

Паяльная и ремонтная станция на STM32

В станции для пайки используются наконечники T12 и фен 858D.



Что используется в этом проекте:

Детали

Ручка Hakko T12 FX-9501	× 1
Фен 858D	× 1
Разъём GX12-5	× 1
Разъём GX16-8	× 1
Отладочная плата STM32F103C8T6 для Ардуино	× 1
OLED SPI 1.3" дисплей	× 1

	DC-DC понижающий преобразователь 24->5v, 3A	× 1
	Операционный усилитель AD823ANZ	× 1
	Сдвоенный операционный усилитель LM358	× 1
	EEPROM AT24C32A	× 1
	Линейный стабилизатор AMS 1117 3.3v	× 1
	P-канальный MOSFET IRF9540	× 2
	FR107 быстро восстанавливающийся диод	× 2
	NPN транзистор общего назначения 2N2222	× 3
	Зуммер	× 1
	Диодный мост DB207	× 1
	МОС3052	× 1
	Симистор BTA41-600B	× 1
	4N25M	× 1
	Конденсатор 1000 µF	× 2
	Конденсатор 0.01uF 630v	× 1
	Конденсатор 100 nF	× 5
	Резистор 0.05 Ом 1W	× 1

	Резистор 4.7 Ом, 1W	× 1
	Резистор 39 Ом 1W	× 1
	Резистор 100 Ом	× 3
	Резистор 1 кОм	× 7
	Резистор 470 Ом	× 4
	Резистор 10 кОм	× 9
	Резистор 3.3 кОм	× 2
	Резистор 100 кОм	× 6
	Резистор 470 кОм	× 1
	Многооборотный потенциометр 500 кОм	× 2
	Резистор 330 Ом	× 1
	Резистор 220 Ом	× 1
	Резистор, 33 кОм	× 2
	Датчик наклона	× 1

	Стабилитрон 3.3V	× 1
	Стабилитрон 18V	× 2
	Терморезистор NTC	× 1
	Энкодер с кнопкой	× 1

Ручной инструмент и приспособления

	Паяльник
---	----------

История

Реализована вторая версия комбинированной паяльной станции с паяльником на базе T12 и феном от станции 858D на основе микроконтроллера STM32. Проект был создан по просьбе Maker В R, надеюсь он будет интересен и другим энтузиастам, похожим на меня.



Станция в работе

Во второй версии частота ШИМ увеличена с 20 до 50 Гц, поскольку тонкие наконечники (например, D12, LJ02) нагреваются очень быстро.

В схему второй версии контроллера внесены незначительные изменения:

- R24 изменён с 470 кОм на 100 кОм
- Переключатель фена подключен параллельно контактам геркона.

Обновление от 11 января 2020

- Добавлен подтягивающий резистор 100 кОм.
- Добавлено 2 резистора по 100 кОм для защиты портов МК STM32.
- Исправлена проблема постоянно включенного зуммера.

Обновление от 23 марта 2020

- Обновлена процедура охлаждения фена (см. описание ниже).
- Введён режим отладки DEBUG для упрощения проверки и регулировки схемы.

Обновление от 17 апреля 2020

- Поддержка двух режимов аппаратного переключения: REED (от геркона в подставке) и TILT (датчика наклона). Теперь таймер перехода в режим пониженного энергопотребления сбрасывается после срабатывания датчика наклона.
- Исправлена проблема «зависание на экране выбора наконечника». Теперь переход в главное меню происходит длинным нажатием на энкодер.
- В режиме отладки DEBUG отображается окружающая температура и статус датчика поворота.
- При отключенном паяльнике контроллер переходит в режим работы фена.

Обновление от 29 апреля 2020

- В целях безопасности добавлена опция отключения с помощью реле сетевого напряжения 220 В. См. дополнительные пояснения ниже.
- Деактивирована процедура ускорения энкодера.
- R27 изменён с 0.5 до 4.7 Ом.
- Есть мнение, что необходимо изменить номинал R1 и R16 с 10 на 15 кОм. У меня всё отлично работает с номиналом 10 кОм.

Обновление от 12 мая 2020

- Исправлены проблемы в режиме ожидания. Температура в этом режиме теперь не превышает 200°C. Исправлена проблема выхода из режима ожидания.
- Добавлена возможность установки шага температуры. В меню можно выбрать шаг в 1 или 5°C.

Обновление от 03 июня 2020

- Исправлена проблема с запуском фена. Питание фена подается с помощью реле через 1 секунду после активации.
- Вновь доступно меню "about".
- Обновлена процедура перехода в режим ожидания и автоматического выключения. Теперь они работают независимо.
- Время включения экранной заставки больше не зависит от переключений между режимами. Возврат в рабочий режим дисплея осуществляется нажатием на энкодер.

Обновление от 30 января 2021

В новой версии 4.01 добавлена новая функция: гарантия охлаждения термофена. Чтобы активировать эту функцию, необходимо обновить оборудование контроллера. См. раздел «**Дополнительное сетевое реле безопасности и гарантия охлаждения фена**». Новая прошивка также поддерживает старое оборудование.

Давайте начнём

Некоторые возможности этого проекта:

- Контроллер позволяет использовать паяльник и фен одновременно. Геркон в ручке 858D используется для активации фена. Обеспечена работа или автоматическое отключение паяльника в зависимости от конфигурации меню.
- Дополнительный аппаратный выключатель блокирует работу фена и отключает его от контроллера.
- Включение нагревателя фена происходит в начале полупериода, что обеспечивает отсутствие помех по сети переменного тока.
- Контроллер поддерживает применение OLED дисплеев с последовательным SPI интерфейсом на чипе SH1106 или с интерфейсом I2C. При этом не требуется изменения прошивки. Если во время запуска будет обнаружен I2C OLED дисплей, то он будет использован, иначе будет инициализирован последовательный SPI интерфейс.
- Контроллер проверяет подключение паяльника к станции. Для этого через нагреватель наконечника протекает небольшой ток. Если паяльник не подключен, на дисплее появится сообщение об ошибке. Эта функция позволяет также выполнять процедуру быстрой смены наконечника в режиме ожидания. Когда паяльник выключен и наконечник извлечён из рукоятки, активируется процедура «смены наконечника».
- Контроллер проверяет подключение фена к станции и работоспособность вентилятора перед подачей питания на нагреватель. Это повышает безопасность работы с феном.

- Для охлаждения нагревателя фена после отключения, контроллер обеспечивает работу вентилятора на малой мощности до охлаждения нагревателя. Скорость вращения вентилятора регулируется автоматически.
- Контроллер учитывает окружающую температуру (для этого используется датчик внутри ручки паяльника или внутри корпуса паяльной станции) и корректирует температуру, измеренную с помощью термопары внутри паяльника.
- Контроллер обеспечивает индивидуальную калибровку наконечников по четырём температурным точкам: 200, 260, 330 и 400°C.
- Контроллер обеспечивает калибровку фена по четырём температурным точкам: 200, 300, 400 и 500°C.
- В контроллере применена процедура, позволяющая упростить процесс калибровки наконечников и фена.
- В контроллере используется регулировка питания паяльника с частотой ШИМ 50 Гц, что позволяет обеспечить тихую работу.
- Для управления питанием наконечника и фена используется алгоритм PID, это позволяет точно поддерживать температуру.
- В контроллере реализован алгоритм ускоренного энкодера, позволяющий быстро вносить изменения.
- Два режима отображения температуры: в градусах Цельсия или Фаренгейта.
- Контроллер осуществляет автоматическое отключение питания в случае неактивности.
- Переход в режим ожидания с низким энергопотреблением осуществляется с использованием опционального датчика наклона.
- В контроллере используется графическая библиотека U8g2.
- Для предотвращения деградации OLED дисплея предусмотрен режим экранной заставки.

OLED 128x64 дисплей

Как было указано в списке функций, контроллер может работать с OLED-дисплеем с интерфейсом I2C или с 7 контактной SPI-версией дисплея на базе чипа SH1106. Во время процедуры запуска шина I2C сканирует OLED-дисплей. Если I2C OLED-дисплей будет обнаружен, контроллер начнёт использовать этот дисплей. В противном случае будет инициализирована SPI-версия дисплея. На полной схеме контроллера ниже показаны два дисплея, но работать будет только один из них. **Вы можете использовать любую версию дисплея OLED, но только одну.** Контроллеру требуется печатная плата относительно большого размера, чтобы разместить все компоненты, поэтому я полагаю, что лучше разделить контроллер на две отдельные платы: основная плата и плата дисплея. Удобно впаять поворотный энкодер в плату дисплея и использовать гайку энкодера для закрепления этой платы на передней панели. Смотрите рисунок ниже.

