

ТЕПЛОВОЙ И ЧАСТОТНЫЙ АНАЛИЗ ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЫ АДАПТЕРА ДЛЯ МИКРОПРОГРАММИРОВАНИЯ

Сенько Е.В., Кравцов П.А., Трифонова А.Ю.

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

Научный руководитель: Алексеев В.Ф. – к. т. н., доцент, доцент кафедры ПИКС

Аннотация. Экспериментально исследован нагрев печатной платы и её устойчивость к механическим воздействиям. В статье анализируются основные источники тепловыделения, рассматриваются методы теплового анализа, а также предложены способы минимизации перегрева компонентов. Кроме того, изучены механические вибрационные нагрузки, рассмотрены методы частотного анализа и даны рекомендации по защите платы от механических воздействий.

Ключевые слова: тепловой анализ, частотный анализ, механические нагрузки.

Введение. Печатные платы адаптеров для микропрограммирования используются в процессах разработки, отладки и тестирования микроконтроллеров и программируемых логических интегральных схем (ПЛИС). Их надежная работа требует детального анализа тепловых и частотных характеристик, так как перегрев или электромагнитные помехи могут привести к сбоям в функционировании устройства [1–7].

В данной статье рассматриваются методы теплового и частотного анализа печатной платы адаптера, их особенности и влияние на работоспособность системы, а также предложены способы минимизации перегрева и защиты от вибрационных воздействий.

Основная часть. Тепловыделение на плате адаптера обусловлено несколькими факторами:

- потребляемой мощностью микросхем;
- сопротивлением проводников и контактных соединений;
- особенностями конструкции печатной платы, влияющими на рассеивание тепла.

Тепловой анализ был проведен путем компьютерного моделирования в программе ANSYS. В процессе моделирования были рассмотрены только наиболее нагревающиеся элементы (рисунок 1):

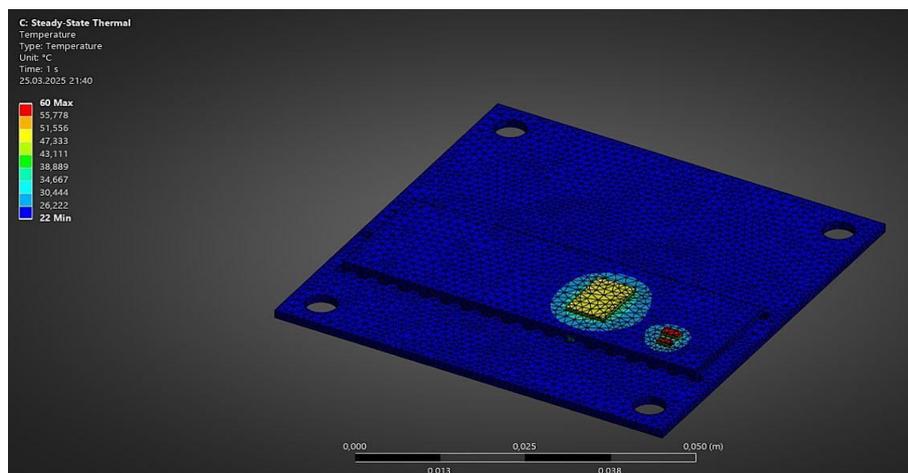


Рисунок 1 – Результаты моделирования термической нагрузки

Частотный анализ направлен на исследование механических воздействий на плату, в том числе вибрационных нагрузок, резонансных эффектов и механической устойчивости конструкции. Основные аспекты анализа включают:

- определение резонансных частот конструкции;
- анализ вибрационной устойчивости платы;
- оценку механического воздействия внешних факторов.

