

Содержание

1. Описание системы управления	2
2. Функциональная схема модуля ввода / вывода	3
3. Протоколы обмена данными между модулями	5
4. Гальваническая изоляция	6
5. Габаритные размеры	7
6. Описание модулей и вспомогательных плат	9
6.1. PM_CPU-RP - контроллер на базе Raspberry Pi	10
6.2. PM_CPU-ESP32_C3	14
6.3. PM MCU-ESP32_C3 - плата микроконтроллера на базе ESP32-C3	15
6.4. PM_LED-10 - плата с 10 светодиодами	19
6.5. PM_LED-18 - плата с 18 светодиодами	23
6.6. PM_CNV-DI16_sink	27
6.7. PM_CNV-DQ16_src	31
6.8. PM_CNV-RQ8 - плата управления 8 реле	35
6.9. PM_CNV-AI4_W - плата аналогового ввода 4 тензодатчиков	39
6.10. PM_CNV-AI8_IU - плата аналогового ввода 8 датчиков 0..20 мА или 0..10 В ..	43
6.11. PM_CNV-AI4-RTD - плата аналогового ввода 4 термосопротивлений	47
6.12. PM_CNV-AI4-TC - плата аналогового ввода 4 термопар	48
6.13. PM_HMI-Keyboard	49
6.14. PM_HMI-Touch	53
6.15. PM_DBG-FFC	57
Библиография	61

1. Описание системы управления

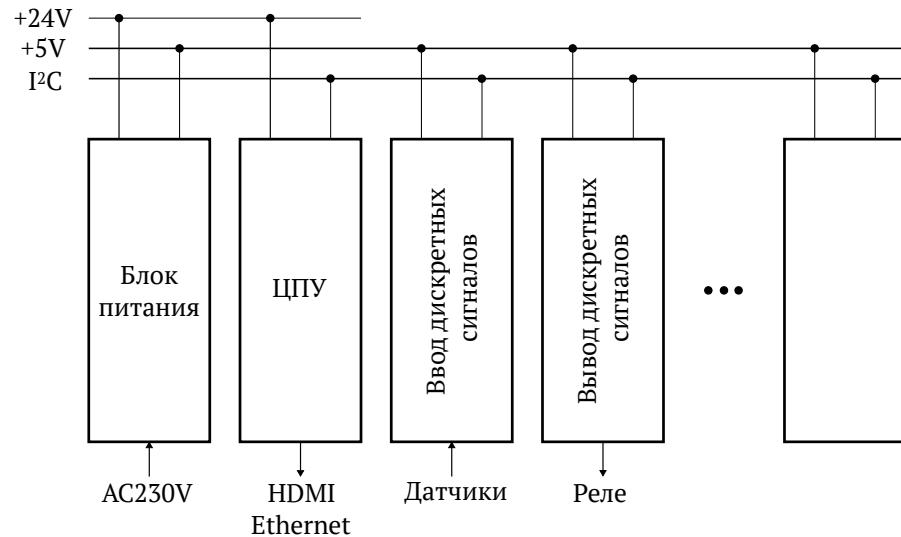


Рис. 1. Концепция модульной системы

Система управления состоит из набора совместимых по подключению и внешним габаритам модулей.

Отдельные модули связаны между собой общей шиной. Шина выполнена в виде стандартного кабеля с двумя витыми парами, обжатого двумя разъемами RJ11. Модули необходимо располагать так, чтобы суммарная длина шины была минимальной. По шине передаётся питание (GND, +5V) и сигналы интерфейса I²C (SDA, SCL).

Каждый модуль на шине имеет свой адрес, который задается DIP-переключателями на каждом модуле. Возможно использование до 8 модулей одного типа.

На данный момент реализованы модули:

Можно дополнительно реализовать:

- Модули аналоговых входов:
 - Тензодатчики
 - Ток 4-20mA
 - Напряжение 0-10В
 - Термосопротивление
 - Термопары
- Модули аналоговых выходов:
 - Ток 4-20mA
 - Напряжение 0-10В
- Модуль с аккумуляторными батареями
- Модуль управления RGB светодиодными лентами

2. Функциональная схема модуля ввода / вывода

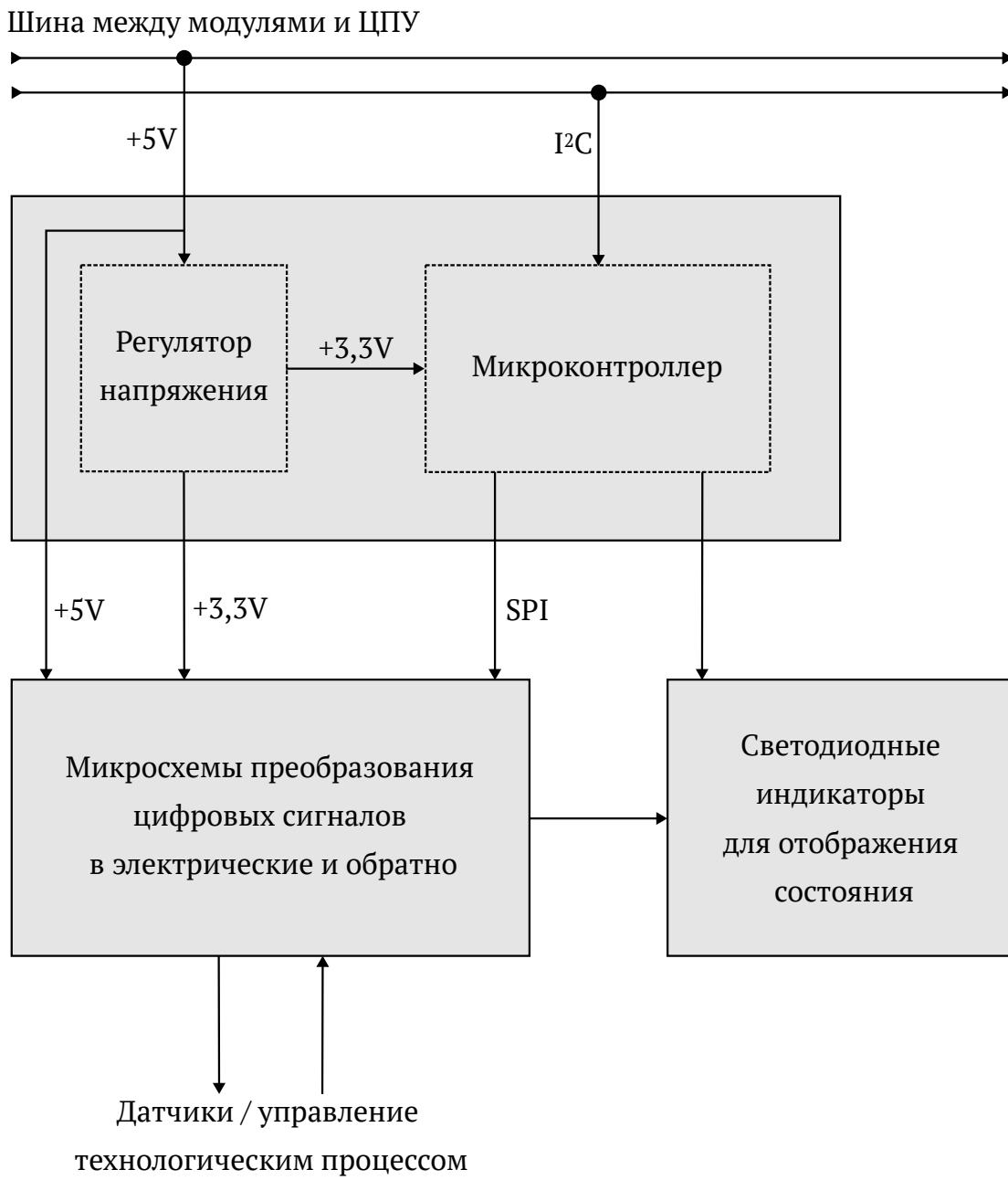


Рис. 2. Функциональная схема модуля ввода / вывода

Модуль состоит из трех функциональных частей, выполненных на отдельных платах.

Основная плата

Основная плата с микросхемами преобразования цифровых сигналов в электрические и обратно. Для разных модулей ввода / вывода данная плата отличается.

Плата с микроконтроллером

Вспомогательная плата с микроконтроллером и регулятором напряжения. Данная плата унифицирована для всех модулей. Микроконтроллер по интерфейсу I²C подключается к ЦПУ и по интерфейсу SPI управляет вспомогательными микросхемами.

Поскольку у каждого устройства на шине I²C должен быть уникальный адрес, на плате есть трехпозиционный DIP-переключатель для задания адреса конкретного модуля. Таким образом, можно использовать до 8 модулей одного типа.

В качестве микроконтроллера используется чип ESP32-C3. На чипе есть разъем для подключения внешней антенны, что дает возможность использовать беспроводное подключение.

Микроконтроллер программируется с помощью обычного кабеля Micro-USB. На плате выведены кнопки BOOT и EN, для перевода микроконтроллера в режим загрузки.

На плате есть LDO регулятор напряжения с выходом 3,3В.

Подключение к шине выполняется через разъемы RJ11 и кабель с двумя витыми парами.

Подключение к основной плате модуля и плате светодиодов выполняется через 10-пиновые кабели FFC.

Плата со светодиодами

Вспомогательная плата со светодиодами для отображения состояния микроконтроллера и электрических сигналов. В модуле может использоваться одна или две таких платы. Есть версии на 8 и на 16 светодиодов.

3. Протоколы обмена данными между модулями

4. Гальваническая изоляция

5. Габаритные размеры

Основную плату можно крепить к корпусу двумя способами:

- используя 4 отверстия диаметром 3.2 мм
- используя 4 выступа по краям сверху и снизу платы

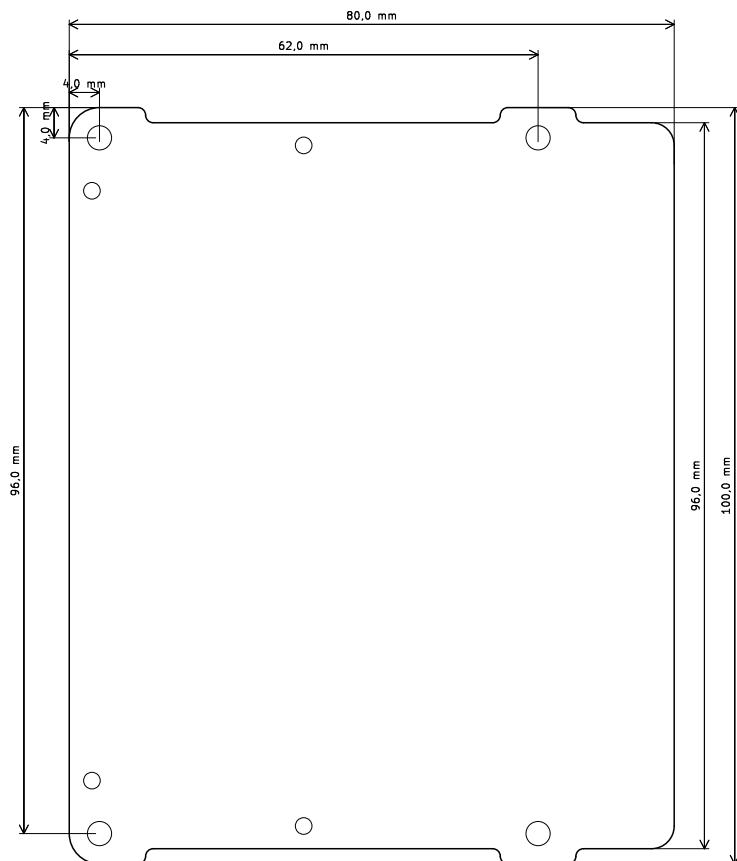


Рис. 3. Размеры основной печатной платы

Плата светодиодов крепится к основной плате с помощью стоек диаметром 2 мм.

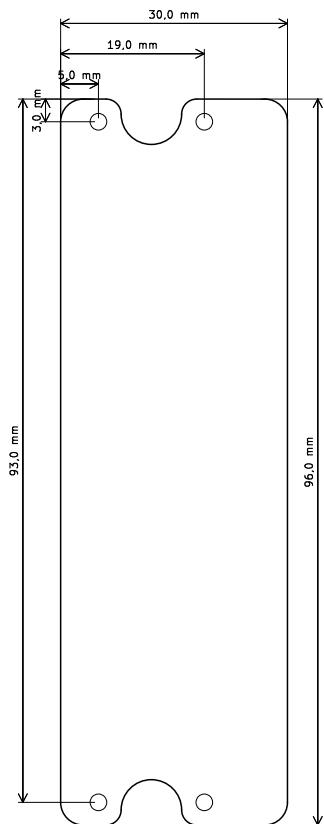


Рис. 4. Размеры платы светодиодов

6. Описание модулей и вспомогательных плат

6.1. PM_CPU-RP - контроллер на базе Raspberry Pi

ЦПУ на базе мини-компьютера Raspberry Pi, или совместимого по габаритам, креплению и 40-пиновому штекеру.

Программировать можно практически на всех языках программирования, поддерживающих архитектуру процессора ARM64.

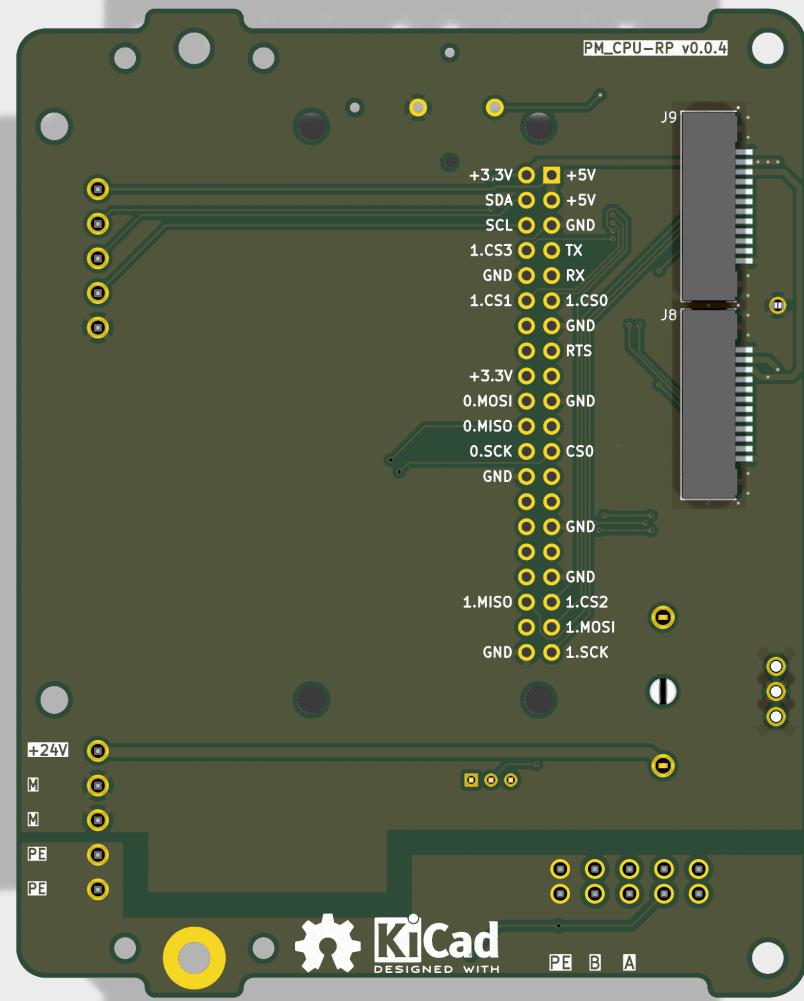
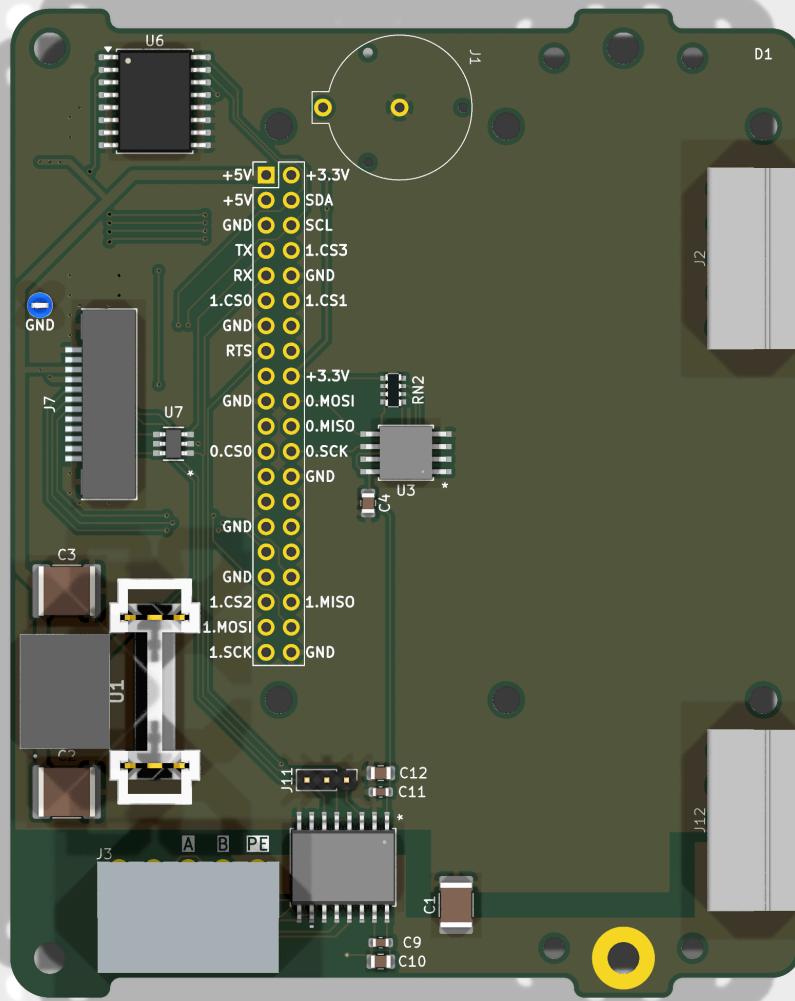


