Веричев Егор

ИВТ-32

Интерфейсы вычислительных систем.  
Индивидуальное задание.

Вариант 1.2

1. Анализ поставленного задания и разработка структурной схемы

Задание: разработать машинку на радиоуправлении согласно следующим требованиям.

Требования:

1. Устройство должно быть реализовано на базе МК ESP32 (ESP32-D0WDR2- V3).
2. Привод движения представлен 2-я коллекторными двигателями.
3. Привод направления представлен сервоприводом.
4. Аккумулятор должен обеспечивать возможность устройства автономно работать в течение 20 минут.
5. В качестве устройства ввода используется камера.
6. Обеспечить работу устройства ввода по каналу WI-FI.
7. Приемник радиосигнала представлен схемой MX-RM-5V.

Таким образом, структурная схема будет представлена следующими блоками:

1. Блок управления
2. Блок ввода
3. Приемник радиосигнала
4. Блок питания
5. Блок движения
6. Блок направления

**Блок управления:** МК ESP32-D0WDQ6-V3, имеющий встроенный модуль WI-FI, а также поддерживающий большинство низкоскоростных интерфейсов.

Icons = 240 мА

Vdd = 3,3 В

**Блок ввода:** Камера OV7670/5642, передающая изображение по I2S. Этот интерфейс поддерживается на произвольных пинах МК, выбранной нами серии.

Icons = 22 мА

Vdd = 2,5 … 3 В

**Приемник радиосигнала:** приемник MX-RM-5V обеспечивает прием сигнала по радиоканалу, и транслирует оттуда данные, задействуя всего один GPIO МК, что важно, поскольку блок ввода (камера) задействует до 18 GPIO. Также следует подключить выход приемника через делитель напряжения для согласования с уровнем напряжения на МК.

Icons = 4,5 мА

Vdd = 5 В

**Блок движения:** два коллекторных двигателя постоянного тока F130-13180 для управления движением вперед-назад. Управлять питанием двигателей мы будем напряжением с выхода МК через транзисторный мост в составе драйвера L298N включенный в цепь питания, считаем, что он входит в наш блок.

Icons = 211 \* 2 = 422 мА

Icons (L298N) = 36 мА

Vdd = 5...6 В

**Блок направления:** серводвигатель MS-1.3-9 с крутящим моментом 1,3 кг/см при напряжении 4.8В и диапазонов вращения 180°, обеспечивает выбор направления поворота с его удержанием при внешнем воздействии. Аналогично блоку движения в данном блоке в цепь управления мы включим один MOSFET транзистор, на который подадим ШИМ с МК.

I cons = 500 мА

Vdd = 5 В

**Блок питания:** аккумулятор для поддержания автономной работы в течение 20 минут, напряжением не ниже 5В (максимальное напряжение питания, используемое в устройстве) A-BLOCK C60.10BP (никель-кадмиевый, перезаряжаемый), а также кнопка включения-выключения для подключения к зарядному устройству или же автономной работы, разъем для зарядного устройства. Согласно данным по току потребления устройств получим общее потребление, которое удовлетворяет автономности для 20 и более минут работы:

Vdd = 6 В, W = 1000 мАч

Icons\_total = 240 + 22 + 4,5 + 422 + 36 + 500 = 1224,5 мА

Tр = W / Icons\_total = 1000 / 1224,5 = 0,81 ч = 48 мин.

