

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Национальный исследовательский университет «МИЭТ»
Институт микроприборов и систем управления имени Л.Н. Преснухина
Информатика и вычислительная техника (09.03.01)
Индивидуальное домашнее задание по дисциплине
«Интерфейсы вычислительных систем»

Машинка на радиоуправлении

Интерфейсы вычислительных систем
Выполнил студент группы ИВТ-32 Веричев Е. О.

г. Москва

2023

Цель задания

Спроектировать машинку на радиоуправлении, отвечающую следующим требованиям:

Вариант	Серия МК	Привод движения	Привод направления	Время автономной работы, минимум	Тип радиоканала	Устройство ввода
2	ESP32	2 коллекторных двигателя	Сервопривод	20 минут	Wi-Fi	Камера

Этапы работы

- Анализ поставленного задания и разработка структурной схемы
- Выбор электронной компонентной базы (ЭКБ)
- Разработка схемы электрической принципиальной (ЭЗ)
- Презентация спроектированного устройства

Этап 1. Анализ задания

- Определить блоки, которые будут составлять устройство
- Проанализировать требования, выдвигаемые к ним
- Определить параметры аккумулятора (исходя из токов потребления и максимального напряжения)
- Выделить используемые интерфейсы

Этап 1. Блоки устройства

- Блок управления (МК ESP32-D0WDQ6-V3)
- Блок ввода (Камера OV7670/5642)
- Приемник радиосигнала (MX-RM-5V)
- Блок движения (два коллекторных двигателя F130-13180 и драйвер L298N)
- Блок направления (сервопривод MS-1.3-9 и MOSFET транзистор)
- Блок питания

Этап 1. Рабочие напряжения, выбор аккумулятора

Устройство	ESP32-D0WDQ6-V3	OV7670	MX-RM-5V	F130-13180	L298N	MS-1.3-9
Упит/Увых, В	3,3	2,5...3,3	5	5...6	5	5
Icons, мА (max)	240	22	4,5	211	36	500

- Таким образом, необходим аккумулятор, дающий на выходе напряжение не менее 6 В.
- Емкость аккумулятора должна удовлетворять неравенству:

$$T_p \leq \frac{W}{I_{\text{cons_total}}},$$

где T_p – время работы (ч), $I_{\text{cons_total}}$ – сумма токов потребления всех устройств, W – ёмкость акк. (мАч)

$$I_{\text{cons_total}} = 240 + 22 + 4,5 + (211 * 2) + 36 + 500 = 1224,5 \text{ мА}$$

Так как выдвигается требование к автономности

$$T_p = 0,333 \text{ ч, то } W \geq 0,333 * 1224,5$$

Следовательно $W \geq 407 \text{ мАч}$

Этап 1. Выбор аккумулятора

Для устройства подойдёт аккумулятор NiCd A-BLOCK C60.10BP, имеющий следующие параметры:

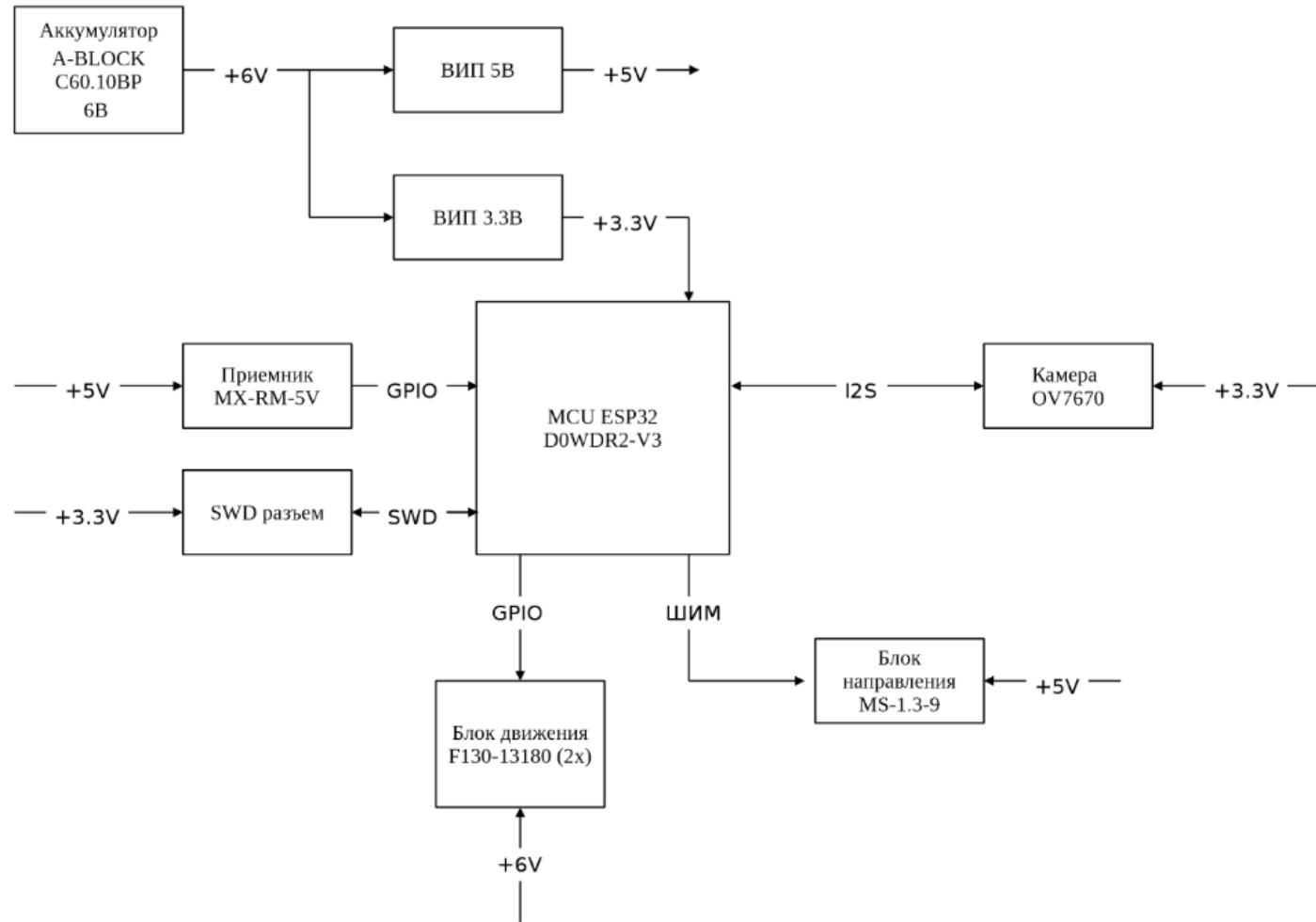
- $U_{\text{пит}} = 6 \text{ В}$
- $W = 1000 \text{ мАч}$

