

## СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ И КОНТРОЛЯ ИНДУКЦИОННОЙ ПАЙКИ 3D-МОДУЛЕЙ НА ОСНОВЕ МИКРОКОМПЬЮТЕРНОГО БЛОКА УПРАВЛЕНИЯ И ИНВЕРТОРА

*Хацкевич А.Д.*

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники<sup>1</sup>  
г. Минск, Республика Беларусь*

*Ланин В. Л. – профессор, д-р техн наук.*

**Аннотация.** Система контроля индукционной пайки на основе микрокомпьютера позволяющая контролировать термопрофили пайки 3D модулей. Конструкция инвертора использует микроконтроллер, контролирующий основные параметры и предотвращающий переход инвертора в резонансный режим. Система контроля использует микрокомпьютер на операционной системе на основе Debian, обладающая огромным потенциалом как в области контроля параметров так и их последующей обработки как на самом устройстве, так и в сети Internet.

**Ключевые слова.** Инвертор, микроконтроллер, 3D-модуль, пайка, индукционный нагрев.

**Введение.** International technology Roadmap For Semiconductors прогнозирует гетерогенную интеграцию компонентов в 3D структурах, что обеспечит скорость цифровой обработки информации на уровне десятках гигагерц. При сборке 3D структур эффективны высокочастотные инверторы способные локализовать нагрев и с высокой точностью поддерживать температуру нагрева, что особенно важно при соблюдении термопрофилей пайки электронных компонентов. Не соблюдение термопрофилей пайки приводит к значительному увеличению числа дефектов.

**Основная часть.** 3D-модуль представляет собой систему, состоящую из двух или более микросхем, расположенных вертикально в стек на одной подложке, каждая из которых предназначена для выполнения своей функции [1]. Технология 3D-модуль позволяет располагать микросхемы вплотную одна к другой, уменьшая общий объем и массу системы. Пример конструкции 3D модуля представлен на рисунке 1. Технология пайки таких модулей нуждается в качественном высокоточном оборудовании.

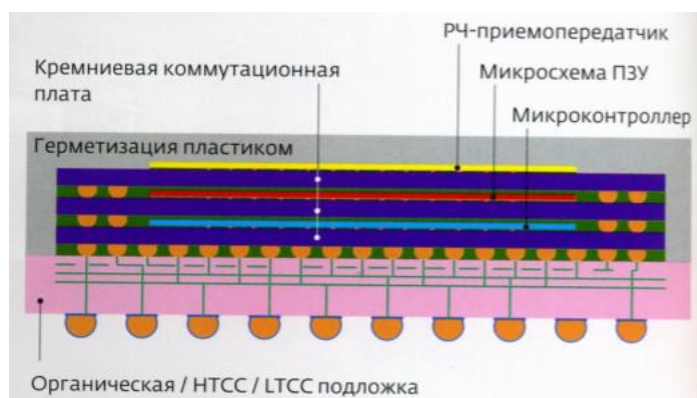


Рисунок 1 – Конструкция 3DM на основе кремниевой коммутационной платы

Индукционный нагрев высокочастотным электромагнитным полем давно и успешно применяется в промышленности, поскольку позволяет осуществлять высокопроизводительный бесконтактный и локальный нагрев за счет вихревых токов, индуцируемых в проводящих материалах.

Для эффективной работы индукционных систем необходимо, во-первых, оптимизировать частоту и амплитуду тока возбуждения в обмотке, и, во-вторых, обеспечить локальное распределение вихревых токов в нагреваемых деталях.

Конструкция инвертора включает в себя 5 функциональных блоков. Первый – это генератор управляющих импульсов. Второй представляет собой гальванически развязанные драйверы усиливающие управляющие сигналы, подаваемые с генератора. После второго блока получаем четыре сигнала, которые управляют мостами ключей (третий блок). Четвертый блок – блок питания моста, представляющий собой нерегулируемый источник постоянного напряжения 310 В. Пятый блок – индуктор. Шестой блок содержит в себе микроконтроллер, дисплей и датчики, релейные модули контролирующие основные параметры инвертора.

Структурная схема высокочастотного инвертора представлена на рисунке 2.