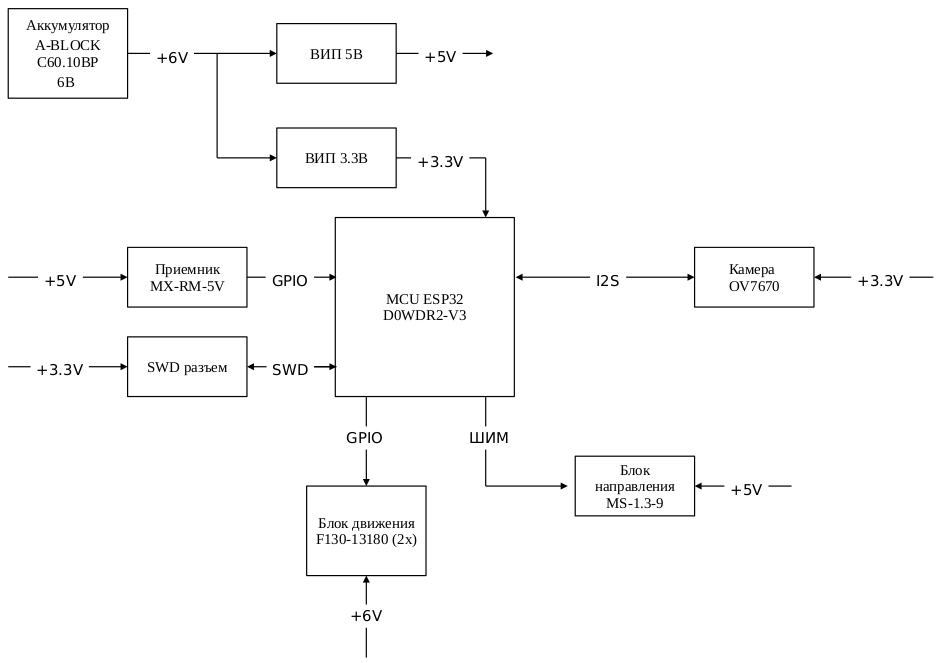


Рисунок 1. Предварительная структурная схема

2. Выбор электронной компонентной базы

Габариты всех элементов адекватно соотносятся с габаритами конечного устройства, не превышают его собственных возможных размеров (относительно аналогов).

Начнем выбор с разъемов и переключателей: разъем для подключения интерфейса SWD и разъем для внешнего зарядного устройства, для отключения автономного питания на время зарядки добавим переключатель.

В качестве разъёма для зарядного устройства выберем разъём питания гнездо REXANT 2,1 х 5,5 мм., для отключения питания используем переключатель движковый KLS7-SS-12F19-G5. Для SWD выберем разъем 1-825437-2 AMPMODU.

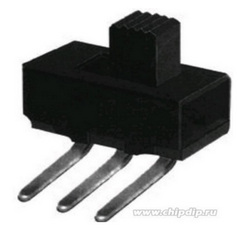


Рисунок 4. Переключатель KLS7-SS-12F19-G5



Рисунок 2. REXANT 2,1 х 5,5 мм

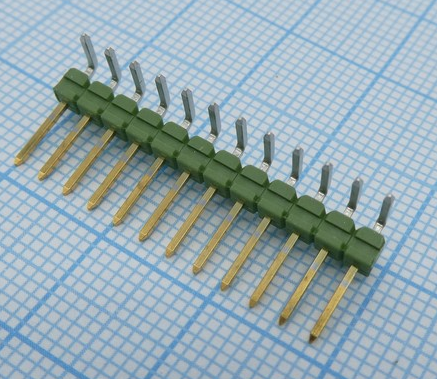


Рисунок 3. Разъем 1-825437-2 AMPMODU

Теперь выберем активные элементы и микросхему.

Для блока управления, как уже оговаривалось, нами выбрана микросхема ESP32-D0WDQ6-V3, имеющая 49 pin-ов, поддерживающая работу интерфейсов I2S, SWD (JTAG), имеющая встроенный ШИМ контроллер, а также обладающая Wi-Fi модулем, необходимой для беспроводной передачи изображения. Спецификация микросхемы при описании подключения ссылается на включение модуля ESP32-S и ESP32-WROOM, подключим все элементы аналогично, н отдельно отметим, что мы также реализуем на плате PCB-антенну, будем использовать кварцевый генератор DSO321SR на 40МГц с рабочим напряжением 3.3 В, а в цепь VDD – GND включим супрессор PESD3V3L1BA во избежание КЗ и воздействия возможных резких перепадов.

В блоке приемника, схема MX-RM-5V обеспечивает прием сигнала по радиоканалу, и транслирует оттуда данные. Необходим резистивный делитель, обеспечивающий понижение напряжения с выхода этой схемы в 1,5 раза (Uin/Uout = 5В / 3,3В = 1,5), для этого используем два резистора номиналами 10кОм и 20кОм.