Ёмкости этого аккумулятора согласно формуле для времени работы T_r хватит на 48 минут автономной работы устройства, что соответствует предъявляемым требованиям.

Также потребуются ВИПы для преобразования напряжения в 5 В, а также в 3,3 В, коллекторные двигатели мы можем питать непосредственно от аккумулятора через драйвер.



Этап 1. Структурная схема, интерфейсы



Этап 2. Выбор ЭКБ. Уточнение структурной схемы

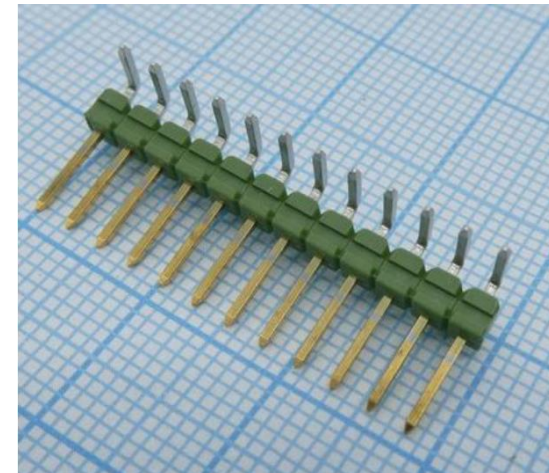
- Разъёмы и коннекторы
- Обвязка МК
- Обвязка приемника
- Камера
- Коллекторный двигатель
- Драйвер коллекторных двигателей
- Сервопривод, его обвязка
- Стабилизаторы напряжения

Этап 2. Выбор разъемов

- Разъем питания REXANT 2,1 x 5,5 мм

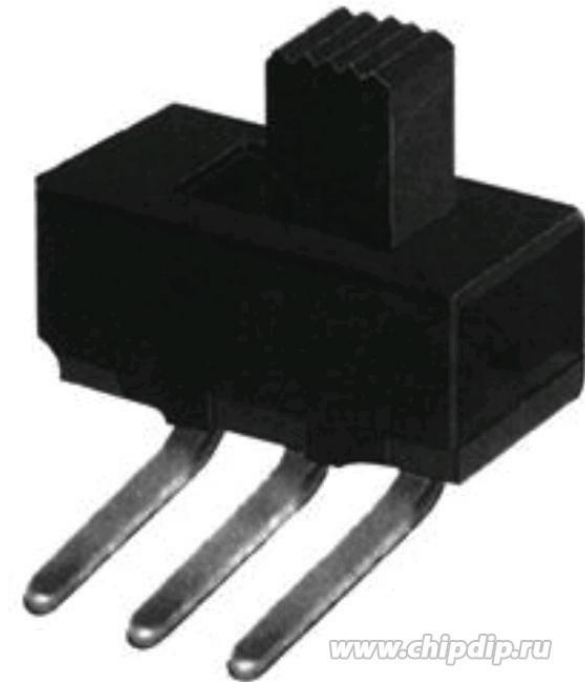


- Разъем SWD Разъем 1-825437-2
AMPMODU



Этап 2. Выбор коннекторов

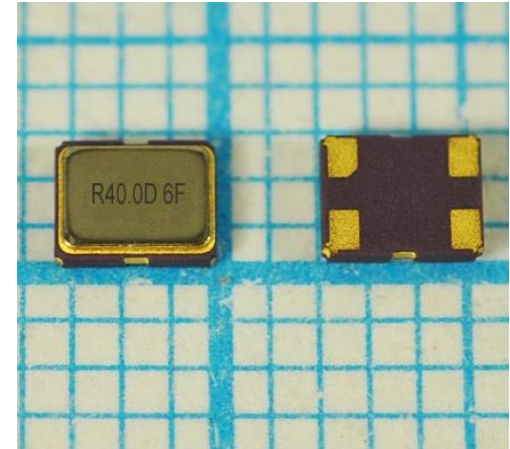
KLS7-SS-12F19-G5, переключатель
движковый, необходим для отключения
устройства на время зарядки
аккумулятора