Таблица 1. Внешний вид платы PM_CPU-RP

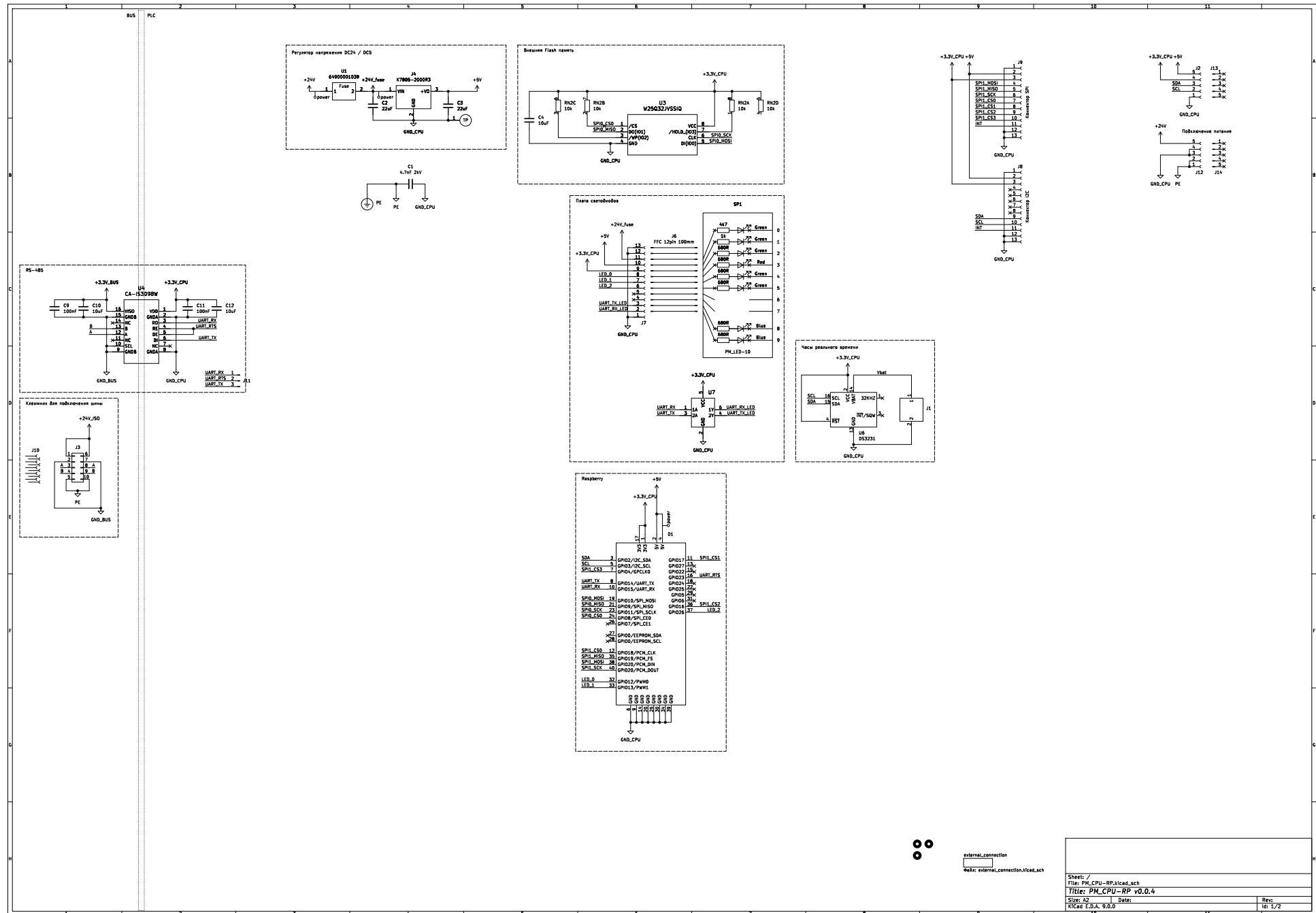


Рис. 5. Принципиальная электрическая схема платы PM_CPU-RP

Sheet: /
File: PM_CPU-RP.kicad_sch
Title: PM_CPU-RP v0.0.4
Size: A2 Date:
KiCad E.O.A. 9.0.0 Rev:
Id: 1/2

10 11 12 13 14

Обозначение	Количество	part_ipn
C1	1	C_4.7nF_2kV_1812
C2, C3	2	C_22uF_50V_2220
C4, C10, C12	3	C_10uF_16V_0805_MLCC-X5R
C9, C11	2	C_100nF_16V_0603_MLCC-X7R
D2, D3, D4, D6, D7	5	XL-1606SYGC
D5	1	XL-1606SURC
D8, D9	2	XL-1606UBC
J1	1	BS-12-A1AJ002-F
J2, J12	2	15EDGRC-3.5-05P
J3	1	15EDGRHC-THR-3.5-10P
J4	1	K7805-2000R3
J6	1	FFC_12P_P1.0_100mm_straight
J7, J8, J9	3	AFA07-S12FCC-00
J10	1	15EDGKNH-3.5-10P
J11	1	PinHeader_01x03_P2.00_THT_straight
J13, J14	2	15EDGK-3.5-05P
R1	1	R_1k_0603_1%
R2	1	R_4k7_0603_1%
R3, R4, R5, R6, R7, R8	6	R_680R_0603_1%
RN2	1	R_10k_0603x4_1%
SP1	1	PM_LED-10-v0.0.1
U1	1	64900001039
U2	1	Keystone_5117
U3	1	W25Q32JVSSIQ
U4	1	CA-IS3098W
U6	1	DS3231SN
U7	1	SN74LVC2G14DBVR

Таблица 2. Перечень элементов платы PM_CPU-RP

6.2. PM_CPU-ESP32_C3

6.3. PM_MCU-ESP32_C3 - плата микроконтроллера на базе ESP32-C3

Вспомогательная плата с микроконтроллером и регулятором напряжения. Данная плата унифицирована для всех модулей. Микроконтроллер по интерфейсу I²C подключается к ЦПУ и по интерфейсу SPI управляет вспомогательными микросхемами.

Поскольку у каждого устройства на шине I²C должен быть уникальный адрес, на плате есть трехпозиционный DIP-переключатель для задания адреса конкретного модуля. Таким образом, можно использовать до 8 модулей одного типа.

В качестве микроконтроллера используется чип ESP32-C3. На чипе есть разъем для подключения внешней антенны, что дает возможность использовать беспроводное подключение.

Микроконтроллер программируется с помощью обычного кабеля Micro-USB. На плате выведены кнопки BOOT и EN, для перевода микроконтроллера в режим загрузки.

На плате есть LDO регулятор напряжения с выходом 3,3В.

Подключение к шине выполняется через разъемы RJ11 и кабель с двумя витыми парами.

Подключение к основной плате модуля и плате светодиодов выполняется через 10-пиновые кабели FFC.

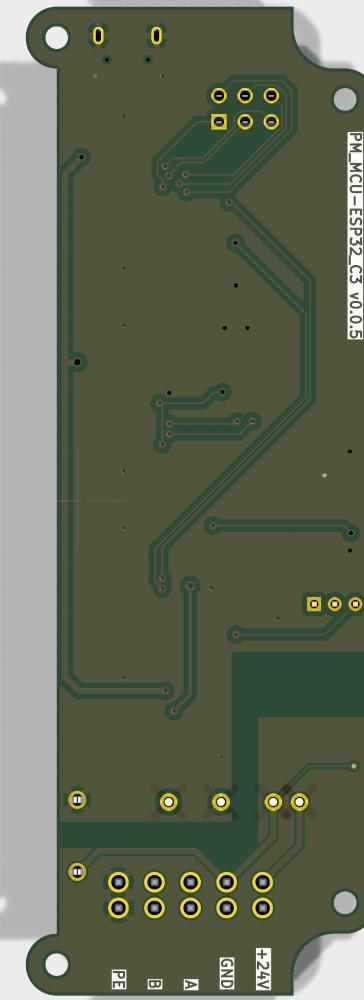
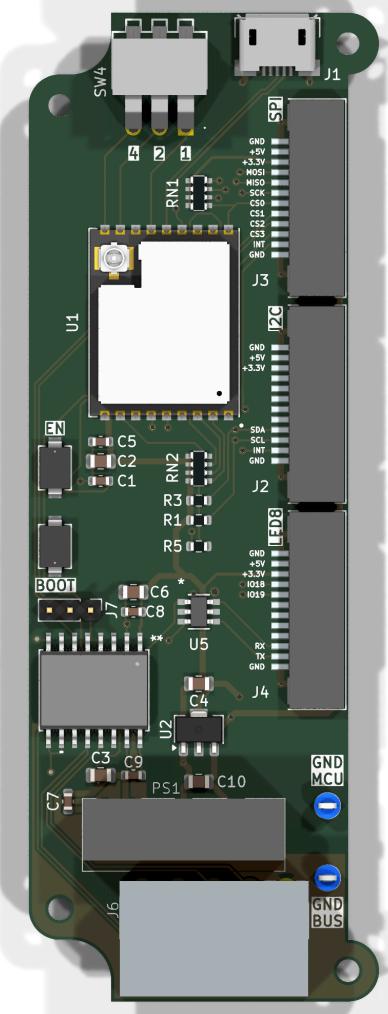


Таблица 3. Внешний вид платы PM_MCU-ESP32_C3

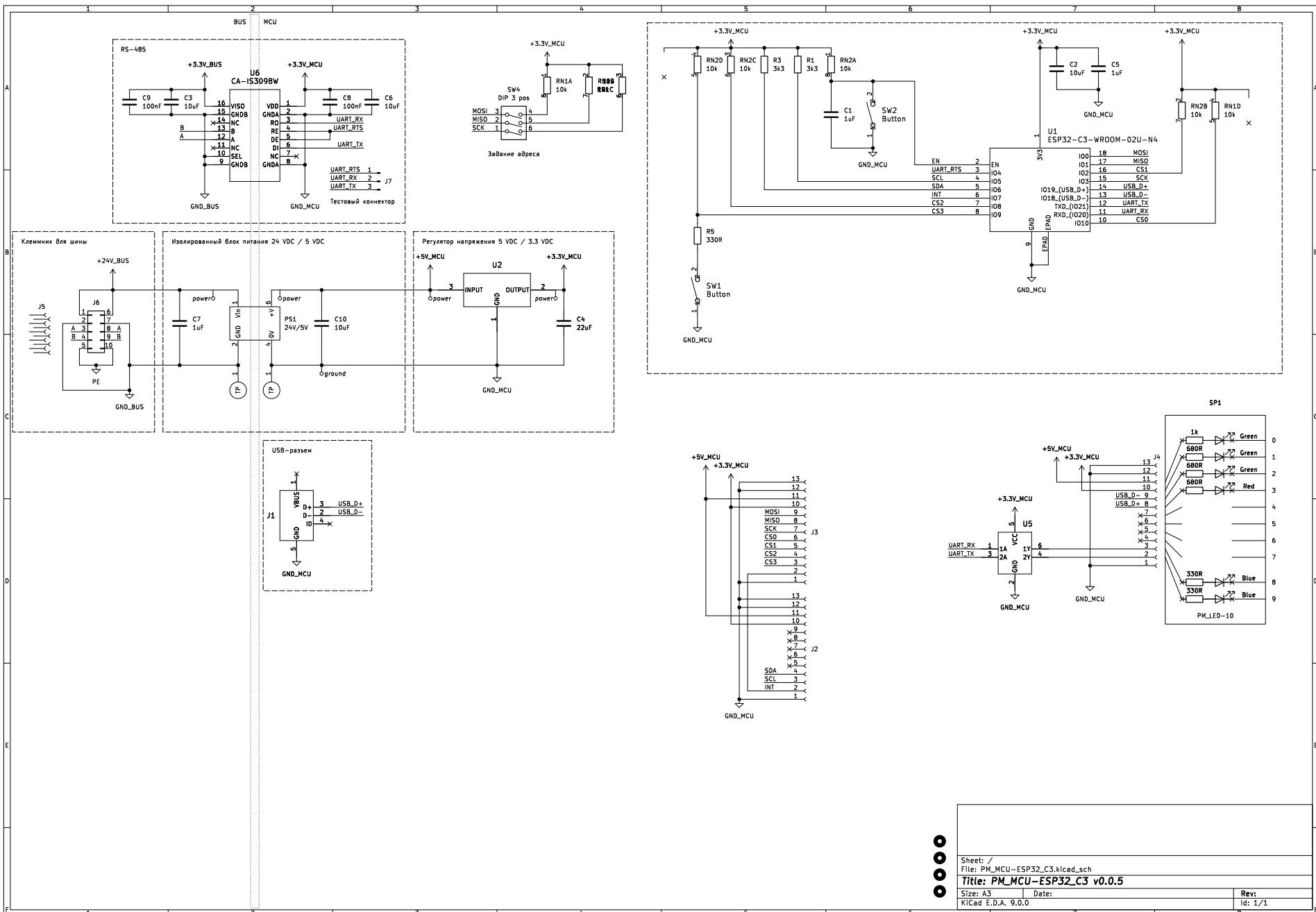


Рис. 6. Принципиальная электрическая схема платы PM MCU-ESP32_C3

Обозначение	Количество	part_ipn
C1, C5	2	C_1uF_16V_0603_MLCC-X7R
C2, C3, C6, C10	4	C_10uF_16V_0805_MLCC-X5R
C4	1	C_22uF_16V_0805_MLCC-X5R
C7	1	C_1uF_50V_0603_MLCC-X7R
C8, C9	2	C_100nF_16V_0603_MLCC-X7R
D1, D3, D5	3	XL-1606SYGC
D2, D4	2	XL-1606UBC
D6	1	XL-1606SURC
J1	1	U254-051T-4BH83-S1S
J2, J3, J4	3	AFA07-S12FCC-00
J5	1	15EDGKNH-3.5-10P
J6	1	15EDGRHC-THR-3.5-10P
J7	1	PinHeader_01x03_P2.00_THT_straight
PS1	1	B2405LS-1WR3
R1, R3	2	R_3k3_0603_1%
R2	1	R_1k_0603_1%
R4, R8, R9	3	R_680R_0603_1%
R5, R6, R7	3	R_330R_0603_1%
RN1, RN2	2	R_10k_0603x4_1%
SP1	1	PM_LED-10-v0.0.1
SW1, SW2	2	TS-1088-AR02016
SW4	1	DA-03BLP
U1	1	ESP32-C3-WROOM-02U-N4
U2	1	CJA1117B-3.3
U3, U4	2	Keystone_5117
U5	1	SN74LVC2G14DBVR
U6	1	CA-IS3098W

Таблица 4. Перечень элементов платы PM MCU-ESP32_C3

6.4. PM_LED-10 - плата с 10 светодиодами

Плата с 8 светодиодами. Используются токоограничивающие резисторы номиналом 680 Ом, что при управлении светодиодами от напряжения 3,3В дает ток около 5mA.

