

## МИКРОКОНТРОЛЛЕРНОЕ УСТРОЙСТВО УПРАВЛЕНИЯ ТЕРМОПРОФИЛЕМ ИНФРАКРАСНОЙ ПАЙКИ

Банах К.А.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,  
г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Ланин В. Л. – д-р техн. наук, профессор

**Аннотация.** Разработано устройство управления термопрофилем пайки при инфракрасном нагреве на основе микроконтроллера STM32F373 в совокупности с дисплеем Nextion, выполняющего роль человеко-машинного интерфейса для управления процессом и отображением информации в масштабе реального времени.

**Ключевые слова:** инфракрасная пайка, микроконтроллер, программное управление

**Введение.** Современное производство изделий электроники невозможно без применения технологий групповой пайки. Возросшая плотность монтажа и применяемость таких продвинутых корпусов поверхностно-монтируемых компонентов как BGA, PLCC, QFP, 01005, 0201 делает неэффективным или невозможным применение технологий термовоздушной и ручной пайки для монтажа электронных модулей, а также их ремонта [1].

Для решения данных задач активно применяются паяльные станции и печи с инфракрасными лампами в качестве источников нагрева.

**Основная часть.** В настоящее время инфракрасная пайка является одной из самых совершенных технологий, применяемых для производства и ремонта электронных устройств. Среди достоинств данной технологии в сравнении с конвективным нагревом и ручной пайкой можно отметить возможность монтажа компонентов с высокой степенью интеграции, отсутствие необходимости приклеивать компоненты к печатной плате перед пайкой, что повышает ремонтпригодность изготавливаемого устройства [2].

Основными конструктивными элементами устройств инфракрасной пайки являются: блок управления термопрофилем, инфракрасные лампы, система охлаждения, датчики температуры, панель управления. Структурная схема устройства инфракрасной пайки представлена на рисунке 1.

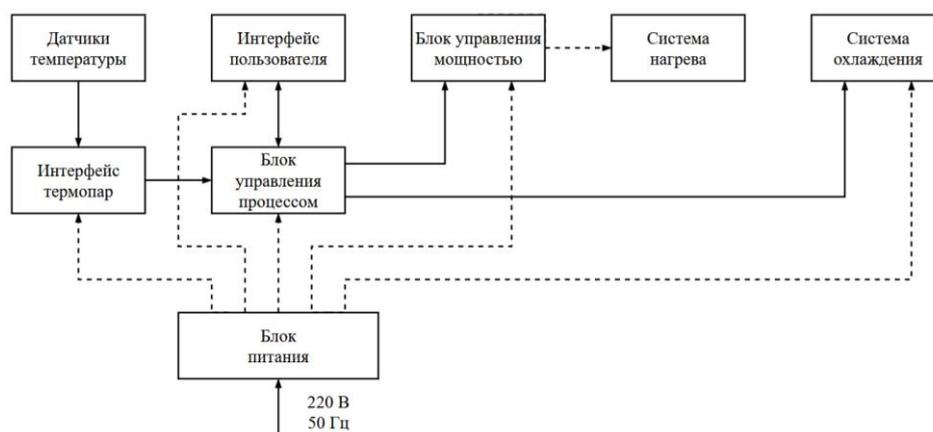


Рисунок 1 – Структурная схема устройства инфракрасной пайки

Блок управления термопрофилем представляет собой электронный модуль, который используется для обработки запросов пользователя, полученных с человеко-машинного интерфейса. Также непосредственно в процессе пайки он занимается сбором данных с датчиков

температуры, находящихся в зоне пайки, и на основе их показаний выполняет корректировку температуры при помощи системы охлаждения и нагревательных ламп. Внешний вид разработанного блока управления представлен на рисунке 2.

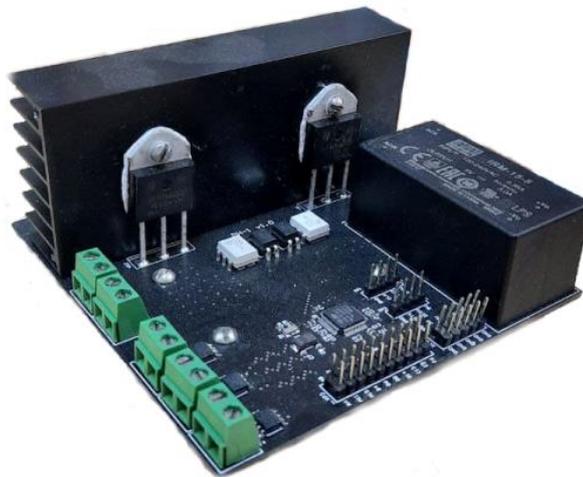


Рисунок 2 – Блок управления термопрофилем инфракрасной пайки

Инфракрасные лампы представляют собой вольфрамовую спираль внутри герметичной кварцевой трубки. Как правило, они обладают мощностью от 300 до 1500 Вт. Их излучение при помощи рефлекторов плотным потоком направляется в зону пайки. Различная мощность используемых ламп и изменение их количества в зависимости от зоны нагрева в совокупности с динамической подстройкой мощности при помощи программного управления помогает достигать точного соответствия заданному температурному профилю.