В блоке ввода используем модуль камеры OV7670/5642, конфигурируемой по I2S интерфейсу, и передающей по нему изображение. Интерфейс I2S поддерживается произвольными GPIO, для буферизации изображения будет использоваться внутренняя память МК, в связи с этим разрешение изображения будет пониженным. Так как разрешение камеры составляет 640 x 480, а размер одного пикселя в памяти составляет 1 байт, то для передачи изображения нам необходимо 640 \* 480 = 307200 Б ≈ 300кБ ОЗУ, в то время как наш МК имеет встроенные 2МБ ОЗУ, чего достаточно для наших задач.

В блоке движения предлагается использовать два коллекторных двигателя постоянного тока F130-13180 для управления движением вперед-назад. Оба двигателя будут отвечать за перемещение в одном направлении, а его выбор будет обеспечиваться транзисторным Н-мостом, реализованном в схеме драйвера L298N. Эта схема поддерживает подключение сразу двух двигателей. Необходимо питание для логической части схемы 5В и для питания двигателей 6В, в схеме используем любые быстрые диоды (Uпр ≤ 1,2 В, Iпр = 2 А).

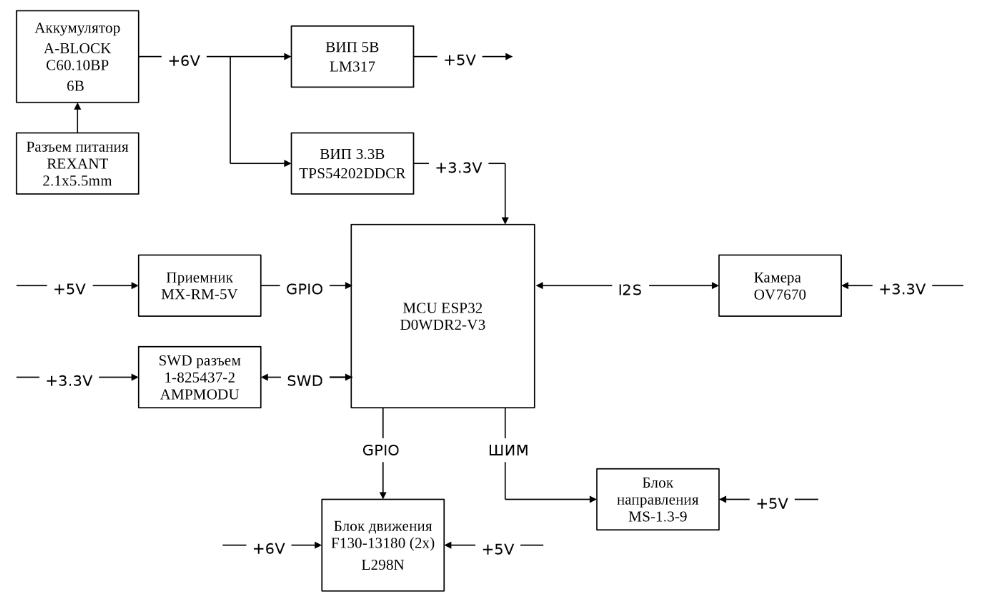
В блоке направления будем использовать один N-MOSFET транзистор, для этих целей нам подойдет AO3480A N-MOSFET 30В, пороговое напряжение которого составляет 1.5В, а максимальный допустимый ток сток-исток 5,7А (при нормальных условиях эксплуатации, на высоких температурах — 4,7А). Включим его в цепь управления сервоприводом MS-1.3-9, подключив к затвору выход GPIO, поддерживающий ШИМ. В этом случае допустимый ток сток-исток будет взят с запасом в 11,4 раз, поскольку потребляемый ток сервопривода составляет 0,5мА, а пороговое напряжение — с запасом в 2 раза (3,3В с выхода МК на затвор).

Как уже было указано, для подключения в блоке питания аккумулятора A-BLOCK C60.10BP используем ранее выбранные разъем и подвижный переключатель.

