

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ

на разработку аппаратной части универсальной платы управления и мониторинга стиральной машины (3 реле, 2 выхода управления LED, детектор 220 В, 2 входа датчиков, БП 220В, термостойкость до +95 °С, совместимость с Raspberry Pi Zero / Zero 2 W / 3B / 3B+)

ВАЖНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ПО ОБЪЕМУ И ВЫБОРУ КОМПОНЕНТОВ:

- 1. **Разработка ПО не требуется:** Все алгоритмы и примеры кода приведены исключительно в справочных и информационных целях.
- 2. **Свобода выбора элементной базы:** Все типы компонентов, микросхем, модулей и их номиналы приведены в ТЗ в качестве базовых примеров и рекомендаций. Окончательный выбор конкретных компонентов, схемотехнических решений и комплектации (BOM) остается на усмотрение Исполнителя при условии выполнения функционала, термостойкости до +95 °С и надежности.
- 3. **Аппаратная фильтрация:** Вся фильтрация помех, сетевых пульсаций 50 Гц и дребезга должна быть **ПОЛНОСТЬЮ ВЫПОЛНЕНА АППАРАТНО НА ПЛАТЕ**.

Состав периферии и архитектура платы:

- **Реле:** 3 реле коммутации кнопок с общим проводом (COM , SW1 , SW2 , SW3);
- **Светодиоды:** 2 независимых выхода управления внешними светодиодами (LED1 , LED2);
- **Вход 220 В:** 1 канал детектора 220 В замка блокировки люка (УБЛ) с аппаратным сглаживающим фильтром;
- **Входы датчиков:** 2 универсальных оптоизолированных входа (IN1 , IN2) с аппаратным антидребезгом;
- **Термостойкость:** Работа в замкнутом корпусе машины при температуре окружающей среды **до +95 °С**;
- **Платформы MCU:** Поддержка **Raspberry Pi Zero / Zero 2 W** (мезонин) и **Raspberry Pi 3B / 3B+** (40-pin разъем / шлейф);
- **Питание:** Встроенный сетевой БП 220В → 5В / 3.3В с запасом по мощности (15–20 Вт).

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ И ЦЕЛЬ РАЗРАБОТКИ

Целью проекта является разработка компактной, высокотемпературной и вибростойкой несущей платы (Carrier Board), предназначенной для монтажа внутрь корпуса стиральной машины. Плата питается напрямую от сети ~220 В, формирует питание 5 В и 3.3 В для себя и микрокомпьютера Raspberry Pi (Zero / Zero 2 W / 3B / 3B+), управляет 3 кнопками, 2 внешними светодиодами и считывает статус замка 220 В и 2 внешних датчиков через I2C-расширитель **MCP23017**.

2. ТРЕБОВАНИЯ К НАДЕЖНОСТИ И БЕЗОПАСНОСТИ

Фактор среды	Условия внутри машины	Инженерное решение в проекте
Температурный режим	Нагрев внутри корпуса до +95 °С (стирка 90 °С, сушка, тепло от мотора и ТЭНа)	1. Применение компонентов высокотемпературного промышленного/автомобильного класса (Industrial/Automotive: рабочая температура до +105...+125 °С). 2. Электролитические конденсаторы с грейдом 105 °С / 125 °С (Low ESR, долгий срок службы). 3. Запас мощности БП (15–20 Вт) с учетом температурного снижения мощности (derating) при +95 °С.
Вибрация и удары	Постоянные вибрации барабана при отжиге до 1400 об/мин	1. Отказ от ненадежных разъемов: Жесткая фиксация плат на резьбовые стойки M2.5. 2. Пружинные клеммники: Запрет винтовых зажимов; применение безвинтовых зажимов (Push-in / Spring-Clamp) WAGO / Phoenix Contact. 3. Фиксация БП: Заливка тяжелого AC/DC модуля вибростойким компаундом.
Влажность и конденсат	Влажность до 95%, риск водяных паров и брызг	1. Двустороннее конформное лаковое покрытие печатной платы (лак UP-231, Plastik-71 или акрил/полиуретан). 2. Монтаж изделия в пластиковый защитный корпус степени защиты не менее IP54 .
Электробезопасность	Соседство цепей 220 В AC и логики 3.3 В / 5 В	1. Воздушные зазоры и пути утечки по плате ≥ 6.5 мм. 2. Фрезерованные изоляционные пазы (1.5–2 мм в текстолите) под оптопарами и высоковольтными линиями 220 В. 3. Гальваническая развязка сигналов до 3750–5000 В.