Для инфракрасной пайки электронных модулей задается термопрофиль, соблюдение которого является залогом получения качественных и прочных паяных соединений. Пример термопрофиля для свинецсодержащего и бессвинцового припоя представлен на рисунке 3.

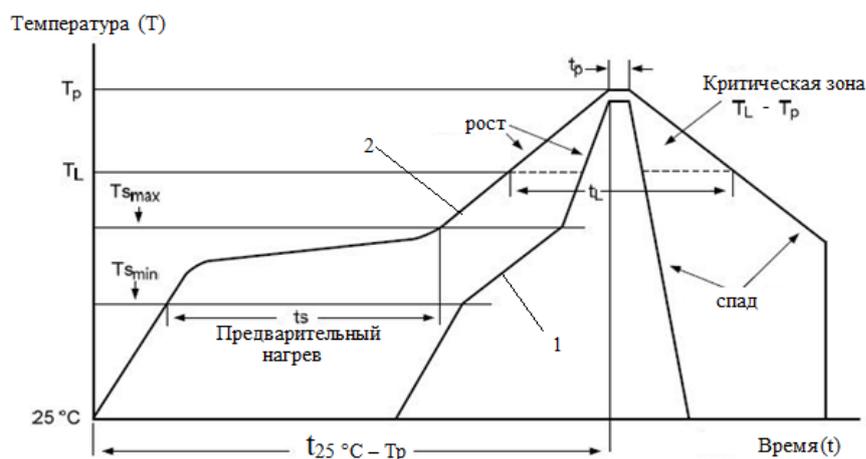


Рисунок 3 – Термопрофиль пайки электронных модулей

Термопрофиль нагрева включает участок предварительного нагрева от  $T_{Smin}$  до  $T_{Smax}$ , во время которого происходит флюсование, зону заброса, во время которой происходит оплавление паяльной пасты, зону охлаждения, во время которой происходит быстрая кристаллизация припоя.

Процесс инфракрасной пайки обладает неравномерностью температурной характеристики, что вытекает из инерционности процесса. Это явление приводит к отклонениям ре-

ального технологического процесса от заданного термопрофиля. Для компенсации инерционности, а также влияния внешней среды на технологический процесс в устройствах инфракрасной пайки применяется программный ПИД-регулятор. В данном случае задачей ПИД-регулятора температуры является поддержание заданного температурного профиля.

В качестве коэффициента пропорциональности выступает разница между текущей температурой и заданной. Чтобы скомпенсировать влияние внешней среды на процессы используется интегральная составляющая, которая с течением времени подбирает такой вклад в систему, что компенсирует потери окружающей среды в зоне пайки. Дифференциальная составляющая помогает избежать задержек между воздействием и реакцией системы. Без данной составляющей блок управления начал бы снижать температуру раньше, чем была бы достигнута нужная точка из-за уменьшения рассогласования [4].

В разработанном устройстве применяются все ранее описанные принципы, а также учитываются конструктивные, технологические и программные особенности устройств данного предназначения. В блоке управления используется микроконтроллер STM32F373, основные характеристики которого приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Основные характеристики микроконтроллера STM32F373

Объем памяти данных (RAM)	32 кБайт
Объем памяти программ (Flash)	256 кБайт
Максимальная тактовая частота	72 МГц
Корпус	LQFP48

В блоке управления доступно 3 канала для подключения термопар в качестве датчиков температуры. Интерфейса термопар выступает микросхема MAX31855. MAX31855 выполняет компенсацию холодного спая и оцифровывает сигнал от термопары. Данные выводятся в знаковом 14 битном формате по интерфейсу SPI. Данный преобразователь имеет разрешение до 0,25 °С, позволяет измерять температуру от +1800 °С до -270 °С и точность показаний составляет ±2 °С [5].