Сигналы управления светодиодами подключаются через 10-пиновый шлейф FFC. На плате 4 параллельных разъема J1..J4, подключаться можно через любой.

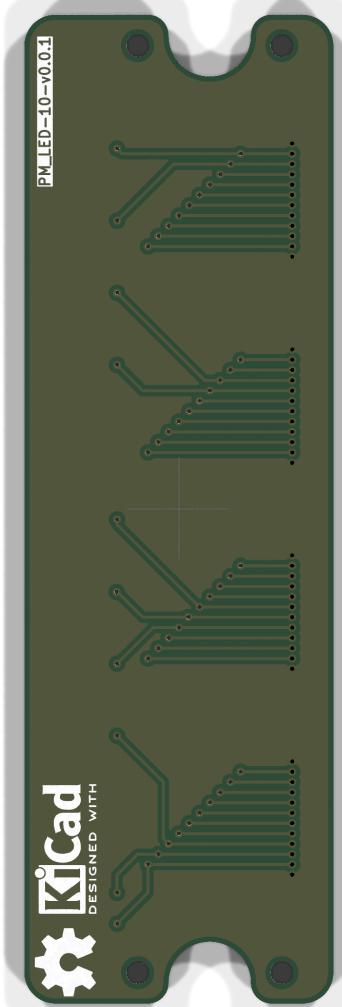
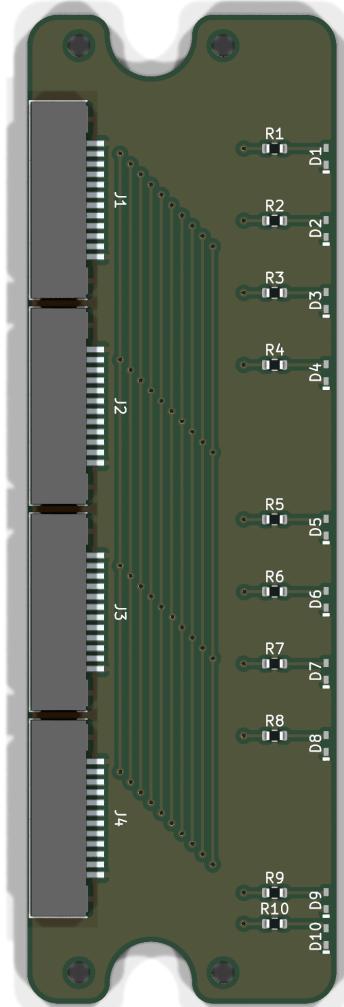


Таблица 5. Внешний вид платы PM_LED-10

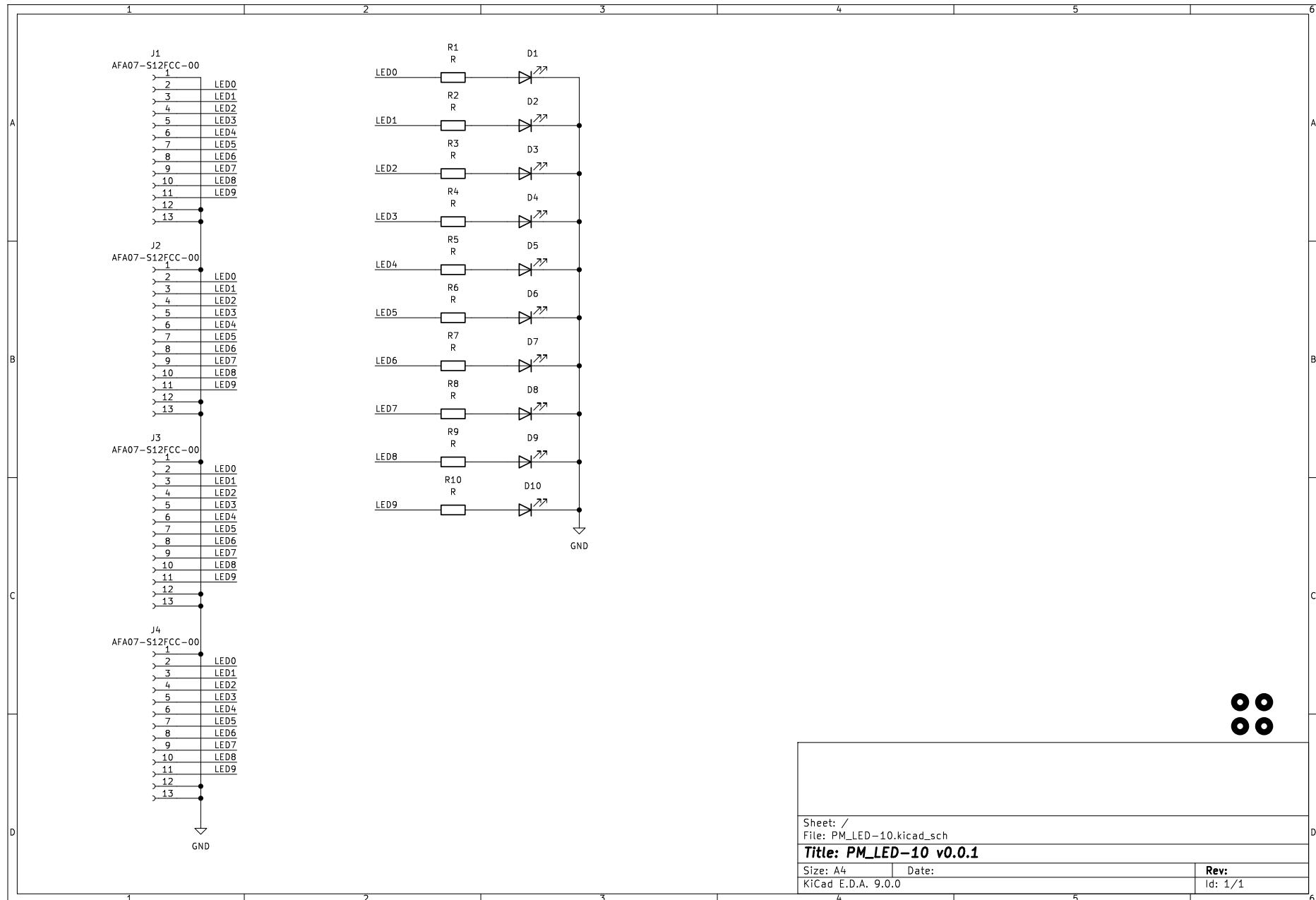


Рис. 7. Принципиальная электрическая схема платы PM_LED-10

Обозначение	Количество	part_ipn
J1	1	AFA07-S12FCC-00

Таблица 6. Перечень элементов платы PM_LED-10

6.5. PM_LED-18 - плата с 18 светодиодами

Плата с 16 светодиодами. Используются токоограничивающие резисторы номиналом 680 Ом, что при управлении светодиодами от напряжения 3,3В дает ток около 5mA.

Сигналы управления светодиодами подключаются через два 10-пиновых шлейфа FFC. Каждый шлейф можно подключить в один из двух разъемов:

- верхние 8 светодиодов - через разъем J1 или J2
- нижние 8 светодиодов - через разъем J3 или J4

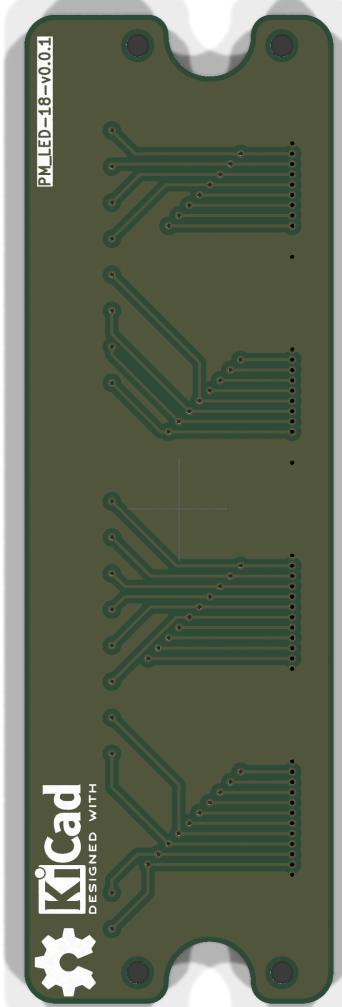
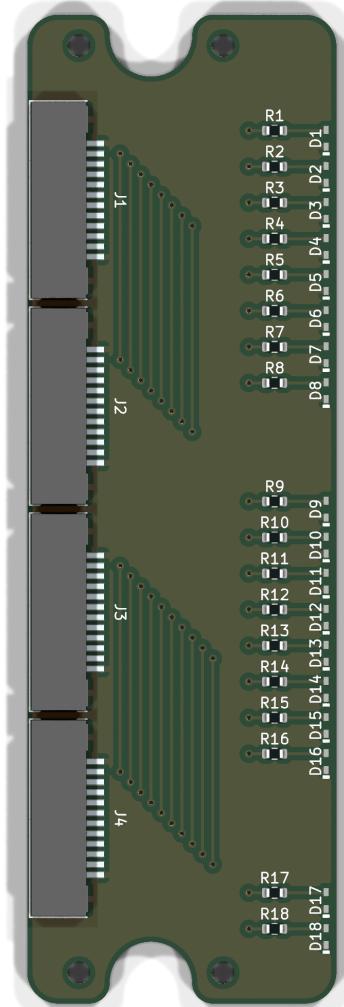


Таблица 7. Внешний вид платы PM_LED-18

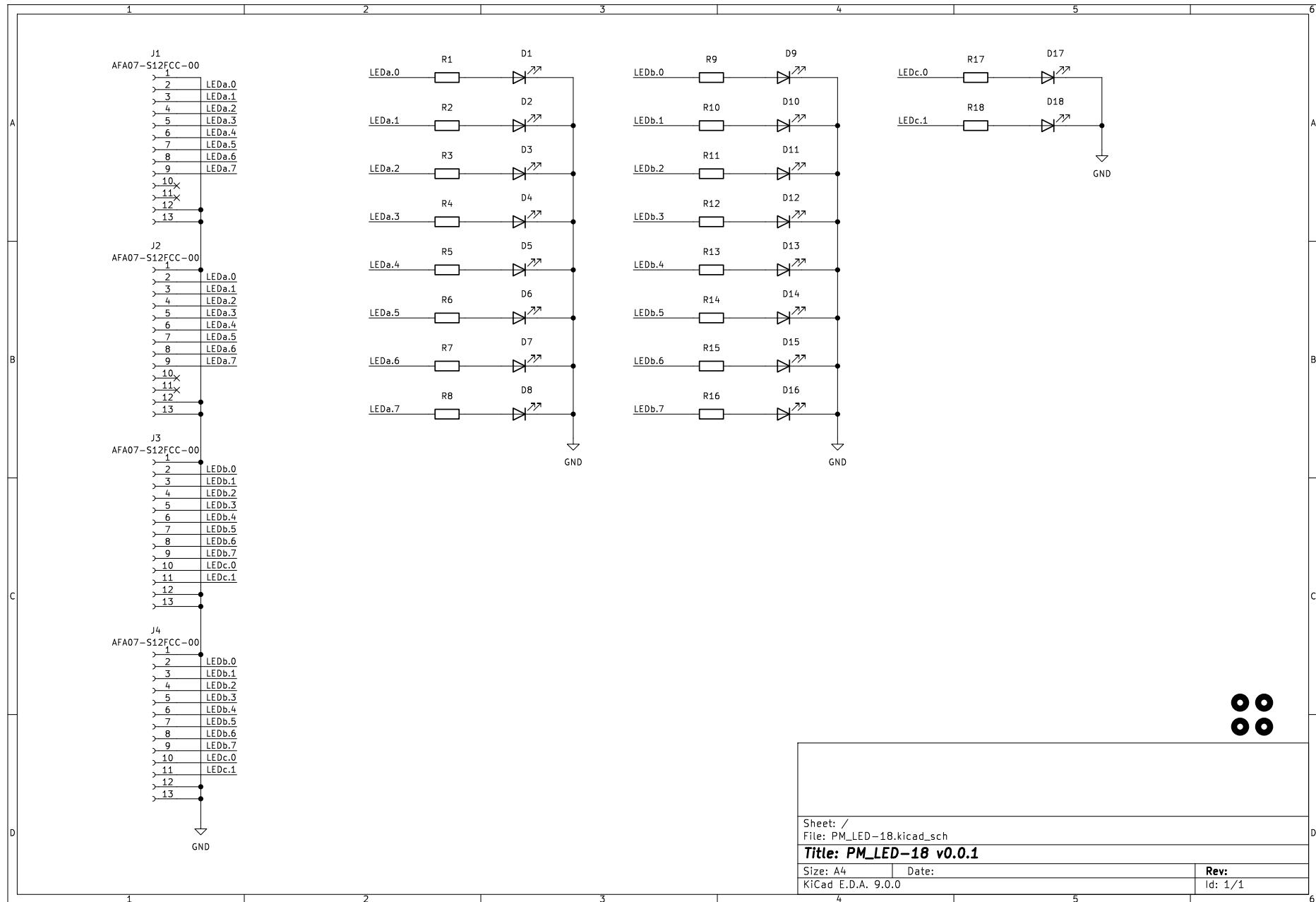


Рис. 8. Принципиальная электрическая схема платы PM_LED-18

Обозначение	Количество	part_ipn
J1, J3	2	AFA07-S12FCC-00

Таблица 8. Перечень элементов платы PM_LED-18

6.6. PM_CNV-DI16_sink

Модуль для подключения 16 дискретных входов DC24В. Гальваническая изоляция обеспечивается ISO12112. Микроконтроллер считывает состояние входов через расширитель GPIO MCP23S17.