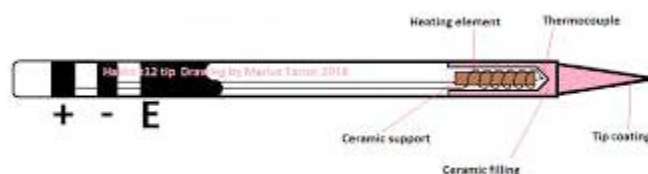


Плата дисплея

Чтобы сделать печатную плату более компактной, удобно перевернуть дисплей (чтобы разъем находился внизу). Поэтому изображение дисплея перевернуто на 180 градусов в прошивке. В противном случае, необходимо внести изменения в файл `display.cpp` и перекомпилировать прошивку. Кроме того, если ваш дисплей не построен на чипе SH1106, вы также должны изменить этот файл.

Наконечники Hakko T12

Наконечники Hakko T12 очень удобные: нагрев происходит быстро, датчик температуры внутри паяльника позволяет поддерживать температуру стабильной. Очень приятно использовать такой удивительный инструмент. Для наконечников требуется всего три провода: плюс, минус и корпус. Нагревательный элемент внутри наконечника последовательно соединен с термопарой, что позволяет уменьшить количество проводов. Это делает кабель очень гибким и легким.



Наконечник T12

Для использования наконечников T12 требуется специальная ручка. Я рекомендую ручку FX9501. Она имеет привлекательный внешний вид и удобна в использовании. Также внутри достаточно места для датчика наклона и термистора (типа NTC). Чтобы подключить ручку к контроллеру, вы должны заменить стандартный разъем на другой, например, на GX12-5 – это хороший выбор. Также, если вы планируете установить в ручку датчик наклона и термистор, вам следует заменить кабель на 5-жильный.



Ручка FX9501

Распайка разъёма GX12-5 показана на рисунке.



1. tip power, +24v, green
2. tip ground, black
3. earth, red
4. ambient temp, white
5. tilt sensor, blue

Распайка разъёма GX12-5

Также вы можете заказать китайский набор, показанный на рисунке ниже, и использовать ручку из этого комплекта. Этот набор содержит датчик наклона и терморезистор.



Китайский набор для паяльника

У ручки из этого комплекта контроллера есть один недостаток: неудобно менять наконечник паяльника, пока он горячий.

Ручка фена 858D

Чтобы превратить контроллер в ремонтную станцию, вы можете заказать ручку фена 858D, которая показана на рисунке ниже. Эта ручка недорогая и содержит все необходимые компоненты: нагревательный элемент, вентилятор, датчик температуры и геркон.



Ручка фена 858D

Для подключения ручки фена к контроллеру через разъём GX16-8 вы можете использовать схему распайки, которая показана на рисунке ниже. В продаже есть ручки, которые имеют другую распайку. Для проверки распайки вашей ручки используйте следующие критерии:

- Ручка содержит три пары проводов: для подключения нагревателя, сенсора температуры и вентилятора.
- Вывод Earth соединён с металлическим корпусом ручки.

- Нагревательный элемент имеет сопротивление около 60 Ом.
- Термопара (сенсор температуры) имеет сопротивление 1-3 Ом.
- Геркон замыкается на вывод Ground, когда ручка находится вблизи магнитов.
- Вентилятор начинает работать при подаче на него напряжения 24 В.



1. fan "+"
2. fan "-"
3. reed switch
4. earth
5. gnd
6. sensor (temperature)
7. ~220v heater
8. ~220v heater

Распайка разъёма GX16-8

Дополнительный аппаратный переключатель

Во второй версии прошивки аппаратный переключатель становится опциональным. Он подключён параллельно контактам геркона и позволяет полностью заблокировать работу фена. Как известно, геркон замыкается, когда фен находится в держателе и размыкается, когда фен используется. Если отсоединить разъём фена от контроллера, цепь геркона разомкнётся и контроллер подаст питание на разъём. Аппаратный переключатель предотвращает это, имитируя замкнутый геркон.

Основной режим работы - режим паяльника. В этом режиме вы можете использовать паяльник, получить доступ к главному меню, активировать и откалибровать наконечники паяльника и фен, установить все необходимые параметры паяльной станции. Как только вы снимите фен с держателя, контроллер перейдёт в режим ремонтной станции. Паяльник может продолжать работать, если вы установите соответствующий параметр в главном меню.

Вы можете использовать паяльник или фен последовательно (когда может быть активным только одно устройство) или оба устройства одновременно, в зависимости от установки меню настроек («keep iron»). Когда эта опция активирована, паяльник будет продолжать работать, пока вы используете фен. Когда вы установите фен в держатель, его нагреватель выключится и фен начнёт охлаждаться.

В прошивке 2.02 от 23 марта 2020, процедура охлаждения была обновлена. Теперь, после проверки подключения фена по протеканию тока через вентилятор, контроллер будет автоматически поддерживать скорость воздушного потока вентилятора в зависимости от температуры нагревателя фена: скорость сначала уменьшается, а затем увеличивается для охлаждения нагревателя фена.

В случае, если контроллер не определяет ток через вентилятор фена, скорость вентилятора не будет изменяться в течение определённого времени ожидания.

Примечание: в режиме ремонтной станции (HOGUN) вы можете использовать только фен. Меню настроек недоступно в этом режиме.

Последовательность сборки контроллера

- Смонтируйте все компоненты в соответствии с принципиальной схемой (см. ниже).
- Подключите ручку с установленным наконечником к контроллеру.
- Подключите фен.
- Включите питание контроллера.
- Активируйте типы наконечников, которые вы планируете использовать.
- Выполните начальные установки EEPROM, используя главное меню.
- Установите другие общие параметры в меню (например, единицы измерения температуры).
- Отрегулируйте потенциометр паяльника.
- Отрегулируйте потенциометр фена.
- Откалибруйте наконечники.

Детальное описание схемы контроллера

Подключение сенсора температуры

Станция измеряет температуру с двух сенсоров: один в наконечнике паяльника и другой в фене. Каждый сенсор представляют собой термопару, которая генерирует очень небольшое напряжение, порядка нескольких милливольт, поэтому для контроля этого напряжения используется операционный усилитель. Схема подключения сенсора температуры показана на рисунке ниже.

