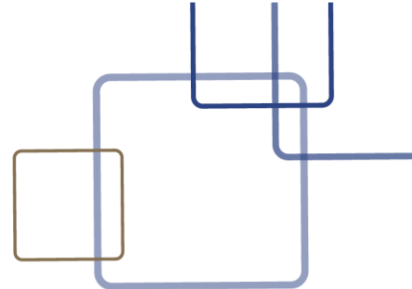




129110, Москва, ул. Щепкина, дом 58, строение 3
пом.IV, 3 этаж, комн. №1
Тел: +7 (495) 785-88-77, Факс: +7 (495) 785-88-78
E-mail: office@satel.org, www.satel.org



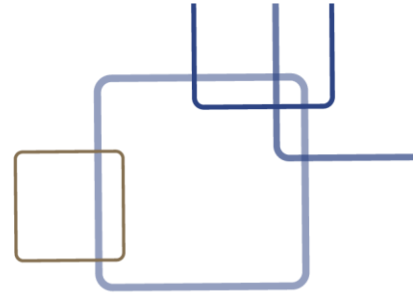
Программное обеспечение микроконтроллера «Пульт СОДС» 643.САБУ.00028-01

Описание функциональных характеристик

ООО «САТЕЛ»
Москва 2025



129110, Москва, ул. Щепкина, дом 58, строение 3
пом.IV, 3 этаж, комн. №1
Тел: +7 (495) 785-88-77, Факс: +7 (495) 785-88-78
E-mail: office@satel.org, www.satel.org



1. Введение

Настоящий документ содержит описание ключевых функциональных характеристик Программного обеспечения микроконтроллера «Пульт СОДС» 643.САБУ.00028-01 (далее – ПО МК «Пульт СОДС»).

2. Описание функциональных характеристик

2.1. Назначение

ПО МК «Пульт СОДС» работает на микроконтроллере (МК) основной платы (хабе) САБУ.466256.002 из состава изделия «Пульт СОДС «РТУ» САБУ.465213.001 и реализует логику управления питанием, периферией и взаимодействие с процессорным модулем COM Express, обеспечивает управление дополнительными платами изделия «Пульт СОДС «РТУ»: платой МТ САБУ.426439.016 (из состава Модуля телефонного САБУ.466369.001) и платой МК САБУ.426439.011 (из состава Модуля комбинированного САБУ.466369.002).

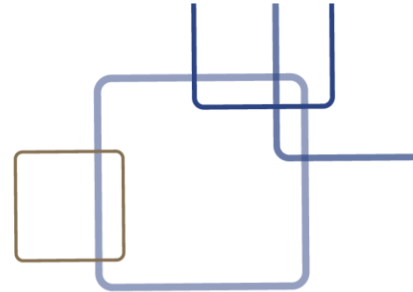
2.2. Перечень бизнес-функций

Программное обеспечение реализует логику управления питанием, периферией и взаимодействие с процессорным модулем COM Express, обеспечивает управление дополнительными платами изделия «Пульт СОДС «РТУ»: платой МТ САБУ.426439.016 (из состава Модуля телефонного САБУ.466369.001) и платой МК САБУ.426439.011 (из состава Модуля комбинированного САБУ.466369.002).

2.3. Функциональные характеристики

ПО МК «Пульт СОДС» 643.САБУ.00028-01 обеспечивает управление всем изделием «Пульт СОДС «РТУ», в частности:

- 1) питанием процессорного модуля (ПМ), установленного на хабе;
- 2) питанием боковых модулей;
- 3) обеспечивает логику работы:
 - боковых модулей (опрос кнопок и управление подсветкой);
 - преднастраивает и управляет некоторыми аудиоустройствами хаба;
 - реализует работу тачскрина экрана ПМ;
 - обеспечивает светодиодную и звуковую индикацию событий запуска устройства, а также управляет светодиодной полосой над экраном ПМ;
 - позволяет обновить ПО без необходимости разборки устройства;
 - обеспечивает диагностику устройств, расположенных на плате хаба или подключенных к нему.



