэтому я выбрал ХС6206. Довольно необычный новодел на полевых транзисторах, в то время как другие два на биполярных. Ниже приведена его структурная схема, на которой видны еще и защитные антистатические стабилитроны.



### 1.3.3. Мелочь

На форумах можно услышать совет не ставить кварц в целях экономии. Я же советую ставить кварц всегда, когда имеем дело с асинхронной шиной для стабильной работы устройства. Микроконтроллер можно настроить на работу от самого распространенного кварца на 8мГц. Не удивительно что на алиэкспресс сразу же нашелся не только планарный, но и очень компактный вариант. Размером как 1206 чип резистор.

Резисторы размером 0402 я успел заказать заранее. А вот шунтирующие конденсаторы пришлось выпаивать с донорских плат, потому что они не такие компактные, как хотелось бы (0805).

Расчетный ток потребления десятки миллиампер, потому для стабилизации питания хватит и чип керамики, благо такая есть даже на 10 мкФ. На всякий случай установлю токоограничивающий резистор по питанию. Основная его цель обезопасить компьютер от случайного короткого замыкания. Хотя в дорогих флешках на его месте можно встретить чип предохранитель. Продолжу экономить и на разъемах, попросту ограни-

чусь площадками под проводки.

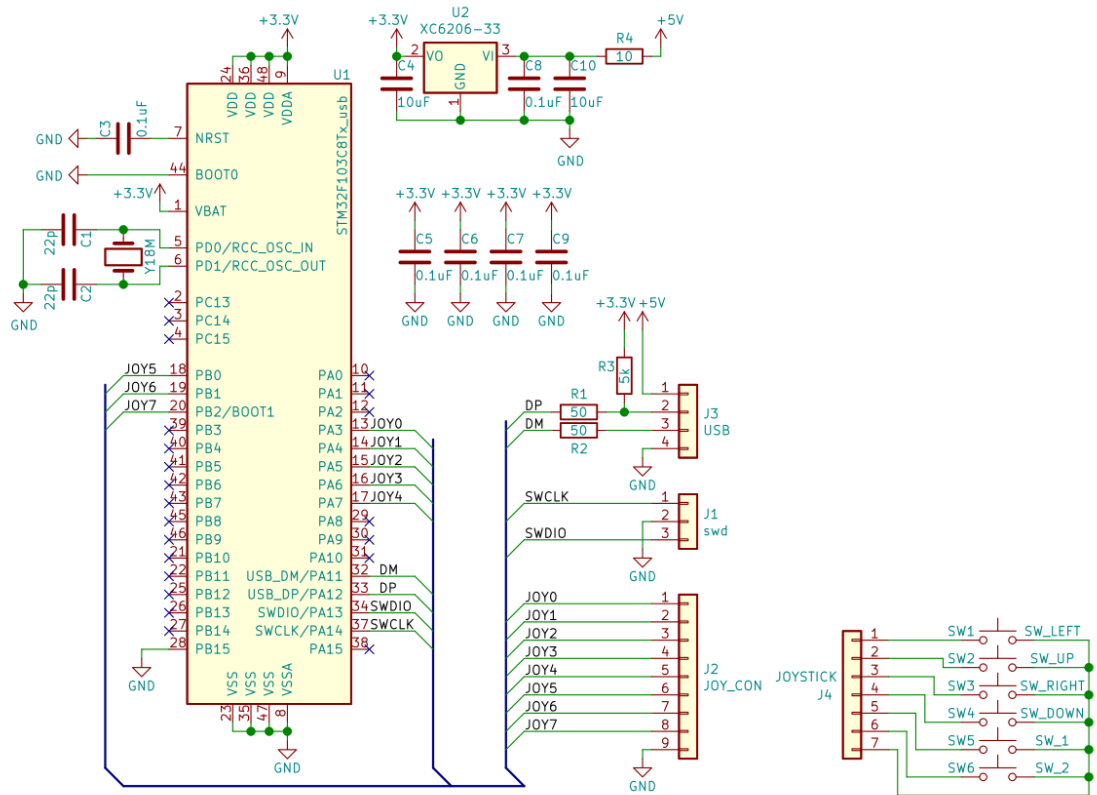
#### **1.4. Особенность схемотехники USB.**

На сайте можно скачать целый документ, посвященный вопросу распайки USB разъема. Основной вопрос заключается в возможности программного отключения устройства от ПК. Моё же устройство будет всегда включено, поэтому подтяжка линии DP к питанию будет постоянной, и осуществляться резистором, а не управляться транзистором и портом микроконтроллера. Также важно не забыть про защитные резисторы. Провод у меня используется готовый от клавиатуры, потому что разъем на плате не нужен.

#### **1.5. Схема устройства.**

А вот и схема целиком, как видите, все шины питания подключены и заземлены защитными конденсаторами. Кварц со стабилизирующими конденсаторами, так же подтянут к земле и порт сброса, все как советует официальная документация. Кнопки джойстика, как видно, подключены к портам напрямую, т.к. внутри МК уже имеются резисторы подтяжки к 3.3В. Так же не обошлось и без так называемого "грязного хака", для упрощения трассировки платы один из портов ввода-вывода (28 вывод) использован как вывод земли. Но в этом нет ничего плохого, ведь порты после сброса находятся в состоянии с высоким входным сопротивлением.

Так же на схеме вы можете увидеть и стандартный разъем SWD для прошивки и отладки ПО. Ровно как и подключенный на землю вывод BOOT0 означает запуск прошивки из основной flash памяти.



## **2. Программное обеспечение.**

**2.1. Тулчейн.**

**2.2. Базовые библиотеки для микроконтроллера.**

**2.3. Структура проекта.**

**2.4. Опрос кнопок.**

**2.5. Периферия USB.**

**2.6. Дескрипторы USB.**

**2.7. Стандартный протокол USB.**

**2.8. USB HID**

**2.9. Отладка.**