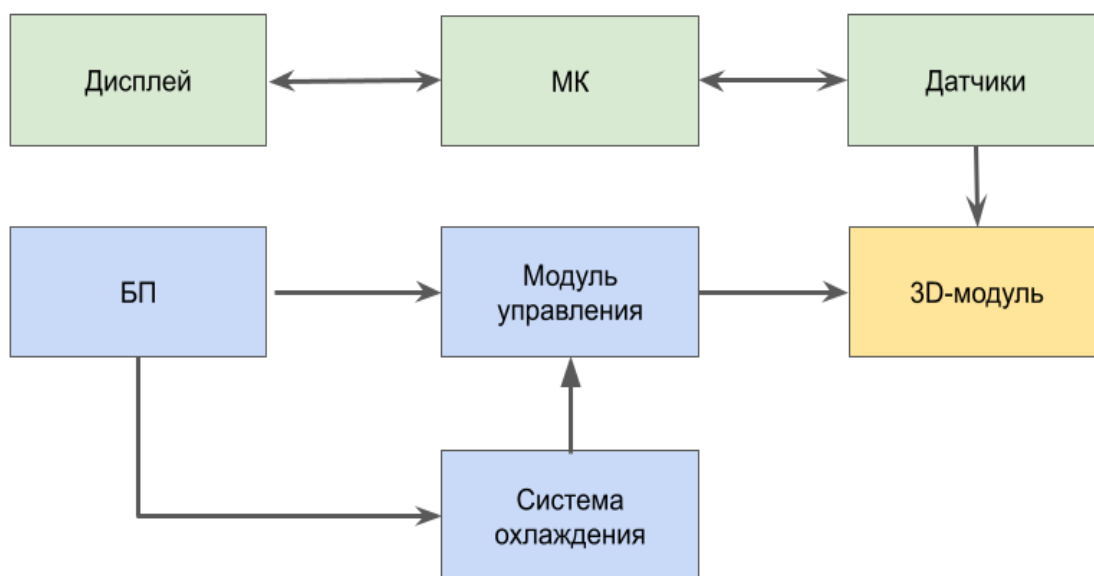


Рисунок 2 – Структурная схема ВЧ инвертора

Работает инвертор в паре с микрокомпьютерной системой контроля термопрофиля на основе микрокомпьютера Raspberry pi 3 [2]. Микрокомпьютер работает на свободной операционной системе на основе Debian, оптимизированной для аппаратных возможностей Raspberry Pi и обладает необходимым набором периферии. Устройство работает следующим образом: ВЧ-инвертор создает в индукторе вихревое поле, которое разогревает образец.

Структурная схема микрокомпьютерной системы контроля термопрофиля представлена на рисунке 3.

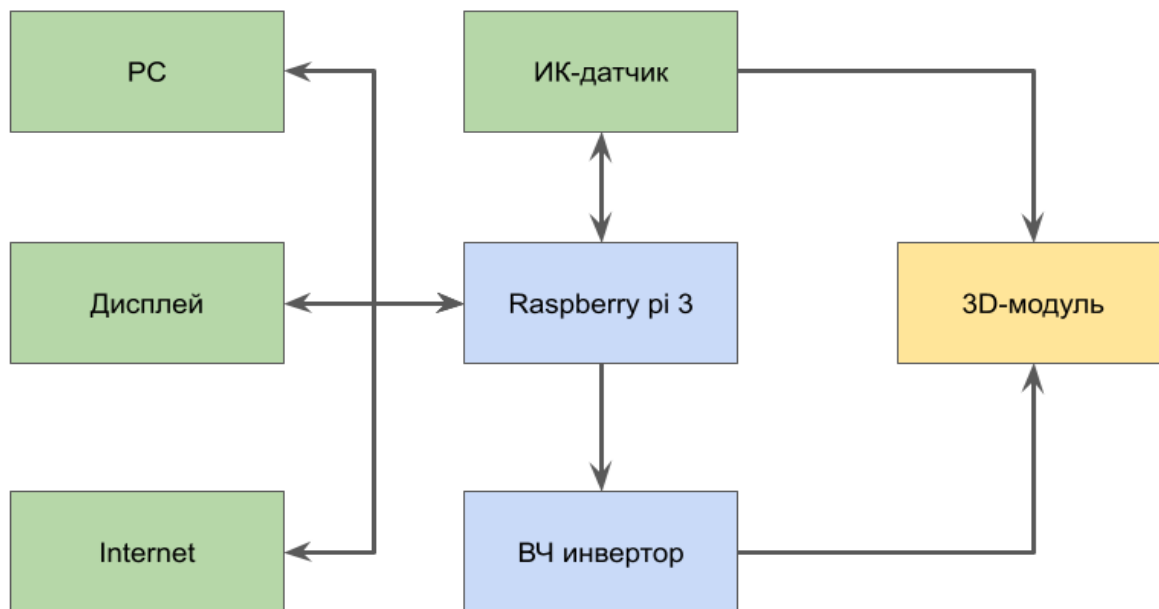


Рисунок 3 – Структурная схема микрокомпьютерной системы контроля термопрофиля

Температуру образца контролирует инфракрасный датчик на чипе MLX90614[3]. Информация с датчика по шине I<sub>2</sub>C поступает на микрокомпьютер, который позволяет настроить термопрофиль в зависимости от условий. Обработка данных может осуществляться как на самом одноплатном компьютере, так и в сети Internet. Внешний вид Raspberry pi представлен на рисунке 4.

