

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого  
Институт машиностроения, материалов и транспорта  
Высшая школа автоматизации и робототехники

## ОТЧЁТ

по курсовой работе

Дисциплина: Программирование микроконтроллеров для управления  
роботами

Тема: Разработка материнской платы

Студент гр. 3331506/70401

<подпись>

Я. А. Шкабара

Преподаватель

<подпись>

Д. А. Капустин

«    » \_\_\_\_\_ 2021 г.

Санкт-Петербург

2021

## СОДЕРЖАНИЕ

Задание на курсовую работу .....	3
Структура материнской платы .....	4
1 Преобразователь напряжения .....	5
1.1 Описание микросхемы TPS54360BDDA .....	5
1.2 Расчет частоты переключений транзистора и резистора на выводе RT/CLK.....	7
1.3 Расчет минимальной индуктивности и пикового тока через неё...	8
1.4 Расчет емкости выходного конденсатора.....	9
1.5 Расчет емкости входного конденсатора .....	10
1.6 Выбор конденсатора на выводе BOOT .....	10
1.7 Расчет резисторов на выводе FB .....	10
1.8 Расчет компенсирующих компонентов .....	11
1.9 Выбор защитных компонентов.....	13
2 Преобразователь интерфейсов UART – RS-232 .....	14
2.1 Описание микросхемы MAX3221ECDB .....	14
2.2 Выбор элементов обвязки MAX3221ECDB .....	16
3 Преобразователь интерфейсов USB – UART.....	18
3.1 Описание микросхемы CP2103-GM.....	18
3.2 Выбор элементов обвязки CP2103-GM .....	20
4 Датчик температуры .....	22
5 Пьезодинамик .....	24
6 Разъемы .....	25
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ .....	26

### **Задание на курсовую работу**

Разработать материнскую плату на базе компьютера Raspberry Pi 4. Плата должна обмениваться данными с платой управления через интерфейс RS-232, а также должна быть оснащена следующими разъемами для подключения внешних устройств:

1. HDMI (2 штуки);
2. Слот под SD-карту;
3. USB 2.0 (2 штуки);
4. Ethernet 100 Mb.

Кроме того, на плате должны быть установлены датчик температуры и динамик и реализован вывод отладочной информации с Raspberry Pi 4 через UART.

Питание платы осуществляется от напряжения 24 В.

## Структура материнской платы

При разработке платы было принято решение использовать готовый модуль Raspberry Pi 4 Model B [1], поскольку он обладает требуемыми по заданию разъемами.

Поскольку Raspberry Pi 4 питается от напряжения 5 В при силе тока 3 А, необходим DC/DC преобразователь 24/5 В. Этот преобразователь реализован на базе схемы TPS54360BDDA [2].

В Raspberry Pi 4 нет встроенного интерфейса RS-232, поэтому используется преобразователь UART–RS-232 на базе схемы MAX3221ECDB [3].

Для возможности получения отладочной информации другим компьютером, используется преобразователь USB-UART на базе микросхемы CP2103-GM [4]

Используется датчик температуры HDC1080DMBR [5], поскольку он питается от напряжения 3.3 В, что является выходным напряжением для пинов Raspberry Pi 4.

В качестве динамика используется PKLCS1212E4001 [6], так как он крепится на плате поверхностным монтажом.

## 1 Преобразователь напряжения

### 1.1 Описание микросхемы TPS54360BDDA

TPS54360BDDA – это понижающий преобразователь напряжения со встроенным МОП-транзистором. Характеристики микросхемы представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристики микросхемы TPS54360BDDA

Параметр		Значение
$V_{IN}$	Входное напряжение, В	От 4.5 до 60
$V_{OUT}$	Выходное напряжение, В	От 0.8 до 58.8*
$I_{SW}$	Номинальный ток, А	3.5
$F_{SW}$	Частота переключения, МГц	От 0.1 до 2.5
$T_J$	Рабочая температура, °C	От -40 до 150

\* Выходное напряжение должно превышать входное

На рисунке 1 представлена схема микросхемы TPS54360BDDA в корпусе HSOIC-8 с указанием выводов.

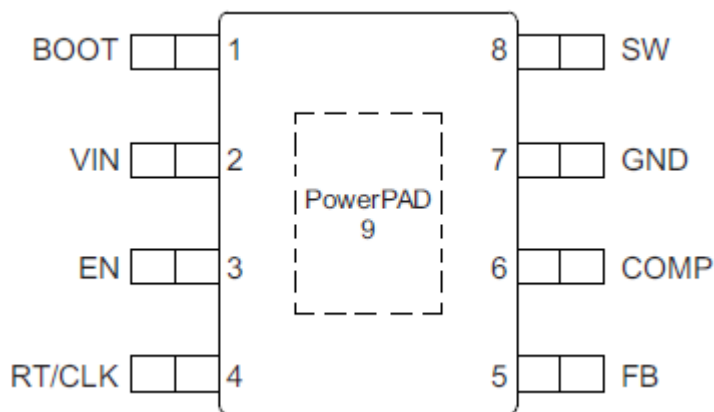


Рисунок 1 – Расположение выводов микросхемы TPS54360BDDA

Назначение каждого из выводов описано в таблице 2.

