

## КОРПУСА Мини-ДИП ПОВЫШЕННОЙ МОЩНОСТИ

Силовые МОП транзисторы в 4-выводном корпусе ДИП фирмы International Rectifier, называемые Мини-ДИП, предлагают привлекательную альтернативу корпусам TO-220 и TO-39 для маломощных применений с установкой приборов на печатных платах. Например, Мини-ДИП (рис. 1) имеет преимущества в плотности монтажа и стоимости по сравнению с TO-220 или TO-39.

Ранее Мини-ДИП отвергались в некоторых применениях из-за того, что пользователю нужна была большая мощность, чем 1 ватт, или схема применения требовала рассеивания мощности 1 ватт при повышенных температурах окружающей среды. В других схемах применения номинал мощности 1 ватт был достаточен для работы в нормальных условиях, но приборы должны были испытывать на короткое время перегрузки, большие чем 1 ватт. До настоящего времени пользователь мини-ДИП был ограничен значением теплового сопротивления  $R_{\theta_{JA}}$ , равным 120°C/ватт, без возможности улучшения этого параметра посредством отвода тепла. В намерение этой статьи входит стремление показать, что тепловое сопротивление  $R_{\theta_{JA}}$  корпуса мини-ДИП может быть существенно улучшено в практических рабочих условиях.

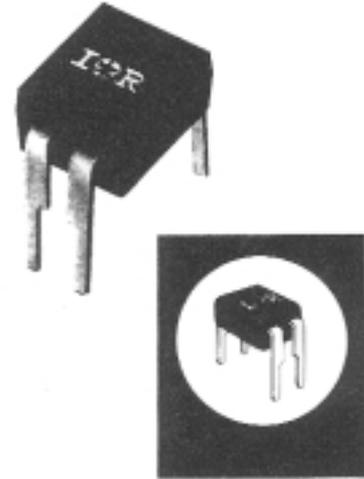


Рис. 1. Четырехвыводной корпус типа Мини-ДИП

### Тепловое сопротивление ( $R_{\theta_{JL}}$ ) корпуса Мини-ДИП

Сток прибора выводится из корпуса двумя из четырех выводов. Эти выводы соединяются вместе выше точки, где они будут проходить через печатную плату, и фактически формируют металлическую перемычку, своего рода теплоотвод. Внутри корпуса кристалл устанавливается прямо на эту перемычку стока. Следовательно, мини-ДИП имеет возможности по  $R_{\theta_{JL}}$  (тепловое сопротивление переход - вывод), аналогичные по природе с обычным выпрямительным диодом с аксиальными выводами. Теплоотводящая способность перемычки стока снижается с увеличением расстояния от корпуса. Оптимальное значение  $R_{\theta_{JL}}$  при минимальном возможном расстоянии от корпуса составляет 20°C/ватт. Однако для типовой верхней пайки на печатной плате или 0,159 дюйма от корпуса  $R_{\theta_{JL}}$  равно 30°C/ватт. При нижней пайке при расстоянии 0,218 дюйма от корпуса  $R_{\theta_{JL}}$  увеличивается только до 40°C/ватт. Эти значения  $R_{\theta_{JL}}$  перспективны, но не исчерпывают все возможности.

### Отвод тепла

В типовых применениях перемычка стока припаивается к площадке печатной платы (или к дорожке). Полное  $R_{\theta_{JA}}$  (переход - вывод + вывод - окружающая среда) прибора обратно пропорционально площади поверхности площадки. Кроме того, поток воздуха между площадкой печатной платы и прибором может дать заметное снижение  $R_{\theta_{JA}}$ . International Rectifier сняла характеристики связи различных размеров площадок от скорости потока воздуха  $R_{\theta_{JL}}$  для мини ДИП. Рис. 2 показывает результаты для верхней и нижней пайки.