В блоке питания необходимо применить ВИП для формирования напряжения 3,3В для управляющей части схемы. Так как по заданию требуется импульсный ВИП, а потребление управляющей части схемы не более 240мА, выбран DC/DC преобразователь TPS54202DDCR.

Для ВИПа 5В воспользуемся линейным стабилизатором LM317 — ток потребления в цепи питания 5В не превысит 1.1А (два коллекторных двигателя и приемник) при допустимом значении выходного тока 2,2 А.

Тогда, дополненная структурная схема примет следующий вид:

Рисунок 5. Уточненная структурная схема

3. Разработка схемы эклектической принципиальной.

На данном этапе уточняется выбранный перечень ЭКБ и далее поблочно

разрабатывается схема электрическая принципиальная (схема Э3).

Начнем с разбора необходимых для подключения периферии контактов МК, проверим, нет ли конфликтов подключения обвязки блока управления и других блоков, а также отсутствие конфликтов между всему другими блоками. Сперва подключим всё согласно спецификации, на ESP32-S – кварцевый генератор (выбран нами ранее), антенна (номиналы реактивных элементов уже подобраны под частоту Wi-Fi сигнала 2,4 ГГц), реактивные элементы. Затем подключим SWD и конфигурационные пины для выбора режима работы МК:

IO0 low и IO2 low – загрузка прошивки.

IO0 high и IO2 any – использование загруженной прошивки.

(подключим GPIO0 через кнопку к 3,3 В, поставим джампер на GND).

IO5 high и MTDO low – SDIO fall-in/rise-out

IO5 high и MTDO high – SDIO rise-in/rise-out

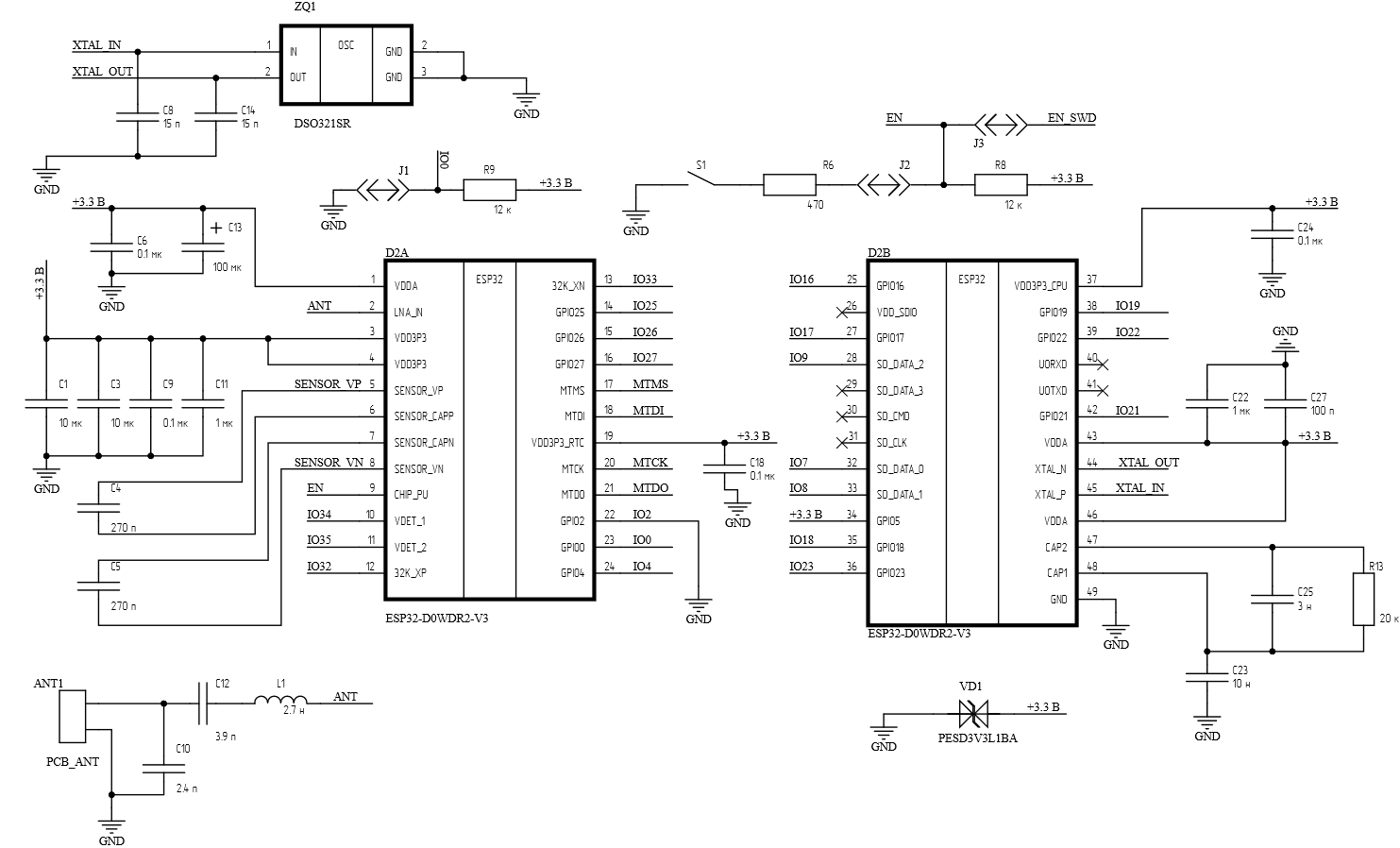
(подтянем IO5 к +3,3 В)