Этап 2. Выбор обвязки МК

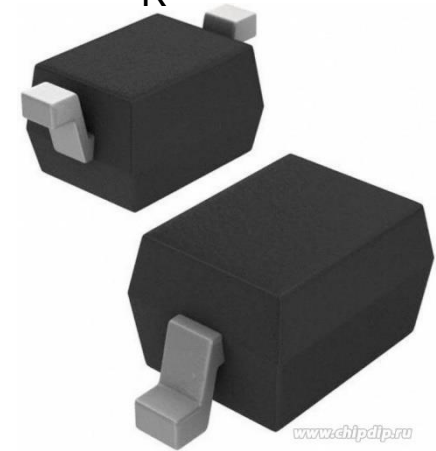
Согласно документации на модуль ESP32-S:

- Кварцевый генератор DSO321SR
(3,3 В, 40 МГц)
- Супрессор PESD3V3L1BA в цепь питания
($U_f = 3,3 \text{ В}$, $I = 2 \text{ А}$)
- Реактивные элементы для PCB-антенны
(подобраны под частоту Wi-Fi 2,4 МГц)
- Остальные активные и реактивные элементы



DSO321S

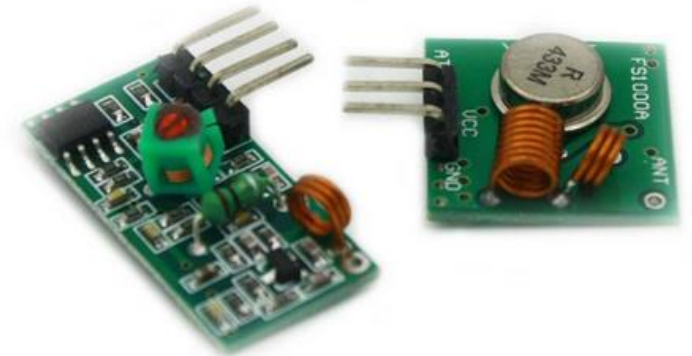
R



PESD3V3L1BA

Этап 2. Обвязка приемника МХ-РМ-5V

- Нам необходимо считывать сигнал приемника на GPIO, значит необходимо согласовать уровни (5 В на выходе приёмника и 3,3 В на входе МК)
- Для этого нам необходим делитель с коэффициентом $U_{in}/U_{out} = 5 / 3,3 = 1,5$
- Возьмем резисторы номиналом 10 кОм и 20 кОм



Этап 2. Камера OV7670

- Разрешение 640x480
- Требуется один источник питания 3,3 В
- Потребление 22 мА
- Пластиковый корпус
- Интерфейс SCCB (полностью совместим с I2S)
- Число выводов: 18
- Максимальная частота кадров: 30 fps
- Форматы вывода (1 байт):
 - Raw RGB
 - RGB (GRB 4:2:2, RGB565/555/444)
 - YUV (4:2:2)
 - YCbCr (4:2:2)

Выбранный нами МК обладает 2МБ ОЗУ, чего достаточно для буферизации изображения, так как модуль задействует:
 $640 * 480 = 307200 \text{ Б} \approx 300\text{кБ ОЗУ}$



Этап 2. Коллекторный двигатель F130-13180

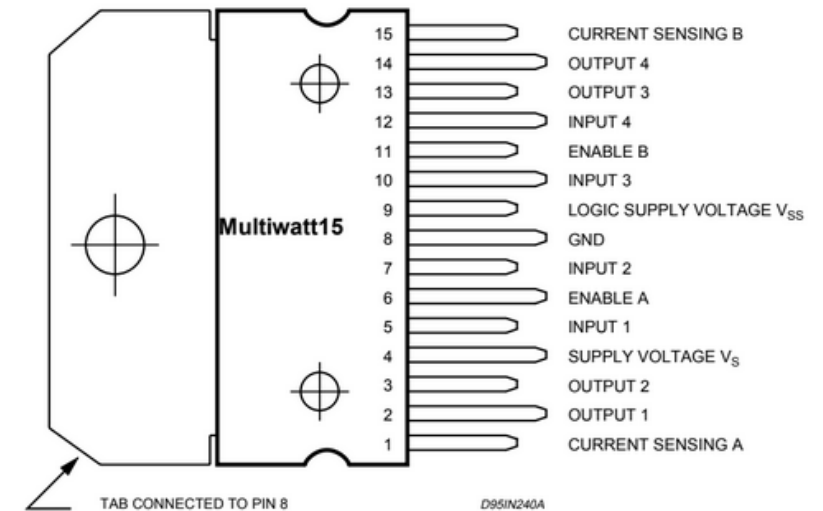
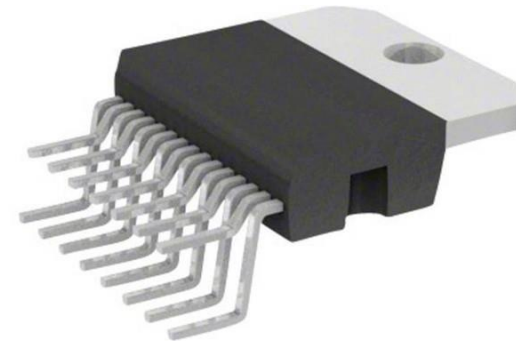
Диаметр	Вала - 2 мм
Диаметр корпуса	20.4 мм
Диапазон рабочего напряжения	1...6 В
Дополнительно	момент остановки - 60 гс см; ток остановки - 0.81 А
КПД	57.9%
Мощность	0.61 Вт
Номинальное напряжение	5 В
Под нагрузкой	Скорость - 4800 об/мин; ток - 0.211 А;
Тип	коллекторный электродвигатель постоянного тока
Холостой ход	6050 об/мин; ток х.х.- 0.055 А
Вес, г	69