Частотный анализ был выполнен путем компьютерного моделирования в программе ANSYS. Для проведения моделирования была взята частота 78 мГц, материал – стеклотекстолит (рисунок 2):

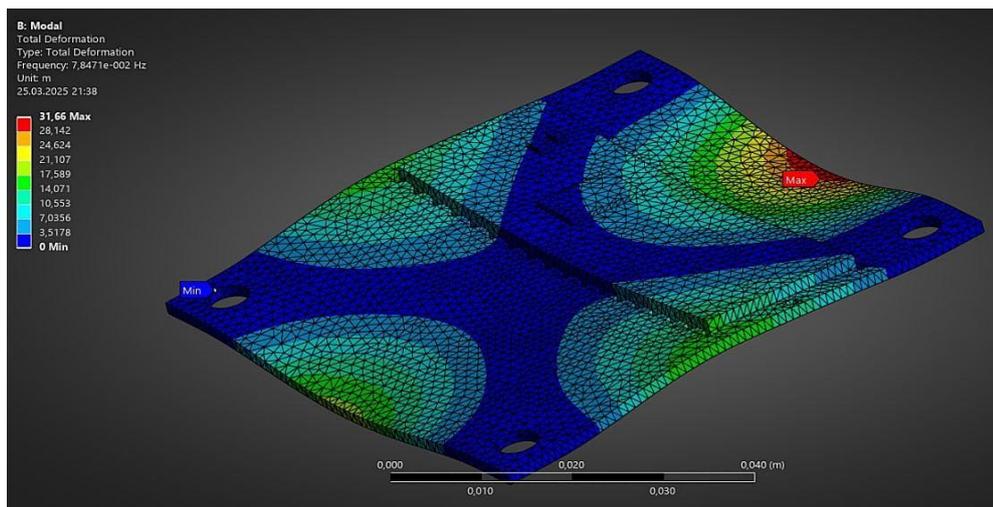


Рисунок 2 – Результаты воздействия частотной нагрузки

Перегрев компонентов платы может привести к уменьшению срока службы электронных компонентов, изменению параметров работы микросхем, разрушению пайки и межслойных соединений в многослойных печатных платах.

За некачественным частотным анализом могут последовать механические повреждения элементов платы, вызванные резонансным явлением, отслоение или разрушение пайки, а также некорректная работа устройства.

Для предотвращения перегрева рекомендуется использовать радиаторы и системы активного охлаждения, а также термопроводящие пасты и термопрокладки для улучшения теплоотвода. Необходимо использовать материалы с высокой теплопроводностью в конструкции платы. Для снижения воздействия механических нагрузок на плату необходимы демпфирующие материалы и амортизаторы в конструкции корпуса, оптимизация креплений платы и выбор компонентов с повышенной устойчивостью к механическим воздействиям.

В условиях ограниченного пространства корпуса адаптера естественная конвекция может быть недостаточной для эффективного охлаждения, что требует применения принудительного обдува или дополнительных теплоотводящих элементов. Результаты моделирования подтвердили необходимость оптимизации топологии печатной платы для равномерного распределения тепловой нагрузки и предотвращения образования «горячих точек».

Кроме того, частотный анализ выявил зависимость механической устойчивости платы от ее геометрии и способа крепления. Например, увеличение жесткости конструкции за счет дополнительных точек фиксации позволило снизить амплитуду вибраций на резонансных частотах. Дополнительно были проанализированы альтернативные материалы основания, такие как металлизированные подложки, которые обеспечивают лучшую механическую стабильность и теплоотвод по сравнению со стандартным стеклотекстолитом. Это особенно

важно для адаптеров, работающих в условиях повышенных вибрационных нагрузок, например, в промышленных или аэрокосмических применениях.

Заключение. Выполнен анализ тепловых и частотных характеристик печатной платы адаптера для микропрограммирования. Тепловой анализ показал, что основными источниками нагрева являются потребляемая мощность микросхем и конструктивные особенности платы. Частотный анализ позволил определить резонансные частоты и оценить устойчивость конструкции к вибрационным и механическим нагрузкам.

