ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «Ай-Тор»

(ООО «Ай-Тор»)

Программное обеспечение

ADC/DAC

Инструкция по загрузке прошивки встроенного программного обеспечения

Екатеринбург, 2026

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ 3
2. Порядок загрузки прошивки модуля ADC ..... **Ошибка! Закладка не определена.**
3. Порядок загрузки прошивки модуля DAC ..... **Ошибка! Закладка не определена.**
4. Проверка работоспособности после загрузки .... **Ошибка! Закладка не определена.**
5. Важные предупреждения ..... **Ошибка! Закладка не определена.**

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Назначение документа

Настоящая инструкция определяет порядок загрузки (программирования) встроенного программного обеспечения (далее — ВПО, прошивка) программного обеспечения ADC/DAC в микроконтроллеры аппаратных модулей оптической системы передачи измерительных данных.

ПО состоит из двух взаимосвязанных модулей:

- **Модуль ADC** (Analog-to-Digital Converter) — программное обеспечение оптического передатчика, функционирующее на базе микроконтроллера STM32F0xx;
- **Модуль DAC** (Digital-to-Analog Converter) — программное обеспечение оптического приёмника, функционирующее на базе микроконтроллера STM32F3xx.

Модули предназначены исключительно для совместной эксплуатации и не имеют самостоятельного практического применения.

1.2. Область применения

Инструкция предназначена для специалистов, ответственных за ввод в эксплуатацию, обновление и техническое обслуживание устройств, содержащих ВПО комплекса ADC/DAC.

1.3. Термины и сокращения

- **ВПО** — встроенное программное обеспечение;
- **Прошивка** — скомпилированный бинарный файл (.hex или .bin), предназначенный для загрузки в память микроконтроллера;
- **ST-Link** — программатор/отладчик для микроконтроллеров семейства STM32;
- **Модуль ADC** — устройство оптического передатчика с микроконтроллером STM32F0xx и внешним 16-битным АЦП;
- **Модуль DAC** — устройство оптического приёмника с микроконтроллером STM32F3xx и внешним 16-битным ЦАП.

2. ТРЕБОВАНИЯ К ПРОГРАММИРОВАНИЮ

2.1. Необходимое оборудование

- Персональный компьютер с ОС Windows 7 и выше;
- Программатор/отладчик ST-Link (V2 или аналогичный);
- Кабель для подключения ST-Link к разъёму программирования на плате устройства;
- Устройства (модуль ADC и модуль DAC), подготовленные к программированию.

2.2. Необходимое программное обеспечение

- Утилита STM32 ST-LINK Utility (или аналогичная, поддерживающая программирование STM32F0xx и STM32F3xx);
- Файлы прошивок:
    - ADC_vX.XX.hex (или .bin) — для модуля передатчика;
    - DAC_vX.XX.hex (или .bin) — для модуля приёмника.

2.3. Требования безопасности

- Перед подключением программатора убедиться в отсутствии внешнего питания на устройстве (если не предусмотрено иное);
- Использовать только оригинальные или сертифицированные программаторы;
- Обеспечить надёжное заземление рабочего места для защиты от статического электричества.

3. ПОДГОТОВКА К ПРОГРАММИРОВАНИЮ

1. Установить на ПК утилиту STM32 ST-LINK Utility.
2. Подготовить файлы прошивок, убедившись в их соответствии аппаратным ревизиям модулей.
3. Убедиться, что версии прошивок модуля ADC и модуля DAC совместимы между собой (рекомендуется использовать прошивки одной версии комплекта).
4. Проверить исправность кабелей и программатора ST-Link.

4. ПРОГРАММИРОВАНИЕ МОДУЛЯ ADC

4.1. Подключение

1. Обесточить модуль ADC (отключить внешнее питание).
2. Физически подключить разъём программатора ST-Link к соответствующему разъёму SWD на плате модуля ADC.
3. Подключить ST-Link к USB-порту ПК.