Этап 2. Драйвер L298N

Обозначение	Параметр	Значение
Us, В	Напряжение питания	до 50
Uss, В	Напряжение питание логики	5 ... 7
Uin, Uen, В	Входное напряжение, разрешающее напряжение	-0,3 ... 7
Icons, мА	Ток потребления (логики)	0 ... 36

Подключение будем осуществлять согласно спецификации. Необходимо использовать указанные реактивные элементы, а так же диоды ($U_{пр} \leq 1,2$, $I_{пр} = 2$ А).



Этап 2. Сервопривод MS-1.3-9, его обвязка

- Диапазон вращения: 180° ;
- Напряжение питания: 4,8 ... 6 В;
- Ток потребления: до 0,5 А
- Крутящий момент: 1,3 кг.см (4,8 В);
- Скорость вращения: 60° за 0.12 (4.8 В);
- Направление: CCW (против часовой стрелки);
- Материал шестерней: нейлон;
- Материал корпуса: пластик;
- Длина проводов: 20 см;
- Габариты: 23,2 x 12,5 x 22 мм;

Для управления двигателем в цепи 5 В будем использовать АО3480А N-MOSFET 30В.

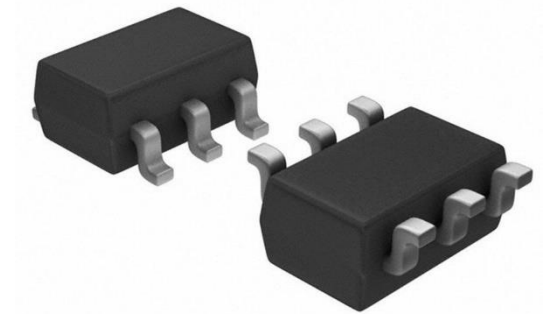
- Пороговое $U_g = 1,5$ В (взято с запасом в 2 раза – 3,3 В на выходе GPIO),
- Максимальный $I_{ds} = 5,7$ А (взят с запасом 11,4 раза, так как максимальный ток в цепи двигателя достигает 0,5 А)



Этап 2. Стабилизаторы напряжения

TPS54202	
Вх. напр., В	4,5 ... 28
Вых. напр., В	до 12
Выходной ток, А	до 2
КПД, %	90±5

Данный стабилизатор будет использоваться для питания МК и камеры, поэтому значение допустимого тока нагрузки не превышено (262 мА)



www.chipdip.ru

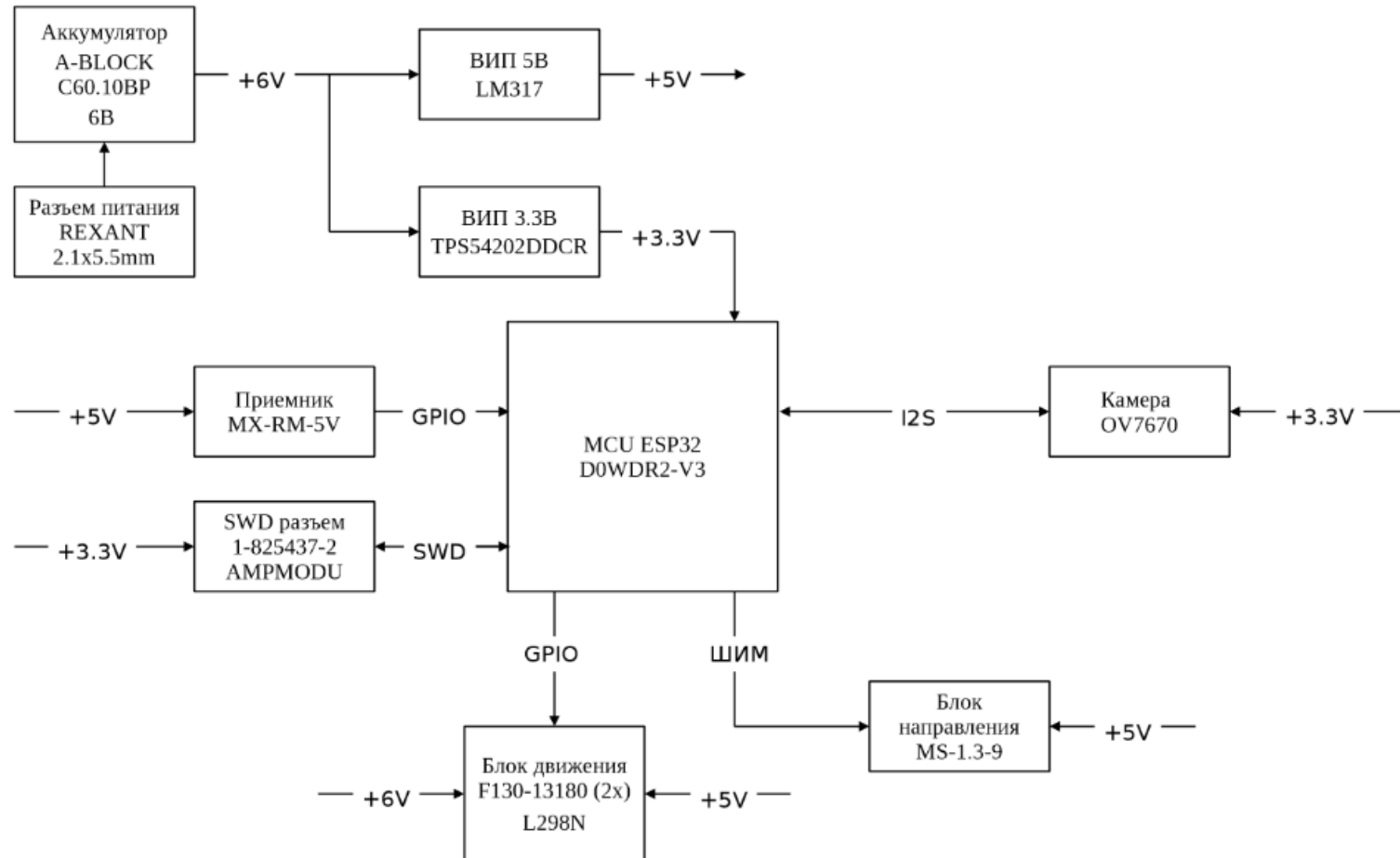
LM317	
Разница вх. и вых. Напр., В	40
Вых. напр., В	1,2 ... 37
Выходной ток, А	до 2,2
КПД, %	83