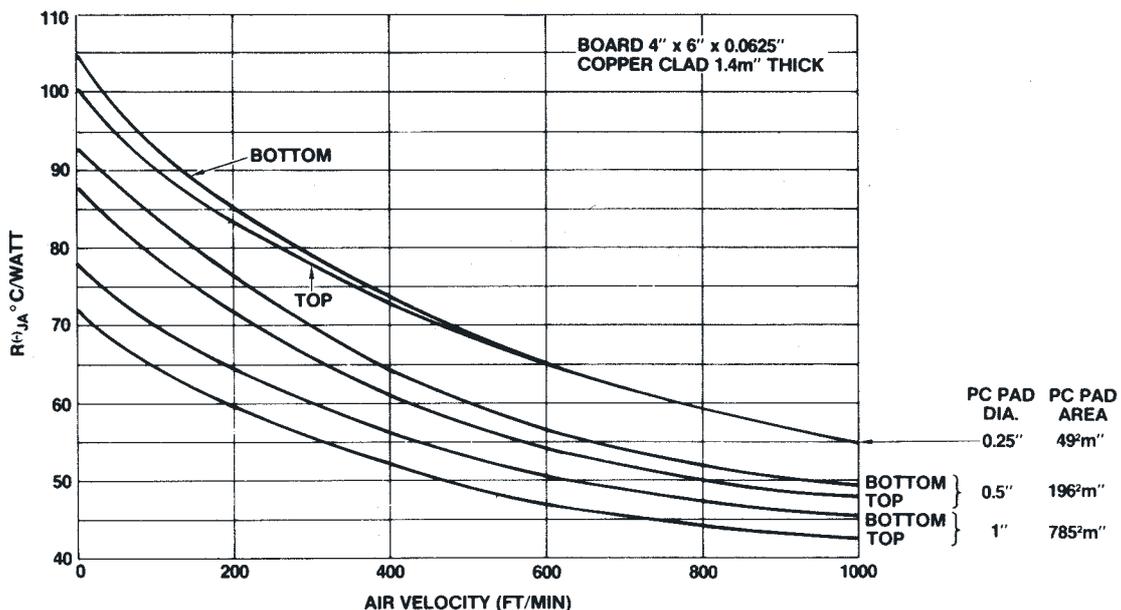


Рис.2. Зависимость  $R_{\theta_{JL}}$  от скорости потока воздуха для верхнего и нижнего монтажа печатной платы

График на рис.2 является только начальным пособием по зависимости  $R\theta_{JA}$  от размера площадки. Размеры площадки выглядят слишком большими. Маленький Мини-ДИП, установленный в центре гигантской площадки диаметром в дюйм, кажется ужасным (так и есть). Однако, в практических применениях на плате обычно бывает достаточное количество свободной площади. Это свободное пространство может быть занято «земляной» пластиной, шиной питания или оставаться свободным. Легко догадаться, что это дополнительное свободное пространство платы иногда может быть использовано для отвода тепла от HEXDIPa. Форма монтажной площадки стока не слишком критична. Идея состоит в том, чтобы увеличить площадку там, где есть место. Когда все возможное пространство использовано, можно достичь дополнительного преимущества путем размещения медных дорожек большого размера в тесной близости к площадке стока. Типовой материал плат обеспечивает слабую проводимость тепла, однако значительное количество тепла может быть передано через плату на соседние медные дорожки.

### Тепловой импеданс переходных процессов в корпусе Мини-ДИП

В некоторых схемах применения от корпуса может потребоваться способность выдерживать высокие мощности рассеивания в короткие периоды времени. Например, двигатель может потреблять малый ток при работе, но большой ток при ускорении или при внезапном нарушении работы. Некоторые схемные решения могут вводить «переключающий» прибор в условиях перегрузки в линейный режим, вызывая в приборе рассеивание мощности, во много раз превышающее обычное.  $Z\theta_{JC}$  силового прибора с теплоотводом очевиден, но Мини-ДИП, установленный на печатную плату, имеет  $Z\theta_{JA}$ , который может быть очень полезен для некоторых применений.

$Z\theta_{JA}$  Мини-ДИП перекрывает ряд различных тепловых временных констант. Две из этих временных констант легко выявляемы из графика на рис. 3. На интервале от 10 мксек до 30 мсек форма кривой очень близка к обычным кривым  $Z\theta_{JC}$  для силовых приборов. Единственным основным отличием в этой точке является то, что нормализованные значения ниже, чем обычные значения у приборов в корпусах ТО-220 или ТО-3. В течение этого периода времени от 10 мксек до 30 мсек  $R\theta_{JL}$  и тепловая масса корпуса Мини-ДИП и перемычки стока преобладают в измерении. На интервале от 30 мсек до примерно 150 сек можно видеть в первую очередь влияние  $R\theta_{LA}$  (вывод стока - окружающая среда) и связанных с ним тепловых масс монтажной площадки стока на плате, печатной платы и воздуха. В случае Мини-ДИП, установленного на печатной плате, нормализованное  $Z\theta_{JA}$  на участке от 10 мксек до 30 мсек относительно мало. Это потому, что  $Z\theta_{JA}$  нормализуется к полному  $R\theta_{JA}$ , который относительно велик.