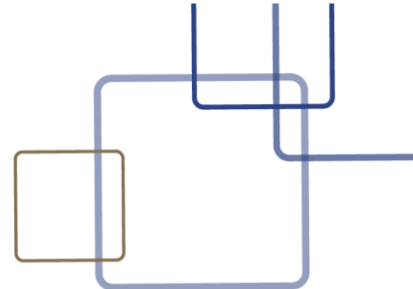
2.4. Входные и выходные данные

ПО МК «Пульт СОДС» обрабатывает входные сигналы (аппаратные и программные) и формирует выходные воздействия для управления периферией и передачи данных.

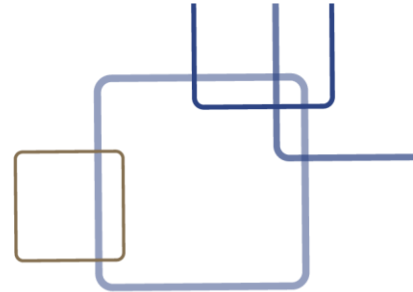
2.4.1. Входные данные (Inputs)

2.4.1.1. Аппаратные входы (Hardware Inputs)

Сигнал/Интерфейс	Назначение	Источник
Аналоговые входы (ADC)		
12V_COMEX_MEAS (PA0)	Измерение напряжения 12V на разъёме COMEX	Делитель напряжения (300/(1000+300))
5V_COMEX_MEAS (PA1)	Измерение напряжения 5V на разъёме COMEX	Делитель напряжения (270/(240+270))
POWERIN_CH1_MEAS (PB0)	Измерение напряжения 24V на входе 1	Делитель напряжения (270/(2000+270))
POWERIN_CH2_MEAS (PB1)	Измерение напряжения 24V на входе 2	Делитель напряжения (270/(2000+270))
12V_MB_MEAS (PC0)	Измерение напряжения 12V на основной плате	Делитель напряжения (300/(1000+300))
5V_MB_MEAS (PC1)	Измерение напряжения 5V на основной плате	Делитель напряжения (270/(240+270))
3V3_MB_MEAS (PC2)	Измерение напряжения 3.3V на основной плате	Делитель напряжения (51/(200+51))
5V_SB_MEAS (PC3)	Измерение напряжения standby 5V	Делитель напряжения (270/(240+270))
5V_MOD1_MEAS (PC4)	Измерение напряжения 5V на модулях группы 1	Делитель напряжения (270/(240+270))
5V_MOD2_MEAS (PC5)	Измерение напряжения 5V на модулях группы 2	Делитель напряжения (270/(240+270))
TS_AD_Y_SENSE (PF4)	Измерение координаты касания тачскрина	Резистивный тачскрин
Цифровые входы (GPIO)		
MOD1_DOUT1 (PD0)	Проверка целостности цепи светодиодов модуля 1 группы 1	WS2812 модуля 1 группы 1
MOD1_DOUT2 (PD1)	Проверка целостности цепи светодиодов модуля 2 группы 1	WS2812 модуля 2 группы 1
MOD1_DOUT3 (PD2)	Проверка целостности цепи светодиодов модуля 3 группы 1	WS2812 модуля 3 группы 1
MOD2_DOUT1 (PD3)	Проверка целостности цепи светодиодов модуля 1 группы 2	WS2812 модуля 1 группы 2