3. ОБЯЗАТЕЛЬНОЕ ТРЕБОВАНИЕ: АППАРАТНАЯ ЗАЩИТА ОТ ДРЕБЕЗГА И ПОМЕХ

Вся фильтрация шумов, сетевых пульсаций и дребезга должна быть выполнена **аппаратными средствами схемы платы**:

- **В цепи детектора 220 В замка УБЛ:** Применение двунаправленной АС-оптопары **PC814 / EL814** (или аналога) и сглаживающего конденсатора емкостью **4.7–10 мкФ**. Конденсатор полностью сглаживает провалы синусоиды 50 Гц при переходе через ноль, формируя на входе MCP23017 чистый монолитный логический уровень.
- **В цепях 2 универсальных входов (IN1, IN2):** Установка интегрирующих RC-фильтров (10 кОм + 100 нФ...1 мкФ) для подавления дребезга внешних контактов и высокочастотных наводок до поступления на встроенные триггеры Шмитта MCP23017.
- **На линиях I2C и питания:** Установка TVS-диодной сборки **USBLC6-2SC6** и блокировочной керамики 100 нФ у каждой микросхемы.

4. ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ФУНКЦИОНАЛЬНЫМ УЗЛАМ

4.1. Встроенный блок питания (AC/DC Преобразователь)

- **Основной AC/DC модуль:** Герметичный импульсный источник питания для монтажа в плату мощностью **15–20 Вт** (5 В, 3–4 А), например, **Mean Well IRM-15-5** или **IRM-20-5** (или эквивалент). Запас по току рассчитан на уверенную работу с Raspberry Pi 3B/3B+ при температуре +95 °С.
- **Входная защита:** Керамический предохранитель 250 В / 2 А, варистор 10D471K (275 В) и термистор NTC.
- **Вторичный стабилизатор 3.3 В:** Термостойкий LDO-стабилизатор (AMS1117-3.3 / AP2112K-3.3) для питания логики MCP23017.

4.2. Поддержка платформ Raspberry Pi (Zero / Zero 2 W / 3B / 3B+)

- **Универсальный интерфейс:** На плате размещается стандартная двухрядная розетка 2×20 pin (шаг 2.54 мм) со стандартной распиновкой GPIO Raspberry Pi.
- **Монтаж Raspberry Pi Zero / Zero 2 W:** Прямая мезонинная установка «бутербродом» на 40-pin разъем и 4 стойки M2.5 (58.0 × 23.0 мм).
- **Подключение Raspberry Pi 3B / 3B+:** Возможность подключения через стандартный 40-жильный плоский шлейф (Flat Ribbon Cable) либо через дублирующий разъем JST-XH 4-pin (5V , GND , SDA , SCL).
- **Питание:** Напряжение +5 В и GND с выхода БП подаются напрямую на силовые пины GPIO разъема (Pin 2, 4 — 5V, Pin 6, 9 — GND).

4.3. Узел релейного управления кнопками — 3 канала (SW1, SW2, SW3)

- **Коммутационные элементы:** 3 герметичных термостойких реле 5 В (Omron G5V-1, Finder 36.11) либо PhotoMOS (AQY212EH).
- **Управление:** Выходы GPA1 , GPA2 , GPA3 MCP23017 → оптопары PC817 → MOSFET 2N7002 → катушки реле с защитными диодами 1N4148 и светодиодами индикации.
- **Выходной клеммник:** 4 контакта **COM** (общий провод кнопок), **SW1** (Кнопка 1), **SW2** (Кнопка 2), **SW3** (Кнопка 3).

4.4. Узел управления 2 независимыми внешними светодиодами (LED1, LED2)

- **Назначение:** 2 независимых выхода для управления внешними светодиодами на передней панели/корпусе стиральной машины.
- **Схема управления:** Выходы GPA6 и GPA7 MCP23017 → транзисторные ключи MOSFET (открытый сток) либо буферные драйверы с токоограничивающими резисторами (ток до 20–50 мА на канал).
- **Клеммник:** Пружинные контакты для подключения внешних светодиодов (LED1 , LED2 , +5V/GND).