Данный стабилизатор будет использоваться для питания драйвера, приемника и сервопривода, здесь мы также укладываемся в ограничение тока нагрузки (540 мА)



www.chipdip.ru

Этап 2. Уточненная структурная схема



Этап 3. Разработка схемы ЭЗ

- Подключение обвязки МК, определение допустимых задействованных пинов
- Расчет и подключение ВИПа 5 В
- Расчет и подключение ВИПа 3,3 В
- Подключение камеры и SWD-разъема
- Подключение двигателей
- Подключение ресивера MX-RM-5V
- Подключение аккумулятора

Этап 3. Подключение обвязки МК, выбор пинов

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

1) Подключим (по спецификации ESP32-S) кварцевый генератор, антенну (номиналы элементов подобраны под частоту 2,4 ГГц), аналогичные реактивные элементы.

2) Подключим SWD и конфигурационные пины для выбора режима работы МК:

- **IO0 low(0), IO2 low(0)** – загрузка прошивки.
- **IO0 high(1), IO2 any** – использование загруженной прошивки.

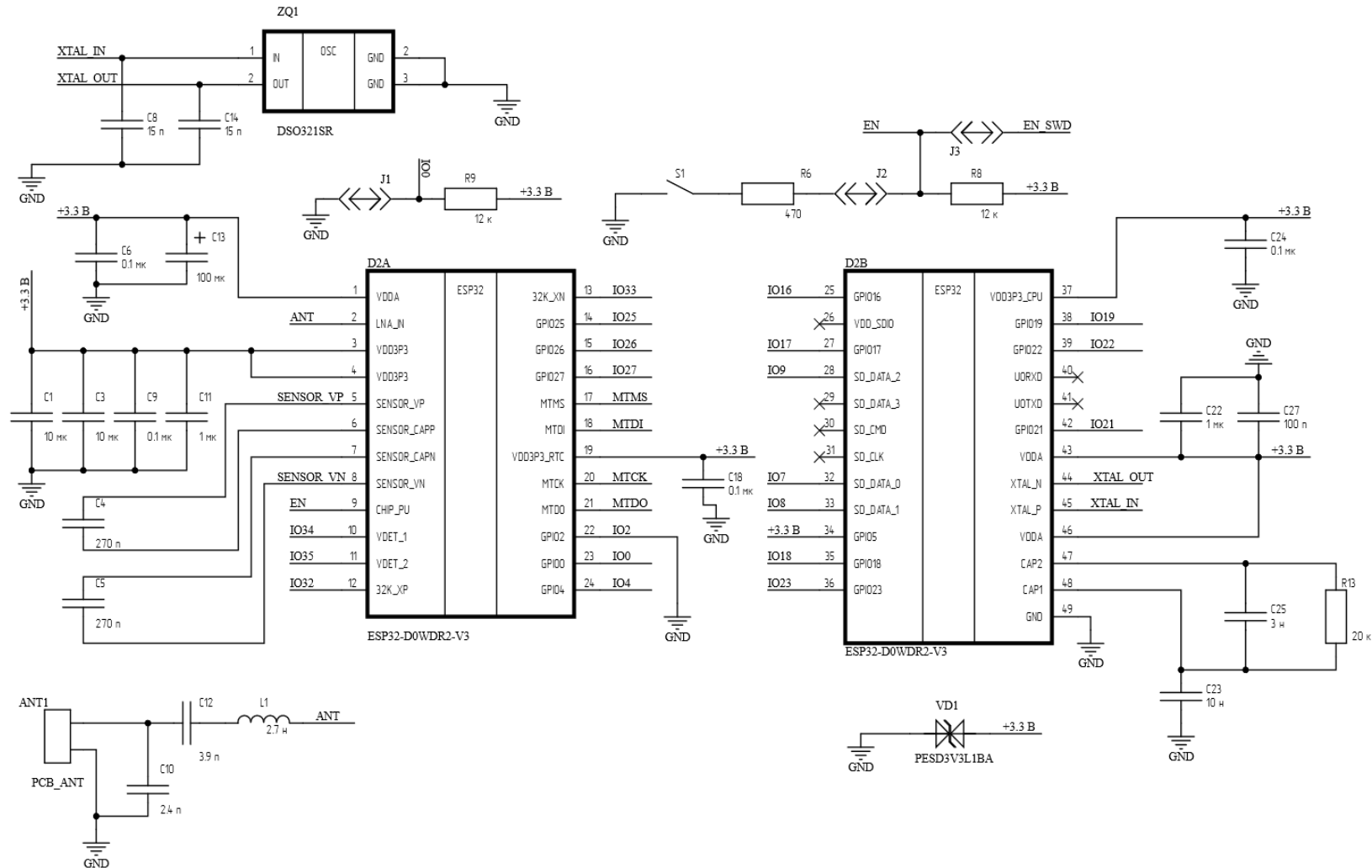
Т.е. подключим GPIO0 через кнопку к 3,3 В, поставим джампер на GND.