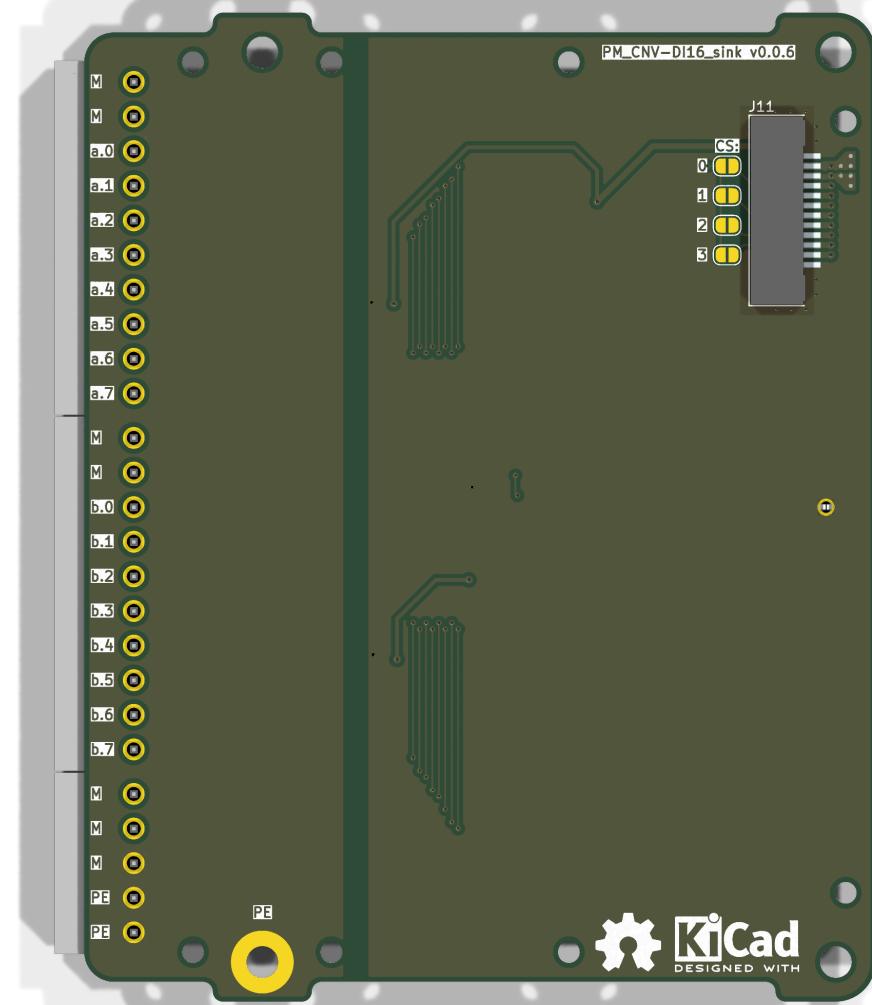
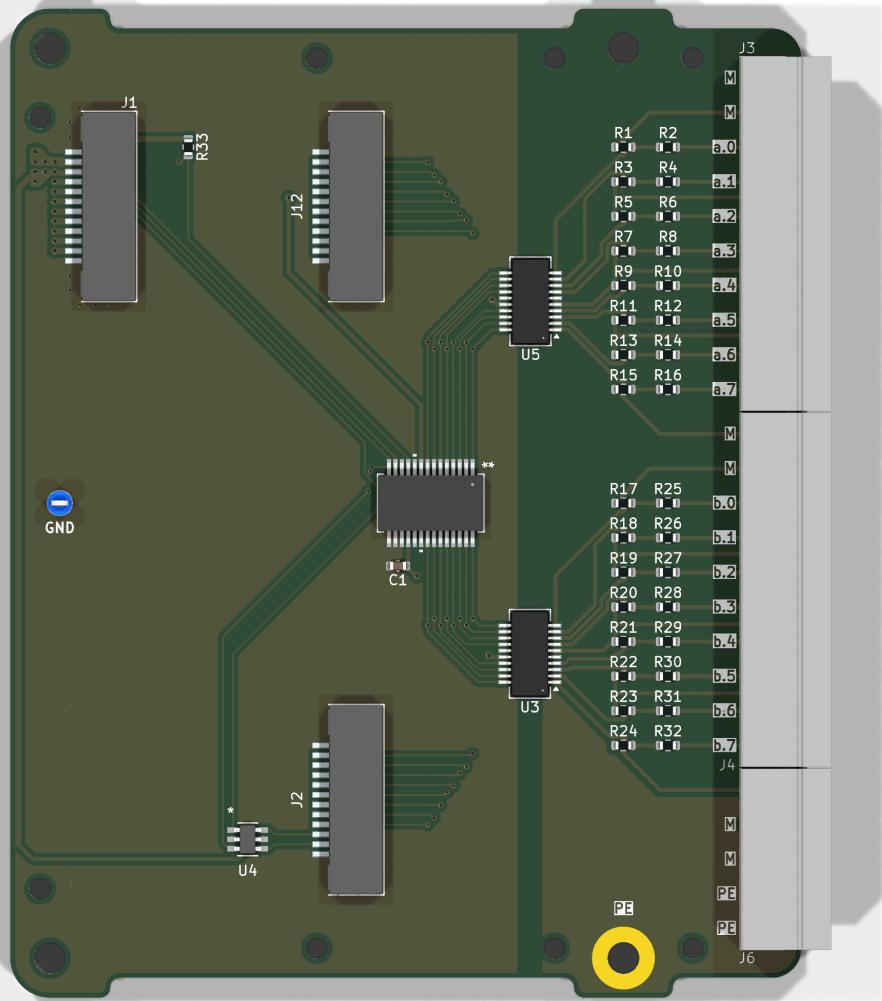


Таблица 9. Внешний вид платы PM_CNV-DI16_sink

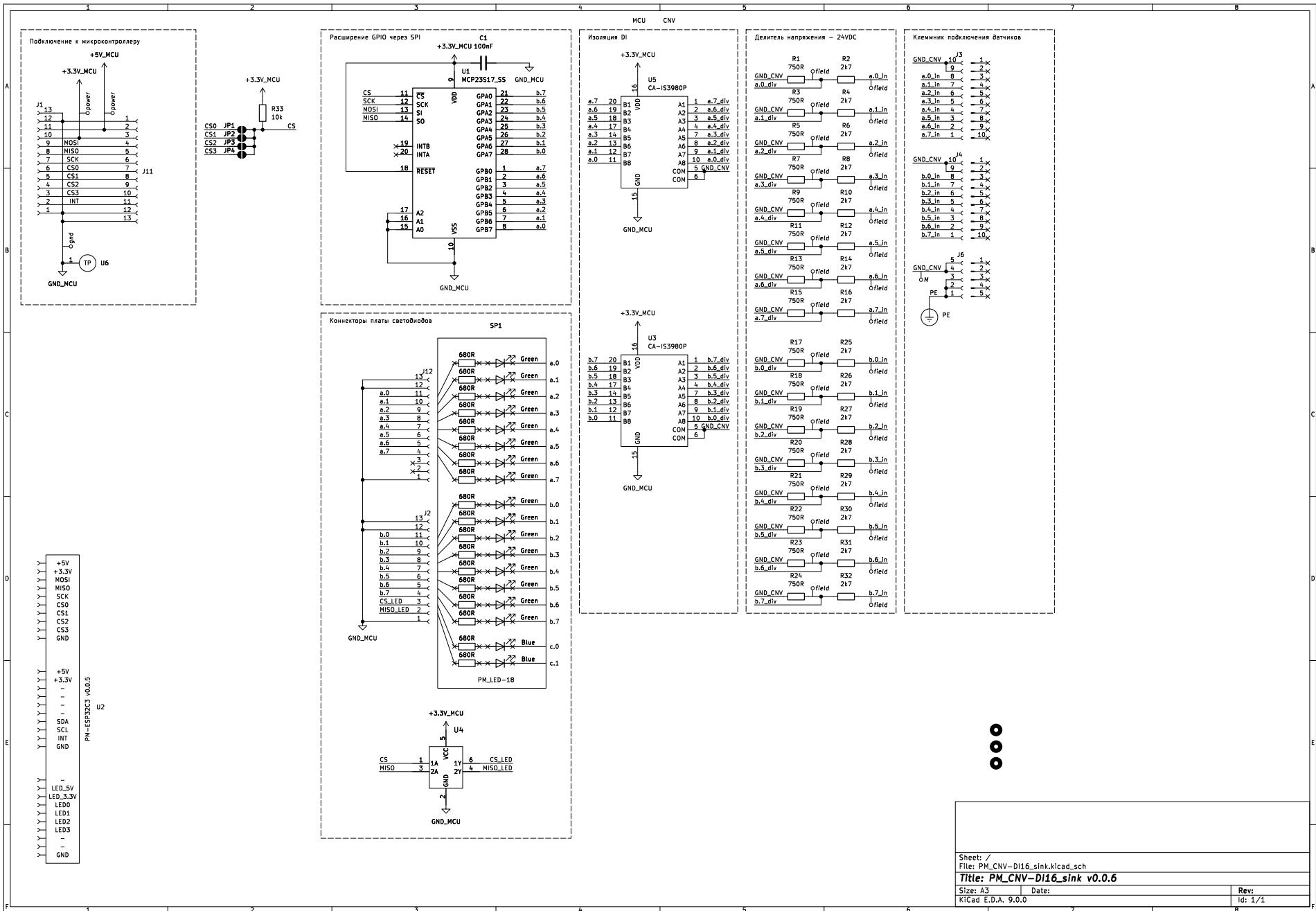


Рис. 9. Принципиальная электрическая схема платы PM_CNV-DI16_sink

Sheet: /

File: PM_CNV-DI16_sink.kicad_sch

Title: PM_CNV-DI16_sink v0.0.6

Size: A3 Date:

KICad E.D.A. 9.0.0

Rev:

id: 1/1

Обозначение	Количество	part_ipn
C1	1	C_100nF_16V_0603_MLCC-X7R
D1, D2, D3, D4, D5, D6, D7, D8, D9, D10, D11, D12, D13, D14, D15, D16	16	XL-1606SYGC
D17, D18	2	XL-1606UBC
J1, J2, J11, J12	4	AFA07-S12FCC-00
J3, J4	2	15EDGRC-3.5-10P
J6	1	15EDGRC-3.5-05P
J8, J9	2	15EDGK-3.5-10P
J10	1	15EDGK-3.5-05P
R1, R3, R5, R7, R9, R11, R13, R15, R17, R18, R19, R20, R21, R22, R23, R24	16	R_750R_0603_1%
R2, R4, R6, R8, R10, R12, R14, R16, R25, R26, R27, R28, R29, R30, R31, R32	16	R_2k7_0603_1%
R33	1	R_10k_0603_1%
R34, R35, R36, R37, R38, R39, R40, R41, R42, R43, R44, R45, R46, R47, R48, R49, R50, R51	18	R_680R_0603_1%
SP1	1	PM_LED-18-v0.0.1
U1	1	MCP23S17-E/SS
U3, U5	2	CA-IS3980P
U4	1	SN74LVC2G14DBVR
U6	1	Keystone_5117

Таблица 10. Перечень элементов платы PM_CNV-DI16_sink

6.7. PM_CNV-DQ16_src

Модуль для управления 16 дискретными выходами. Выходы постоянного напряжения до 50 В.

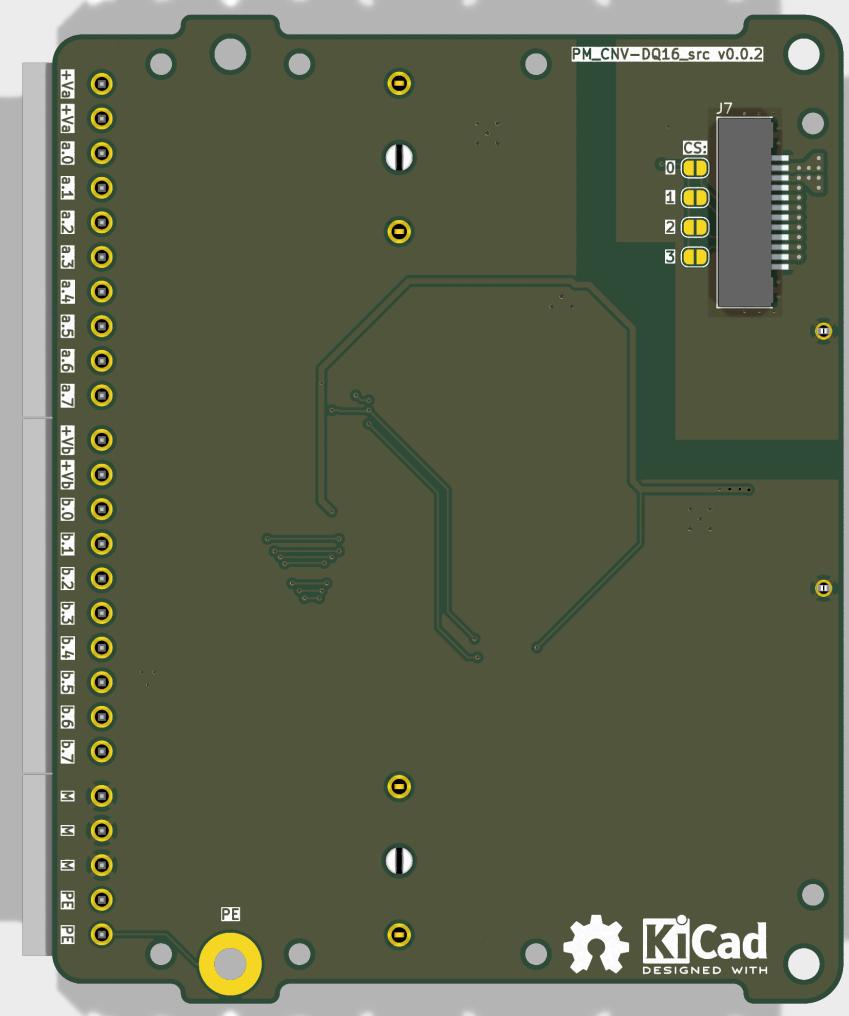
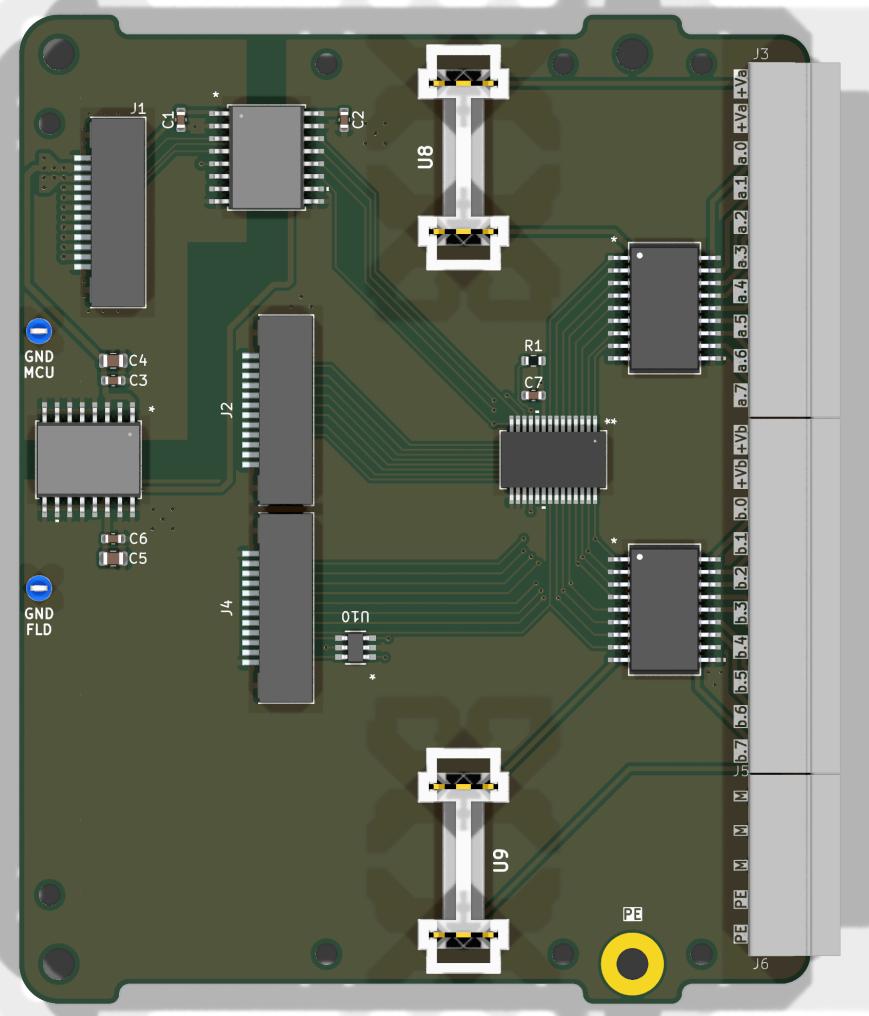