MOD2_DOUT2 (PD4)	Проверка целостности цепи светодиодов модуля 2 группы 2	WS2812 модуля 2 группы 2
MOD2_DOUT3 (PD5)	Проверка целостности цепи светодиодов модуля 3 группы 2	WS2812 модуля 3 группы 2
BROW_DOUT (PD6)	Проверка целостности цепи светодиодов моноброви	WS2812 моноброви
CONTROL_KEY1 (PD10)	Кнопка 1	Пользовательский ввод
CONTROL_KEY2 (PD11)	Кнопка 2	Пользовательский ввод
CONTROL_KEY3 (PD12)	Кнопка 3	Пользовательский ввод
DRY_CONT (PF3)	Сухой контакт (активный низкий)	Внешний источник
MOD1_IRQ1 (PC13)	Прерывание от модуля 1 группы 1	Модуль 1 группы 1
MOD1_IRQ2 (PC14)	Прерывание от модуля 2 группы 1	Модуль 2 группы 1
MOD1_IRQ3 (PC15)	Прерывание от модуля 3 группы 1	Модуль 3 группы 1
MOD2_IRQ1 (PE0)	Прерывание от модуля 1 группы 2	Модуль 1 группы 2
MOD2_IRQ2 (PE1)	Прерывание от модуля 2 группы 2	Модуль 2 группы 2
MOD2_IRQ3 (PE2)	Прерывание от модуля 3 группы 2	Модуль 3 группы 2
AMP_FAULT_INT# (PG0)	Прерывание по ошибке усилителя	Усилитель STA333W13TR
Интерфейсы связи		
MCU_UART1_RX (PA3)	Приём данных от UART1 (COMEX/RS485)	UART1 (COMEX/RS485)
MCU_UART0_RX (PB7)	Приём данных от UART0 (COMEX)	UART0 (COMEX)
MOD1_MISO (PA6)	Данные SPI от модулей группы 1	SPI0 (модули группы 1)
MOD2_MISO (PB14)	Данные SPI от модулей группы 2	SPI1 (модули группы 2)
REG_MISO (PB4)	Данные SPI от регистров ввода/вывода	SPI2 (регистры)
SPI_FLASH_MISO (PC11)	Данные SPI от внешней Flash	SPI Flash (W25Qxx и аналоги)
I2C0_SDA (PB9)	Данные I2C от модулей группы 1 и усилителя	I2C0 (модули/усилитель)



I2C1_SDA (PB11)	Данные I2C от модулей группы 2	I2C1 (модули группы 2)
-----------------	--------------------------------	------------------------

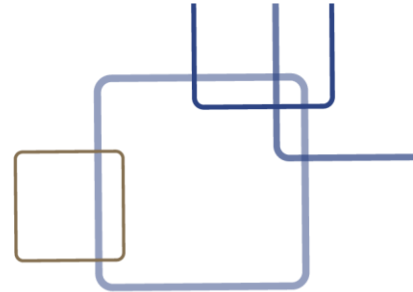
2.4.1.2. Программные/логические входы (Software Inputs)

Данные	Формат	Источник
Команды по UART	Протокол	COM Express
Данные с I2C-расширителей	Байтовые маски (кнопки)	Боковые модули
Конфигурация из Flash	Бинарные/структурированные данные	Внешняя SPI Flash

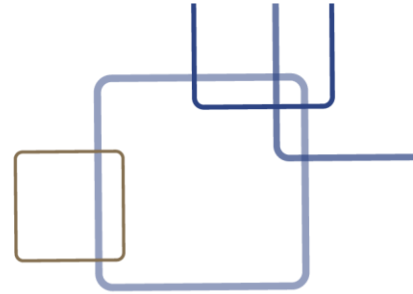
2.4.2. Выходные данные (Outputs)

2.4.2.1. Аппаратные выходы (Hardware Outputs)

Сигнал/Интерфейс	Назначение	Нагрузка
Управление питанием и периферией		
RELAY_ON (PG9)	Управление выходным реле (активный высокий)	Реле
AMP_CLKEN (PE4)	Включение генератора 12.288 МГц для усилителя	Генератор усилителя
LVDS_MCUBKLT_DIM (PC7)	ШИМ-управление подсветкой экрана	Подсветка LVDS
BUZZER (PC6)	Управление пищалкой (нештатный запуск)	Пьезоизлучатель
Управление модулями и адресация		
MOD1_ADDR0 (PE5), MOD1_ADDR1 (PE6), MOD1_ADDR2 (PE7)	Адресация модулей группы 1	Модули группы 1
MOD2_ADDR0 (PE8), MOD2_ADDR1 (PE9), MOD2_ADDR2 (PE10)	Адресация модулей группы 2	Модули группы 2
I2C0_MOD1_EN (PE13)	Разрешение работы I2C для модулей группы 1	I2C0 (модули группы 1)
I2C1_MOD2_EN (PE14)	Разрешение работы I2C для модулей группы 2	I2C1 (модули группы 2)
I2C0_AMPBUS_EN (PE15)	Разрешение работы I2C для усилителей	I2C0 (усилители)
Управление SPI и памятью		
MOD1_CLK (PA5), MOD1_MOSI (PA7)	Тактирование и данные SPI для модулей группы 1	SPI0 (модули группы 1)
MOD2_CLK (PB13), MOD2_MOSI (PB15)	Тактирование и данные SPI для модулей группы 2	SPI1 (модули группы 2)
REG_CLK (PB3),	Тактирование и данные SPI	SPI2 (регистры)