- **IO5 high(1)** и **MTDO low(0)** – SDIO fall-in/rise-out
 - **IO5 high(1)** и **MTDO high(1)** – SDIO rise-in/rise-out
- Т.е. подтянем IO5 к +3,3 В.

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

3) Выбираем любые свободные для камеры, сервопривода и двигателей, так как все GPIO поддерживают I2S интерфейс и ШИМ.

Этап 3. Подключение обвязки МК

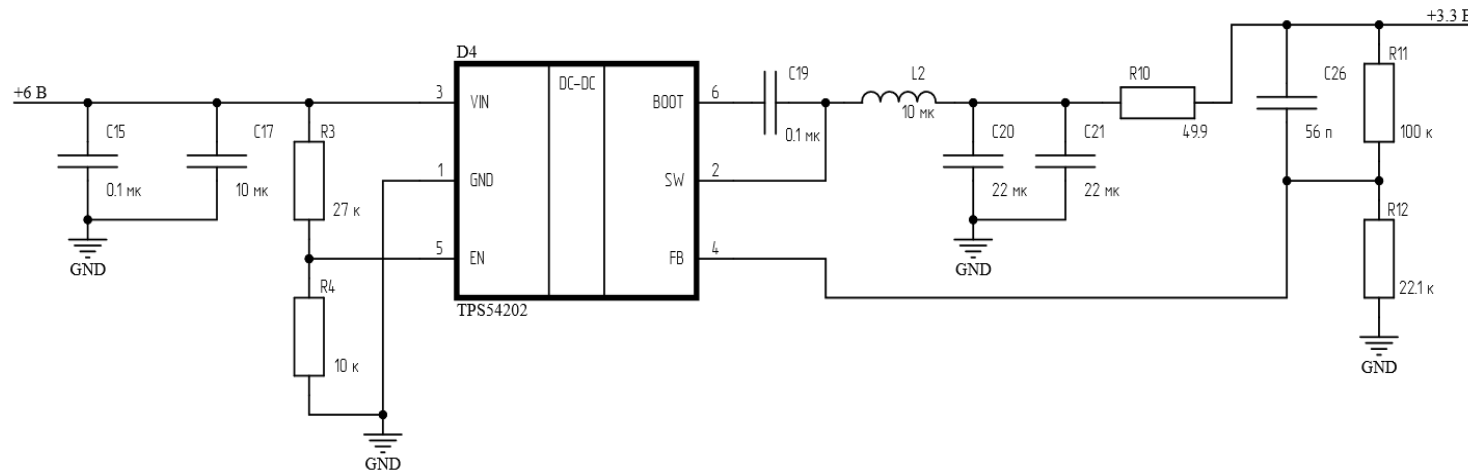


Этап 3. Расчет и подключение ВИПа 5 В

- $U_{ref} = 0,596 \text{ B}$
- $R_{11} = 100 \text{ k}\Omega$
- $U_{in} = 6 \text{ B}$
- $U_{out} = 3,3 \text{ B}$
- $R_{12} = \frac{R_{11} \cdot U_{ref}}{U_{out} - U_{ref}} = \frac{100 \cdot 10^3 \cdot 0,596}{3,3 - 0,596} \approx 21.1 \text{ k}\Omega$

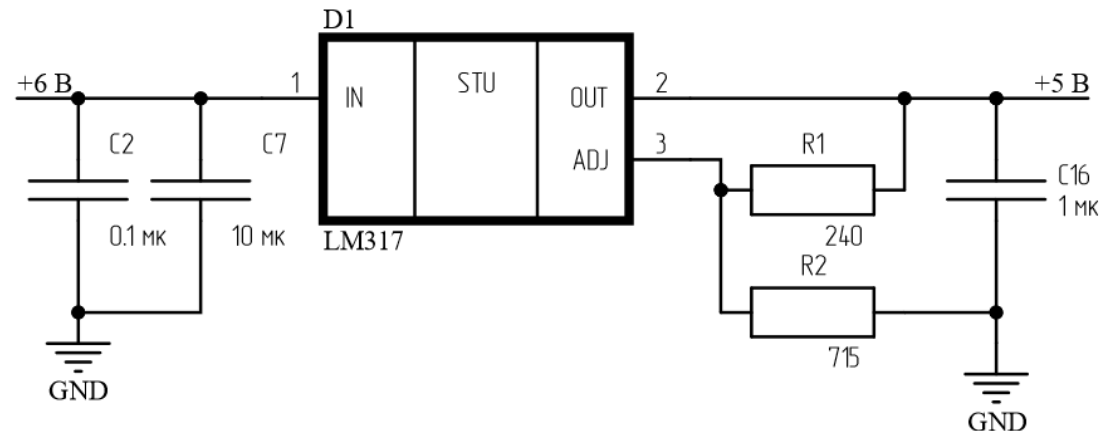
(из номиналов E96)