Таблица 11. Внешний вид платы PM_CNV-DQ16_src

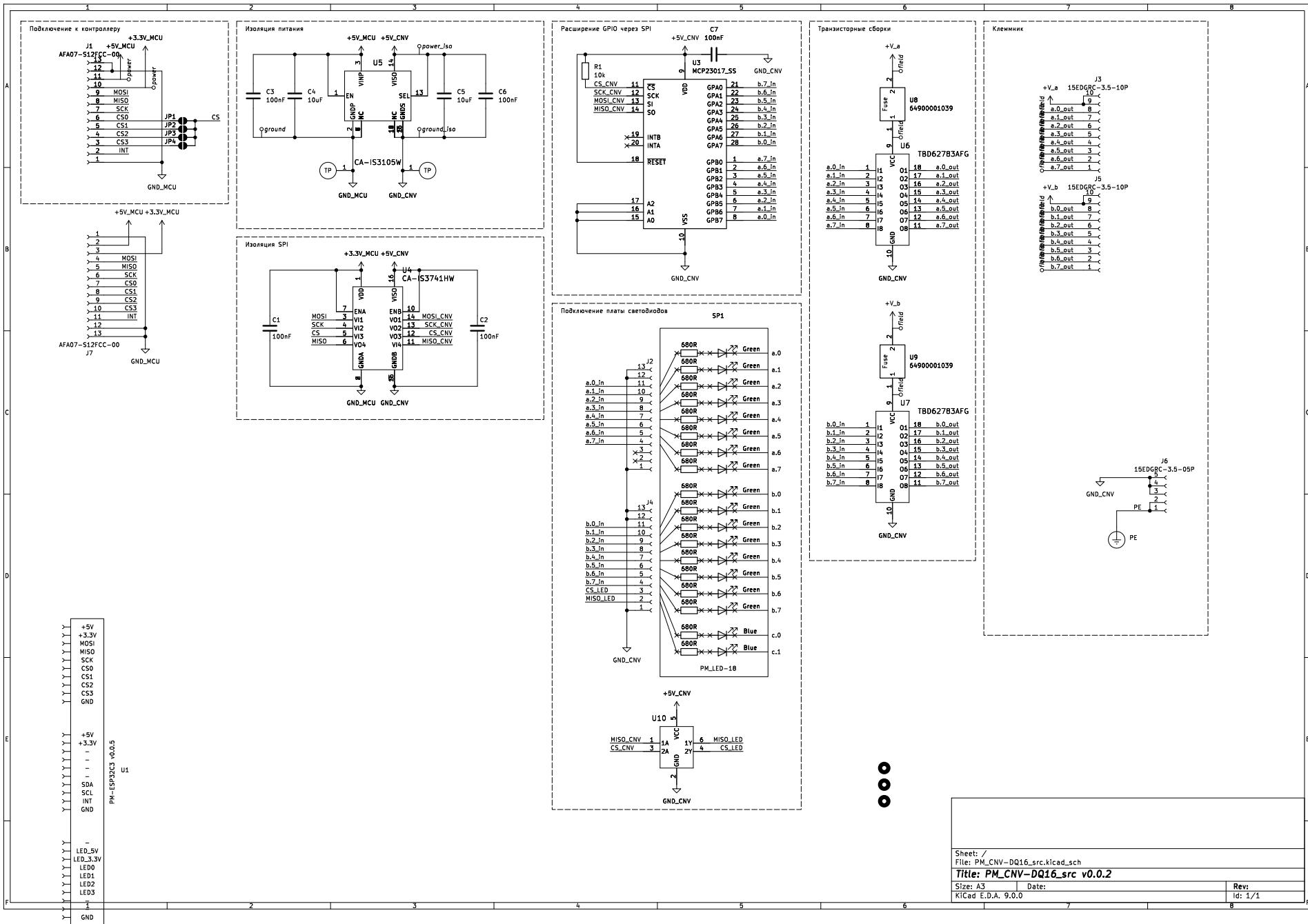


Рис. 10. Принципиальная электрическая схема платы PM_CNV-DQ16_src

Обозначение	Количество	part_ipn
C1, C2, C3, C6, C7	5	C_100nF_16V_0603_MLCC-X7R
C4, C5	2	C_10uF_16V_0805_MLCC-X5R
D1, D2, D3, D4, D5, D6, D7, D8, D9, D10, D11, D12, D13, D14, D15, D16	16	XL-1606SYGC
D17, D18	2	XL-1606UBC
J1, J2, J4, J7	4	AFA07-S12FCC-00
J3, J5	2	15EDGRC-3.5-10P
J6	1	15EDGRC-3.5-05P
R1	1	R_10k_0603_1%
R2, R3, R4, R5, R6, R7, R8, R9, R10, R11, R12, R13, R14, R15, R16, R17, R18, R19	18	R_680R_0603_1%
SP1	1	PM_LED-18-v0.0.1
U2, U11	2	Keystone_5117
U3	1	MCP23S17-E/SS
U4	1	CA-IS3741HW
U5	1	CA-IS3105W
U6, U7	2	TBD62783AFG
U8, U9	2	64900001039
U10	1	SN74LVC2G14DBVR

Таблица 12. Перечень элементов платы PM_CNV-DQ16_src

6.8. PM_CNV-RQ8 - плата управления 8 реле

Модуль для подключения 8 релейных выходов. Допустимая подключаемая нагрузка на канал 2А. Контакты реле подключаются независимо, что позволяет подключать нагрузку от разных источников.

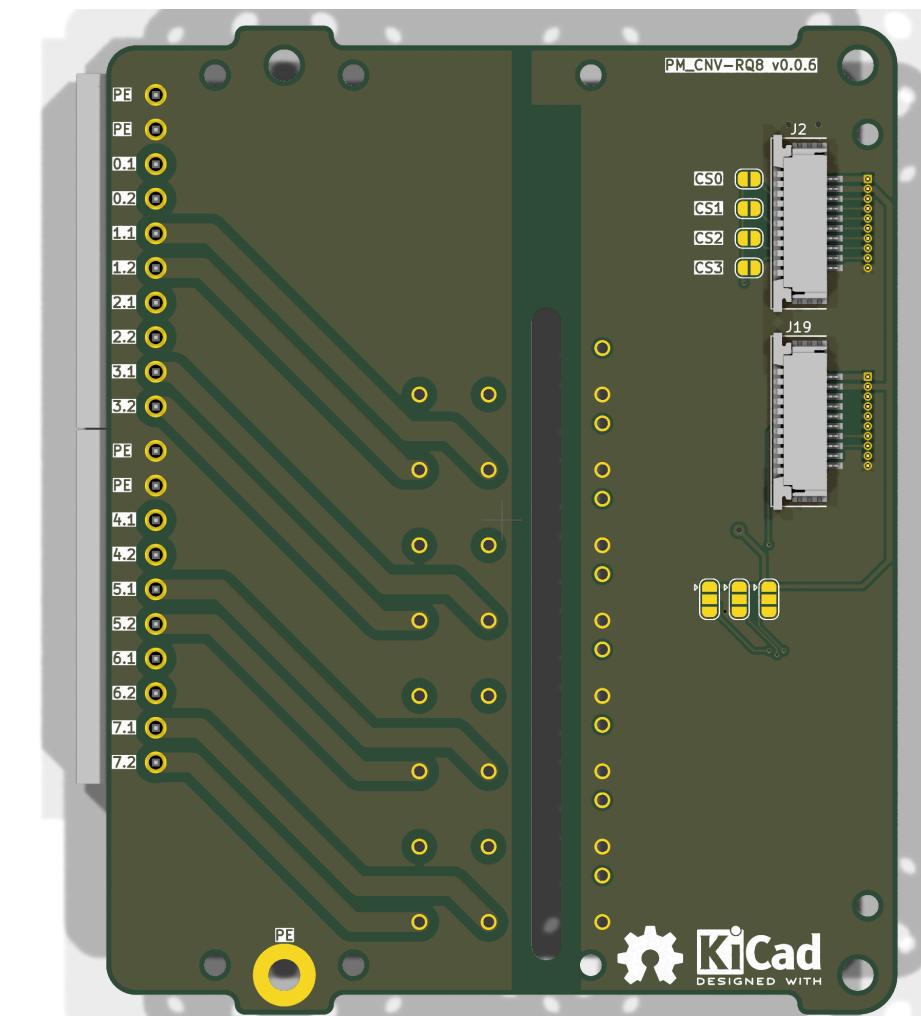
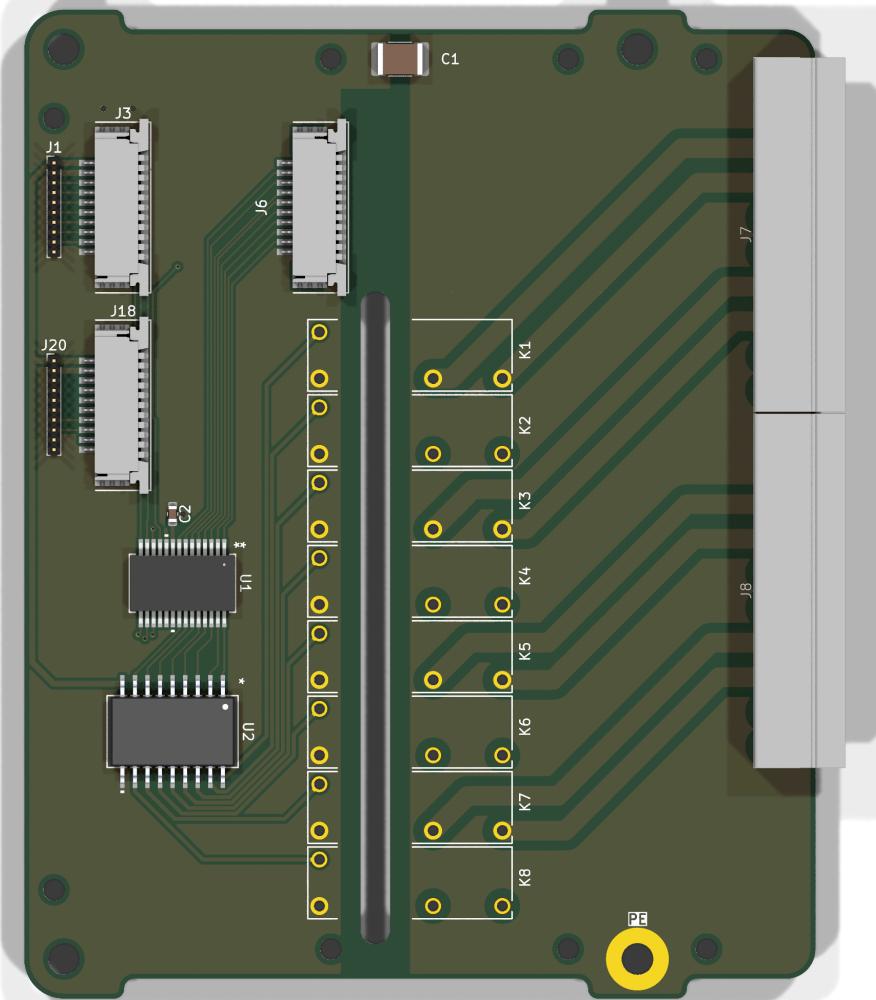


Таблица 13. Внешний вид платы PM_CNV-RQ8

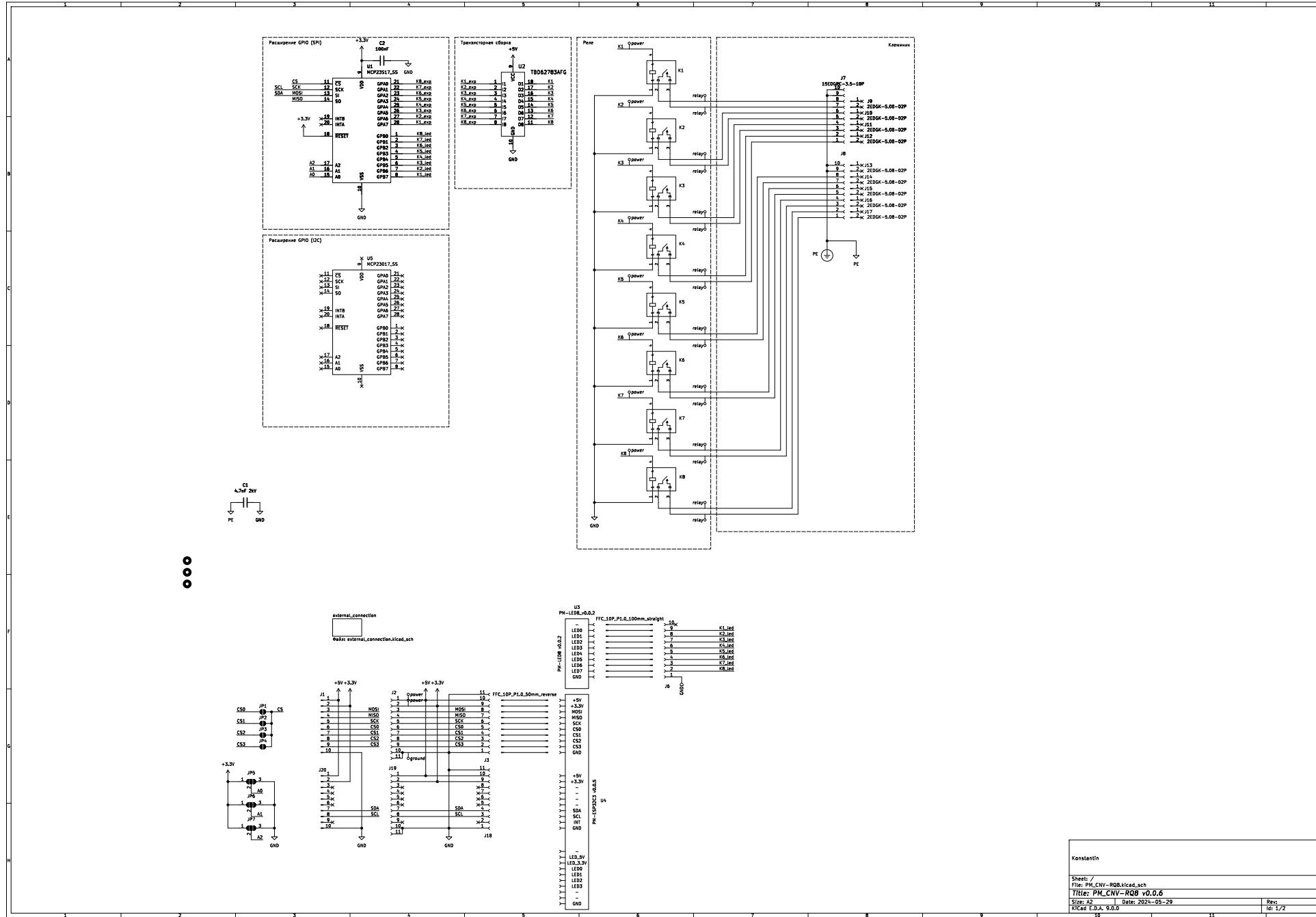


Рис. 11. Принципиальная электрическая схема платы PM_CNV-RQ8

Konstantin
Sheet: /
File: PM_CNV-RQ8.kicd_sch
Title: PM_CNV-RQ8 v0.0.6
Size: A2 Date: 2024-05-29
KiCad EDA 9.0.0 Rev: 1/2

10 11 12 13 14

Обозначение	Количество	part_ipn
C1	1	C_4.7nF_2kV_1812
C2	1	C_100nF_16V_0603_MLCC-X7R
J1, J20	2	
J2, J19	2	AFA07-S10FCC-00
J3, J6, J18	3	AFA07-S10FCC-00
J4	1	FFC_10P_P1.0_50mm_reverse
J5	1	FFC_10P_P1.0_100mm_straight
J7, J8	2	15EDGRC-3.5-10P
J9, J10, J11, J12, J13, J14, J15, J16, J17	9	2EDGK-5.08-02P
K1, K2, K3, K4, K5, K6, K7, K8	8	G5NB-1A-E-DC5
U1	1	MCP23S17-E/SO
U2	1	TBD62783AFG
U5	1	MCP23017-E/SO

Таблица 14. Перечень элементов платы PM_CNV-RQ8

6.9. PM_CNV-AI4_W - плата аналогового ввода 4 тензодатчиков

Плата аналогового ввода для опроса сигналов тензодатчиков. Можно подключить до 4 тензодатчиков.

Опрос датчиков построен на базе АЦП AD7193 компании Analog Devices. Основные характеристики АЦП:

- Тип АЦП - 24-разрядный сигма-дельта ($\Sigma - \Delta$).
- Встроенный усилитель с программируемым коэффициентом усиления 1 .. 128. Позволяет измерять напряжения в диапазоне 40 мВ .. 5 В.
- Низкий уровень шумов. До 22 разрядов при низкой частоте дискретизации.
- 4 дифференциальных канала измерения. Автоматический мультиплексор.
- Подключается к микроконтроллеру по интерфейсу SPI.