REG_MOSI (PB5)	для регистров ввода/вывода	
SPI_FLASH_SCK(PC10), SPI_FLASH_MOSI (PC12)	Тактирование и данные SPI для внешней Flash	SPI Flash
MOD1_SPI_CS1 (PD7), MOD1_SPI_CS2(PD8), MOD1_SPI_CS3 (PD9)	Выбор модулей группы 1 по SPI	SPI-флэш модулей группы 1
MOD2_SPI_CS1 (PG5), MOD2_SPI_CS2 (PG6), MOD2_SPI_CS3 (PG7)	Выбор модулей группы 2 по SPI	SPI-флэш модулей группы 2
SPI_FLASH_CS (PC9)	Выбор внешней Flash	SPI Flash
REG_LATI (PG12), REG_LATO (PG15)	Защёлка данных для входных/ выходных регистров	Сдвиговые регистры
REG_BUFI_EN# (PG13), REG_BUFO_EN#(PG14)	Управление буферами ввода/вывода	Буферные линии
Управление светодиодами (WS2812)		
MOD1_DIN1 (PA8), MOD1_DIN2 (PE11), MOD1_DIN3 (PA10)	Управление светодиодами модулей группы 1	WS2812 (модули группы 1)
MOD2_DIN1 (PD13), MOD2_DIN2 (PD14), MOD2_DIN3 (PD15)	Управление светодиодами модулей группы 2	WS2812 (модули группы 2)
BROW_DIN (PC8)	Управление светодиодами моноброви	WS2812 (монобровь)
Управление интерфейсами связи		
MCU_UART1_TX (PA2)	Передача данных на UART1 (COMEX/RS485)	UART1 (COMEX/RS485)
MCU_UART0_TX (PB6)	Передача данных на UART0 (COMEX)	UART0 (COMEX)
I2C0_SCL (PB8), I2C0_SDA (PB9)	Тактирование и данные I2C для модулей группы 1 и усилителя	I2C0 (модули/ усилитель)
I2C1_SCL (PB10), I2C1_SDA (PB11)	Тактирование и данные I2C для модулей группы 2	I2C1 (модули группы 2)
MCU_USB_P (PA12), MCU_USB_N (PA11)	Линии USB	USB-устройства
COMEX_USB_SELECT (PG8)	Выбор USB-линии с COMEX	USB-коммутатор
Управление статусом и отладка		
STATUS_LED1# (PF11), ..., STATUS_LED5# (PF15)	Управление статусными светодиодами (активный низкий)	Светодиоды статуса
DEBUG_1 (PE3), DEBUG_2 (PE12),	Отладочные GPIO-выходы	Тестовое оборудование



DEBUG_3 (PB12)		
SUS_S3# (PG4), SUS_S4# (PG2), SUS_S5# (PG3)	Сигналы статуса питания компьютера	Системная логика
LVDS_MCUCTRL_SEL (PG10)	Выбор управления подсветкой (ПК/контроллер)	Подсветка LVDS
LVDS_MCUBKLIT_EN (PG11)	Разрешение управления подсветкой	Подсветка LVDS
CB_RESET# (PG1)	Сигнал сброса (назначение уточняется)	Внешнее устройство

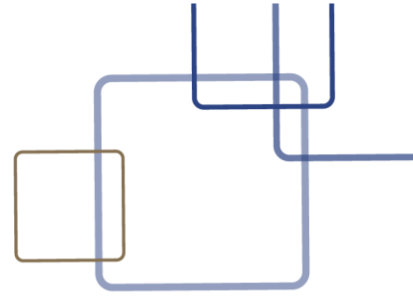
2.4.2.2. Программные/логические выходы (Software Outputs)

Данные	Формат	Приемник
События по UART	Протокол	COM Express
Статус питания	Флаги состояния входов питания	Внутренняя логика

2.5. Область применения

ПО МК «Пульт СОДС» применяется в составе изделия «Пульт СОДС «РТУ» САБУ.465213.001 (устанавливается на микроконтроллер GD32F427ZET6 платы основной САБУ.466256.002 Модуля центрального вычислительного САБУ.466559.001).