Также добавим два джампера в цепь EN – один для возможности установки значения с SWD-разъема, другой – для возможности перезагрузки при отладке.

Далее из оставшихся пинов выберем любые свободные не output-only для подключения драйвера двигателей и сервопривода, поскольку все GPIO поддерживают ШИМ. Затем свободные output-only пины подключим к выходам камеры, работающим только на запись (VSYNC и HREF), а остальные подключим произвольно, так как I2S поддерживается на всех выводах.

Таблица 1. Подключение устройств к МК

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| ESP32 pins | Connected Device | Device pins |
| MTDI | SWD | MTDI |
| MTCK | MTCK |
| MTMS | MTMS |
| MTDO | MTDO |
| GPIO22 | OV7670 (camera) | SIO C |
| GPIO21 | SIO D |
| VDET\_1 (GPIO34, input-only) | VSYNC (output-only) |
| VDET\_2 (GPIO35, input-only) | HREF (output-only) |
| 32K\_XN (GPIO33) | PCLK |
| 32K\_XP (GPIO32) | XCLK |
| GPIO4 | D7 |
| SD\_DATA\_0 (GPIO7) | D6 |
| SD\_DATA\_1 (GPIO8) | D5 |
| SD\_DATA\_2 (GPIO9) | D4 |
| GPIO16 | D3 |
| GPIO17 | D2 |
| GPIO18 | D1 |
| GPIO19 | D0 |
| GPIO23 | L298N (driver) | IN1 |
| GPIO25 | IN2 |
| GPIO23 | IN3 |
| GPIO25 | IN4 |
| GPIO26 | MS-1.3-9 (servo motor) | CNTRL |
| GPIO27 | MX-RM-5V (radio-reciever) | OUT |
| CHIP\_PU | Конфигурационные пины | +3.3V, кнопка на GND (+джампер) |
| GPIO0 | +3.3V, джампер на GND |
| GPIO2 | GND |
| GPIO5 | +3.3V |

**Таким образом, с учетом подключений, описанных в табл. 1, а также согласно спецификации, первичная обвязка МК выглядит как представлено на рисунке 6.

*Рисунок 6. Первичная обвязка МК*

Далее рассчитаем ВИПы.