Гальваническая изоляция от микроконтроллера реализована с помощью 2 микросхем:

- CA-IS3105W - DC / DC преобразователь для цепей питания.
- CA-IS3741HW - преобразователь сигналов.

Пример отладочной платы от производителя CN0102 - [1].

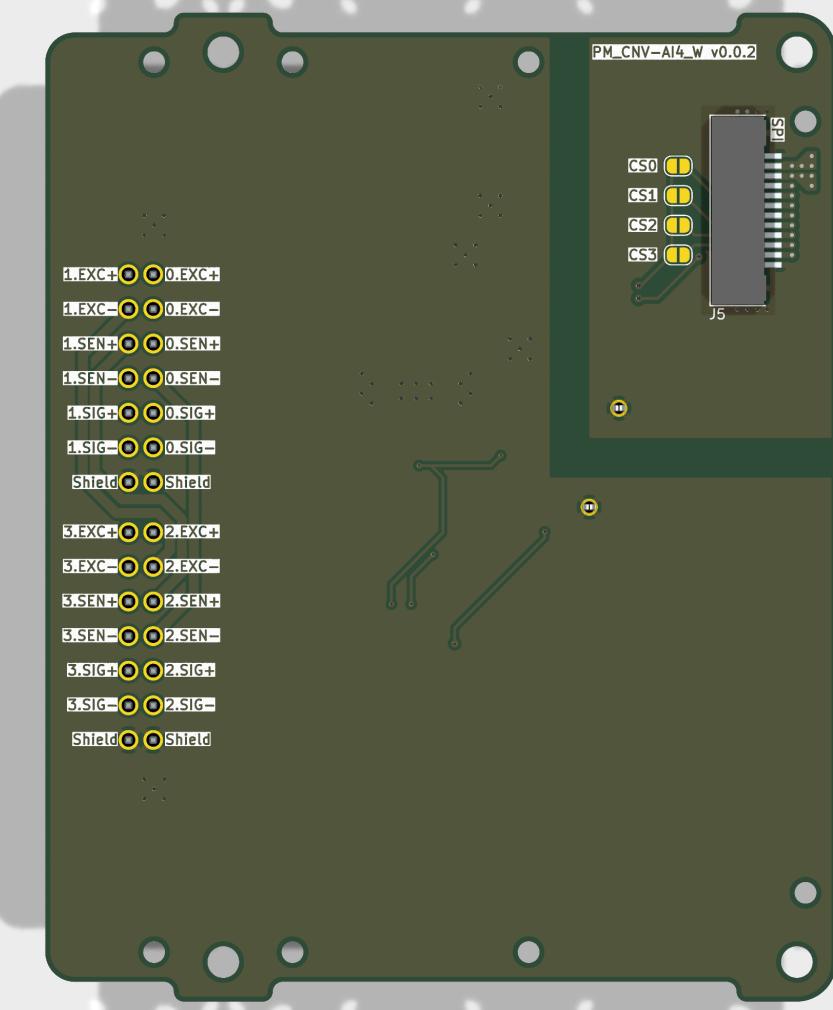
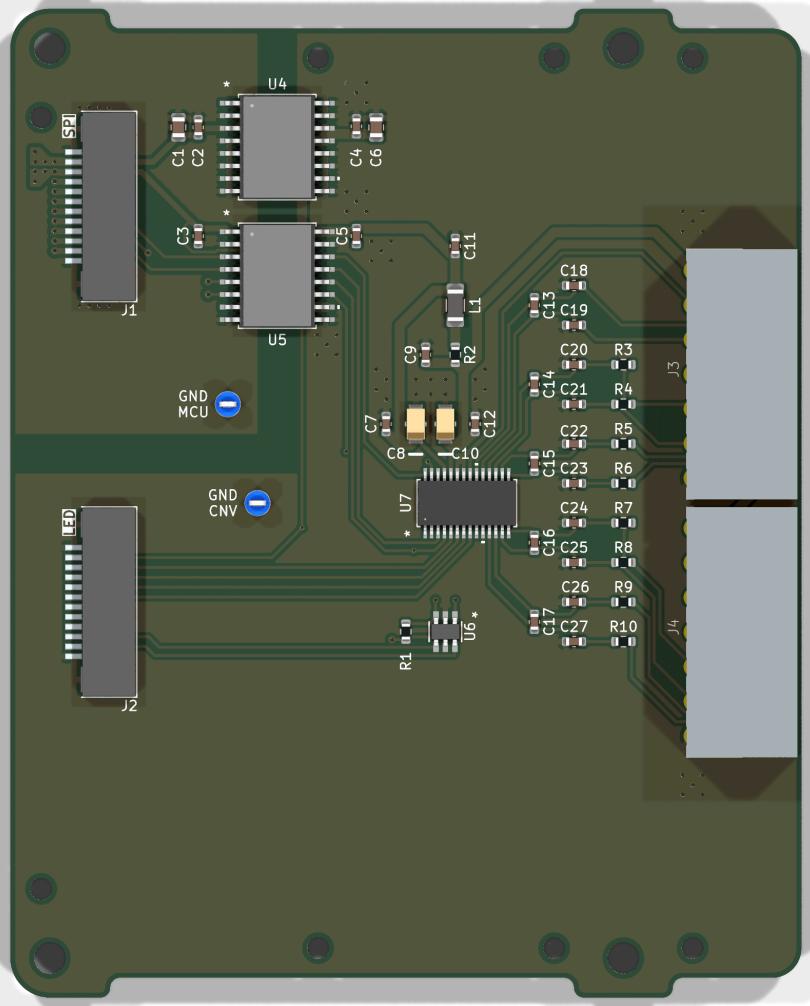


Таблица 15. Внешний вид платы PM_CNV-AI4_W

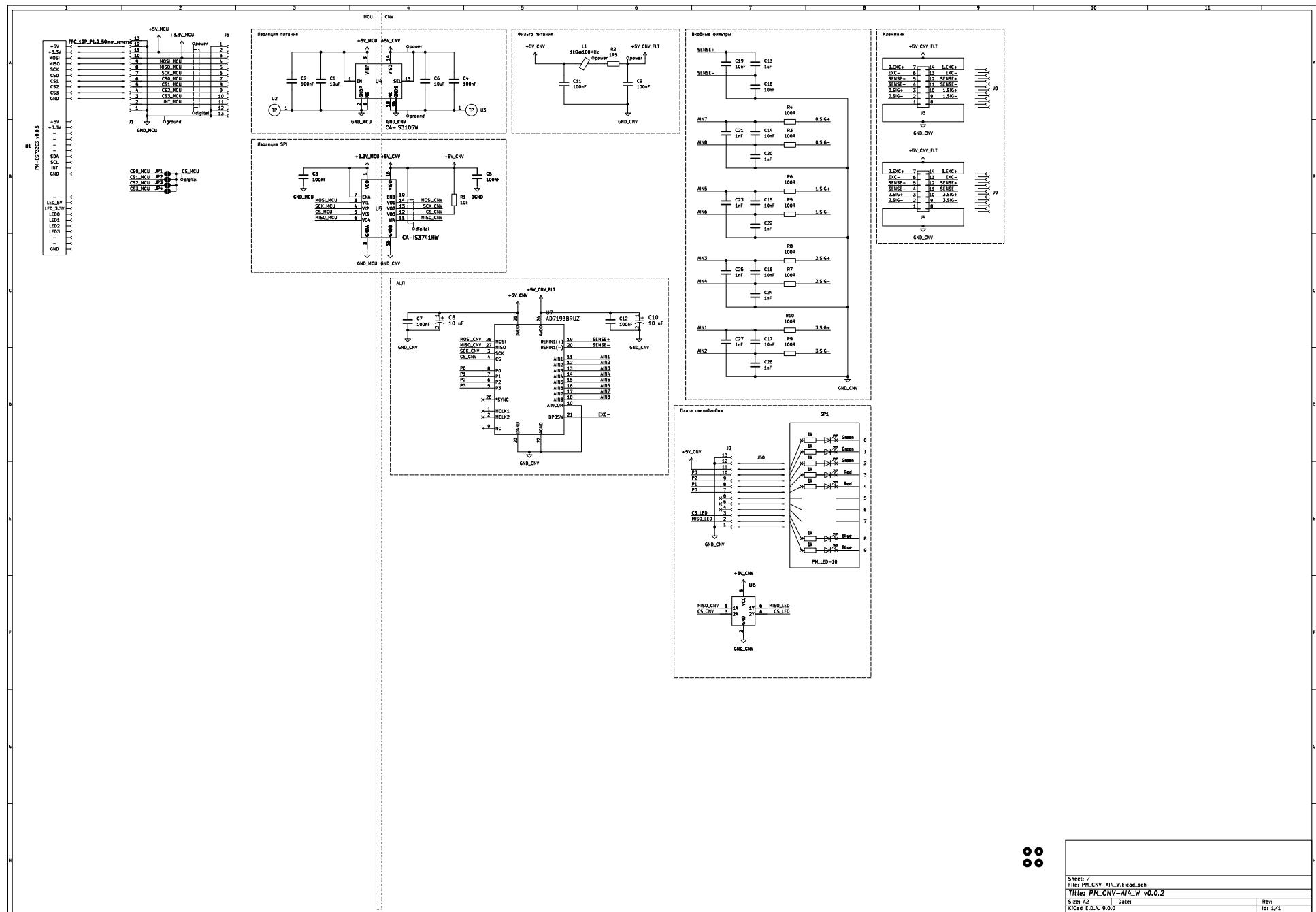


Рис. 12. Принципиальная электрическая схема платы PM_CNV-AI4_W

Обозначение	Количество	part_ipn
C1, C6	2	C_10uF_16V_0805_MLCC-X7R
C2, C3, C4, C5, C7, C9, C11, C12	8	C_100nF_16V_0603_MLCC-X7R
C8, C10	2	TAJA106M016RNJ
C13	1	C_1uF_16V_0603_MLCC-X7R
C14, C15, C16, C17, C18, C19	6	C_10nF_16V_0603_MLCC-X7R
C20, C21, C22, C23, C24, C25, C26, C27	8	C_1nF_16V_0603_MLCC-X7R
D1, D2, D3	3	XL-1606SYGC
D4, D5	2	XL-1606SURC
D6, D7	2	XL-1606UBC
J1, J2, J5	3	AFA07-S12FCC-00
J3, J4	2	15EDGRHC-THR-3.5-14P
J8, J9	2	15EDGKNH-3.5-14P
J10	1	FFC_10P_P1.0_50mm_reverse
J50	1	FFC_12P_P1.0_100mm_straight
L1	1	FB_300mΩ_1kΩ@100MHz_1206
R1	1	R_10k_0603_1%
R2	1	R_1R5_0603_1%
R3, R4, R5, R6, R7, R8, R9, R10	8	R_100R_0603_1%
R11, R12, R13, R14, R15, R16, R17	7	R_1k_0603_1%
SP1	1	PM_LED-10-v0.0.1
U2, U3	2	Keystone_5117
U4	1	CA-IS3105W
U5	1	CA-IS3741HW
U6	1	SN74LVC2G14DBVR
U7	1	AD7193BRUZ

Таблица 16. Перечень элементов платы PM_CNV-AI4_W

**6.10. PM_CNV-AI8_IU - плата аналогового ввода 8 датчиков 0..20 мА
или 0..10 В**

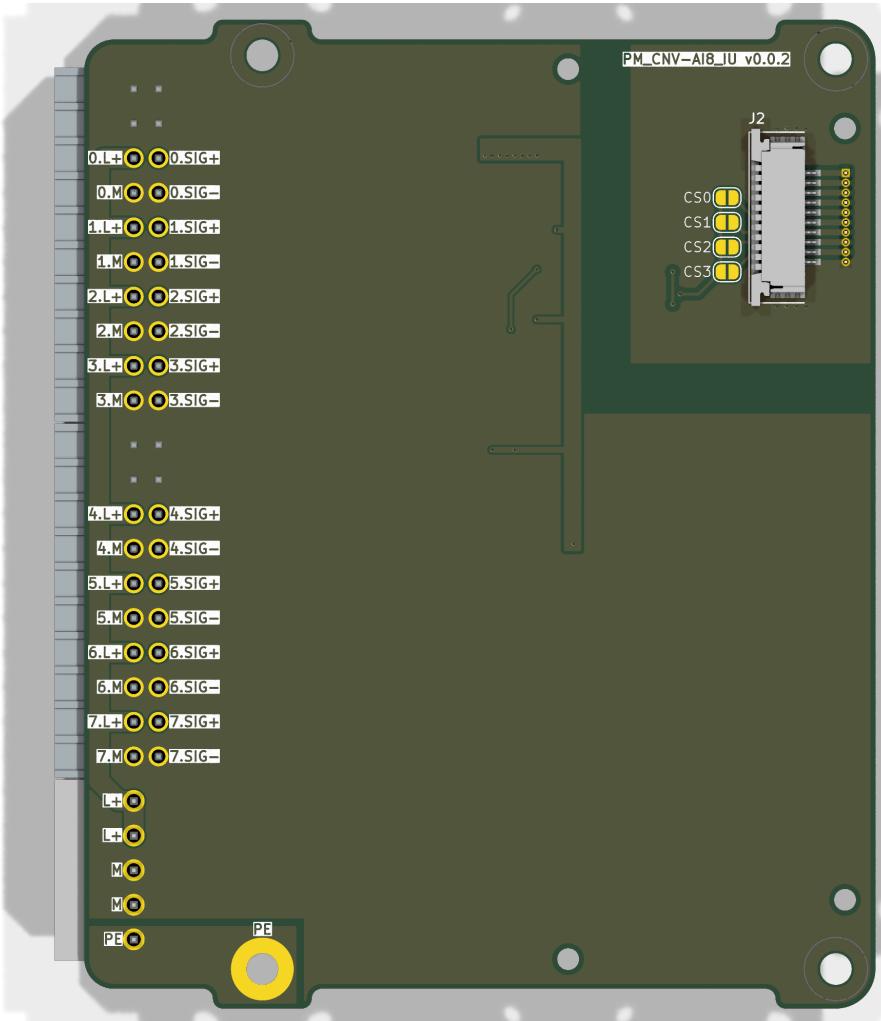
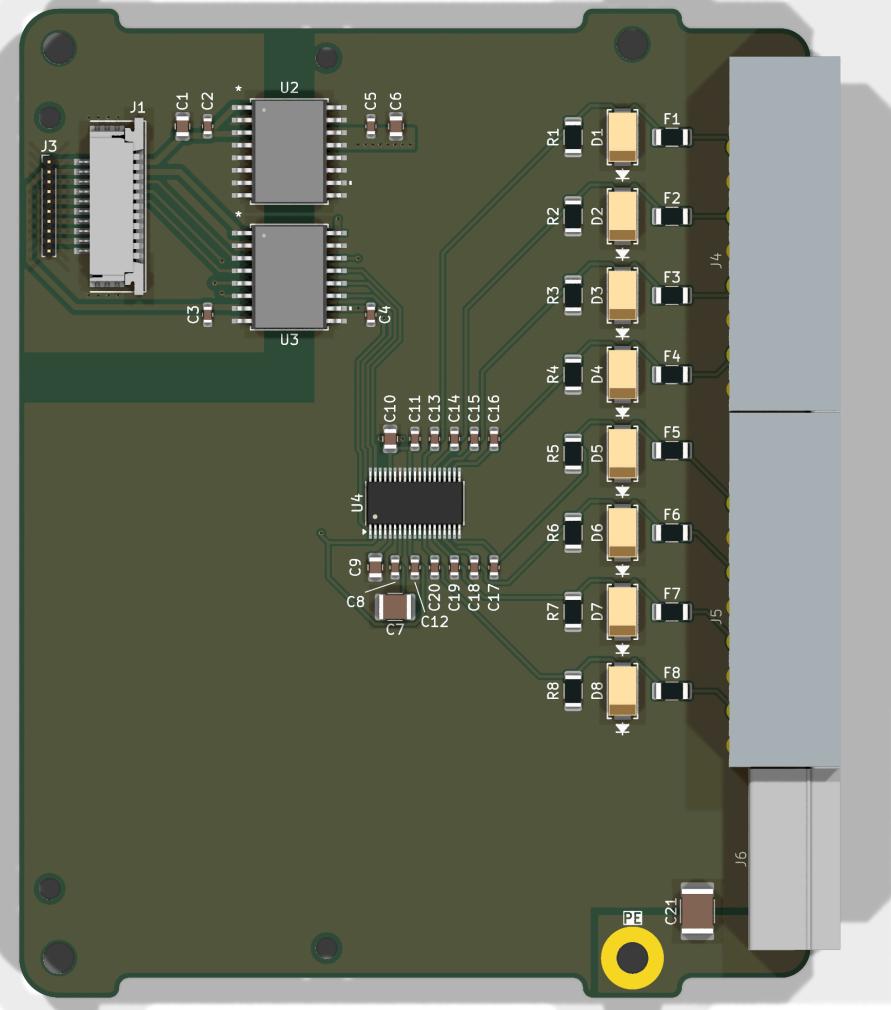