4.2. Загрузка прошивки

1. Запустить утилиту **STM32 ST-LINK Utility**.
2. Установить соединение с микроконтроллером (меню Target → Connect).
3. В меню выбрать пункт **Program & Verify** (или нажать сочетание клавиш Ctrl + P).
4. В открывшемся диалоговом окне нажать кнопку **Browse** и выбрать файл прошивки модуля ADC (ADC_vX.XX.hex или .bin).
5. Убедиться, что установлен флаг **Verify after programming** (проверка после записи).
6. Нажать кнопку **Start** для начала процесса программирования.
7. Дождаться завершения операции. В окне лога должно появиться сообщение об успешной верификации.

4.3. Завершение работы с модулем ADC

1. Отключить ST-Link от ПК.
2. Отсоединить программатор от платы модуля ADC.
3. Подать питание на модуль ADC.
4. Убедиться, что индикация устройства соответствует нормальному режиму работы (ожидание передачи данных).

5. ПРОГРАММИРОВАНИЕ МОДУЛЯ DAC

5.1. Подключение

1. Обесточить модуль DAC (отключить внешнее питание).
2. Физически подключить разъём программатора ST-Link к соответствующему разъёму SWD на плате модуля DAC.
3. Подключить ST-Link к USB-порту ПК.

5.2. Загрузка прошивки

1. Запустить утилиту **STM32 ST-LINK Utility.**
2. Установить соединение с микроконтроллером STM32F3xx (меню Target → Connect).
3. В меню выбрать пункт **Program & Verify** (или нажать Ctrl + P).
4. Выбрать файл прошивки модуля DAC (DAC_vX.XX.hex или .bin).
5. Убедиться, что установлен флаг **Verify after programming.**
6. Нажать кнопку **Start** и дождаться завершения процесса с подтверждением верификации.

5.3. Завершение работы с модулем DAC

1. Отключить ST-Link от ПК.
2. Отсоединить программатор от платы модуля DAC.
3. Подать питание на модуль DAC.
4. Убедиться, что индикация устройства соответствует нормальному режиму работы (ожидание оптического сигнала).

6. ПРОВЕРКА РАБОТОСПОСОБНОСТИ КОМПЛЕКСА

После программирования обоих модулей необходимо выполнить комплексную проверку:

1. Подключение оптического канала. Убедиться, что оптический передатчик (модуль ADC) и оптический приёмник (модуль DAC) соединены оптической линией связи.
2. Подача входного сигнала. Подать контролируемый аналоговый сигнал на вход модуля ADC (в пределах допустимого диапазона).
3. Контроль передачи. Убедиться, что модуль ADC осуществляет передачу пакетов данных (синхробайты 0xAA, данные АЦП, CRC).
4. Контроль приёма. Проверить, что модуль DAC принимает данные, декодирует пакеты и выдаёт корректный аналоговый сигнал на ЦАП.
5. Мониторинг. В системе I-TOR C.O.B.A. убедиться в отсутствии ошибок (F_ADC_OVR, F_ADC_TOUT, F_FLASH_ERR, F_E_NO_INPUT) и наличии телеметрии с обоих устройств.
6. Управление реле. При наличии корректного сигнала проверить срабатывание исполнительного реле модуля DAC.

7. ВАЖНЫЕ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ

- **Никогда не прерывать процесс обновления прошивки через ST-Link.** Прерывание процесса программирования может привести к повреждению загрузчика микроконтроллера и невозможности дальнейшего запуска устройства («окирпичивание»).
- **Убедиться, что прошивка соответствует аппаратной ревизии платы.** Загрузка прошивки, предназначенной для другой аппаратной версии, может привести к некорректной работе периферии или выходу устройства из строя.
- **Использовать только стабильные версии прошивок**, прошедшие внутреннее тестирование.
- **Соблюдать совместимость версий.** Модуль ADC и модуль DAC должны работать на взаимосовместимых версиях протокола обмена. При обновлении одного модуля рекомендуется обновлять и второй.
- **После обновления прошивки выполнить сброс к заводским настройкам** (если требуется) и повторную конфигурацию параметров через режим «Конфигурация».

8. КОНТАКТНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

- **Служба поддержки / Специалист по мониторингу (I-TOR C.O.B.A.):**
  - Телефон: +7 (343) 351-76-08
  - E-mail: info@i-tor.ru
- **Команда разработки ВПО ADC/DAC:**
  - E-mail: info@i-tor.ru
- **Сервисный центр:**
  - Телефон: +7 (343) 351-76-08
  - E-mail: sgo@i-tor.ru