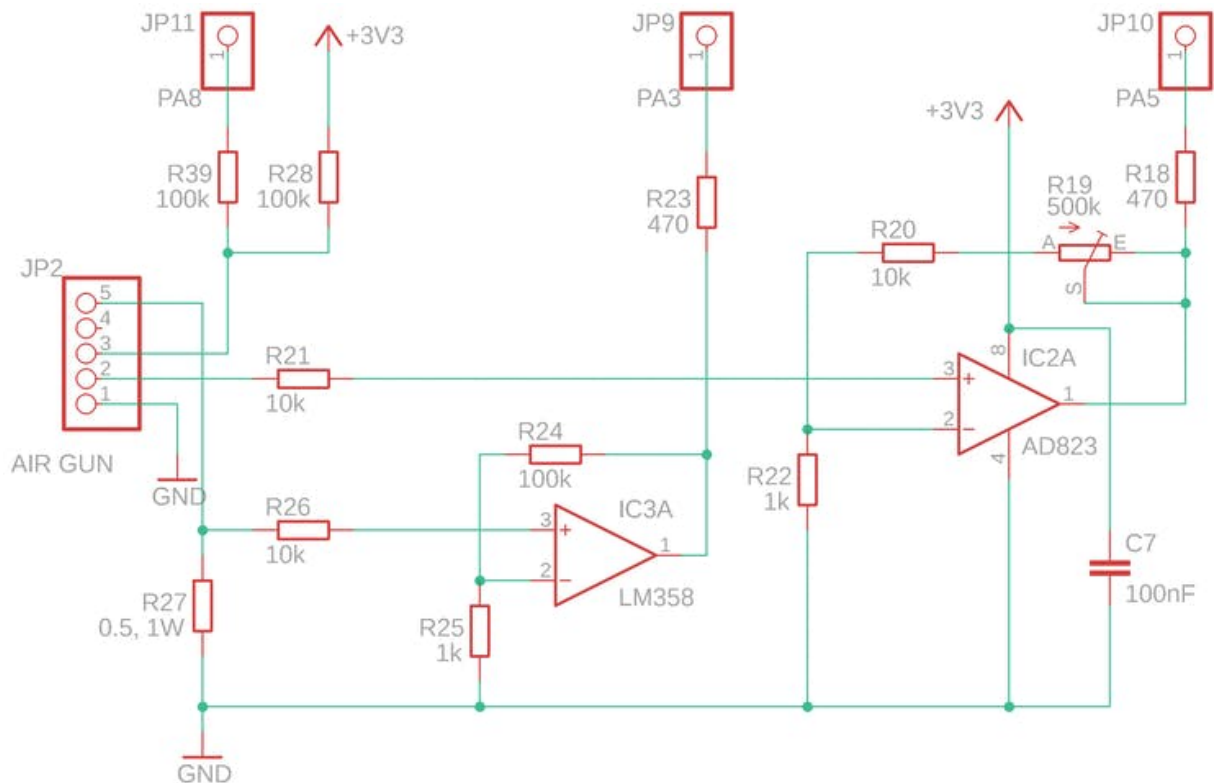


Схема подключения сенсора температуры фена

Главным элементом схемы является сдвоенный малошумящий операционный усилитель AD823. Напряжение с термопары фена усиливает первый ОУ (выводы 1, 2 и 3), а температуру наконечника паяльника измеряет второй ОУ (выводы 5, 6, 7). Так как питание 24 Вольта нагревателя подаётся на те же выводы наконечника, для ограничения напряжения на входе ОУ используется стабилитрон 3,3 В.

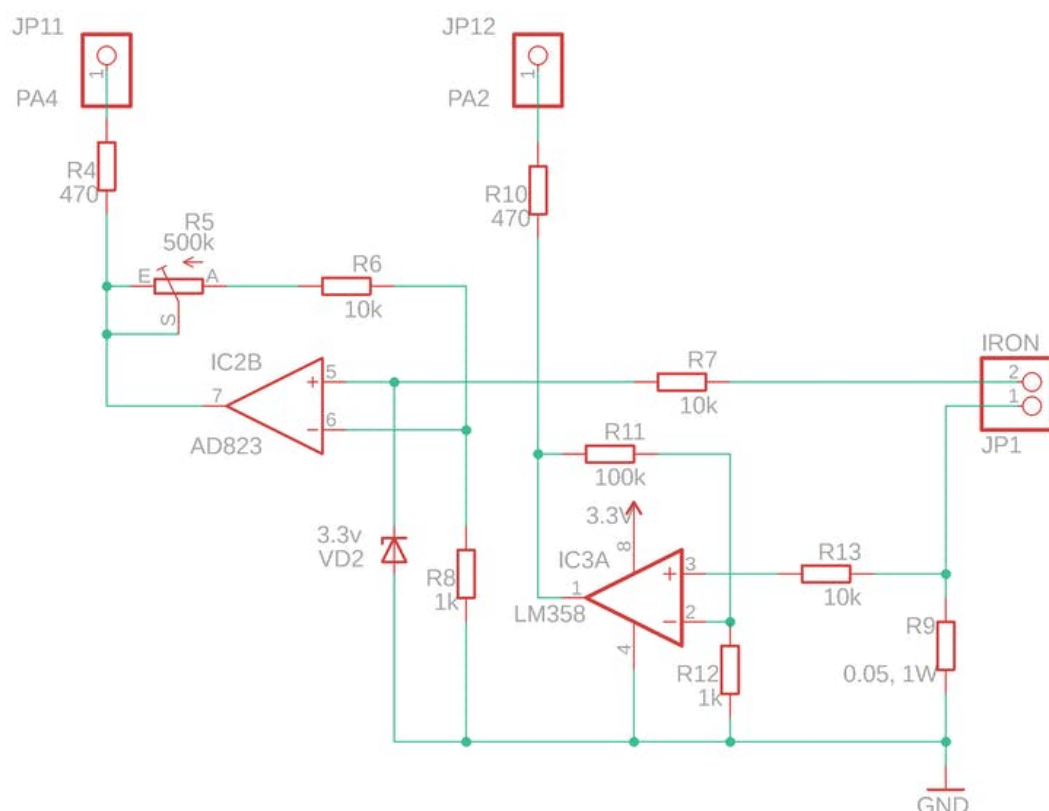


Схема подключения сенсора температуры паяльника

Вы можете заменить AD823 на аналогичный малошумящий rail-to-rail усилитель, с однополярным питанием 3,3 В. Это могут быть ОУ: LM6118, LM6218, LT1122, LT1201, LT1213, LT1215, OPA2132, OPA2134, OPA2227, OPA2604, TLE2072, TLE2142, TLE2227. Если таких не окажется в наличии, возможно использовать более шумный и дешёвый MCP602.

Контроллер также проверяет подключение наконечника и фена к станции, прежде чем подать на них питание. Это повышает безопасность эксплуатации станции и позволяет запустить процедуру «смены наконечника», если он отсоединён от ручки.

Проверку подключения паяльника и фена реализует второй недорогой операционный усилитель, который измеряет ток через наконечник паяльника и вентилятор фена. Применён более дешёвый ОУ, так как точность в этом случае не имеет значения.

Подача питания на паяльник

Контроллер использует низкочастотную (50 Гц) ШИМ, это обеспечивает его бесшумную работу. Так как частота ШИМ невелика, MOSFET-транзистор подключен к простому драйверу на одном транзисторе. Стабилитрон (18 Вольт) используется для ограничения напряжения между затвором и истоком (V_{gs})

Подача питания на фен

18

Для питания нагревателя используется высоковольтный симистор BT41-600B управляемый оптроном МОС3052 или МОС3062, который обеспечивает электрическую безопасность контроллера. Вы можете установить симистор на радиатор, как это сделал я, но это не критично. Я использовал резистор R35 1 Вт, но он совсем не нагревается. Возможно, его можно заменить стандартным резистором 1/4 Вт. Конденсатор С11 должен быть пленочным конденсатором на 600 Вольт.

Детектор перехода через ноль

Главная особенность станции - плавное включение нагревателя фена. Как известно симистор открыт, когда на управляющий электрод подано питание, и закрывается, когда синусоидальное напряжение сети пересекает ноль. В некоторых схемах для регулировки «вырезается» часть периода переменного напряжения, что создаёт помехи по сети переменного тока, поскольку, когда симистор включается при поданном напряжении, ток через него возрастает очень быстро.

Этот контроллер включает симистор, когда напряжение сети переходит через ноль. Весь полупериод симистор открыт, ток через него нарастает плавно и помехи в сети отсутствуют.

Для синхронизации контроллера с синусоидальным сигналом переменного тока реализована схема детектора перехода через ноль. Диодный мост DB207 подает сигнал на оптрон 4N25M, который обеспечивает определение перехода через ноль с помощью микроконтроллера. Вы можете заменить диодный мост DB207 на 4 диода 1N4007 или аналогичные.

Сборка контроллера

Полная схема контроллера показана на рисунке ниже. Контроллер собран на основе отладочной платы для Ардуино. Можно использовать отдельный микроконтроллер STM32F103C8T6 для сборки компактной версии контроллера.

На фото показан изолированный DC-DC преобразователь, используемый для получения напряжения 5 Вольт.



Настоятельно рекомендуется использовать изолированный DC-DC преобразователь WSTECH 30 В -> 5 В. Этот преобразователь обеспечивает очень стабильное напряжение.

