

УДК 621.396.6

ПОДХОДЫ К РАЗРАБОТКЕ ПАССИВНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ В ЭЛЕКТРОНИКЕ

Румянцев Н.В.

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

Научный руководитель: Алексеев В.Ф. – канд.техн.наук, доцент, доцент кафедры ПИКС

Аннотация. Показана необходимость защиты электронных компонентов от нагрева с помощью различных типов теплоотводов. Рассмотрены различные варианты конструкций радиаторов и показана эффективность их применения. Сделан вывод о том, что управление температурным режимом электроники можно выполнить с помощью пассивного охлаждения.

Ключевые слова: активное и пассивное охлаждение, электронное средство, радиатор, методы охлаждения, электроника.

Введение. Причина того, что электронные компоненты нагреваются, а также причина, по которой нагревается любое электронное устройство, связана с электрическим сопротивлением. Электрическое сопротивление возникает, когда электроны движутся через материал в результате дисбаланса заряда. Движение этих электронов через материал создает трение между движущимися электронами и (обычно) кристаллической структурой материала. Это большое трение приводит к избытку тепла и часто требует дополнительных методов охлаждения. Методы охлаждения электроники можно разделить на две категории: пассивное охлаждение и активное охлаждение.

Пассивное охлаждение использует естественную проводимость, конвекцию и излучение для охлаждения компонента.

Активное охлаждение требует использования энергии, специально предназначенной для охлаждения компонента.

Одним из современных примеров этих двух категорий охлаждения является радиатор. и конструкция распределителя тепла, оба из которых используют фундаментальные принципы теплопередачи [1–13].

Основная часть. При проектировании электронных устройств одной из проблем, которую необходимо обязательно решать проектировщикам, является задача обеспечения нормального теплового режима работы. Из-за подбирающихся элементов, и их замены, не представляется возможность точно предсказать поведение тепловых процессов устройства. Данная проблема может стать причиной нарушения стабильности работы устройства. Часто в процессе проектирования из-за фиксированных габаритов РЭС не представляется возможным установка активного охлаждения. По этой причине рекомендуется использовать пассивные методы охлаждения [5, 10].

Для пассивного отвода тепла от полупроводниковых приборов применяют теплоотводы, действие которых основано на различных способах рассеивания тепловой энергии: теплопроводности, естественной и принудительной конвекции воздуха и жидкости, изменения агрегатного состояния вещества, термоэлектрическом эффекте Пельте [10].

В настоящее время в РЭС применяют различные конструкции теплоотводов: пластинчатые, оперённые, штыревые, петельно-проволочные, типа «краб» и другие, каждая из которых для определенных условий эксплуатации является оптимальной.

Автором были рассмотрены 3 варианта пассивного охлаждения для корпуса 1U с установленной платой на которой находится ПЛИС Xilinx. Объём закрытой зоны нахождения платы с ПЛИС $V=0.002 \text{ м}^3$. Исходные данные для расчета: рассеиваемая мощность 40 Вт, максимальная температура среды $+40 \text{ }^\circ\text{C}$, относительная влажность 90%.

Первый вариант – гибридный алюминиевый радиатор (рисунок 1). Площадь рассеивания $\approx 34200 \text{ мм}^2$. Покрытие – Ан.Окс.черный.

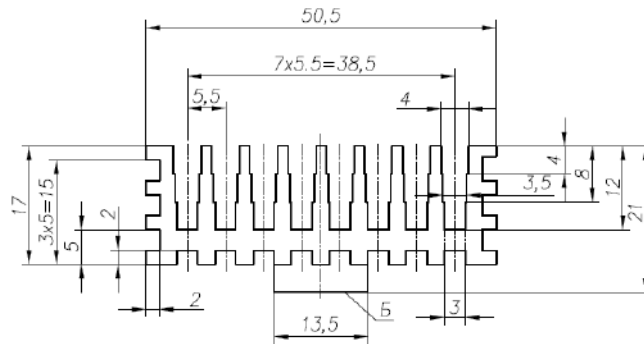


Рисунок 1 – Чертеж конструкции гибридного алюминиевого радиатора

По полученным данным, устройство выходит из строя через 4 часа работы на максимальной нагрузке. Средняя температура зоны радиатора 89°C .