Для обеспечения стабильной работы адаптера предложены следующие меры: применение радиаторов, термопроводящих материалов для минимизации перегрева, а также использование демпфирующих элементов, амортизаторов и оптимизированных креплений для защиты от вибраций. Реализация данных рекомендаций позволит повысить надежность печатной платы и обеспечить ее эффективное функционирование в процессах разработки, отладки и тестирования микроконтроллеров и ПЛИС.

Список литературы

1. Адаптеры для программирования микроконтроллеров AVR [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://tehnobzor.com/schemes/chips/109-adaptery-dlya-programmirovaniya-mikrokontrollov-avr.html/>. Дата доступа: 25.03.2025.
2. ANSYS Mechanical User's Guide [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.ansys.com/documentation>. Дата доступа: 25.03.2025.
3. Алексеев, В. Ф. Моделирование тепловых полей электронных систем в среде ANSYS / В. Ф. Алексеев, Д. В. Лихачевский, Г. А. Пискун // *BIG DATA and Advanced Analytics = BIG DATA и анализ высокого уровня: сб. материалов VI Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 20-21 мая 2020 года: в 3 ч. Ч. 3 / редкол.: В. А. Богуш [и др.]*. - Минск: Бестпринт, 2020. - С. 282 - 286.
4. Алексеев, В. Ф. Алгоритмы иерархического анализа тепловых процессов радиоэлектронных средств / В. Ф. Алексеев, Д. В. Лихачевский // *Цифровая среда: технологии и перспективы : сборник материалов II Международной научно-практической конференции, Брест, 31 октября–1 ноября 2024 г. / Брестский государственный технический университет ; редкол.: Н. Н. Шалобыта (гл. ред.) [и др.]*. - Брест, 2024. - С. 221–226.
5. Алексеев, В. Ф. Особенности проектирования медицинских электронных устройств = *Features of Design of Medical Electronic Devices* / В. Ф. Алексеев, Г. А. Пискун // *Доклады БГУИР*. – 2023. – Т. 21, № 1. – С. 51-57.
6. Алексеев, В. Ф. Моделирование тепловых полей электронных систем в среде ANSYS / В. Ф. Алексеев, Д. В. Лихачевский, Г. А. Пискун // *BIG DATA and Advanced Analytics = BIG DATA и анализ высокого уровня: сб. материалов VI Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 20–21 мая 2020 г. : в 3 ч. Ч. 3 / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники [и др.] ; редкол.: В. А. Богуш [и др.]*. – Минск, 2020. – С. 282–286.
7. Алексеев, В. Ф. Методика численного моделирования тепловых процессов в микросистемных структурах / В. Ф. Алексеев, Д. В. Лихачевский, Г. А. Пискун // *BIG DATA and Advanced Analytics = BIG DATA и анализ высокого уровня: сб. материалов VI Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 20–21 мая 2020 г. : в 3 ч. Ч. 3 / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники [и др.] ; редкол.: В. А. Богуш [и др.]*. – Минск, 2020. – С. 34–37.

UDC 621.3.049.77–048.24:537.2

CONTROL OF MICROCONTROLLER UNDER THE INFLUENCE OF ELECTROSTATIC DISCHARGE

Senko E.V., Krautsou P.A., Trifonova A.Y.

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

Alekseev V.F. – Cand. of Sci., associate professor, associate professor of the department of ICSD

Annotation. This article examines the methods of thermal and frequency analysis of an adapter board for microprogramming. Adapter boards are an integral part of the process of testing and debugging microcontrollers and programmable logic integrated circuits (PLCs). Their reliability directly depends on their ability to efficiently dissipate thermal energy and withstand mechanical influences. The article analyzes the main sources of heat generation, considers methods of thermal analysis, and suggests ways to minimize component overheating. Additionally, mechanical vibrational loads are studied, frequency analysis methods are reviewed, and recommendations for protecting the board from mechanical effects are provided. The presented research aims to improve the reliability and durability of adapters, ensuring their stable operation under various operating conditions.

Keywords: thermal analysis, frequency analysis, mechanical loads.