На Aliexpress можно заказать другой изолированный DC-DC преобразователь 63 В -> 5В. Он показан на фото ниже:



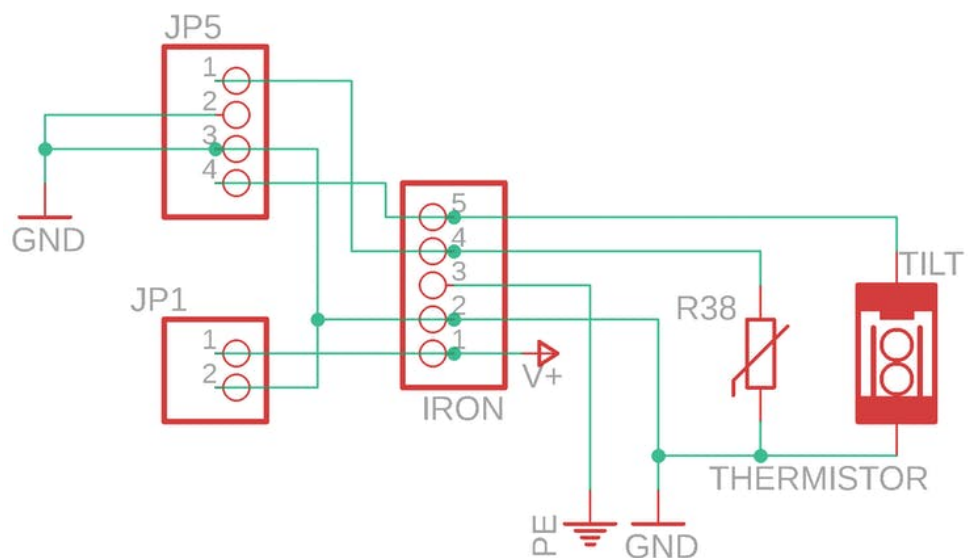
ND DC-DC изолированный преобразователь

Если вам не удастся найти такие преобразователи, можно применить неизолированный преобразователь на MP1584.

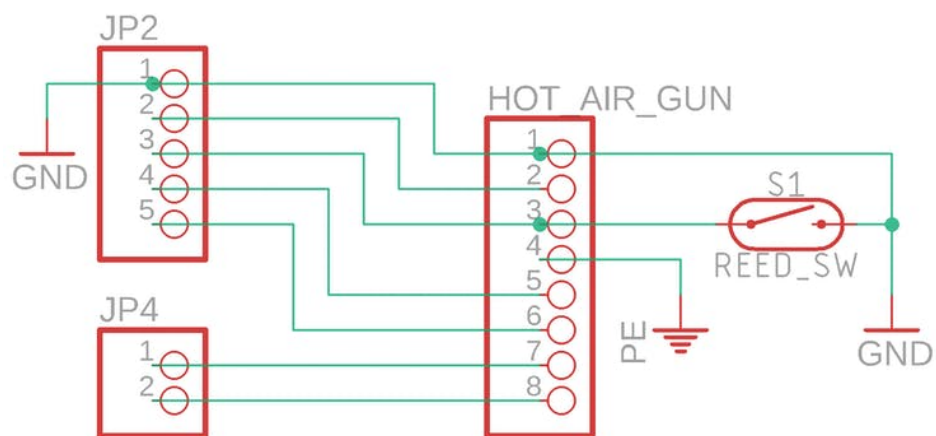


MP1584 DC-DC преобразователь

Отдельная микросхема EEPROM AT24C32 от Atmel используется для хранения данных конфигурации контроллера и калибровки наконечников. Резисторы 3.3 кОм позволяют обмениваться данными с EEPROM и с I2C OLED дисплеем на высокой скорости 400 кГц.



Подключение разъёма паяльника



Подключение разъёма фена

Прошивка микроконтроллера

Для прошивки контроллера требуются программатор ST-LINK v2 и утилита ST-LINK.



Программатор ST link v2

Загрузите утилиту STM32 ST-LINK с сайта [ST](http://www.st.com). Установите утилиту в вашей системе. Запустите утилиту ST-LINK, подключите программатор к интерфейсу SWD 4 контакта отладочной платы Blue Pill, нажмите кнопку «Connect». В главном окне должно отображаться содержимое памяти платы Blue Pill. Нажмите кнопку «Program», чтобы записать прошивку в микроконтроллер.

Примечание: Не подключайте питание через неизолированный DC-DC преобразователь к контроллеру, когда он подключен к USB-программатору. В этом случае микроконтроллер может быть поврежден.

Инициализация EEPROM

При первом включении контроллера в EEPROM необходимо внести некоторые данные. При запуске контроллер проверяет, что в EEPROM загружена информация о выборе наконечника, а также, что там имеется дополнительная информация. Если EEPROM пуст или неправильно сконфигурирован, контроллер переходит в меню инициализации. В нём можно выполнить сброс EEPROM и определить типы используемых наконечников.

Примечание: Данные конфигурации наконечников доступны в исходном файле `iron_tips.cpp`, и вы можете редактировать этот список. Вы можете добавлять или удалять из списка типы наконечников. В большинстве случаев редактирование списка не требуется, поскольку вы можете активировать избранные наконечники из полного списка, используя соответствующий пункт меню. Первая запись в списке используется для сохранения данных калибровки фена. Её можно переименовать, но она должно быть в верхней части списка.

Налаживание контроллера

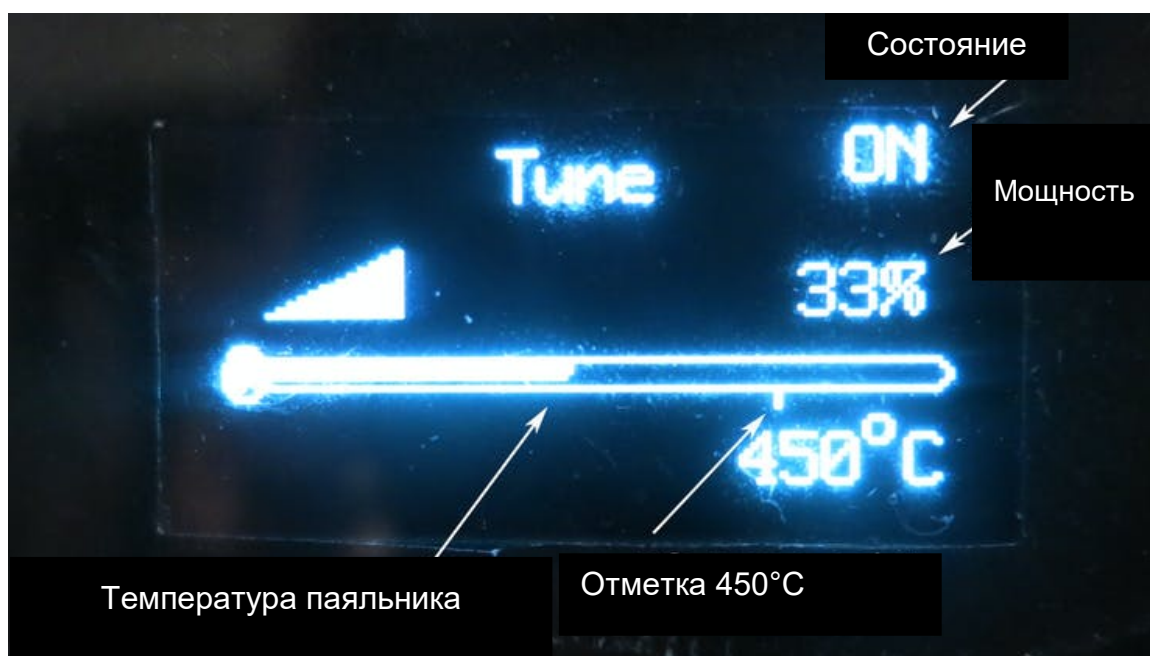
Для настройки требуется внешняя термopара.

В схеме контроллера имеется два потенциометра 500 кОм R5 и R26, которые регулируют ОУ, подключенные к портам PA4 и PA5 микроконтроллера, и позволяют получить правильные показания температуры. Наличие потенциометров повышает гибкость настройки при использовании разных типов ОУ.

Регулировка потенциометров производится однократно после сборки контроллера. Основная идея заключается в том, что контроллер считывает напряжение с термопары через ОУ, и оно поступает на АЦП. АЦП выдаёт некоторые целочисленные данные в интервале 0 - 4095 в зависимости от напряжения на его входе. Значение, близкое к напряжению 3,3 В, соответствует показаниям 4095. Потенциометр должен быть настроен таким образом, чтобы, когда температура составляет 450°C (для паяльника) или 500°C (для фена), показания АЦП должны быть около 4000. Для упрощения процедуры в контроллере реализован режим настройки.

Этот режим активируется из пункта системного меню «Tune Iron» или «Tune Gun». Когда режим настройки активирован, контроллер включает питание нагревателя паяльника или фена, а также отображает на дисплее приложенную мощность (в процентах) и шкалу текущих показаний температуры. На шкале имеется отметка «450» или «500», в зависимости от того, что настраивается. Когда шкала достигнет этой отметки температура жала или потока воздуха должна быть равна 450 или 500°C.

Примечание: Чтобы выполнить процедуру настройки более точно, нанесите каплю припоя на контакт между термопарой и наконечником.