4.5. Встроенный детектор 220 В замка люка (УБЛ) — 1 канал

- **Назначение:** Аппаратная фиксация подачи 220 В на замок блокировки дверцы.
- **Схема:** Клеммы UBL_220V → резисторы → АС-оптопара PC814 → RC-фильтр → вход GPA0 MCP23017.
- **Логика сигнала:** «0» = 220 В есть (стирка идет); «1» = 220 В отсутствует (дверца открыта / стирка завершена).

4.6. Универсальные оптоизолированные входы — 2 канала (IN1, IN2)

- **Назначение:** 2 свободных дискретных входа для считывания любых внешних датчиков (датчики протечки, концевики, логика 5–24 В).
- **Схема:** Входные клеммы → оптопары PC817 + RC-фильтры антидребезга → входы GPA4 (IN1) и GPA5 (IN2) MCP23017.

5. ГРАФИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ И СХЕМЫ ПРОЕКТА

Рис. 1 — Структурно-функциональная схема универсальной несущей платы (All-in-One Carrier Board)

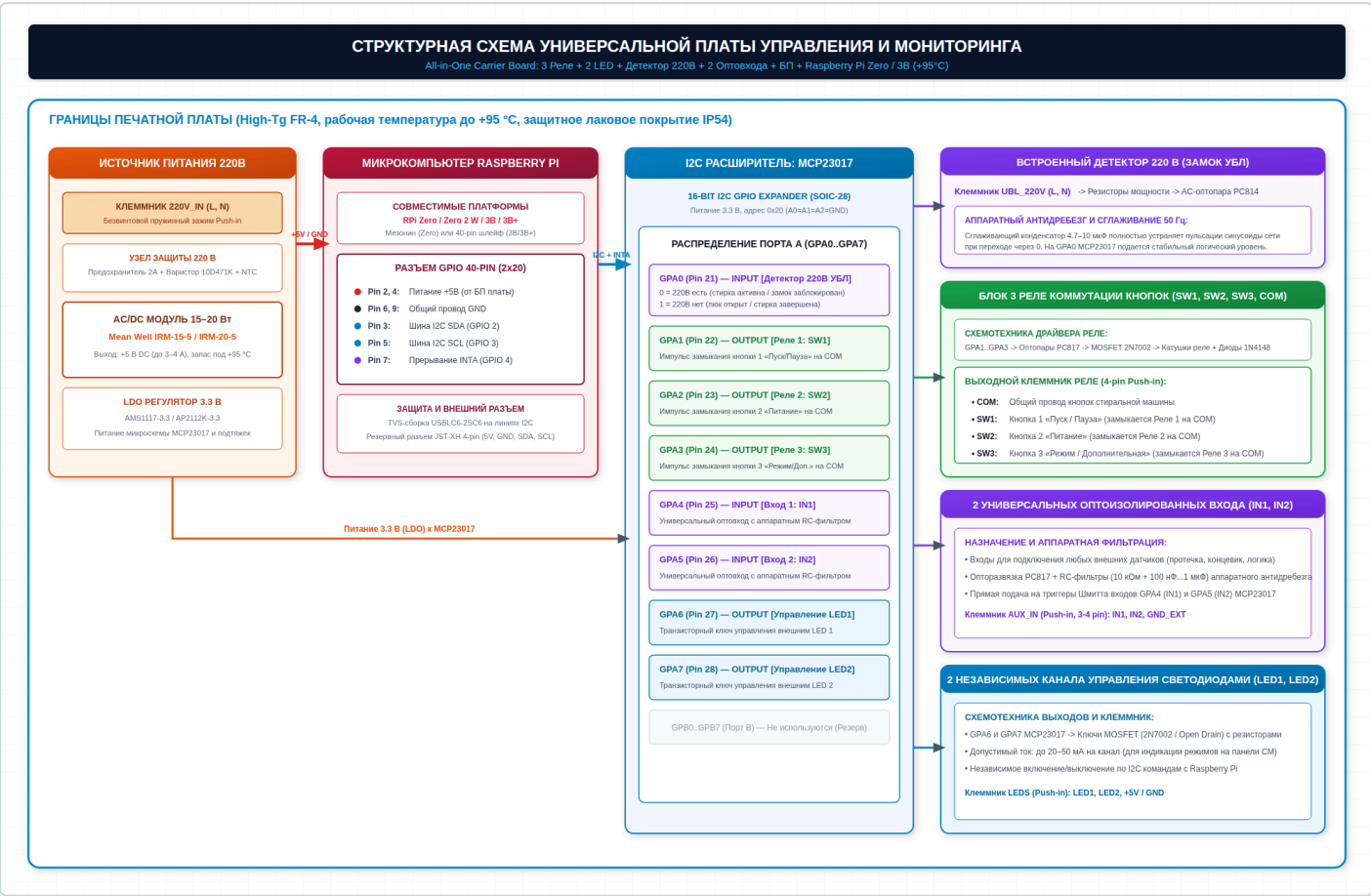
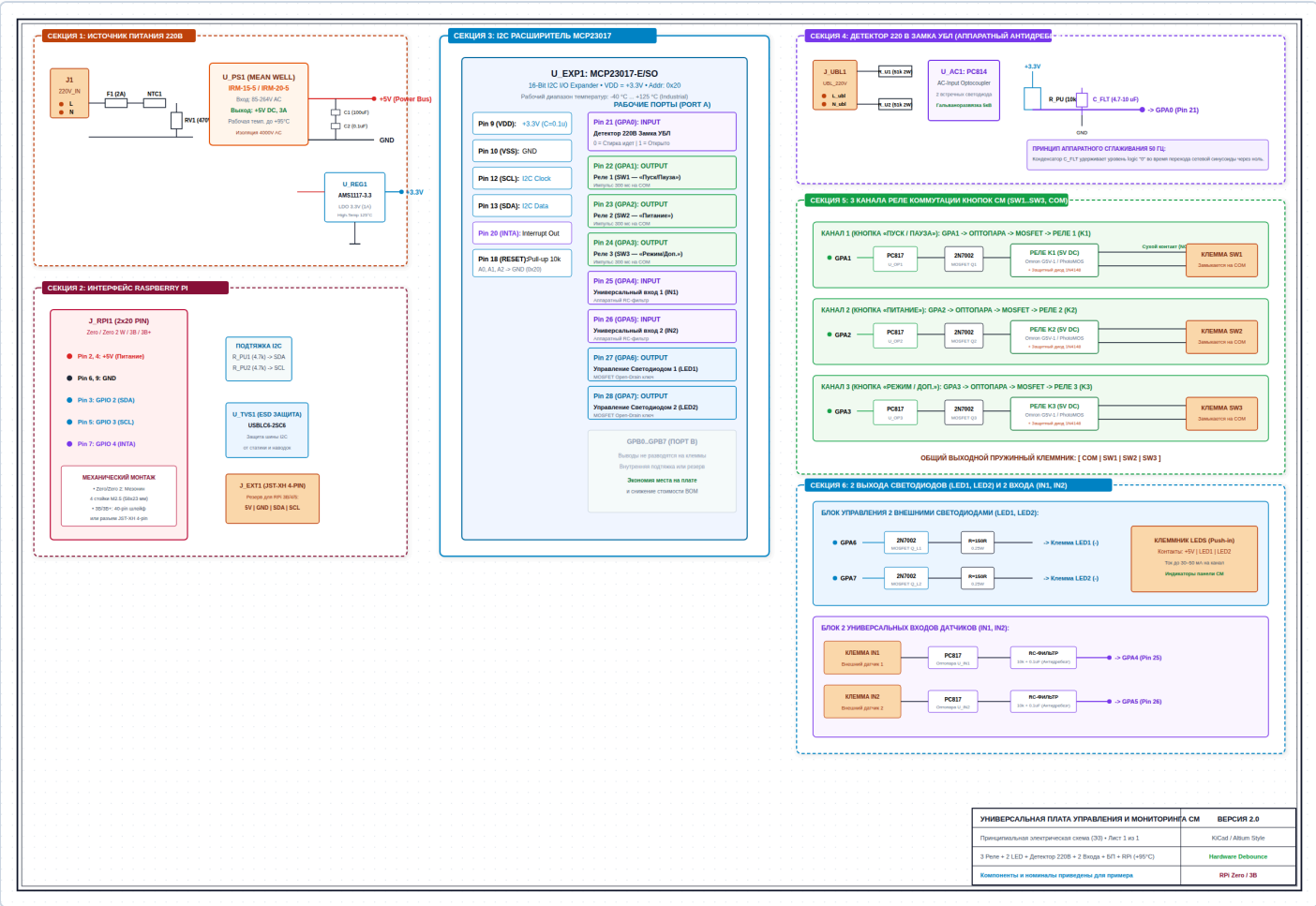