Таблица 2 – Описание выводов микросхемы TPS54360BDDB

Вывод	Название	Описание
1	BOOT	Между BOOT и SW требуется конденсатор. Если напряжение на этом конденсаторе ниже минимума, необходимого для работы МОП-транзистора, выход отключается до тех пор, пока конденсатор не обновится.
2	V <sub>IN</sub>	Входное напряжение питания.
3	EN	Контакт включения с подтяжкой вверх. Для отключения необходимо опустить напряжение на этом контакте ниже 1.2 В.
4	RT/CLK	Резистор, подключенный к этому выводу, определяет частоту переключения транзистора.
5	FB	К этому выводу подключается делитель напряжения, задающий выходное напряжение.
6	COMP	К этому выводу подключаются компоненты частотной компенсации.
7	GND	Земля.
8	SW	Исток полевого транзистора.
9	PowerPAD	Термопад, предназначенный для более качественного охлаждения микросхемы.

На рисунке 2 изображена микросхема TPS54360BDDA с элементами обвязки.

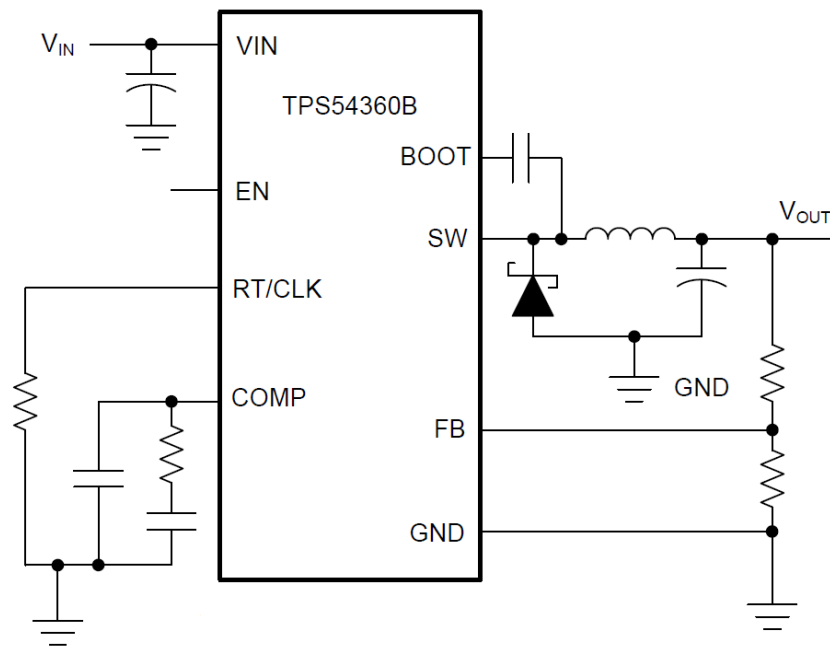


Рисунок 2 – Элементы обвязки микросхемы TPS54360BDDA

## 1.2 Расчет частоты переключений транзистора и резистора на выводе RT/CLK

Максимальная частота переключений транзистора  $f_{SW(max)}$ , Гц определяется по формуле

$$f_{SW(max)} = \frac{1}{t_{ON}} \cdot \left( \frac{I_{OUT} \cdot R_{dc} + V_{OUT} + V_d}{V_{IN} - I_{OUT} \cdot R_{DS(ON)} + V_d} \right), \quad (1)$$

где  $t_{ON}$  – минимальное время включения, с;  $I_{OUT}$  – сила тока на выходе, А;  $R_{dc}$  – сопротивление катушки индуктивности, Ом;  $V_{OUT}$  – напряжение на выходе, В;  $V_d$  – падение напряжения на диоде, В;  $V_{IN}$  – напряжение на входе, В;  $R_{DS(ON)}$  – сопротивление транзистора, Ом.

Согласно документации на микросхему  $t_{ON} = 135$  нс,  $R_{DS(ON)} = 92$  мОм.

Выбираем катушку XAL1510-682МЕВ ( $R_{dc} = 4.17$  мОм,  $L = 6.8$  мкГн) и диод SL43-E3/57T ( $V_d = 0.42$  В).

Из требований к питанию платы и Raspberry Pi 4 Model B  $I_{OUT} = 3 \text{ A}$ ,  $V_{OUT} = 5 \text{ В}$ ,  $V_{IN} = 24 \text{ В}$ .

По формуле (1) получаем

$$f_{SW(max)} = \frac{1}{135 \cdot 10^{-9}} \cdot \left( \frac{3 \cdot 4.17 \cdot 10^{-3} + 5 + 0.42}{24 - 3 \cdot 92 \cdot 10^{-3} + 0.42} \right) = 1.67 \text{ МГц}$$

Выбираем частоту переключений  $f_{SW} = 1.5 \text{ МГц}$ .

Сопротивление резистора на выводе RT/CLK  $R_{RT/CLK}$ , кОм можно рассчитать из выражения

$$R_{RT/CLK} = \frac{101756}{(f_{SW}(\text{кГц}))^{1.008}} \quad (2)$$

Подставляя значения в формулу (2), получаем

$$R_{RT/CLK} = \frac{101756}{(1500)^{1.008}} = 64.0 \text{ кОм}$$

Выбираем резистор RC0603FR-0768KL номиналом 68 кОм.

### 1.3 Расчет минимальной индуктивности и пикового тока через неё

Минимальную индуктивность  $L_{min}$ , Гн можно определить из формулы

$$L_{min} = \frac{V_{IN} - V_{OUT}}{I_{OUT} \cdot K_{IND}} \cdot \frac{V_{OUT}}{V_{IN} \cdot f_{SW}}, \quad (3)$$

где  $K_{IND}$  – отношение пульсаций тока индуктивности к максимальному входному току.