ВИП +3.3 В (TPS54202):

Uref = 0,596 В

R11 = 100 кОм

Uin = 6 В

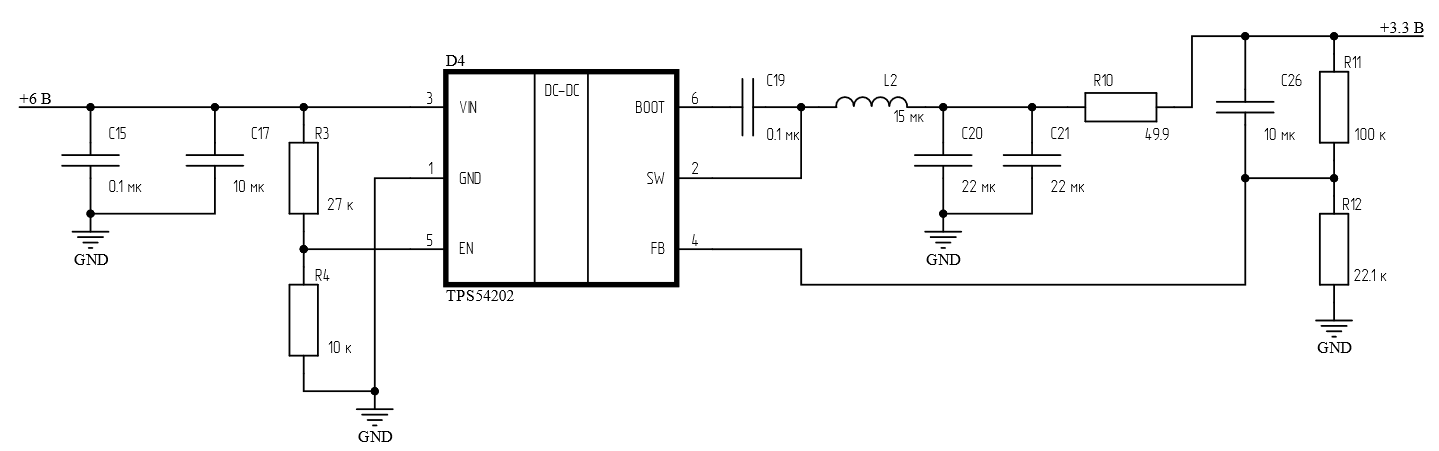
Uout = 3,3 В

Рисунок 7. ВИП +3,3 В (TPS54202)

(ближайший из номиналов Е96)

Остальные компоненты выберем согласно пользовательскому сопровождению для выходного напряжения 3,3 В.

При подключении выбранных нами индуктивностей и емкостей спецификация гарантирует нам, что колебания выходного напряжения относительно заданного уровня не превысят 30мВ, что удовлетворяет требованиям питания МК и камеры (< 80 мВ и < 100 мВ соответственно).

ВИП +5 В (LM317):

Uref = 1,25 В

R1 = 240 Ом

Uin = 6 В

Uout = 5 В

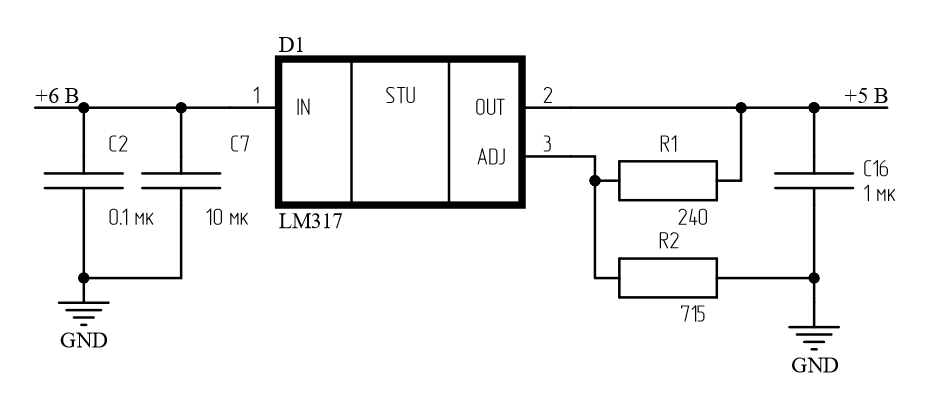
Iadj = 100 мкА

Рисунок 8. ВИП +5 В (LM317)

Тогда согласно расчетам, ближайший из номиналов Е96 для R2 составит

R2 = 715 Ом

Подключение камеры и SWD разъема уже было разобрано выше, их схема приведена на рисунке 9.