Вид дисплея во время настройки

Приложите жало наконечника к термопаре и начните процедуру настройки. Паяльник должен начать нагреваться. Вращайте энкодер, чтобы изменить подачу питания на нагреватель. Коротко нажимая на энкодер, вы можете включать и выключать подачу питания. Отрегулируйте мощность, чтобы температура

наконечника была как можно ближе к 450°C. Вначале вы можете подавать больше мощности на нагреватель, но, когда температура приблизится к 450 градусам, вы должны уменьшить мощность. В любом случае, старайтесь поддерживать температуру паяльника около 450°C. Как только температура стабилизируется, вращением потенциометра установите положение столбика шкалы как можно ближе к отметке. Когда вы закончите процедуру настройки, нажмите и удерживайте ручку энкодера в течение примерно 2 секунд, питание паяльника выключится и процедура настройки будет завершена. Для выполнения процедуры настройки рекомендуется использовать широкий наконечник, который лучше выдерживает высокую температуру. Например, T12-K, T12-D52 или подобные.

Инструкция по использованию

Рабочие режимы

Контроллер поддерживает следующие режимы:

- Режим ожидания: паяльник выключен
- Основной рабочий режим: поддерживается заданная температура
- Ускоренный (Boost) режим: контроллер увеличивает температуру на некоторый период времени
- Режим замены наконечника
- Режим калибровки наконечника
- Режим настройки: процедура начальной установки
- Режим калибровки фена
- Режим установок
- Режим работы фена: фен поддерживает заданную температуру

После включения контроллера устанавливается режим ожидания. В этом режиме паяльник выключен и дисплей отображает следующую информацию:

- Предустановленную температуру, в верхнем левом углу дисплея (в выбранных единицах - градусах Цельсия или Фаренгейта)
- Сообщение OFF в верхнем правом углу, указывающее на то, что паяльник выключен

- Текущую температуру паяльника в центре дисплея
- Название выбранного наконечника в нижнем левом углу
- Температуру ручки (температуру окружающей среды) в правом нижнем углу



Вид дисплея в режиме ожидания

Предустановленная температура меняется вращением энкодера. Если в режиме ожидания, наконечник будет извлечён из ручки, контроллер перейдёт в режим замены наконечника. В этом режиме на дисплее будет отображаться список активированных наконечников. Вращением ручки энкодера выберите необходимый наконечник, который вы собираетесь вставить в ручку. Нет необходимости подтверждать выбор, нажимая на энкодер, просто вставьте новый наконечник.

Питание подаётся на нагреватель паяльника коротким нажатием на энкодер. Контроллер переключится в основной режим и будет поддерживать предустановленную температуру.

В основном режиме сообщение «ON» будет отображаться в верхнем правом углу, а подаваемая мощность отображается в правой части дисплея в виде треугольника. Когда температура паяльника достигнет заданной, на дисплее появится сообщение «Ready».

Вращая энкодер можно изменить значение температуры. После изменения температуры на дисплее вновь появится надпись «ON» и она будет отображаться пока паяльник не достигнет новой температуры. Вернуться в режим ожидания можно коротким нажатием на энкодер.

Если ранее использовался фен, его температура может отображаться в правом нижнем углу вместо температуры окружающей среды, как показано на рисунке ниже.



Режим работы фена

Контроллер имеет режим работы с феном. В этом режиме дисплей отображает следующую информацию:

- Предустановленную температуру в (в градусах Цельсия или Фаренгейта) верхнем левом углу
- Сообщение «ON» в верхнем правом углу, показывающий, что фен включен
- Текущую температуру фена в центре дисплея
- Скорость вентилятора в процентах в левом нижнем углу
- Температуру окружающей среды в правом нижнем углу.



Вид дисплея при работе фена

Вращение энкодера изменяет значение температуры. После изменения на дисплее вновь появится надпись «ON» и она будет отображаться пока фен не достигнет новой температуры. Для изменения скорости вентилятора необходимо коротко нажать на энкодер и вращать его. Режим изменения скорости вентилятора активируется на время около 3 секунд, после чего контроллер вернётся в режим установки температуры. Если вы хотите сразу вернуться в режим установки температуры, нажмите на энкодер ещё раз.

Фен активируется в режиме ожидания (при отключенном паяльнике) или в режиме паяльника при снятии фена с держателя. Геркон разомкнётся и контроллер перейдет в режим ремонтной станции. Если активирован пункт меню «keep iron», контроллер будет поддерживать установленную для паяльника температуру во время работы фена. При этом температура паяльника будет отображаться в правом нижнем углу дисплея вместо температуры окружающей среды. Если опция «keep iron» выключена, паяльник будет отключен.

Меню установок

Для входа в меню длительно нажмите на энкодер в режиме ожидания.

В главном меню есть несколько пунктов. Они очевидны, и не все из них здесь подробно описаны. Вы можете выбрать единицы измерения температуры: по Цельсию или по Фаренгейту, настроить время автоматического отключения или полностью отключить эту функцию, активировать наконечник в основном списке наконечников, откалибровать текущий наконечник и настроить параметры алгоритма PID. Вы можете задать время включения заставки дисплея и

разрешить работу паяльника при работающем фене. Самые сложные пункты меню описаны ниже.

Активация наконечников

В список наконечников по умолчанию внесён 91 тип. Было бы неудобно прокручивать весь список вниз, чтобы выбрать тот, который будет вставлен в ручку. Вы можете отключить некоторые наконечники в главном списке, если вы не собираетесь их использовать. В главном списке наконечников, слева от названия, имеется чекбокс, показывающий активирован наконечник или нет, знак справа от названия «[!]» показывает, что наконечник не откалиброван. Активация наконечника происходит при коротком нажатии на энкодер. Вращайте энкодер, чтобы выбрать другой тип. Длительно нажмите на энкодер, чтобы выйти из процедуры активации наконечников.



Меню активации наконечников

Калибровка наконечника

Примечание: Для калибровки необходима внешняя термопара. Чтобы выполнить процедуру настройки более точно, нанесите каплю припоя на контакт между термопарой и наконечником.

Установленный наконечник можно откалибровать с помощью пункта меню «calibrate». Если наконечник еще не откалиброван, в нижней строке дисплея будет отображаться знак «[!]» рядом с названием наконечника. В текущей версии прошивки контроллера есть два режима калибровки: автоматический и ручной.

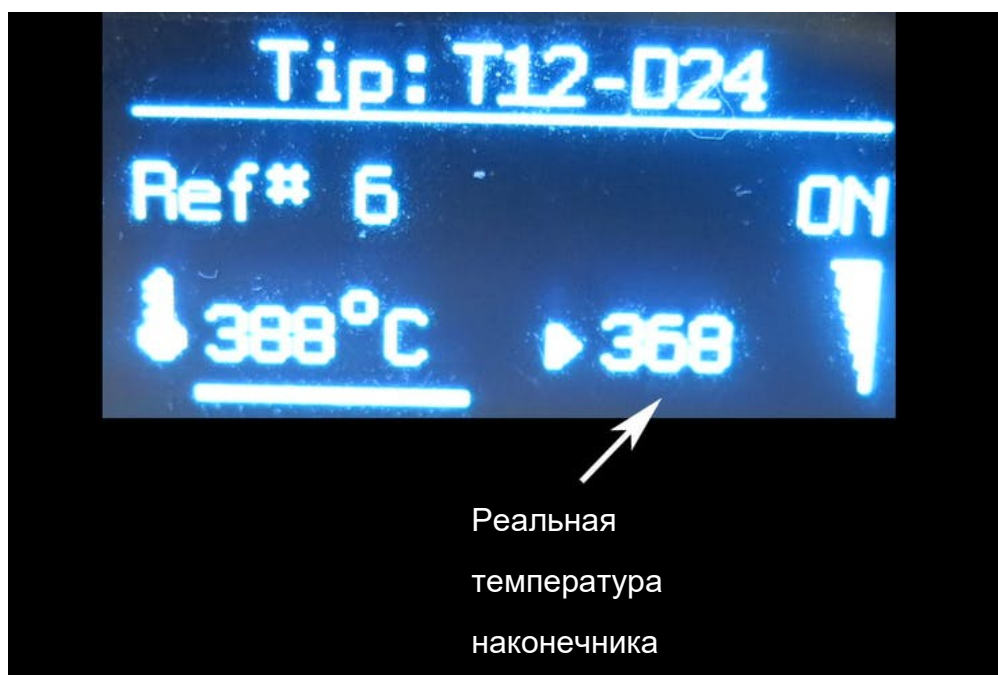
В автоматическом режиме контроллер устанавливает температуру вблизи точки калибровки и запрашивает ввод реальной температуры наконечника. В начале калибровки необходимо включить нагрев паяльника коротким нажатием на энкодер. Паяльник начнёт нагреваться и когда температура достигнет значения точки калибровки, прозвучит звуковой сигнал, который свидетельствует о

готовности к вводу реальной температуры. Измерьте температуру с помощью внешней термопары и, вращая энкодер, установите её на дисплее, после чего коротко нажмите на энкодер. Контроллер перейдёт к следующей калибровочной точке. Процедура закончится, когда вы введёте температуру для всех 8 контрольных точек или, когда реальная температура превысит 430°C. Во время этой процедуры контроллер обновляет данные калибровки наконечника и отображает текущую температуру наконечника в левом нижнем углу дисплея.