В документации к микросхеме рекомендуется принять  $K_{IND} = 0.3$ . Тогда, по формуле (3)

$$L_{min} = \frac{24 - 5}{3 \cdot 0.3} \cdot \frac{5}{24 \cdot 1.5 \cdot 10^6} = 2.9 \text{ мкГн}$$

Емкость ранее выбранной катушки превышает минимальную, поэтому оставляем её.

Пульсации тока в индуктивности определяются по формуле

$$I_{RIPPLE} = \frac{V_{IN} - V_{OUT}}{L} \cdot \frac{V_{OUT}}{V_{IN} \cdot f_{SW}} \quad (4)$$



Подставив значения в формулу (4), получаем

$$I_{RIPPLE} = \frac{24 - 5}{6.8 \cdot 10^{-6}} \cdot \frac{5}{24 \cdot 1.5 \cdot 10^6} = 0.388 \text{ A}$$

Пиковый ток через катушку индуктивности  $I_{L(peak)}$ , А может быть рассчитан по формуле

$$I_{L(peak)} = I_{OUT} + \frac{I_{RIPPLE}}{2} \quad (5)$$

Подставим численные значения в формулу (5)

$$I_{L(peak)} = 3 + \frac{0.388}{2} = 3.194 \text{ A}$$

Полученное значение ниже тока насыщения  $I_{SAT}$ , А катушки XAL1510-682МЕВ ( $I_{SAT} = 36 \text{ A}$ ), поэтому оставляем выбранную ранее катушку.

#### 1.4 Расчет емкости выходного конденсатора

Емкость выходного конденсатора  $C_{OUT}$ , Ф можно рассчитать по формуле

$$C_{OUT} = \frac{1}{8 \cdot f_{SW}} \cdot \frac{I_{RIPPLE}}{V_{OUT.RIPPLE}}, \quad (6)$$

где  $V_{OUT.RIPPLE}$  – пульсация напряжения на выходе, В.

Примем  $V_{OUT.RIPPLE}$  равным 1% от выходного напряжения. Подставив значения в формулу (6), получаем.

$$C_{OUT} = \frac{1}{8 \cdot 1.5 \cdot 10^6} \cdot \frac{0.388}{5 \cdot 0.01} = 0.65 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}$$

Согласно руководству, эквивалентное последовательное сопротивление конденсатора  $R_{ESR}$ , Ом должно быть ниже, чем величина, равная отношению пульсации напряжения на выходе к пульсации тока в индуктивности.

$$R_{ESR} < \frac{5 \cdot 0.01}{0.388} = 0.129 \text{ Ом} \quad (7)$$

Выбираем неполярный конденсатор СС0805KKX7R6ВВ106 (10 В, 10 мкФ), поскольку они обладают низким эквивалентным сопротивлением.

### 1.5 Расчет емкости входного конденсатора

Для TPS54360BDDA требуется входной конденсатор с эффективной емкостью не ниже 3 мкФ. Номинальный ток пульсации конденсатора должен превышать максимальную пульсацию входного тока  $I_{CIN(rms)}$ , А которую можно рассчитать по формуле

$$I_{CIN(rms)} = I_{OUT} \cdot \sqrt{\frac{V_{OUT}}{V_{IN}} \cdot \frac{V_{IN} - V_{OUT}}{V_{IN}}} \quad (8)$$

Подставим численные значения в формулу (8)

$$I_{CIN(rms)} = 3 \cdot \sqrt{\frac{5}{24} \cdot \frac{24 - 5}{24}} = 1.22 \text{ A}$$

Установим параллельно 3 конденсатора 293D106X9050E2TE3 (10 мкФ, 50 В) с током пульсации 0.45 А.

### 1.6 Выбор конденсатора на выводе BOOT

Керамический конденсатор емкостью 0.1 мкФ должен быть подключен между выводами BOOT и SW. Рекомендуется использовать керамический конденсатор с диэлектриком не хуже X5R.

Выбираем конденсатор CC0402KRX5R8BB104 (0.1 мкФ, 25 В).

### 1.7 Расчет резисторов на выводе FB

Делитель напряжения состоит из двух резисторов:  $R_{HS}$  (между выводами SW и FB) и  $R_{LS}$  (между GND и FB). Сопротивления этих резисторов связаны между собой следующим уравнением

$$R_{HS} = R_{LS} \cdot \frac{V_{OUT} - 0.8}{0.8} \quad (9)$$

Выбираем резистор AA1218FK-0710K2L с сопротивлением 10.2 кОм на место  $R_{LS}$ .

Подставим значения в формулу (9)

$$R_{HS} = 10.2 \cdot 10^3 \cdot \frac{5 - 0.8}{0.8} = 53.6 \text{ кОм}$$

Выбираем резистор AA1218FK-0753K6L с сопротивлением 53.6 кОм на место  $R_{HS}$ .

### 1.8 Расчет компенсирующих компонентов

К компенсирующим компонентам относятся резистор R4 и конденсаторы C8 и C9, изображенные на рисунке 3.