Подключение сервопривода будем производить через транзистор, согласно подбору, приведенному в части 2. Также включим ограничивающий резистор для ограничения тока на затворе. Подключение коллекторных двигателей через драйверы будем производить с помощью L298N согласно схеме, приведенной в спецификации. Логическая часть схемы будет питаться от источника +5 В, в то время как питание двигателей будет поддерживаться источником +6 В. В таком случае схема будет выглядеть так, как приведено на рисунке 10.

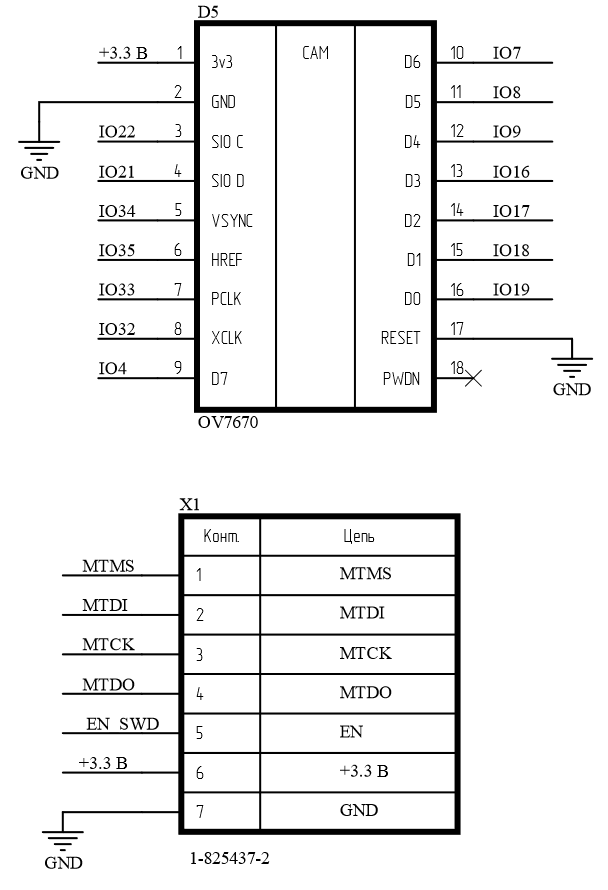


Рисунок 9. Подключение OV7670 и SWD

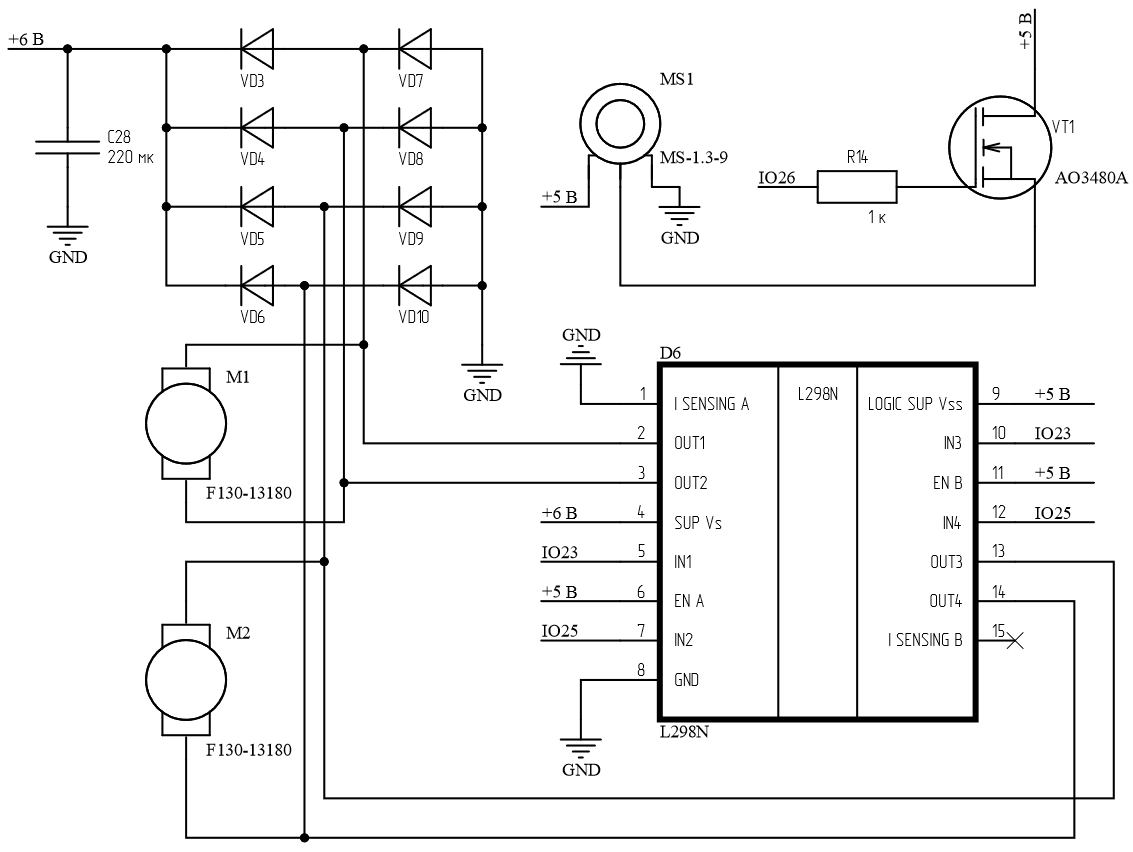