Возвращаясь к рис.3, видно, что влияние всех вышеупомянутых тепловых временных констант значительно. Силовой МОП ПТ в обычном корпусе ТО-220 или ТО-3 может выдержать в течение 100 мсек мощность, значение которой в 2-3 раза превышает постоянную рассеивающую мощность. Мини-ДИП может выдержать в течение этого времени мощность, в 10 раз превышающую постоянную, что составляет за 100 мсек 10-20 Ватт. (Кривые на Рис.3 являются абсолютно верными для  $R\theta_{JA}$  между 60°C/ватт и 120°C/ватт).

### Практическая схема применения

Для демонстрации того, как могут быть практически применены вышеуказанные руководства, была создана схема, показанная на рис.4(a), на односторонней печатной плате, показанной на рис.4(b). Функцией схемы является создание следящего отрицательного напряжения питания от положительного напряжения питания в диапазоне от 10 до 15 В. Конечно, схема на рис.4(a) не является последним достижением в разработке, она просто предназначена для демонстрации увеличенных мощностных характеристик при использовании корпусов мини-ДИП.

Прибор IRFD9110 имеет номинал  $I_D$  равный 0,7 А. Это соответствует номиналу мощности 1 Вт на открытом воздухе. От IRFD9110 на рис.4a требуется проводить действующее значение -902 мА при полной нагрузке и напряжении питания 10 вольт. Делается верхняя напайка на печатную плату, показанную на рис.4(b), полное  $R\theta_{JA}$  у IRFD9110 было примерно 70,8°C/Вт.

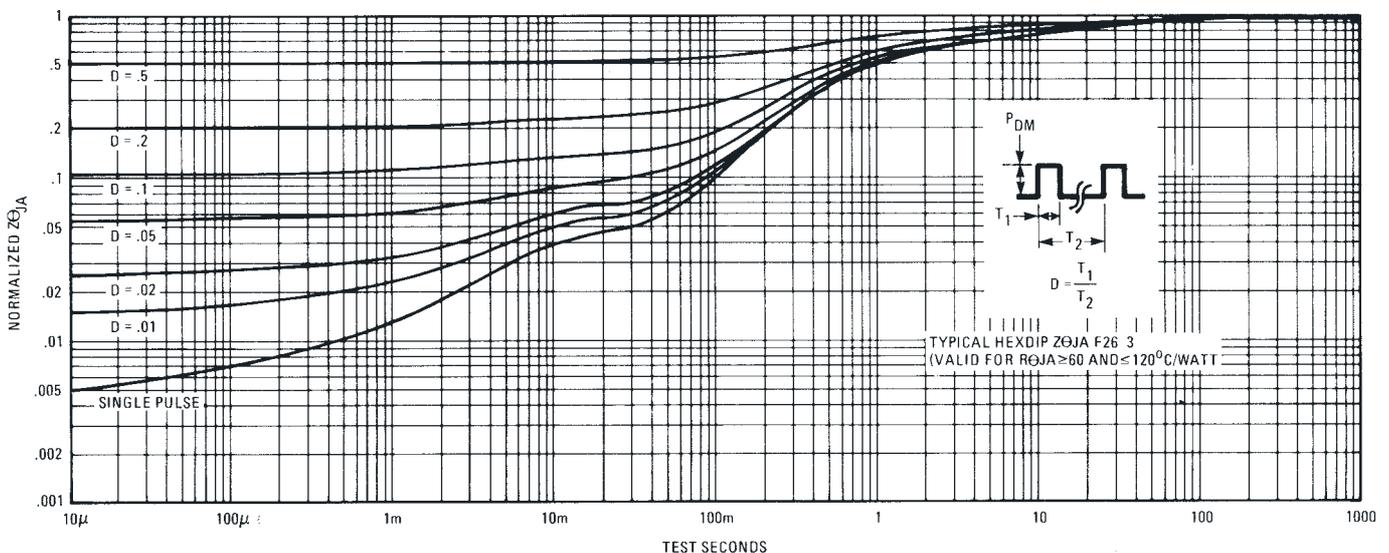


Рис.3.  $Z\theta_{JA}$  корпуса Мини-ДИП (типичное). (Действительно для  $R\theta_{JA} > 60^\circ\text{C}/\text{ватт}$  или  $< 120^\circ\text{C}/\text{ватт}$ )