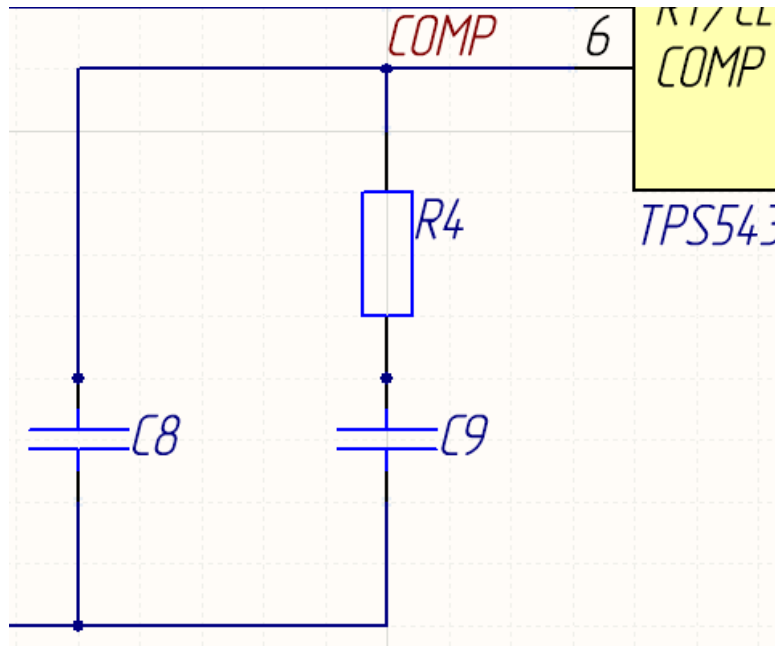


Рисунок 3 – Компенсирующая цепь

Для расчета компенсирующих компонентов необходимо рассчитать несколько частот по следующим выражениям

$$f_{P(mod)} = \frac{I_{OUT}}{2 \cdot \pi \cdot V_{OUT} \cdot C_{OUT}} \quad (10)$$

$$f_{Z(mod)} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot R_{ESR} \cdot C_{OUT}} \quad (11)$$

$$f_{CO} = \sqrt{f_{P(mod)} \cdot f_{Z(mod)}} \quad (12)$$

$$f_{CO} = \sqrt{f_{P(mod)} \cdot \frac{f_{SW}}{2}} \quad (13)$$

Подставим значения в формулы (10–13). Для  $f_{CO}$  выбирается меньшее значение, среди полученных по формулам (12) и (13).

$$f_{P(mod)} = \frac{3}{2 \cdot \pi \cdot 5 \cdot 10 \cdot 10^{-6}} = 9.6 \text{ кГц}$$

$$f_{Z(mod)} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 0.129 \cdot 10 \cdot 10^{-6}} = 123.5 \text{ кГц}$$

$$f_{CO} = \sqrt{9.6 \cdot 123.5} = 84.6 \text{ кГц}$$

$$f_{CO} = \sqrt{9.6 \cdot \frac{1500}{2}} = 34.4 \text{ кГц}$$

Сопротивление резистора R4 можно найти по формуле

$$R4 = \frac{2 \cdot \pi \cdot f_{CO} \cdot C_{OUT}}{gmps} \cdot \frac{V_{OUT}}{V_{REF} \cdot gmea}, \quad (14)$$

где  $gmps = 12 \text{ А/В}$ ;  $V_{REF} = 0.8 \text{ В}$ ;  $gmea = 350 \text{ мкА/В}$ .

Подставим численные значения в формулу (14)

$$R4 = \frac{2 \cdot \pi \cdot 34.4 \cdot 10^3 \cdot 10 \cdot 10^{-6}}{12} \cdot \frac{5}{0.8 \cdot 350 \cdot 10^{-6}} = 3.2 \text{ кОм}$$

Выбираем резистор RC0603FR-073K3L номиналом 3.3 кОм.

Емкость конденсатора C9 можно рассчитать по формуле

$$C9 = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot R4 \cdot f_{P(mod)}} \quad (15)$$

Подставим значения в формулу (15)

$$C9 = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 3.3 \cdot 10^3 \cdot 9.6 \cdot 10^3} = 5.1 \text{ нФ}$$

Выбираем конденсатор CC0603KRX7R9BB103 номиналом 10 нФ.

Емкость конденсатора C8 рассчитывается по формулам (16) и (17), затем выбирается большее из полученных значений

$$C8 = \frac{R_{ESR} \cdot C_{OUT}}{R4} \quad (16)$$

$$C8 = \frac{1}{\pi \cdot R4 \cdot f_{SW}} \quad (17)$$

Подставим значения в формулы (16) и (17)

$$C8 = \frac{0.129 \cdot 10 \cdot 10^{-6}}{3.3 \cdot 10^3} = 3.9 \cdot 10^{-10} \text{ Ф}$$

$$C8 = \frac{1}{\pi \cdot 3.3 \cdot 10^3 \cdot 1500 \cdot 10^3} = 6.4 \cdot 10^{-11} \text{ Ф}$$

Выбираем конденсатор CC0603KRX7R9BB102 емкостью 1 нФ.

### 1.9 Выбор защитных компонентов

Для защиты от повышенного напряжения при переходных процессах, а также от электростатического разряда, на входе питания устанавливается двунаправленная диодная сборка 8.0SMDJ45CA с напряжением стабилизации 45 В.

Для нивелирования скачков напряжения при подаче питания на Raspberry Pi 4 устанавливаем два конденсатора CC1210KRX5R5BB227 номиналом 220 мкФ каждый.

## 2 Преобразователь интерфейсов UART – RS-232

### 2.1 Описание микросхемы MAX3221ECDB

MAX3221ECDB – преобразователь UART – RS-232 с одним передатчиком и одним приемником, способный передавать данные со скоростью до 250 кб/с.

Основные характеристики микросхемы MAX3221ECDB представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Характеристики микросхемы TPS26600

Параметр	Значение
Входное напряжение $V_{CC}$ , В	3 ... 5.5
Высокий логический уровень, В	> 2 (при $V_{CC} = 3.3$ В) > 2.4 (при $V_{CC} = 5.0$ В)
Низкий логический уровень, В	< 0.8
Рабочая температура, °C	0 ... 70

На рисунке 4 представлена схема микросхемы MAX3221ECDB в корпусе SSOP-16 с указанием выводов.