Второй вариант – гибридный медный (рисунки 2 и 3). Площадь рассеивания $\approx 13400 \text{ мм}^2$.

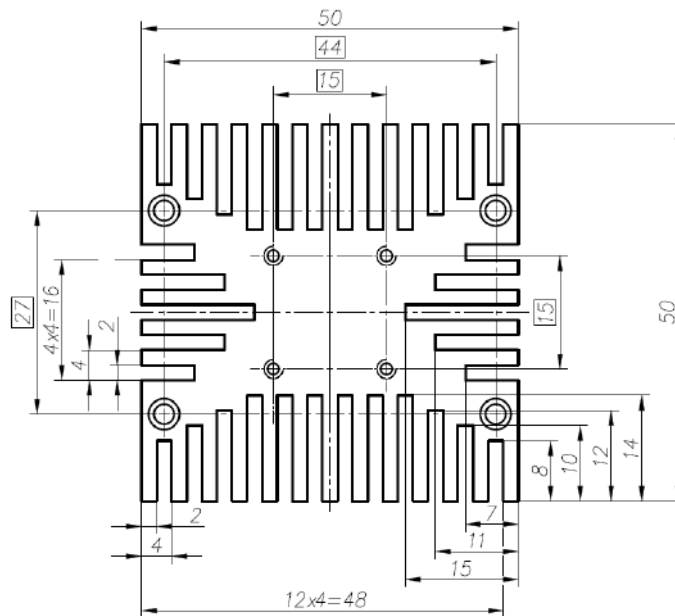


Рисунок 2 – Чертеж конструкции медного радиатора

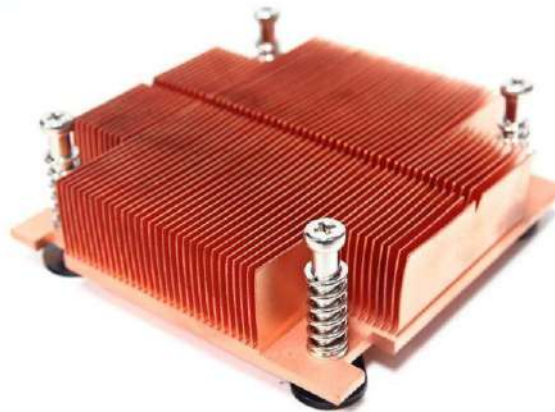


Рисунок 3 – Вид медного радиатора

При использовании радиатора данного типа устройство работало на протяжении 2-х суток при максимальной нагрузке и не выходило из строя. Средняя температура нагретой зоны

радиатора – 72,3 °С. Основным минус такого радиатора – масса. Основная проблема – стоимость в его изготовлении и технология обработки меди.

Третий вариант – медный радиатор с тепловой трубкой (рисунки 4 и 5). Площадь рассеивания $\approx 1000 \text{ мм}^2$.

