

Алгоритм расстановки теплонагруженных элементов на печатной плате для DC/DC преобразователя

Горох П.И.¹, ассистент, p.goroh@bsuir.by
Кузмин И.А.², ассистент, i.kuzmin@bsuir.by

2026

1. Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
2. Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники

Ключевые слова: тепловое моделирование; теплоотвод; печатная плата; MOSFET; термовия; медные полигоны; тепловое сопротивление; CFD-симуляция; DC/DC-преобразователь.

Аннотация: Статья посвящена разработке алгоритма размещения теплонагруженных компонентов на печатной плате, ориентированного на снижение рабочих температур силовых элементов и повышение надежности устройства. Рассматриваются методы оценки тепловыделения (MOSFET, диоды, шунты), правила формирования медных полигонов и термовия, принципы согласования электрических и тепловых путей, а также применение слоистой термоархитектуры. Приведены рекомендации по оптимизации размещения горячих узлов, минимальным межэлементным расстояниям, использованию внутренних медных радиаторов и CFD-моделированию. На примере DC/DC-преобразователя показано, что соблюдение данных правил позволяет снизить температуру MOSFET на 40-55 °С. Материал основан на практических рекомендациях производителей силовой электроники и современных методах теплового проектирования.

Для каждого элемента нужно определить, сколько тепла он выделяет при работе. Основную тепловую нагрузку дают силовые MOSFET, диоды и шунты. Например, силовой MOSFET в DC/DC-преобразователе при токе 10 А обычно рассеивает около 3 Вт, поэтому его нужно охлаждать особенно тщательно [1].

Температура кристалла определяется тепловым сопротивлением корпуса и режимом охлаждения.

Если вычисленная температура выше допустимой (примерно 125-150 °С) нужно переставить элемент или усилить охлаждение [2].

Для организации тепловых пунктов и меднополигонных участков, чтобы теплота лучше отводилась, применяют:

- медные площадки от 400 до 600 мм²;
- медь (толщина 35-70 мкм);
- 6-12 термовия диаметром 0.3-0.4 мм.

Увеличение площади меди и добавление термовия помогает снизить температуру силовых компонентов примерно на 40-50 °С.

Для улучшения управления токовыми путями и тепловыми потоками электрическая цепь и теплосъем должны быть согласованы. Для этого рекомендовано применять следующие правила:

- силовые линии собирают в узлы;
- горячие узлы стараются избегать концентрирования;
- при необходимости элементы монтируют на разные слои платы (например, МОП-транзистор сверху, диод снизу) [3].

При применении слоистой термоархитектуры для повышения теплоотдачи используют:

- внутренние накладки в виде медных радиаторов;
- сетка термовиа от верхнего до нижнего этажа;
- чувствительная элементная база (ОУ, АЦП, МК) размещена с отступом 15-20 мм от источников тепла [2];

Для моделирования тепловых потоков и оценки размещения используют:

- RC-модели, как быстрый способ примерной оценки;
- CFD-симуляции (Ansys Icepak, Autodesk CFD) [3].

Если температура компонентов остаётся слишком высокой, можно:

- увеличить площадь медных участков;
- добавить термовиа;
- сместить компонент ближе к краю платы;
- разнести горячие элементы дальше друг от друга;
- силовые элементы размещать ближе к периметру платы, для лучшего отвода тепла [3];

– при общей тепловой нагрузке свыше 5 Вт межэлементный зазор должен составлять минимум 5-10 мм [3];

- установить радиатор или улучшить вентиляцию [1].

Пример итогового размещения для DC/DC-преобразователя с выходом 12 → 5 В и током 10 А представлен в таблице 1:

Компонент	Мощность	Размещение
MOSFET	~3 Вт	Верхний слой, у края платы, площадка 600 мм ² , 9 термовиа
Диод	~1.5 Вт	Нижний слой, смещён на 12 мм
Шунт	~1 Вт	Верхний слой, удалён на 15 мм
Драйвер	—	Между MOSFET и контроллером, вне горячей зоны
Контроллер	—	В холодной зоне, на расстоянии 25 мм

Таблица 1 – Итоговое размещение компонентов

Такое размещение помогает снизить температуру MOSFET примерно на 40-55 °С по сравнению с базовым вариантом без использования вышеперечисленных правил размещения[2].

Список использованных источников

1. Texas Instruments. Power MOSFET Thermal and Layout Guidelines [Электронный ресурс]. – 2020. – Режим доступа: <https://www.ti.com>. – Дата доступа: 19.05.2026.
2. Infineon Technologies. Thermal Characteristics and PCB Design Recommendations for Power Devices [Электронный ресурс]. – 2021. – Режим доступа: <https://www.infineon.com>. – Дата доступа: 19.05.2026.
3. Analog Devices. PCB Layout and Thermal Management for Switching Regulators [Электронный ресурс]. – 2019. – Режим доступа: <https://www.analog.com>. – Дата доступа: 19.05.2026.