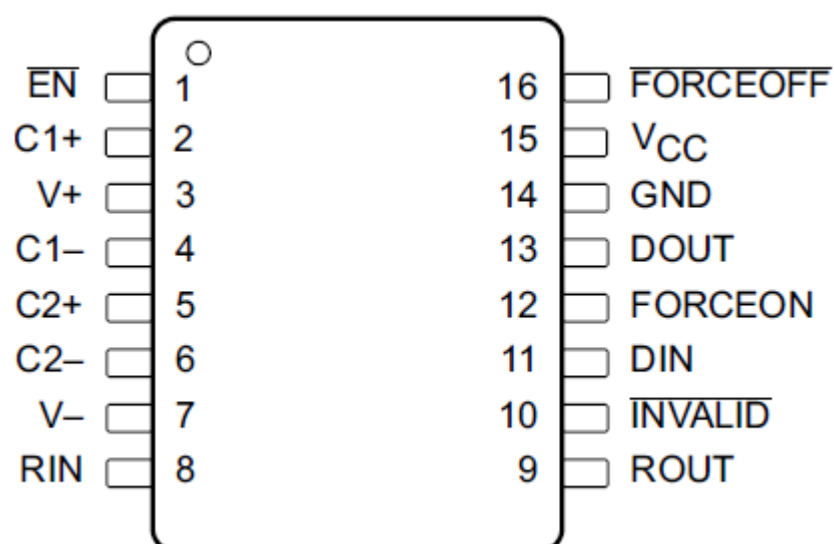


Рисунок 4 – Расположение выводов микросхемы MAX3221ECDB

Назначение каждого из выводов микросхемы описано в таблице 4.

Таблица 4 – Описание выводов микросхемы MAX3221ECDB

Вывод	Название	Описание
1	$\overline{EN}$	Низкое напряжение на этом выводе делает активным вывод приемника <i>ROUT</i> .
2, 5	<i>CI+</i> , <i>C2+</i>	Положительные выводы удвоителей напряжения зарядового насоса.
3	<i>V+</i>	Питание 5.5 В, создаваемое зарядовым насосом.
4, 6	<i>CI-</i> , <i>C2-</i>	Отрицательные выводы удвоителей напряжения зарядового насоса.
7	<i>V-</i>	Питание -5.5 В, создаваемое зарядовым насосом.
8	<i>RIN</i>	Вход приемника <i>RS-232</i>
9	<i>ROUT</i>	Выход приемника.
10	$\overline{INVALID}$	На этом выводе низкий уровень, когда на <i>RIN</i> нет сигнала.
11	<i>DIN</i>	Вход передатчика.
12	<i>FORCEON</i>	Вход управления автоматическим отключением питания
13	<i>DOUT</i>	Выход передатчика <i>RS-232</i> .
14	<i>GND</i>	Земля.
15	<i>V<sub>CC</sub></i>	Напряжение питания от 3 до 5.5 В.
16	$\overline{FORCEOFF}$	Вход управления автоматическим отключением питания.

Схема типового применения микросхемы MAX3221ECDB изображена на рисунке 5.

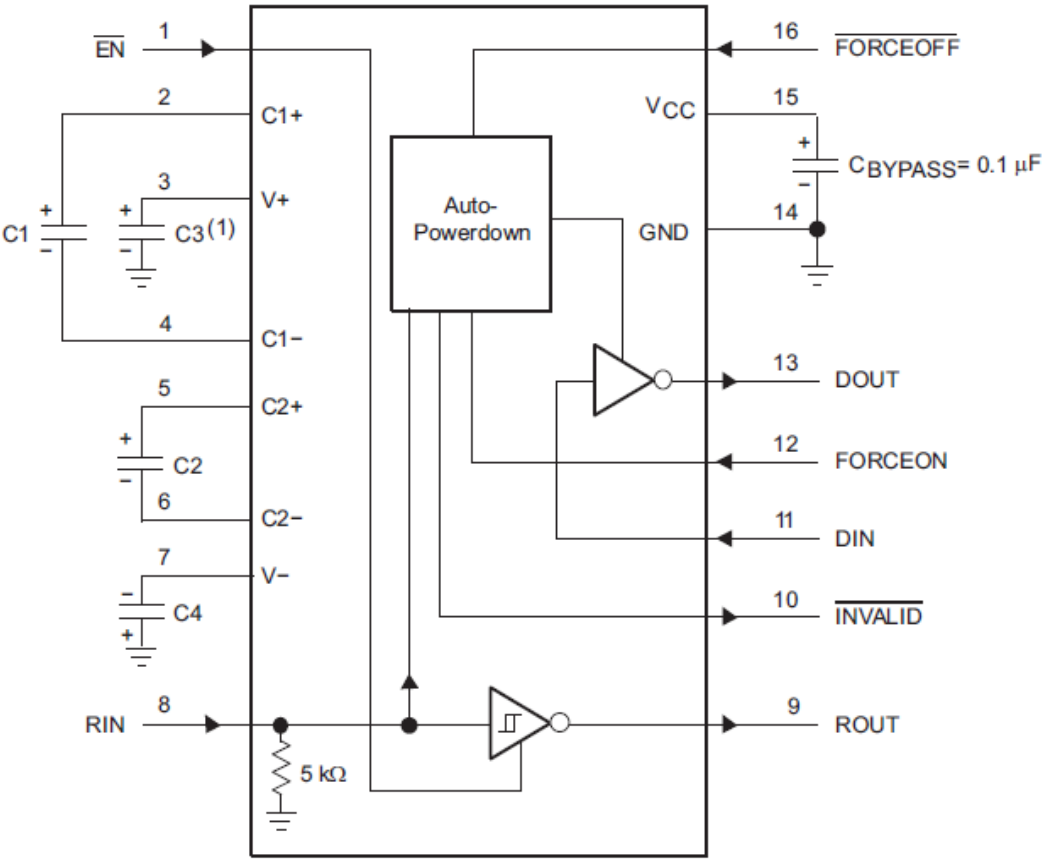


Рисунок 5 – Схема типового применения MAX3221ECDB

Обозначения, используемые на рисунке 5, будут использоваться при выборе компонентов обвязки микросхемы.