Управление мощной нагрузкой в виде инфракрасных ламп суммарной мощностью 1000 Вт осуществляется схемой на симисторе в паре с детектором нуля. Схема управления нагрузкой приведена на рисунке 4.

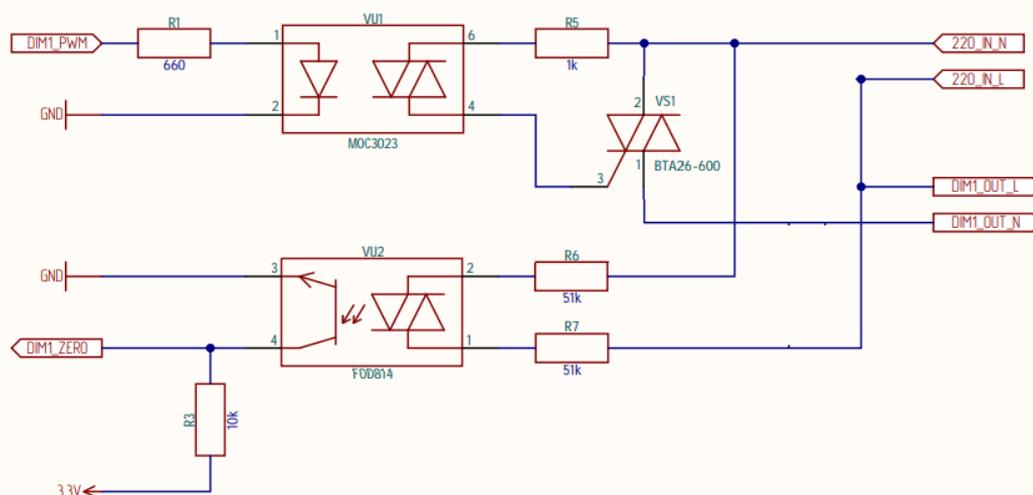


Рисунок 4 – Схема управления нагрузкой

Человеко-машинный интерфейс реализован при помощи панели НМІ Nexion NX8048P070-11С. Данная панель является сенсорной, а потому дополнительных органов управления в устройстве не требуется. Параметры НМІ приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Основные параметры HMI Nextion NX8048P070-11C

Диагональ	7”
Разрешение	800x480 px
Объем памяти данных (RAM)	512 кБайт
Объём памяти программ (Flash)	128 Мбайт

**Заключение.** Определены основные особенности проблемы процесса инфракрасной пайки модулей повышенной плотности монтажа. С учетом вышеперечисленного разработана структура, схема электрическая принципиальная и конструкция устройства инфракрасной пайки, обладающего интеллектуальной системы поддержания заданного термопрофиля. Управление установкой осуществляется при помощи удобного сенсорного интерфейса, который сводит к минимуму риск ошибки оператора, а также обеспечивает гибкую переналадку устройства. Контроль параметров термопрофиля производится в реальном масштабе времени. Наличие закрытого пространства зоны пайки позволяет минимизировать влияние внешней среды и тем самым повысить стабильность процесса пайки. Устройство может быть применено в мелкосерийном прототипном производстве модулей высокой плотности монтажа.

### Список литературы

1. Gibbs, R. A. *Guide to Infrared Rework on BGAs* / Gibbs, R. A. // *SMT*. - 2009. - May/June.
2. Ланин, В.Л. *Инфракрасный нагрев в технологии пайки поверхностного монтажа*. / В.Л. Ланин // *Технологии в электронной промышленности*. – 2007. – №3. – С. 38-42.
3. Средства построения термопрофиля пайки печатных плат компании ECD [Электронный ресурс].– Режим доступа: [https://www.tech-e.ru/2008\\_6\\_42.php](https://www.tech-e.ru/2008_6_42.php).
4. Фёдоров А. ПИД-регулятор. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://habr.com/ru/post/145991/>.
5. MAX31855. *Cold-Junction Compensated Thermocouple-to-Digital Converter*. [Электронный ресурс].– Режим доступа: <https://www.maximintegrated.com/en/products/interface/sensor-interface/MAX31855.html>.

UDC 681.5:0049

## MICROCONTROLLER CONTROL DEVICE THERMOPROFILE INFRARED SOLDER

*Banakh K.A.*

*Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus*

*Scientific adviser: Lanin V.L. – Doctor of sciences, professor*

**Annotation.** A device for controlling the thermal profile of soldering with infrared heating has been developed based on the STM32F373 microcontroller in conjunction with the Nextion display, which plays the role of a human-machine interface for process control and information display in real time.

**Keywords:** infrared soldering, microcontroller, software control