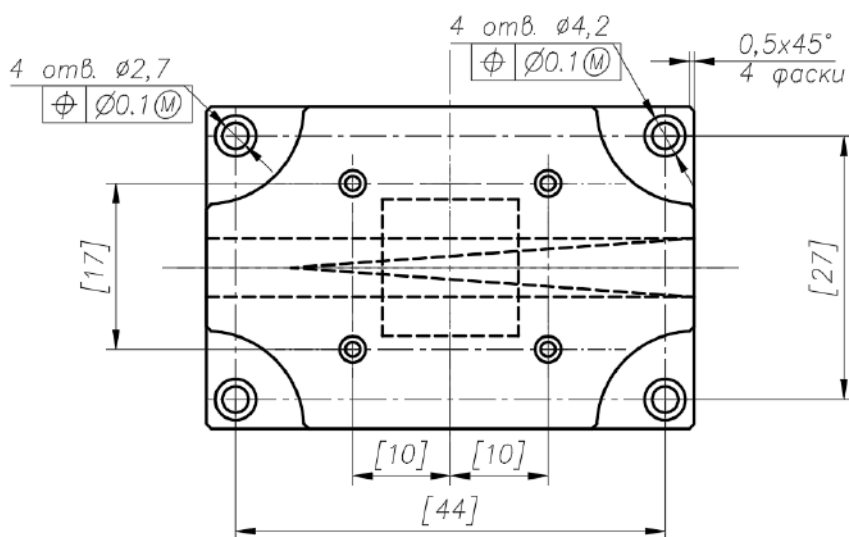


Рисунок 4 – Чертеж конструкции медного радиатора с тепловой трубкой

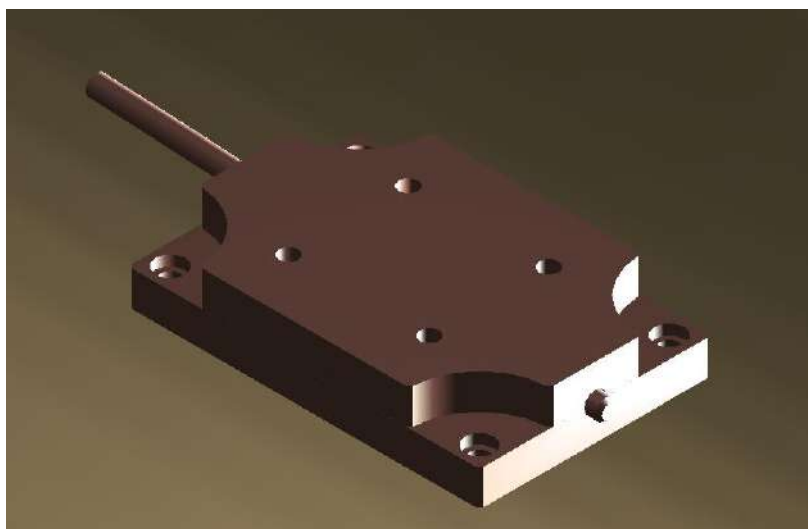


Рисунок 3 – Вид медного радиатора с тепловой трубкой

При его использовании устройство работало на протяжении тех же 2-х суток под максимальной нагрузкой и не выходило из строя.

Последний прием включает использование накопителей тепловой энергии с материалами с фазовым переходом и интеграцию тепловых трубок, которые обычно используются для достижения высокой охлаждающей способности.

Тепловая трубка была подсоединена к задней стенке устройства, что дало возможность охлаждения устройства и кристалла при комнатной температуре.

Основным минус такого радиатора – масса. Но стоимость гораздо ниже, за счёт механической обработки.

Средняя температура нагретой зоны радиатора – 56,1 °С.

Заключение. Пассивное охлаждение обеспечивает высокий уровень естественной конвекции и рассеивания тепла за счет использования теплоотвода или радиатора, чтобы

максимизировать режимы теплопередачи излучением и конвекцией. Это приводит к надлежащему охлаждению электронных компонентов.

Анализ проведенных экспериментов показал, что использование интегрирования тепловой трубки для охлаждения и модернизации устройства, является успешным. Перенос накопителя тепловой энергии за внутренние пределы устройства дал возможность снизить температуру на кристалле на 50%, а также снизить стоимость изготовления.