### 2.2 Выбор элементов обвязки MAX3221ECDB

В таблице 5 представлены значения емкостей конденсаторов, рекомендуемых в руководстве к микросхеме, при напряжении питания  $5 \pm \pm 0.5$  В, а также выбранные конденсаторы.

Таблица 5 – Элементы обвязки MAX3221ECDB

Обозначение на схеме	Емкость, мкф	Наименование
C1	0.047	CC0603KRX7R9BB473
C2, C3, C4	0.33	293D334X9050B2TE3
C <sub>BYPASS</sub>	0.1	293D104X9050A2TE3



Для защиты от перенапряжения на линии RS-232 устанавливается две двунаправленные диодные сборки SD12C-01FTG (одна на линию приема, другая – на линию передачи) с напряжением стабилизации 12В.

### 3 Преобразователь интерфейсов USB – UART

#### 3.1 Описание микросхемы CP2103-GM

CP2103-GM – преобразователь USB-UART, обладающий встроенным преобразователем напряжения с 5В до 3В и четырьмя контактами ввода/вывода общего назначения.

Основные характеристики микросхемы CP2103-GM представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Характеристики микросхемы CP2103-GM

Параметр	Значение
Входное напряжение $V_{DD}$ , В	3 ... 3.6
Входное напряжение $V_{IO}$ , В	1.8 ... $V_{DD}$
Высокий логический уровень $V_{IH}$ , В	$> 2$
Низкий логический уровень $V_{IL}$ , В	$< 0.8$
Входное напряжение преобразователя, В	4.0 ... 5.25
Рабочая температура, °C	-40 ... 85

На рисунке 6 представлена схема микросхемы CP2103-GM в корпусе QFN28 с указанием выводов.

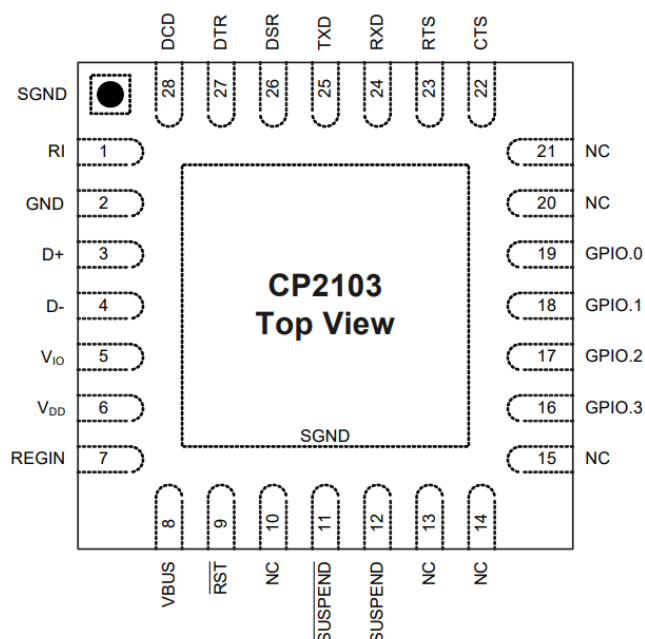


Рисунок 6 – Расположение выводов микросхемы CP2103-GM

Назначение каждого из выводов микросхемы описано в таблице 7.

Таблица 7 – Описание выводов микросхемы CP2103-GM

Вывод	Название	Описание
1	<i>RI</i>	Индикатор звонка
2	<i>GND</i>	Земля
-	<i>SGND</i>	Земля
3	<i>D+</i>	USB D+
4	<i>D-</i>	USB D-
5	<i>V<sub>IO</sub></i>	Напряжение питания от 1.8В до <i>V<sub>DD</sub></i>
6	<i>V<sub>DD</sub></i>	Напряжение питания 3.0–3.6 В или выход преобразователя напряжений 3.3 В
7	<i>REGIN</i>	Вход регулятора напряжения
8	<i>VBUS</i>	Подключается к сигналу VBUS USB
9	<i><math>\overline{RST}</math></i>	Вывод для перезагрузки микросхемы
10, 13-15, 20-21	<i>NC</i>	Остаются неподключенными
11	<i><math>\overline{SUSPEND}</math></i>	Низкий уровень, когда схема ожидает USB
12	<i>SUSPEND</i>	Высокий уровень, когда схема ожидает USB
16-19	<i>GPIO</i>	Конфигурируемый пользователем ввод/вывод
22	<i>CTS</i>	Флаг CTS интерфейса RS-232
23	<i>RTS</i>	Флаг RTS интерфейса RS-232
24	<i>RXD</i>	Приемник UART
25	<i>TXD</i>	Передатчик UART
26	<i>DSR</i>	Флаг DSR интерфейса RS-232
27	<i>DTR</i>	Флаг DTR интерфейса RS-232
28	<i>DCD</i>	Флаг DCD интерфейса RS-232

Схема типового применения микросхемы CP2103-GM изображена на рисунке 7.