Таблица 17. Внешний вид платы PM_CNV-AI8_IU

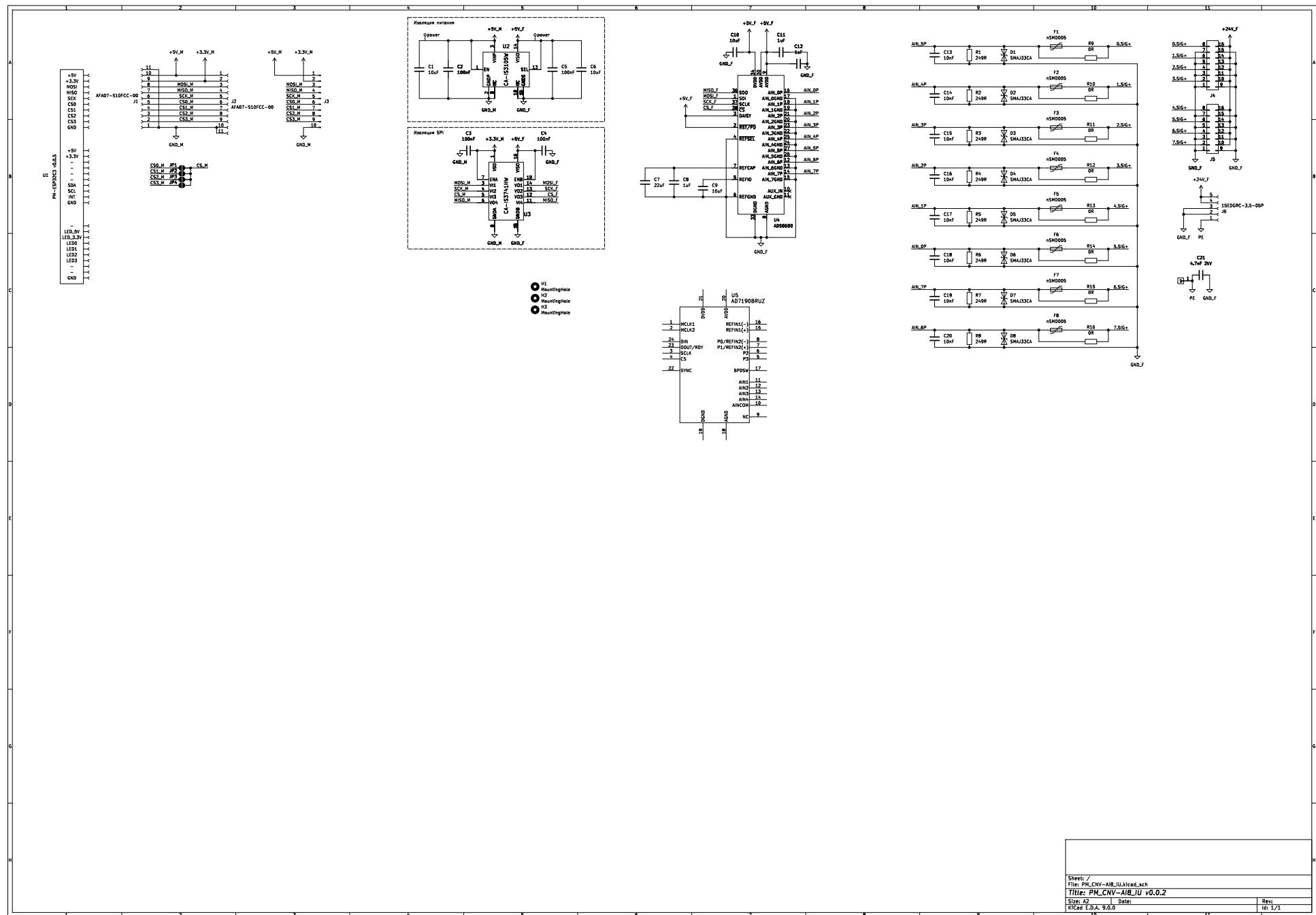


Рис. 13. Принципиальная электрическая схема платы PM_CNV-AI8_IU

Обозначение	Количество	part_ipn
C1, C6, C9, C10	4	C_10uF_16V_0805_MLCC-X7R
C2, C3, C4, C5	4	C_100nF_16V_0603_MLCC-X7R
C7	1	C_22uF_16V_1210_MLCC-X7R
C8, C11, C12	3	C_1uF_16V_0603_MLCC-X7R
C13, C14, C15, C16, C17, C18, C19, C20	8	C_10nF_50V_0603_MLCC-C0G
C21	1	C_4.7nF_2kV_1812
D1, D2, D3, D4, D5, D6, D7, D8	8	SMAJ33CA
F1, F2, F3, F4, F5, F6, F7, F8	8	nSMD005
J1, J2	2	AFA07-S10FCC-00
J3, U4	2	
J4, J5	2	15EDGRHC-THR-3.5-16P
J6	1	15EDGRC-3.5-05P
R1, R2, R3, R4, R5, R6, R7, R8	8	R_249R_1206_0.1%_25ppm
R9, R10, R11, R12, R13, R14, R15, R16	8	R_0R_1206_1%
U2	1	CA-IS3105W
U3	1	CA-IS3741HW
U5	1	AD7190

Таблица 18. Перечень элементов платы PM_CNV-AI8_IU

6.11. PM_CNV-AI4-RTD - плата аналогового ввода 4 термосопротивлений

6.12. PM_CNV-AI4-TC - плата аналогового ввода 4 термопар

6.13. PM_HMI-Keyboard

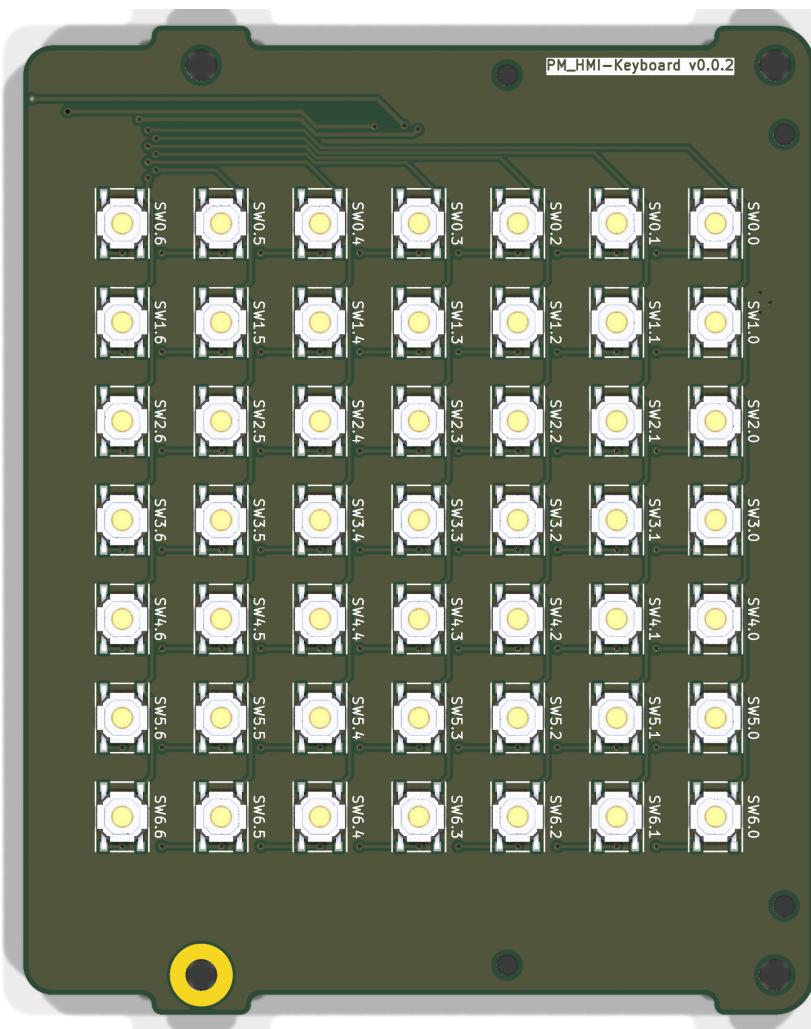
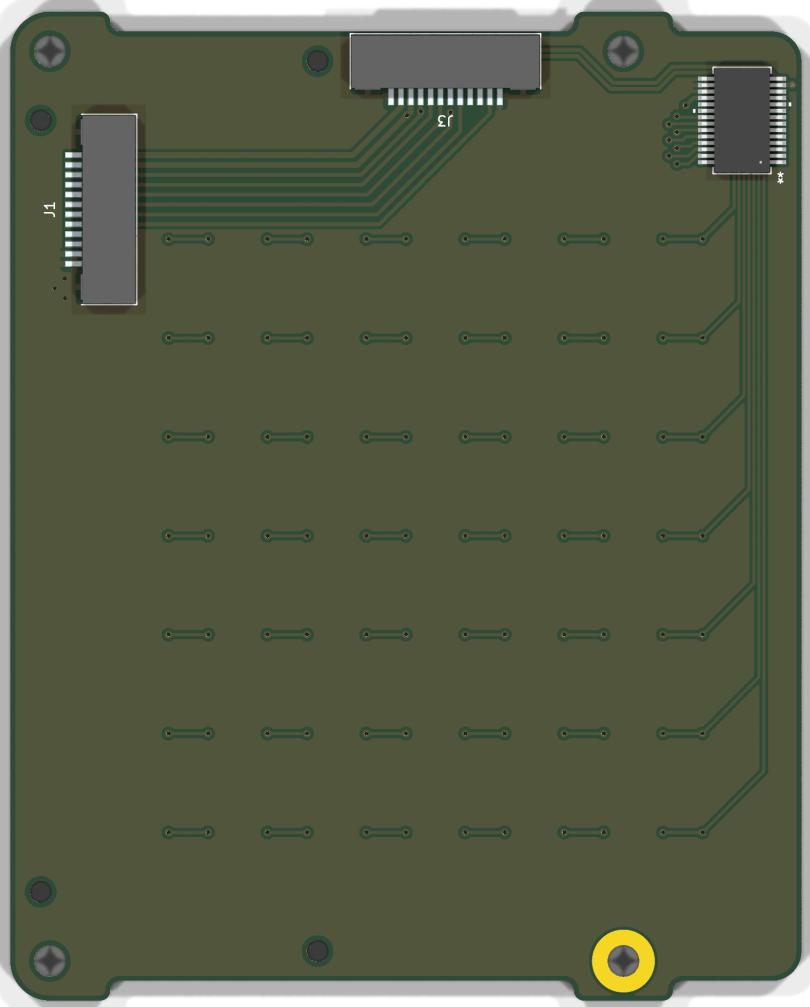


Таблица 19. Внешний вид платы PM_HMI-Keyboard

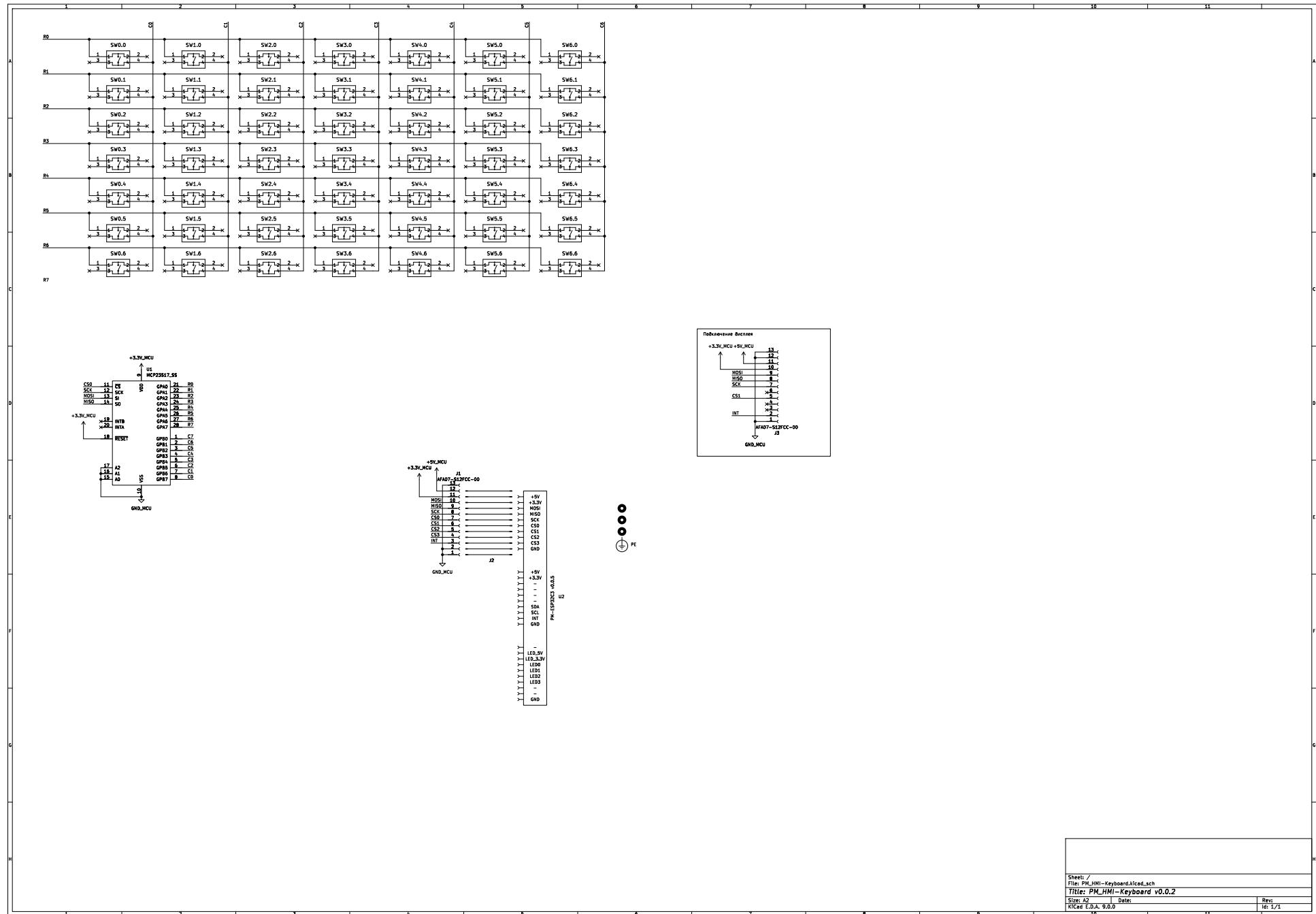


Рис. 14. Принципиальная электрическая схема платы PM_HMI-Keyboard

Sheet: /
File: PM_HMI-Keyboard.sch
Title: PM_HMI-Keyboard v0.0.2
Size: A2 Date:
KiCad EDA 9.0.0 Rev: 1

Обозначение	Количество	part_ipn
J1, J3	2	AFA07-S12FCC-00
J2	1	FFC_12P_P1.0_100mm_straight
SW0.0, SW0.1, SW0.2, SW0.3, SW0.4, SW0.5, SW0.6, SW1.0, SW1.1, SW1.2, SW1.3, SW1.4, SW1.5, SW1.6, SW2.0, SW2.1, SW2.2, SW2.3, SW2.4, SW2.5, SW2.6, SW3.0, SW3.1, SW3.2, SW3.3, SW3.4, SW3.5, SW3.6, SW4.0, SW4.1, SW4.2, SW4.3, SW4.4, SW4.5, SW4.6, SW5.0, SW5.1, SW5.2, SW5.3, SW5.4, SW5.5, SW5.6, SW6.0, SW6.1, SW6.2, SW6.3, SW6.4, SW6.5, SW6.6	49	TS-1187A-B-A-B
U1	1	MCP23S17-E/SS