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

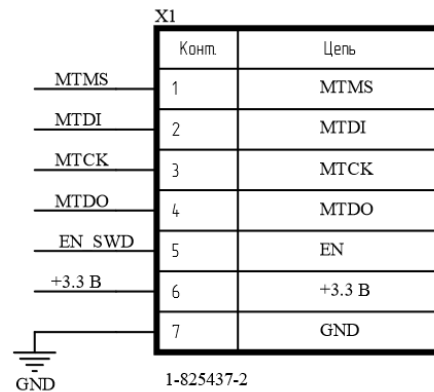
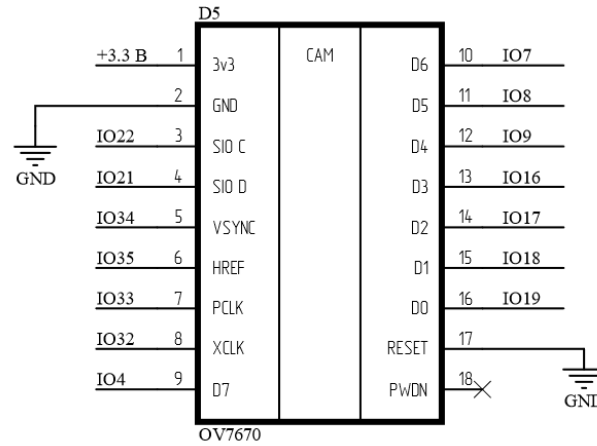


Этап 3. Расчет и подключение ВИПа 3 В

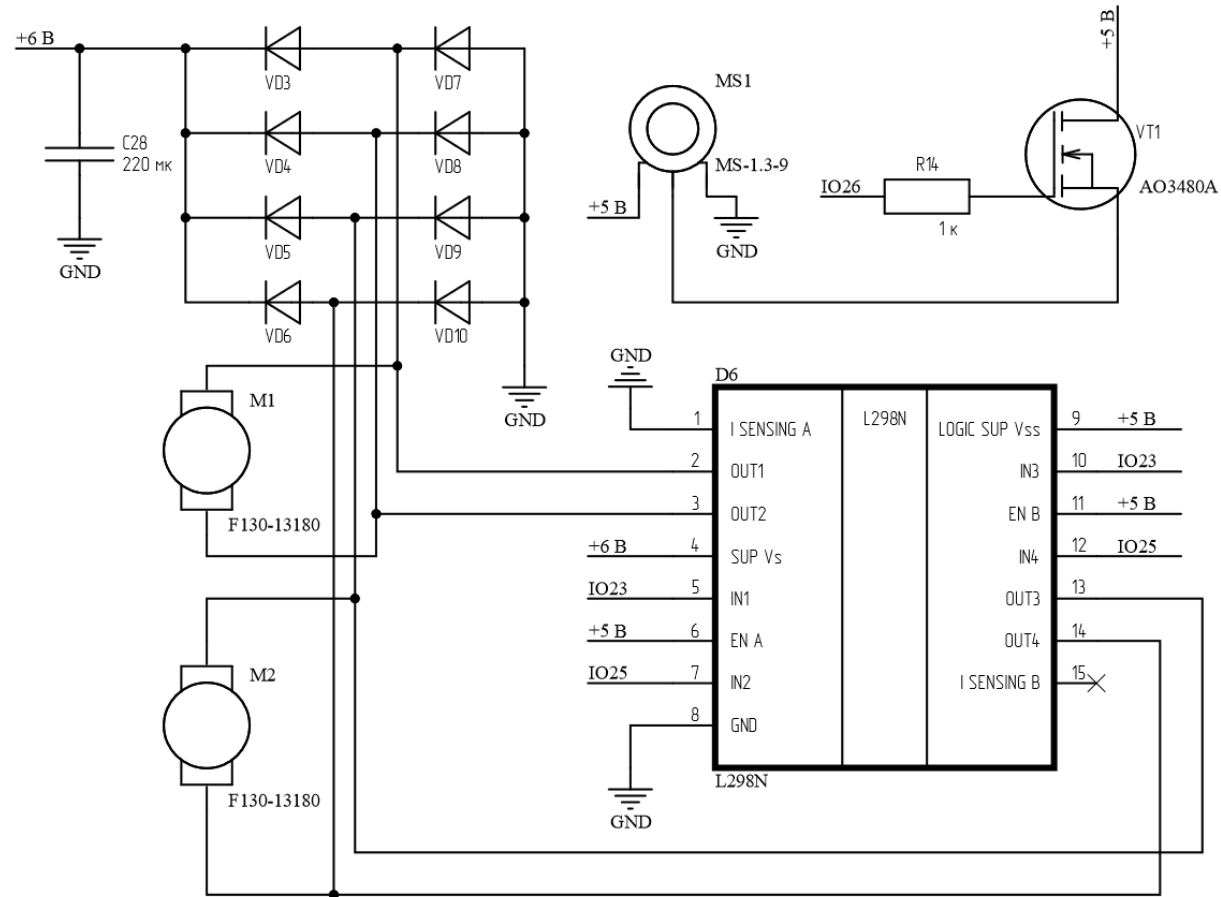
- $U_{ref} = 1,25 \text{ В}$
- $R1 = 240 \text{ Ом}$
- $U_{in} = 6 \text{ В}$
- $U_{out} = 5 \text{ В}$
- $I_{adj} = 100 \text{ мкА}$
- $U_{out} = U_{ref} \left(1 + \frac{R2}{R1}\right) + I_{adj} * R2$
- $R2 = 715 \text{ Ом}$ (из номиналов E96)
- Для фильтрации конденсаторы