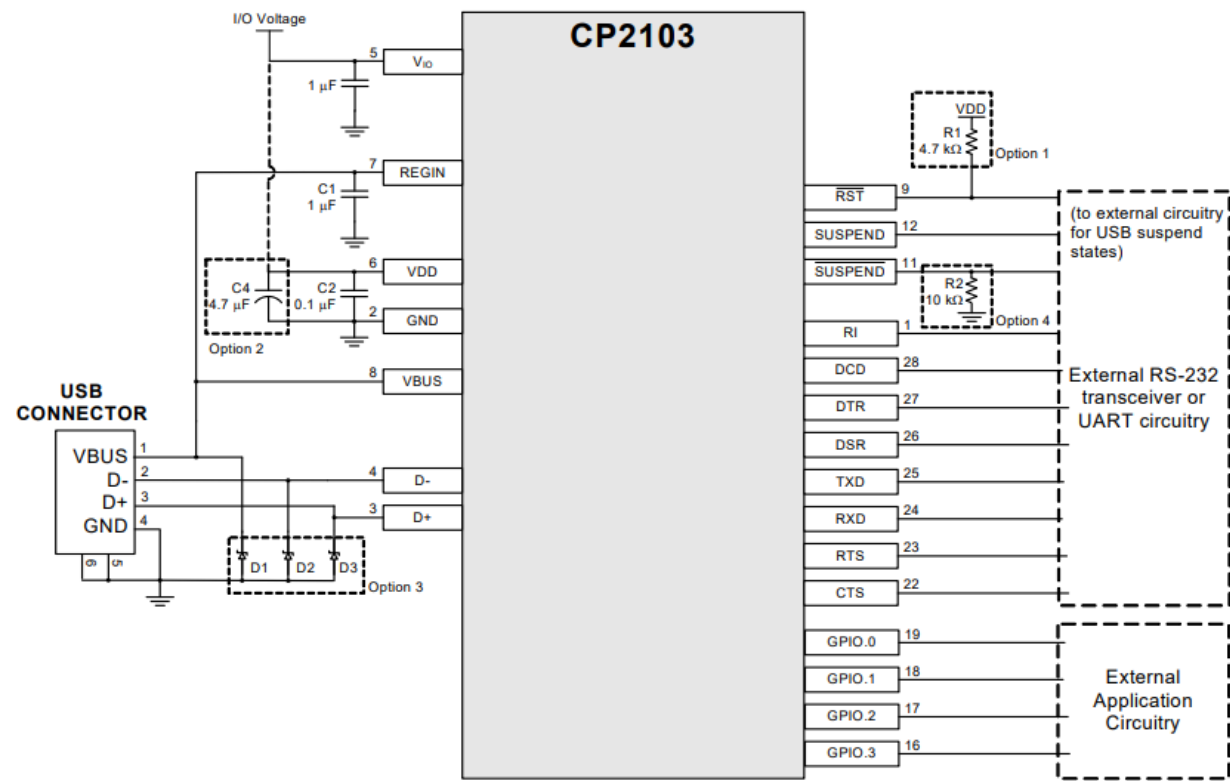


Рисунок 7 – Схема типового применения CP2103-GM

Обозначения, используемые на рисунке 7, будут использоваться при выборе компонентов обвязки микросхемы. Схема на рисунке изображена для режима питания от USB, который используется в данной работе.

### 3.2 Выбор элементов обвязки CP2103-GM

В таблице 8 представлены выбранные на основании рисунка 7 компоненты.

Таблица 8 – Элементы обвязки CP2103-GM

Обозначение на схеме	Номинал	Наименование
$C_{IO}, C1$	1 мкФ	CC0603KRX7R8BB105
$C2$	0.1 мкФ	CC0603KRX7R8BB104
$R1$	4.7 кОм	RC0603FR-074K7L

В качестве защитного контура используются диодная сборка для подавления помех SP0503BAHTG, ферритовая бусина BLM18PG221SN1D и диод Шоттки SL13-E3/5AT.

Также для индикации приема и передачи данных через UART используются светодиоды TLMS1000-GS08 и TLMG1100-GS08, каждый из которых последовательно соединен с резистором RC0603FR-07220RL.

#### 4 Датчик температуры

HDC1080DMBR — это цифровой датчик влажности со встроенным датчиком температуры.

Основные характеристики датчика температуры представлены в таблице 9.

Таблица 9 – Характеристики датчика HDC1080DMBR

Параметр	Значение
Входное напряжение, В	От 2.7 до 5.5
Интерфейс передачи данных	I2C
Рабочая температура датчика влажности, °C	От -20 до 70
Рабочая температура датчика температуры, °C	От -40 до 125

На рисунке 8 представлена схема микросхемы датчика HDC1080DMBR с указанием выводов.