Список литературы

1. Алексеев, В. Ф. Математическое моделирование как средство оптимизации параметров силовых интегральных микросхем / В. Ф. Алексеев, А. Д. Сыс, Г. А. Пискун // *Interdisciplinary research: scientific horizons and perspectives* : II International Scientific and Theoretical Conference, Vilnius, October 1, 2021 / *European Scientific Platform*. – Vilnius, 2021. – P. 109–113. – DOI : <https://doi.org/10.36074/scientia-01.10.2021>.
2. Алексеев, В. Ф. Построение алгоритма трехмерного моделирования тепловой нестационарности в системе токоведущих элементов силовых микросхем при воздействии контактного разряда статического электричества / Алексеев В. Ф., Пискун Г. А., Сыс А. Д. // *Современные средства связи : материалы XXVI Международной научно-технической конференции*, Минск, 21 октября 2021 г. / Белорусская государственная академия связи. – Минск, 2021. – С. 44–45.
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. Бозуш [и др.]. – Минск : Бестпринт, 2020. – С. 282–286.
4. Алексеев, В. Ф. Методика численного моделирования тепловых процессов в микроэлектронных 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 года: в 3 ч. Ч. 3 / редкол.: В. А. Бозуш [и др.]. – Минск : Бестпринт, 2020. – С. 34–37.
5. Оптимизация теплового режима приемно-передающего устройства по результатам моделирования тепловых процессов в среде SolidWorks Flow Simulation / Пискун Г. А., Алексеев В. Ф., Романовский П. С., Стануль А. А. // *Znanstvena misel journal*. – 2019. – Vol. 1, № 35. – P. 47–60.
6. Алексеев, В. Ф. Методология обучения проектированию электронных систем / В. Ф. Алексеев, Д. В. Лихачевский, Г. А. Пискун // *Дистанционное обучение – образовательная среда XXI века : материалы XI Международной научно-методической конференции*, Минск, 12-13 декабря 2019 г. / редкол.: В. А. Прытков [и др.]. – Минск : БГУИР, 2019. – С. 48–49.
7. Алексеев, В. Ф. Программная реализация процесса оценки теплового режима средства медицинской электроники / В. Ф. Алексеев, Д. В. Лихачевский, Г. А. Пискун // *Медэлектроника – 2018. Средства медицинской электроники и новые медицинские технологии : сборник научных статей XI Международная научно-техническая конференция*, Минск, 5–6 декабря 2018 г. / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники. – Минск, 2018. – С. 255–258.
8. Моделирование джоулева нагрева в среде COMSOL Multiphysics / В. Ф. Алексеев и др. // *Доклады БГУИР*. – 2018. – № 7 (117). – С. 90–91.
9. 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. Бозуш [и др.]. – Минск : Бестпринт, 2020. – С. 282–286.
10. Физические основы проектирования радиоэлектронных средств. Лабораторный практикум. В 2 ч. Ч. 2 : Исследование физических процессов в конструкциях РЭС : пособие / В. Ф. Алексеев, Г. А. Пискун, И. Н. Богатко. – Минск : БГУИР, 2017. – 74 с.
11. Муратов, А.В. Способы обеспечения тепловых режимов РЭС: учеб. пособие / А.В. Муратов, Н.В. Цицина. – Воронеж : ГОУВПО «Воронежский государственный технический университет», 2007. – 96 с.
12. Белоус, И.А. Обеспечение тепловых режимов радиоэлектронных устройств / И.А. Белоус. – Владивосток : Владивостокский государственный университет экономики и сервиса Институт информатики, инноваций и бизнес систем, 2014. – 100 с.
13. Scott WA. *Cooling of Electronic Equipment*. New York: John Wiley and Sons. 1974.

UDC 621.396.6

APPROACHES TO THE DEVELOPMENT OF PASSIVE COOLING IN ELECTRONICS

Rumyantsev N.V.

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

Alexseev V.F. – PhD, assistant professor, associate professor of the department of ICSD

Annotation. The need to protect electronic components from heating with the help of various types of heat sinks is shown. Various variants of radiator designs are considered and the efficiency of their application is shown. It is concluded that the temperature control of electronics can be performed using passive cooling.

Keywords. active and passive cooling, electronic means, radiator, cooling methods, electronics.