Рис. 2 — Принципиальная электрическая схема (ЭЗ) платы управления и мониторинга СМ со всеми узлами



6. КАРТА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПОРТОВ И СИГНАЛОВ MCP23017

Узел / Чип	Контакт / Пин	Направление	Функция и аппаратная логика
Raspberry Pi	Pin 3 (GPIO 2)	I/O (SDA)	Линия данных шины I2C к MCP23017 (TVS + подтяжка 4.7 кОм)
Raspberry Pi	Pin 5 (GPIO 3)	Output (SCL)	Линия тактирования шины I2C к MCP23017 (TVS + подтяжка 4.7 кОм)
Raspberry Pi	Pin 7 (GPIO 4)	Input (INTA)	Аппаратное прерывание по смене статуса входов GPA
MCP23017	GPA0 (Pin 21)	Input	Детектор 220 В замка УБЛ (0 = стирка активна; 1 = люк разблокирован)
MCP23017	GPA1 (Pin 22)	Output	Реле 1 (SW1): Кнопка 1 («Пуск/Пауза»)
MCP23017	GPA2 (Pin 23)	Output	Реле 2 (SW2): Кнопка 2 («Питание»)
MCP23017	GPA3 (Pin 24)	Output	Реле 3 (SW3): Кнопка 3 («Выбор программы / Дополнительная»)
MCP23017	GPA4 (Pin 25)	Input	Универсальный вход 1 (IN1) с аппаратным RC-фильтром
MCP23017	GPA5 (Pin 26)	Input	Универсальный вход 2 (IN2) с аппаратным RC-фильтром
MCP23017	GPA6 (Pin 27)	Output	Управление Светодиодом 1 (LED1) (1 = ВКЛ, 0 = ВЫКЛ)
MCP23017	GPA7 (Pin 28)	Output	Управление Светодиодом 2 (LED2) (1 = ВКЛ, 0 = ВЫКЛ)
MCP23017	GPB0..GPB7	—	Не используются (резерв, на внешние клеммы не разводятся)

7. СПРАВОЧНАЯ ИНФОРМАЦИЯ: ПРИМЕР ПРОГРАММНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ

Внимание: Раздел приведен исключительно в ознакомительных целях. Разработка ПО исполнителем не требуется.

```
# Справочный пример (только для информации):
port_a = bus.read_byte_data(0x20, 0x12)
is_ubl_locked = (port_a & (1 << 0)) == 0 # GPA0: 220В на замке УБЛ
in1_state     = (port_a & (1 << 4)) == 0 # Вход IN1
in2_state     = (port_a & (1 << 5)) == 0 # Вход IN2

# Включение внешних светодиодов (GPA6 и GPA7):
bus.write_byte_data(0x20, 0x12, port_a | 0xC0)
```

8. СОСТАВ ПЕРЕДАВАЕМОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ (РЕЗУЛЬТАТ ОКР)

- 1. Принципиальная электрическая схема (ЭЗ) в САПР KiCad / Altium Designer и в формате PDF;
- 2. Перечень элементов (BOM / Спецификация) в Excel/CSV с парт-номерах поставщиков (Чип и Дип, LCSC);
- 3. Файлы топологии печатной платы (Gerber RS-274X, Excellon Drill);
- 4. Файлы для автоматизированного монтажа (CPL / Pick-and-Place);
- 5. 3D-модель платы в сборе с установленным Raspberry Pi в формате STEP.