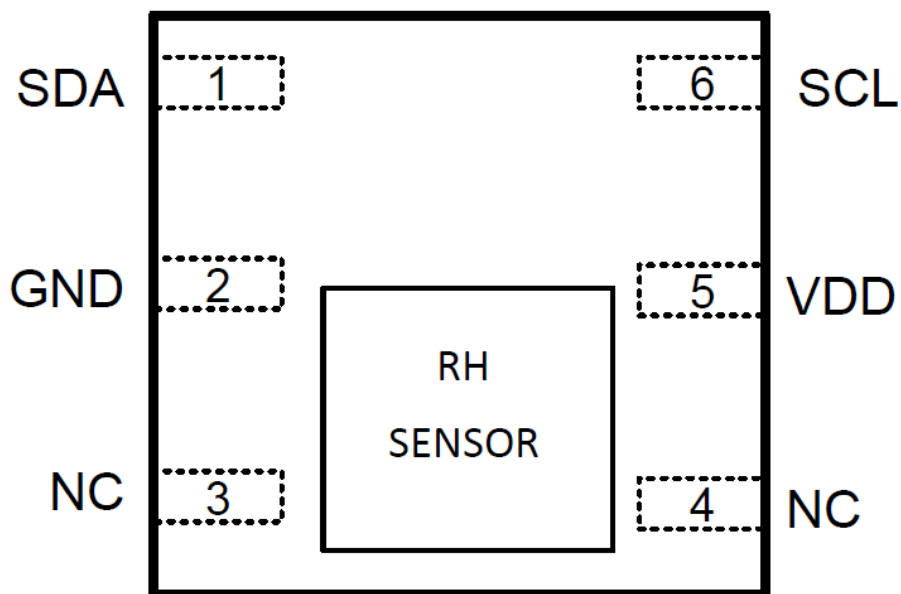


Рисунок 8 – Расположение выводов микросхемы HDC1080DMBR

Описание выводов датчика представлено в таблице 10.

Таблица 10 – Назначение выводов датчика HDC1080DMBR

Вывод	Название	Описание
1	SDA	Последовательная линия данных. Необходим подтягивающий резистор к VDD.
2	GND	Земля
3, 4	NC	Не подключается
5	VDD	Питание.
6	SCL	Последовательная линия тактирования. Необходим подтягивающий резистор к VDD.
-	DAP	Не подключается (контакт на нижней плоскости корпуса).

В качестве подтягивающих резисторов используется RC0603FR-074K7L номиналом 4.7 кОм.

Также в документации к микросхеме рекомендуется установить конденсатор между VDD и GND номиналом 0.1 мкФ, на место которого выбран CC0402KRX5R8BB104.

## 5 Пьезодинамик

PKLCS1212E4001 – пьезоэлектрический динамик для поверхностного монтажа.

Основные характеристики пьезодинамика представлены в таблице 11.

Таблица 11 – Характеристики пьезодинамика PKLCS1212E4001

Параметр	Значение
Максимальное входное напряжение, В	$\pm 12.5$ или 25
Уровень звукового давления, дБ	$\geq 75$ при напряжении $\pm 1.5$ В
Рабочая температура, °C	От -20 до 70

Схема управления пьезодинамиком изображена на рисунке 9.

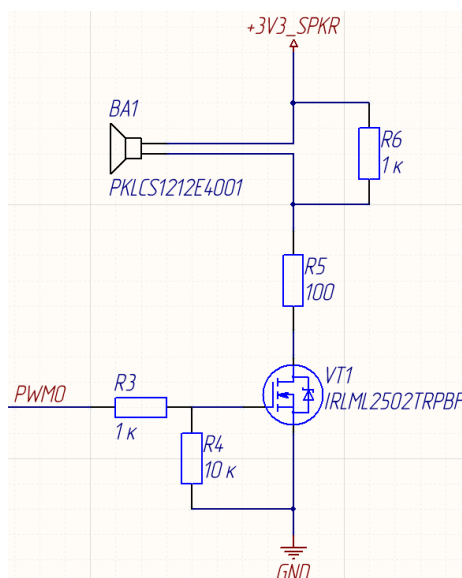


Рисунок 9 – Расположение выводов микросхемы HDC1080DMBR

В таблице 12 представлены выбранные резисторы.

Таблица 12 – Элементы обвязки пьезодинамика

Обозначение на схеме	Номинал	Наименование
R5	100 Ом	RC0603FR-07100RL
R6, R3	1 кОм	RC0603FR-071KL
R4	10 кОм	RC0603FR-0710KL

Транзистор IRLML2502TRPBF открывается ШИМ-сигналом с Raspberry Pi 4.



## **6 Разъемы**

В качестве разъема питания выбрана клеммная колодка от Molex 395021004.

Обмен сообщениями с платой управления осуществляется через разъем DS1069-4MRW6XA.

Для установки модуля Raspberry Pi 4 Model B используется разъем 15453240 от Molex.

Вывод отладочных сообщений осуществляется на разъем micro-USB 2108877-1 от TE Connectivity.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Raspberry Pi 4 Model B datasheet, URL:  
[https://www.raspberrypi.org/documentation/hardware/raspberrypi/bcm2711/rpi\\_DATA\\_2711\\_1p0\\_preliminary.pdf](https://www.raspberrypi.org/documentation/hardware/raspberrypi/bcm2711/rpi_DATA_2711_1p0_preliminary.pdf)
2. TPS54360B 60-V Input, 3.5-A, Step-Down DC/DC Converter With Eco-Mode datasheet, URL:  
<https://www.ti.com/lit/ds/symlink/tps54360b.pdf>
3. MAX3221E 3-V to 5.5-V Single-Channel RS-232 Line Driver/Receiver With  $\pm 15$ -kV IEC ESD Protection datasheet, URL:  
<https://www.ti.com/lit/ds/symlink/max3221e.pdf>
4. Single - chip USB to UART bridge CP2103, URL:  
<https://www.silabs.com/documents/public/data-sheets/CP2103.pdf>
5. HDC1080 Low Power, High Accuracy Digital Humidity Sensor with Temperature Sensor datasheet, URL:  
<https://www.ti.com/lit/ds/symlink/hdc1080.pdf>
6. Piezoelectric Sound Components, URL:  
<http://www.farnell.com/datasheets/2157985.pdf>