Этап 3. Подключение камеры и SWD-разъема



Этап 3. Подключение двигателей

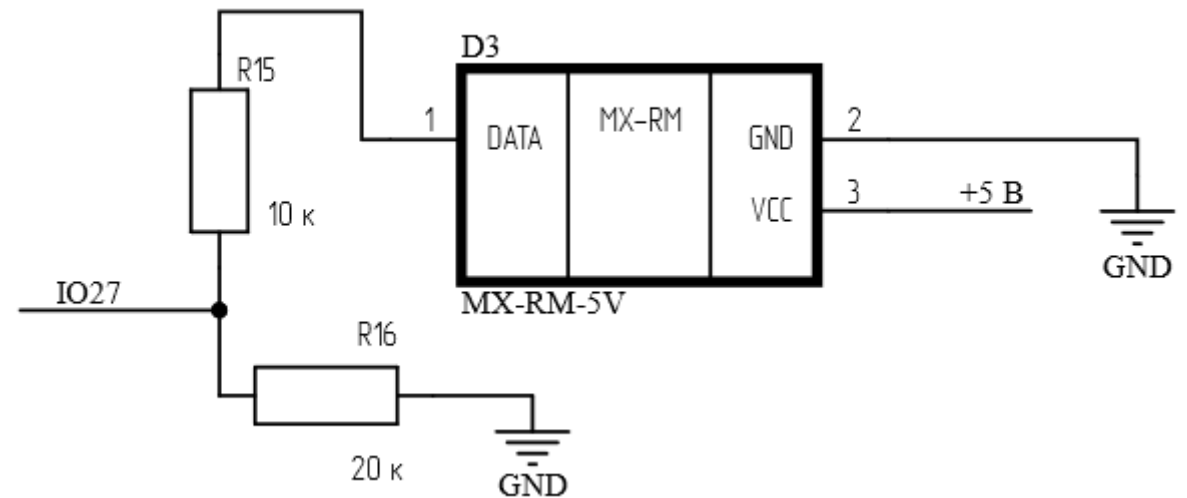


Этап 3. Подключение ресивера

Подключение ресивера произведем через делитель напряжения для согласования уровня его выходного сигнала с уровнем входного сигнала на GPIO МК:

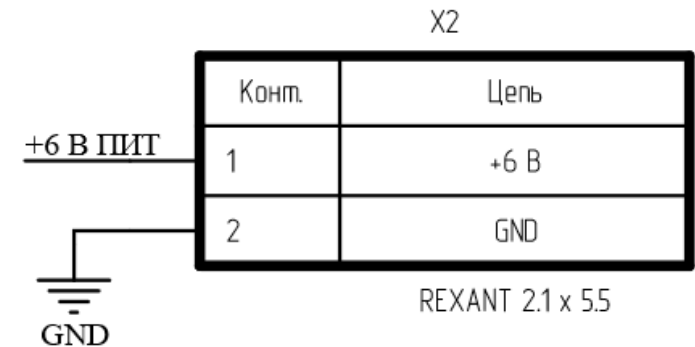
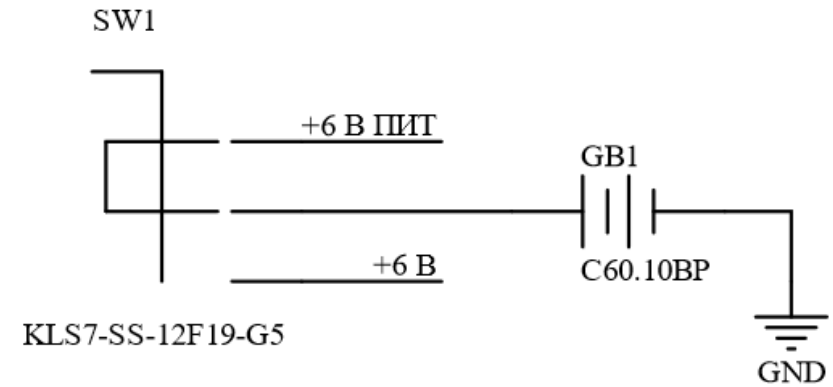
$$U_{IO27} = U_{\text{пит}} * R_{16} / (R_{15} + R_{16})$$

$$U_{IO27} = 5 * 20 * 10^3 / ((10 + 20) * 10^3) = 3,3 \text{ В}$$



Этап 3. Подключение аккумулятора

Аккумулятор подключим через подвижный переключатель, для выбора режима зарядки (устройство отключено) и режима питания устройства (устройство включено).



Заключение

Было разработано электронное устройство машинка на радиоуправлении, отвечающее всем выдвинутым требованиям.

Характеристики:

- Время автономной работы до 40 минут
- Передача изображения по Wi-Fi в разрешении 640x480 с частотой до 30 fps
- Дальность передачи радиосигнала до 100 м
- Возможность заряда аккумулятора при исчерпании заряда, отказ от использования щелочных батареек



Благодарю за внимание!