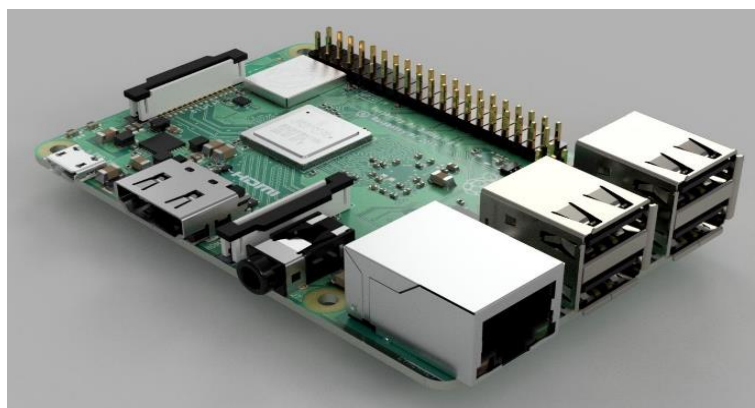


Рисунок 4 – Одноплатный компьютер Raspberry pi 3

Графики термопрофилей на частотах в 100кГц и 60кГц представлены на рисунке 5.

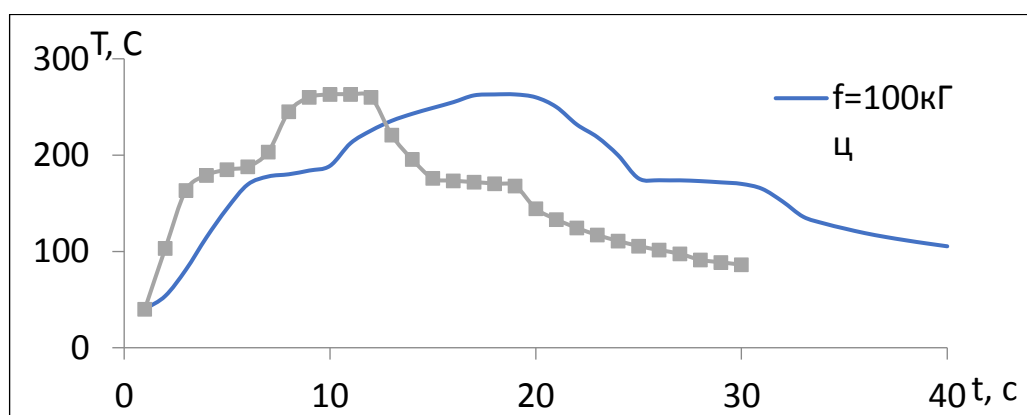


Рисунок 5 – График термопрофиля на разных частотах

**Заключение.** Построена система контроля термопрофилей пайки, на основе индукционного нагрева, обладающая высокой гибкостью настройки, возможностью использования различной сенсорной периферии для мониторинга параметров термопрофилей пайки 3D-модулей.

### Список литературы

1. Ланин В. Л. *Электромонтажные соединения в электронике: технология, оборудование, контроль качества.* - Минск: Интеграл-полиграф, 2013. - 406 с.
2. Raspberry [Electronic resource] : – Mode of access: <https://www.raspberrypi.org/products/>. – Date of access: 14.03.2021.
3. Melexis MLX90614 [Electronic resource] : – Mode of access: <https://www.melexis.com/en/product/mlx90614/digital-plug-play-infrared-thermometer-to-can>. – Date of access: 15.03.2021.

UDC 681.5:0049

## 3D MODULES INDUCTION SOLDERING CONTROL SYSTEM BASED ON MICROCOMPUTER

*Khatskevich A.D., graduate student.*

*Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics<sup>1</sup>, Minsk, Republic of Belarus*

*Lanin V.L. – Doctor of science.*

**Annotation.** Microcomputer-based induction soldering control system that controls the thermal profiles of 3D modules. The control system uses a microcomputer based on a Debian-based operating system, which has potential in the field of control and processing systems.

**Keywords.** Induction heating, soldering control system, microcomputer