Таблица 20. Перечень элементов платы PM_HMI-Keyboard

6.14. PM_HMI-Touch

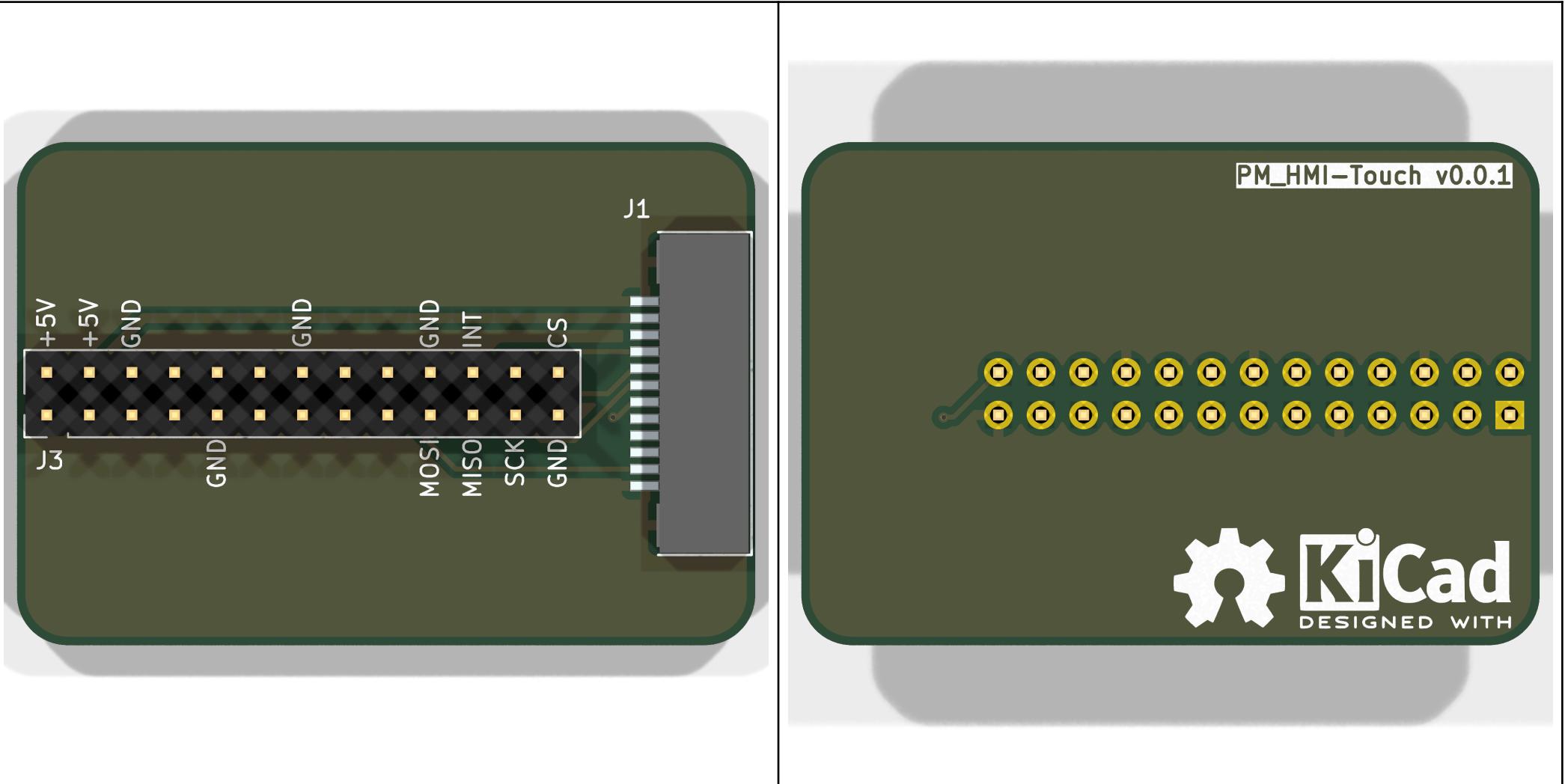


Таблица 21. Внешний вид платы PM_HMI-Touch

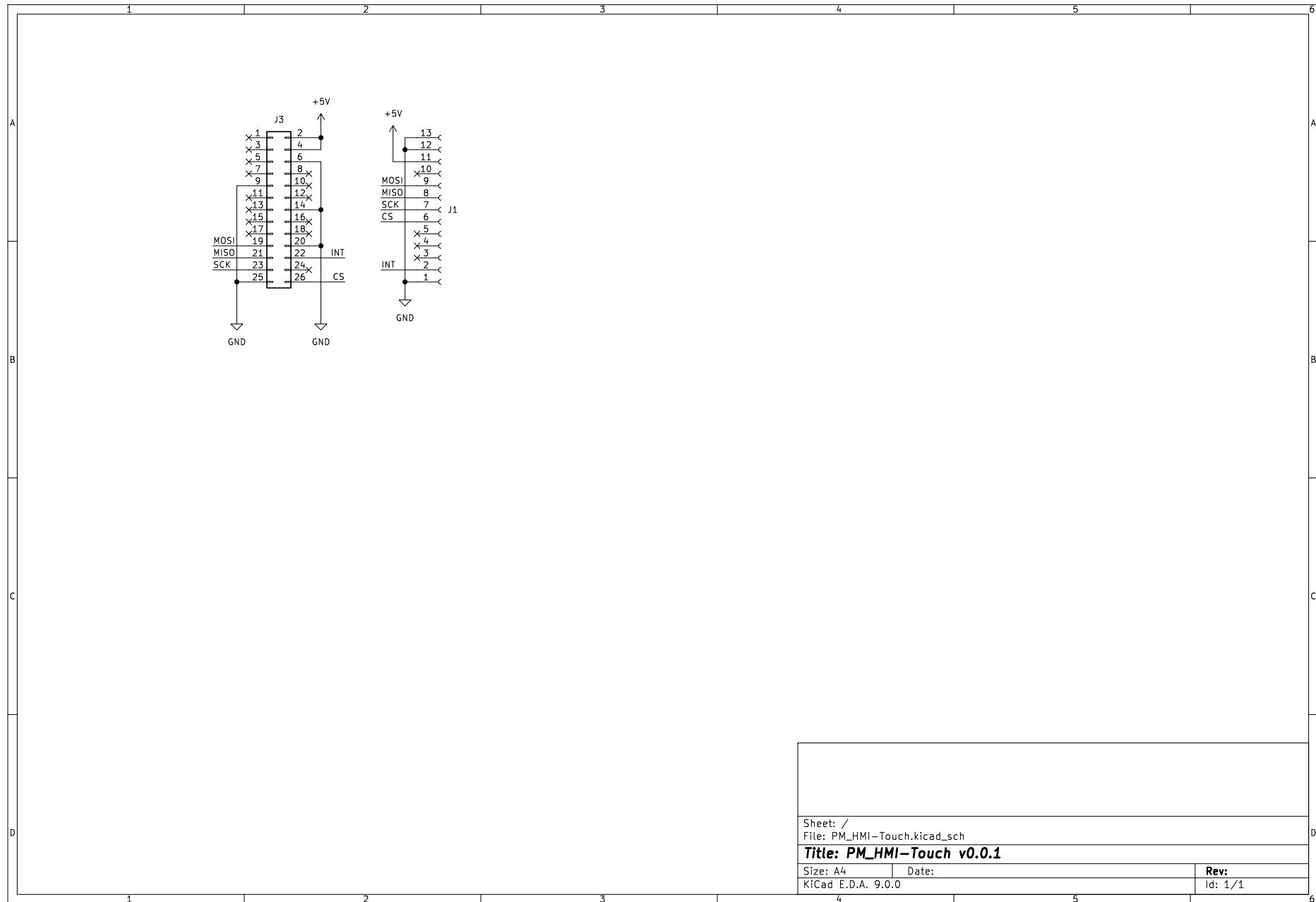


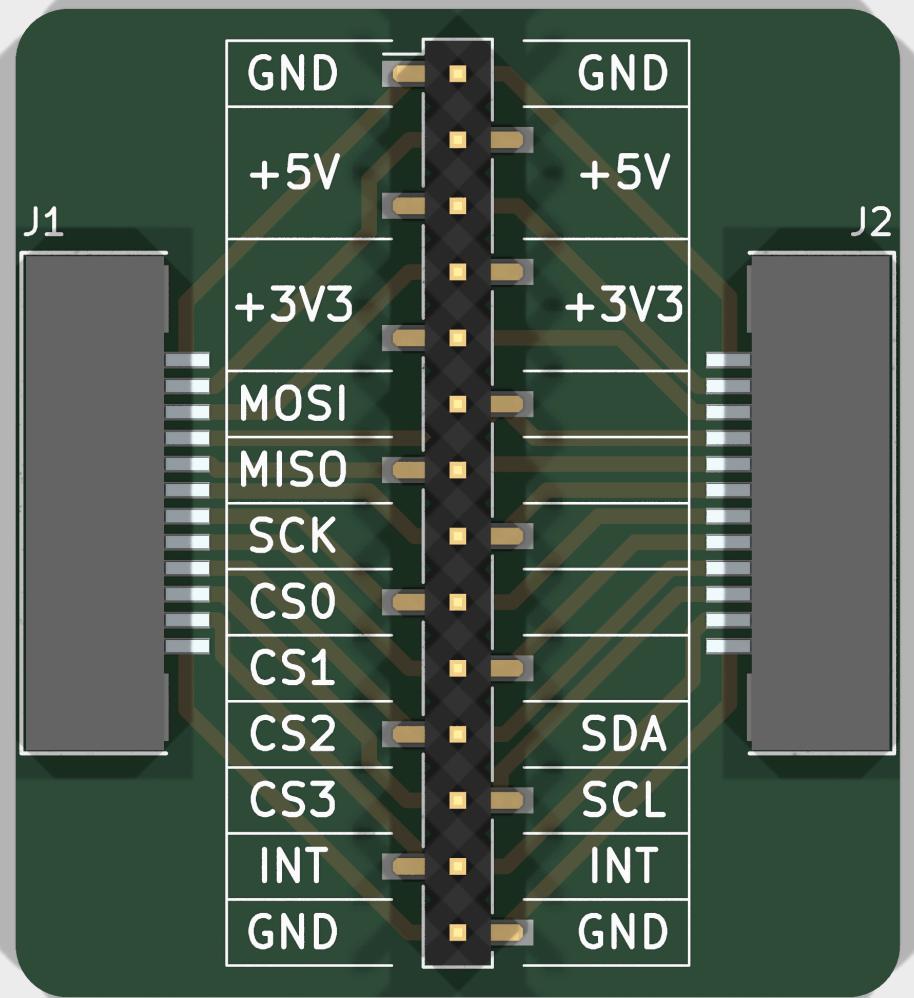
Рис. 15. Принципиальная электрическая схема платы PM_HMI-Touch

Sheet: / File: PM_HMI-Touch.kicad_sch		Rev:
Title: PM_HMI-Touch v0.0.1		Id: 1/1
Size: A4	Date:	
KiCad E.D.A. 9.0.0		

Обозначение	Количество	part_ipn
J1	1	AFA07-S12FCC-00
J3	1	PinHeader_02x13_P2.54_THT_straight

Таблица 22. Перечень элементов платы PM_HMI-Touch

6.15. PM_DBG-FFC



PM_DBG-FFC v0.0.2

Таблица 23. Внешний вид платы PM_DBG-FFC

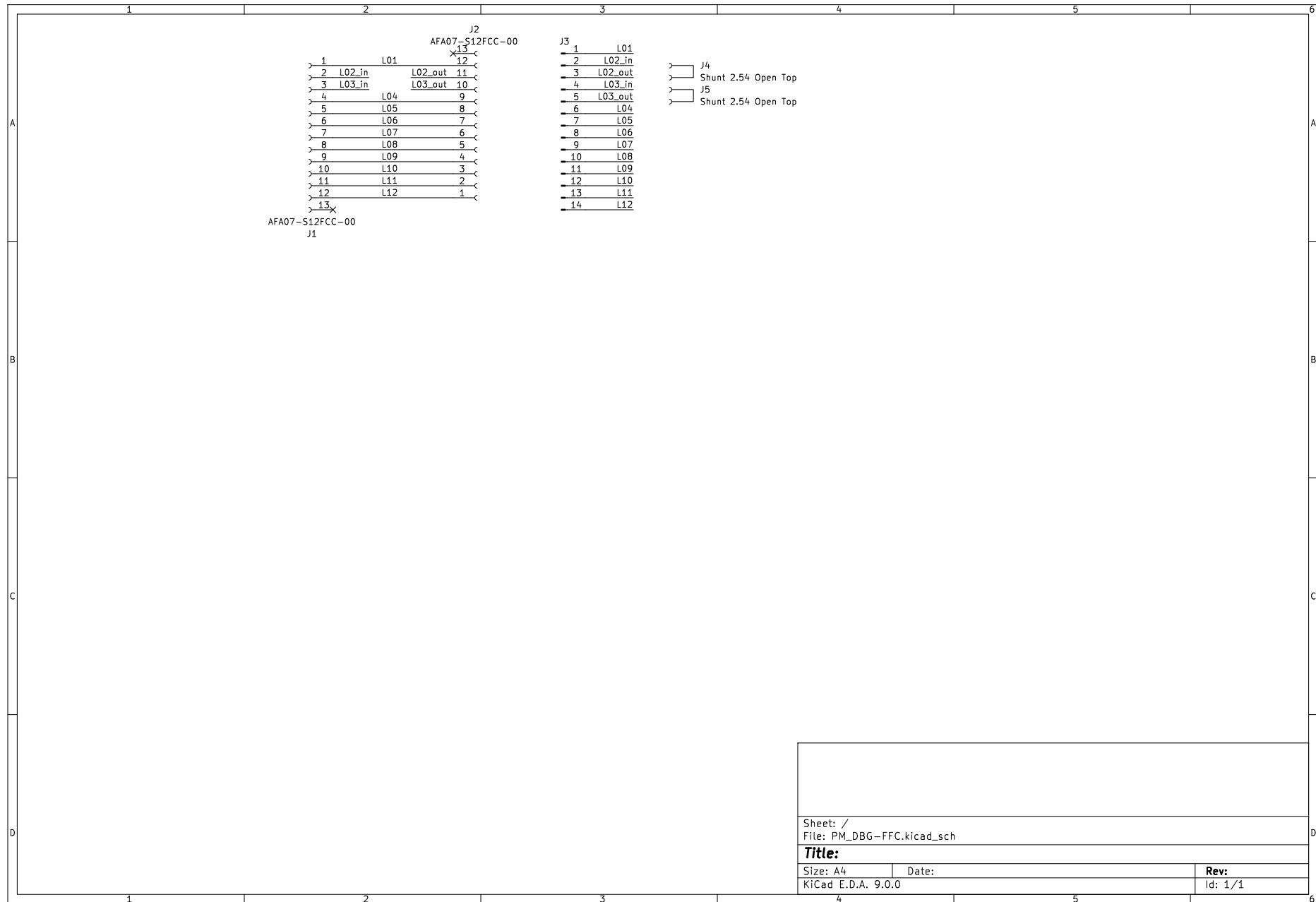


Рис. 16. Принципиальная электрическая схема платы PM_DBG-FFC

Обозначение	Количество	part_ipn
J1, J2	2	AFA07-S12FCC-00
J3	1	PinHeader_01x14_P2.54_SMD_straight
J4, J5	2	Shunt 2.54 Open Top

Таблица 24. Перечень элементов платы PM_DBG-FFC

Библиография

1. Analog Devices. Precision Weigh Scale Design Using the AD7190 24-Bit Sigma-Delta ADC with Internal PGA [электронный ресурс]. URL: <https://www.analog.com/en/resources/reference-designs/circuits-from-the-lab/cn0102.html#rd-overview>.