Автоматическая калибровка наконечника, нагрев.

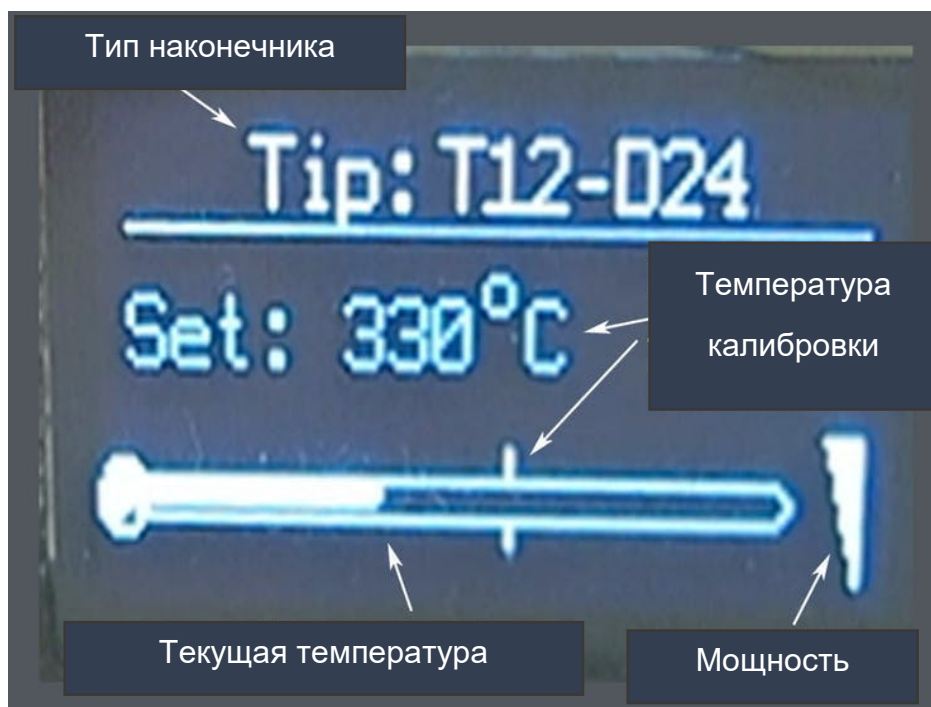
После калибровки по всем точкам, контроллер сохранит новые данные в EEPROM. Позвучит короткий звуковой сигнал, как подтверждение успешного сохранения.



Автоматическая калибровка. Ввод реальной температуры

Процедура автоматической калибровки наконечника использует метод наименьших квадратов поэтому параметры аппроксимации калибровки могут быть неточными. Для улучшения данных калибровки наконечника можно использовать процедуру ручной калибровки.

При ручной калибровке наконечника вы должны «угадать» показания температуры наконечника, которые соответствуют контрольной температуре. Эта процедура выполняется пошагово: вы начинаете с некоторого заданного значения температуры (например, откалиброванного автоматической процедурой), контроллер нагревает наконечник до этой заданной температуры и ожидает следующего шага. Затем вы измеряете реальную температуру с помощью внешней термодпары. Если реальная температура не равна заданной, вы должны увеличить или уменьшить температуру наконечника, вращая ручку энкодера.



Ручная калибровка наконечника

Индикатор в нижней части дисплея показывает отклонение установленной температуры наконечника от текущей (в относительных единицах). Контроллер поддерживает температуру наконечника около заданного значения (вертикальная линия на индикаторе). Чтобы увеличить заданную температуру, поверните энкодер вправо, чтобы уменьшить - поверните его влево. Один щелчок энкодера соответствует одному градусу Цельсия.

После того, как вы установите текущую температуру равной заданной, коротко нажмите на энкодер. Вы вернётесь в режим выбора точки калибровки. Вы можете выбрать следующую или предыдущую контрольную точку. Когда вы закончите калибровку, длительно нажмите и кнопку энкодера.

Функция автоматического выключения

Эта функция повышает безопасность эксплуатации станции. В контроллере реализованы две функции автоматического выключения: программная и аппаратная. Аппаратная функция требует наличия датчика наклона в ручке паяльника и геркона в фене. Программная функция переводит станцию в режим ожидания если потребляемая паяльником мощность не меняется в течение определённого времени. Ещё через некоторое время питание паяльника будет полностью отключено. Незадолго до отключения на дисплее появится отсчёт оставшегося до отключения времени в секундах. Если вы пользуетесь паяльником, потребляемая паяльником мощность изменяется и таймер автоматического отключения сбрасывается.

Функция автоматического отключения питания включается, как только вы установите в меню установок значение времени автоматического отключения. Это время устанавливается в минутах. Если паяльником не пользуются, он будет отключен по истечении установленного времени.



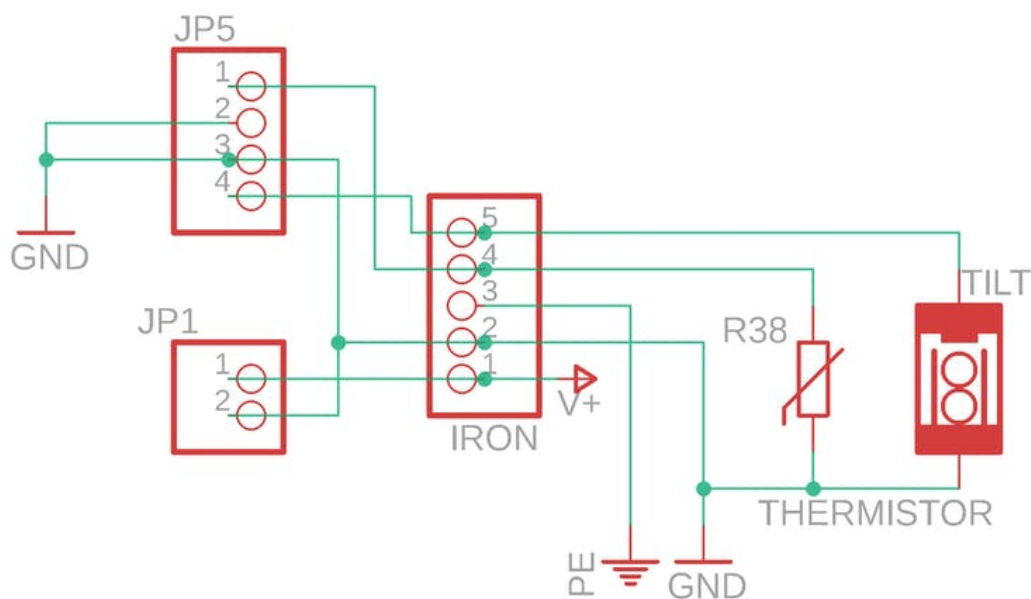
Датчик наклона

Датчик наклона работает следующим образом: когда он повёрнут вниз, он разомкнут (не проводит электричество), когда он поворачивается вверх, он замыкается (начинает проводить электричество). Переключатель наклона является частью китайского набора для пайки. Вы можете установить датчик наклона любым способом, контроллер проверяет изменение его состояния. Изменении состояния датчика сбрасывает таймер автоматического отключения.