Аккумулятор подключим через подвижный переключатель, для выбора режима зарядки (устройство отключено) и режима питания устройства (устройство включено). Включение приведено на рисунке 11.

Рисунок 10. Подключение MS-1.3-9 и коллект. двиг. через L298N

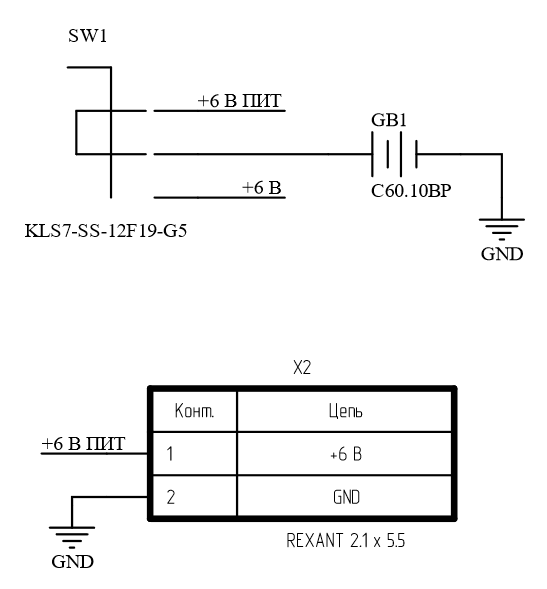


Рисунок 11. Подключение аккумулятора

Также не составит труда подключение модуля с радио-ресивером для дистанционного управления, поскольку нам лишь нужно запитать его от +5В и считать сигнал через делитель на одном из выбранных ранее GPIO. Номиналы для делителя подобраны в части 2 так, чтобы UIO27 = Uпит \* R16 / (R15 + R16), тогда напряжение составит UIO27 = 5 \* 20 \* 103 / ((10 + 20) \* 103) = 3,3 В. Схема приведена на рисунке 12.

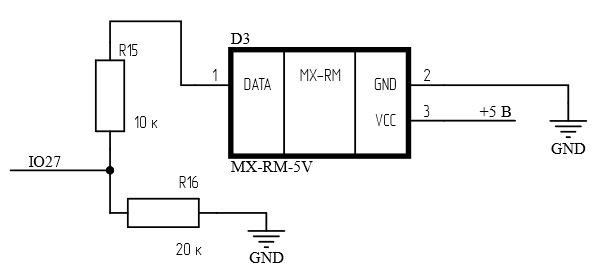


Рисунок 12. Подключение MX-RM-5V