Изделие «Пульт СОДС «РТУ» САБУ.465213.001 предназначено для использования в распределенных и централизованных системах оперативно-диспетчерской связи (СОДС) на предприятиях промышленности и транспорта, не предназначен для использования в составе сетей и систем общего пользования. Может применяться в СОДС в металлургической, химической, нефтеперерабатывающей, газо-нефтедобывающей отраслях промышленности, энергетики и транспорта, а также сходных с ними по условиям применения. Пульт СОДС «РТУ» устанавливается в диспетчерских, офисных, пультовых помещениях.



2.6. Ключевые преимущества

Разработанная архитектура ПО обеспечивает стабильную работу контроллера, гибкость в разработке и надёжность в критических задачах (управление питанием, обработка событий).

Использование GCC + CMake упрощает поддержку кода, а модульная структура позволяет легко адаптировать прошивку под новые требования.

Среди ключевых преимуществ можно выделить следующие:

- 1) Модульность и масштабируемость
 - чёткое разделение функционала между компонентами;
 - легко добавлять новые периферийные устройства.
- 2) Кроссплатформенная сборка (GCC + CMake)
 - переносимость между разными ОС (Linux, Windows, macOS);
 - упрощённая интеграция с CI/CD (TBD).
- 3) Надёжность управления питанием
 - автоматическое переключение между источниками питания;
 - корректная обработка АТХ-сигналов.
- 4) Гибкость обновления
 - загрузчик позволяет обновлять прошивку без программатора.
- 5) Эффективное использование ресурсов
 - минимальные задержки в критических секциях (прерывания, таймеры).
- 6) Удобный протокол обмена данными
 - легкая интеграция с высокоуровневым программным обеспечением.

3. Описание системных требований

Целевая архитектура:

- микроконтроллер K1921BK01T2 / GD32F427ZET6;
- ядро: ARM Cortex-M4 (с FPU).

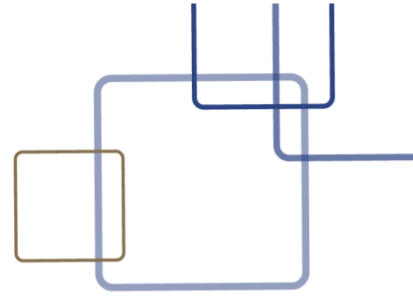
ПО МК «Пульт СОДС» функционирует на микроконтроллере GD32F427ZET6 платы основной САБУ.466256.002 в составе Модуля центрального вычислительного САБУ.466559.001 изделия «Пульт СОДС «РТУ» САБУ.465213.001.

Микроконтроллер GD32F427ZET6 работает на частоте 168 МГц и имеет следующие основные характеристики:

- ядро ARM Cortex-M4;
- максимальная частота 200 МГц;
- 144 вывода;
- 512 кБ памяти программ;
- 256 кБ оперативной памяти;
- 3 модуля I2C (используется 2);
- USB FS;



129110, Москва, ул. Щепкина, дом 58, строение 3
пом.IV, 3 этаж, комн. №1
Тел: +7 (495) 785-88-77, Факс: +7 (495) 785-88-78
E-mail: office@satel.org, www.satel.org



- аппаратные таймеры с ШИМ (используются 4 таймера с внешними выходами);
- аппаратные таймеры с прерываниями (используются 2);
- 3x SPI (используются 3);
- 3x I2C (используются 2);
- 3x АЦП 12 бит (используются 2, один на 10 каналов, второй на 1 канал);
- 2x многоканальный DMA (используются 8 каналов);
- 6x UART (используются 2).

Функционирование ПО МК «Пульт СОДС» осуществляется под управлением операционной системы FreeRTOS.