Чтобы использовать аппаратный переключатель наклона, необходимо установить в меню время автоматического отключения и температуру в режиме ожидания. Если температура в режиме ожидания установлена "OFF", аппаратный переключатель наклона не будет использоваться, и будет реализовано программное решение, описанное ранее. Также вы можете установить время перехода в режим ожидания "standby time" (таймер для переключения в режим пониженного энергопотребления). Если датчик наклона установлен, работа контроллера происходит следующим образом. Паяльник нагревается и когда он достигнет заданной температуры, появится сообщение «Ready» ("Готово"). Контроллер будет поддерживать заданную температуру. Если паяльник не используется (например, установлен в подставку и датчик поворота замкнут), контроллер переключится в режим ожидания с пониженным энергопотреблением. Если паяльник и далее не используется, то по истечению времени автоотключения контроллер отключит питание. Если в режиме ожидания начать использовать паяльник, контроллер восстановит заданную температуру.

Также вы можете установить геркон в ручке паяльника. Контроллер активирует режим пониженного энергопотребления если геркон будет замкнут. Например, вы можете поместить магнит в подставку и геркон будет замыкаться, когда вы положите на неё паяльник. В этом случае целесообразно уменьшить время переключения в режим ожидания.

Для подключения ручки паяльника вы можете использовать схему, показанную ниже. Датчик наклона и термистор подключены к общему проводу. Наконечник соединён с контроллером тремя проводами: Earth, ground и V+.



Дополнительное сетевое реле безопасности и гарантия охлаждения фена

Обновление прошивки от 30 января 2021 г. включает поддержку реле безопасности и функцию гарантии охлаждения фена. Напряжение сети переменного тока 220 Вольт подаётся на разъём фена только в случае его использования. Сигнал с порта PA15 микроконтроллера управляет реле, которое отключает сетевое напряжение при неактивном фене, а также в процессе его охлаждения. В схему добавлен дополнительный светодиод LED1, свечение которого показывает, что напряжение 220 Вольт подано на разъём фена. Также иногда бывает так, что в процессе работы с феном возникает необходимость отлучиться. В этом случае вы кладёте фен на подставку и он будет охлаждаться контроллером. Но если уходя выключить питание контроллера, вентилятор будет обесточен и фен может перегреться. Было бы правильно, чтобы контроллер выключался только после охлаждения фена. Обе эти функции реализованы с помощью одного реле. На обновлённой схеме, которую можно видеть на следующей странице, появились новые разъёмы:

- JP7 подключает к сети источник питания на 24 Вольт;
- JP6 подключает выключатель питания станции;
- JP3 служит для подключения станции к сети;
- JP4 предназначен для подключения нагревателя фена.

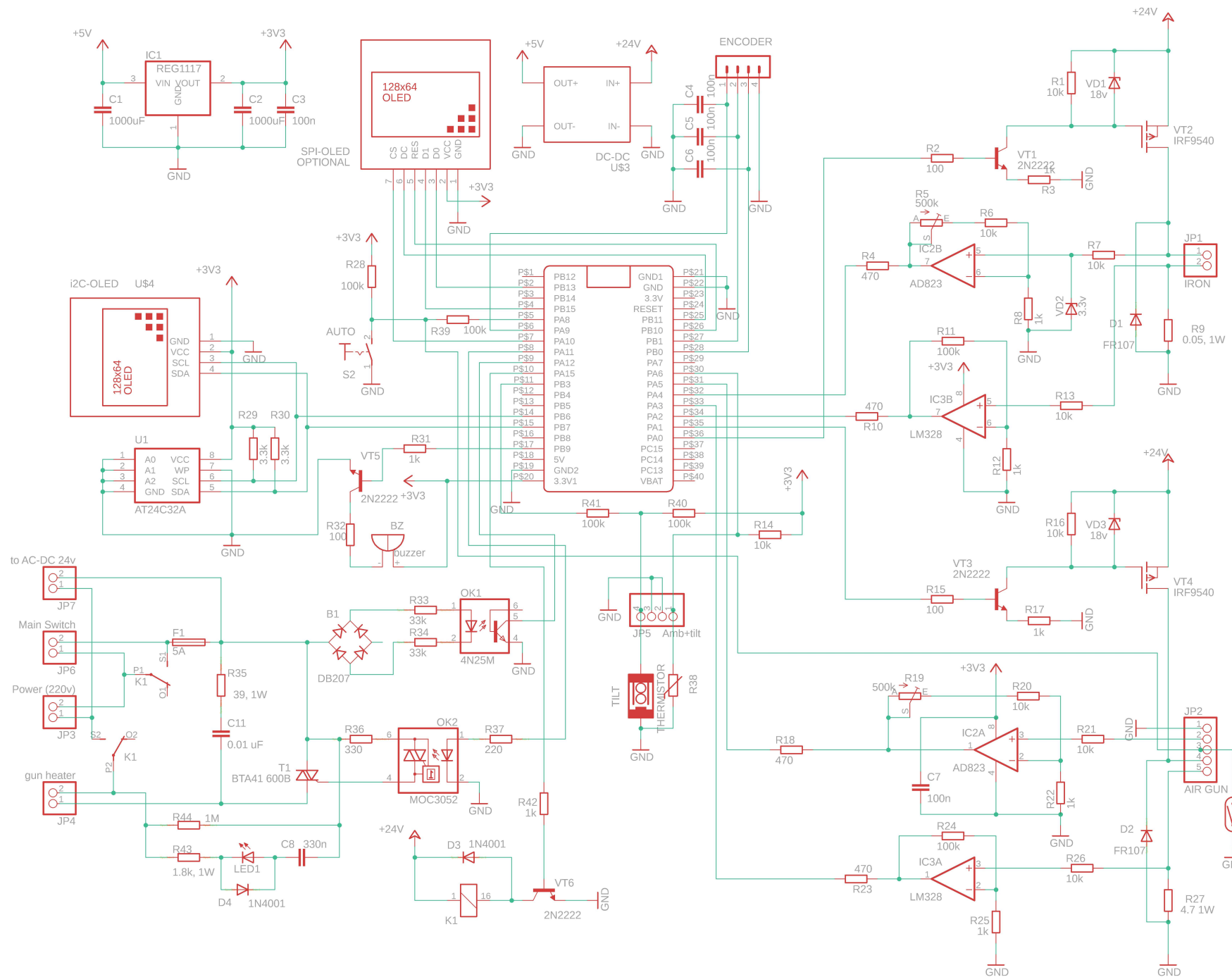
Если реле K1 обесточено (как показано на схеме), фазный провод сети разомкнут контактами реле, а нейтральный разъединён с помощью закрытого симистора. При включении фена срабатывает реле и первая группа контактов соединяет нагреватель фена с фазным проводом сети, а вторая группа замыкает контакты параллельно выключателю питания станции.

По окончании работы положите фен на подставку. Если необходимо покинуть рабочее место переведите выключатель станции в положение "0".

Как только термофен остынет, реле K1 отключит контроллер и станция полностью обесточится.

Вы можете изготовить отдельную печатную плату для сетевой части контроллера. [Здесь](#) мой проект на EasyEDA.

Необходимо использовать реле, рассчитанное на коммутацию нагревателя фена мощностью 700 Вт при напряжении 220 Вольт. Реле должно иметь две группы контактов. Напряжение срабатывания реле должно составлять 24 Вольт. Этим требованиям отвечает, например, реле RTE24024.



Полная схема с дополнительным реле безопасности

Настройка параметров PID

Примечание: Настройка параметров PID паяльника или фена не является обязательной.

Эти параметры определяют скорость нагрева паяльника и точность поддержания его температуры контроллером. Вы можете восстановить значения по умолчанию, полностью удалив данные EEPROM. В этом случае вы потеряете все данные калибровки наконечника. Также вы можете записать исходные значения параметров, например, в блокнот и, при необходимости, ввести их.

В главном меню имеются два пункта, позволяющих настроить параметры PID для паяльника и фена. Когда активирован режим настройки PID, на дисплее отобразятся три значения параметров PID: Kp - пропорциональный, Ki - интегральный, Kd - дифференциальный. Выберите параметр, который вы хотите изменить, и нажмите кнопку энкодера. Вы перейдёте в режим тестовой настройки. На дисплее появятся два графика: отклонения температуры и математической дисперсии мощности. Оба графика являются автоматически нарастающими, а максимальное значение величин отображается слева.



Конфигурация параметров PID паяльника

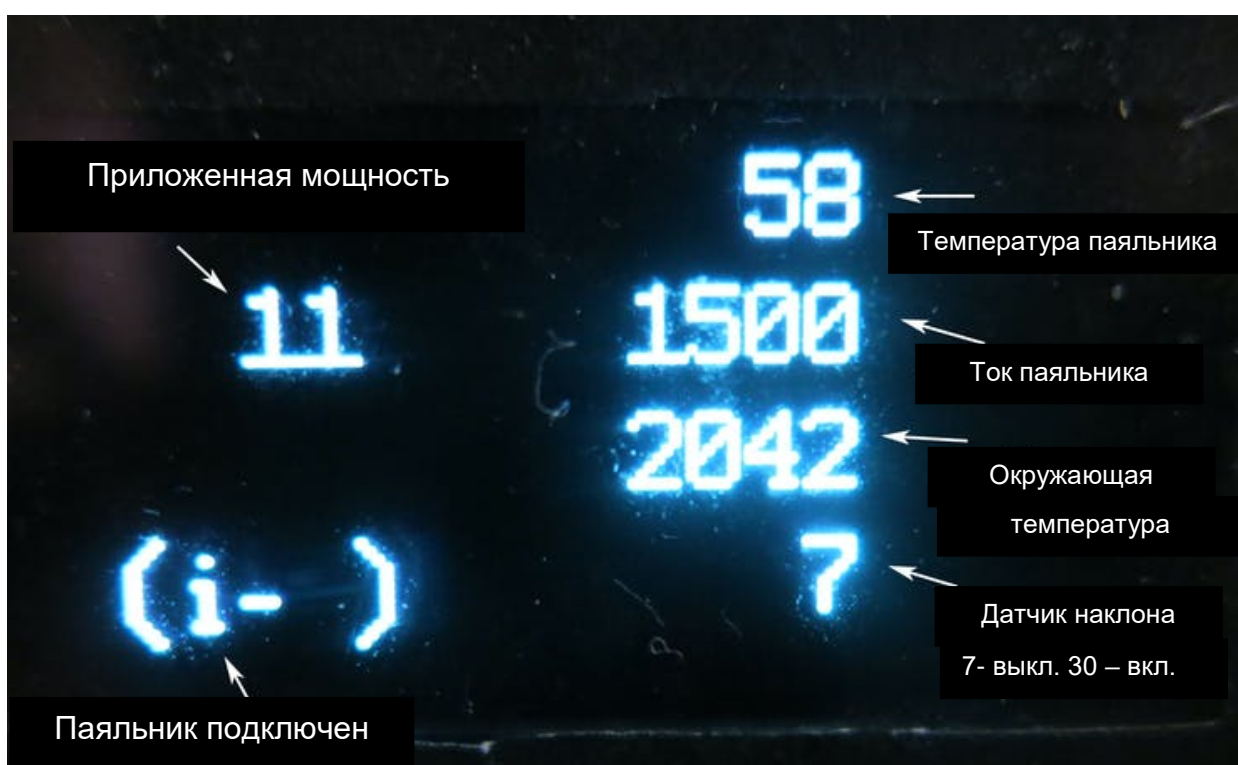
Чтобы включить или выключить паяльник, длительно нажмите на кнопку энкодера. Чтобы изменить параметр, поверните ручку энкодера. На графике вы увидите, как температура меняется во времени. Чтобы выбрать другой параметр для изменения, быстро нажмите на энкодер. Вы вернётесь к окну выбору параметров. Чтобы завершить процедуру и сохранить новые значения параметров PID, длительно нажмите на энкодер в окне выбора параметров. Если вы не хотите сохранять новые значения, выключите контроллер.

Программное обеспечение

Предварительно собранная версия программного обеспечения контроллера может быть загружена из [репозитория](#) GitHub. Чтобы загрузить этот hex-файл в контроллер, вы можете использовать утилиту STM32 ST-LINK.

Режим отладки DEBUG

В версии прошивки 2.02 был добавлен режим отладки DEBUG, чтобы упростить обнаружение возможных проблем в аппаратном и программном обеспечении. Чтобы активировать режим отладки, вам нужно выбрать меню «about» и затем длительно нажать кнопку энкодера. Появится окно отладки.

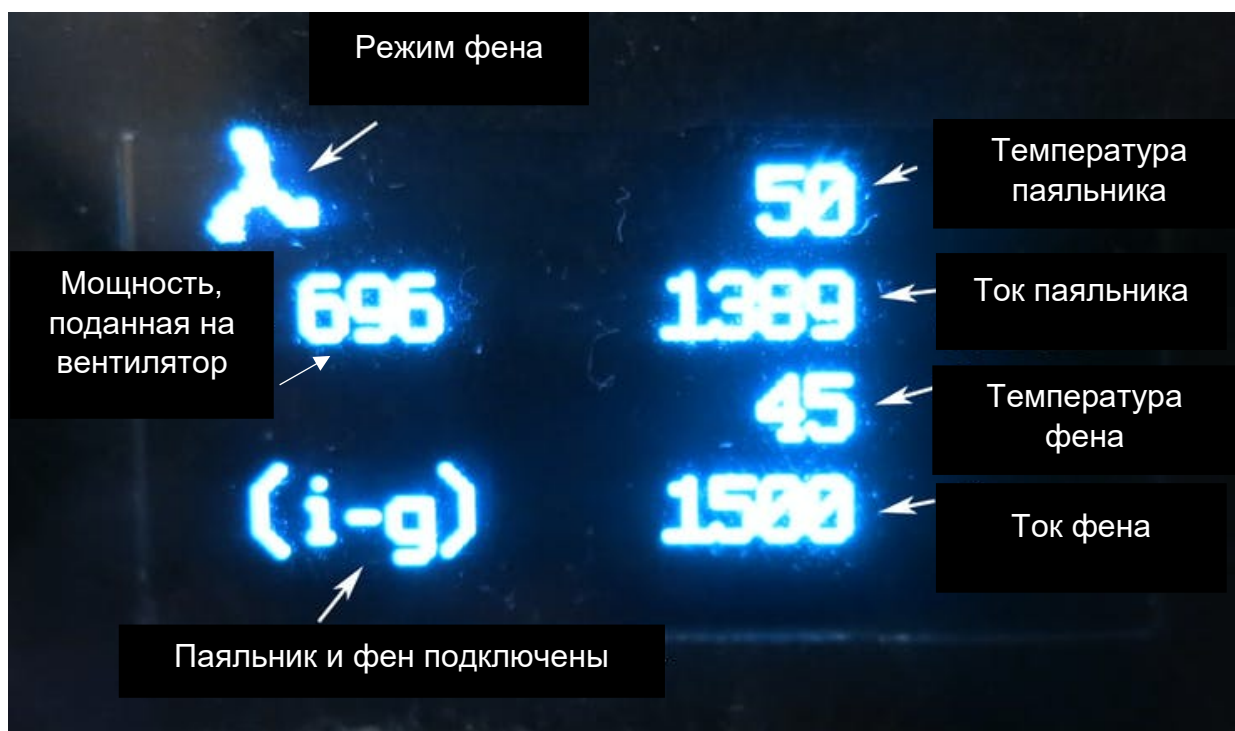


Вид дисплея в режиме отладки для паяльника

В режиме отладки на дисплее отображаются необработанные данные контроллера: температура паяльника (в относительных единицах 0-4095), ток через нагреватель, который используется для обнаружения подключенного паяльника, температура окружающей среды (0-4095) и состояние датчика наклона. Сопротивление термистора NTC составляет примерно 10 кОм при температуре 25°C. Когда мы используем подтягивающий резистор 10 кОм, значение температуры должно быть около 2048. Чем выше температура окружающей среды, тем меньше будут показания.

Значение для датчика наклона уменьшается, когда он замкнут и увеличивается, когда разомкнут. Переверните ручку паяльника чтобы убедиться, что значение меняется.

В левой части дисплея вы можете видеть значение мощности, приложенное к паяльнику и статус отключения фена. «i» - означает, что паяльник подключен, «g» (не показано) - означает, что фен подключен. Фен будет обнаружен, если значение тока через вентилятор превышает 100. Вращая энкодер, вы можете изменить значение мощности, поданное на паяльник. Если фен снят с держателя, он активируется, а данные на дисплее изменятся соответствующим образом.



Появится символ вентилятора. Как видите, ток через вентилятор увеличился, и контроллер обнаружил подключенный фен. Также вы увидите значение тока, протекающего через вентилятор.

Вращая энкодер, вы можете изменить значение мощности, поданное на вентилятор. В этом режиме вы не можете подать питание на нагреватель фена.

Файлы проекта

Репозиторий проекта

[F1-T12-858D](#)