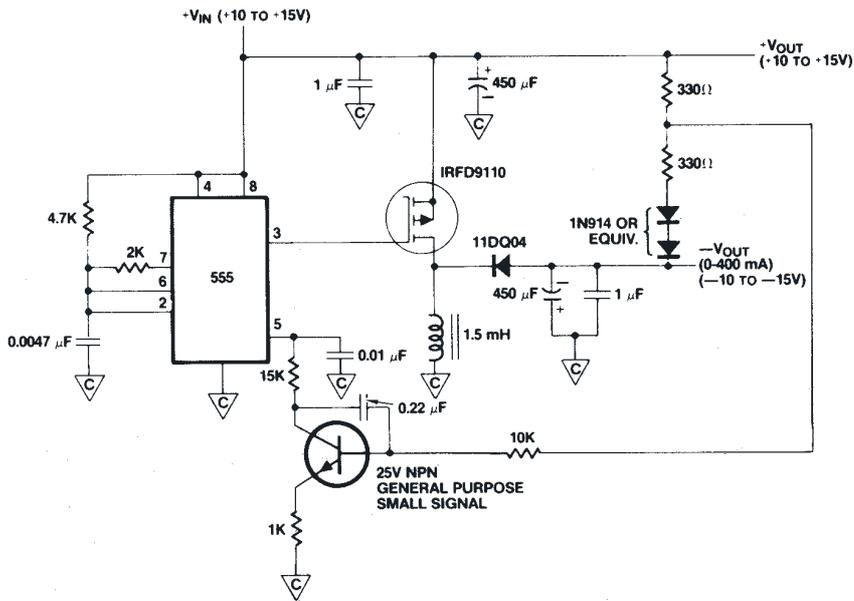


Рис.4(а). Схема источника отрицательного питания

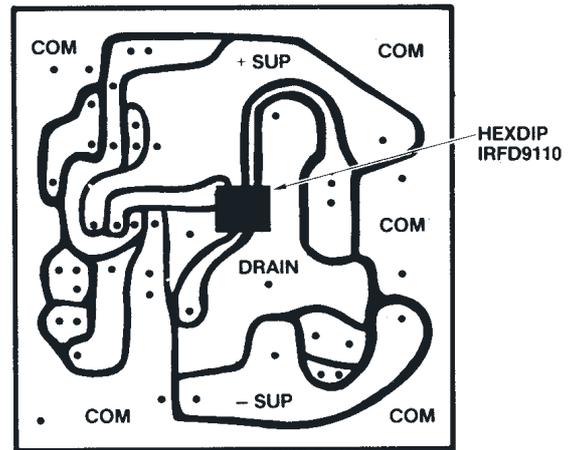


Рис.4(б). Топология платы схемы источника отрицательного питания

Это  $R\theta_{JA}$  было полным в течение времени работы схемы при полной нагрузке, которая включала другие источники тепла на плате (ИС 555, резисторы и т.п.). Полная рассеиваемая мощность в IRFD9110 была 1,3 ватта. Температура перехода имела приемлемое значение 117°C при спокойном воздухе. Основываясь на приведенных в справочных данных для IRFD9110 значении  $R_{DS(on)}$  и зависимости  $R_{DS(on)}$  от температуры, максимальное значение  $I_D$  для IRFD9110 в этой конструкции будет около - 930 мА для максимальной мощности рассеивания около 1,77 ватт. Площадка стока на плате схемы на рис. 4(б) составила примерно 0,4 кв. дюйма или эквивалентна площадке с диаметром 0,714 дюйма. Обращаясь к рис. 2, видно, что действительные тепловые характеристики этой схемы лучше, чем ожидалось, исходя из размера площадки стока на плате. Вся медь на плате и даже сама плата вносят свой вклад в снижение  $R\theta_{JA}$ .

### Демонстрация разработки

Тепловой расчет разработки на силовом МОП ПТ в таком корпусе, как TO-3 или TO-220, очень прост. Можно суммировать  $R\theta_{JC}$ ,  $R\theta_{CS}$ , и  $R\theta_{SA}$  и в соответствии с этим рассчитать максимальную рассеиваемую мощность. Тепловой расчет на Мини-ДИП, однако, не так прост. График на рис.2 дает некоторые хорошие начальные указания, но другие факторы, такие как размер платы, примыкающие медные дорожки платы и другие источники тепла на плате делают необходимым макетирование при действительных рабочих условиях (или близких к ним).

Первым шагом является построение схемы на плате. Если на плате находятся несколько Мини-ДИП, они должны быть включены в расчет, как и остальные источники тепла на плате. Хорошей альтернативой моделированию нескольких Мини-ДИП может быть тепловая связь искусственных источников питания, таких как резисторы, с платой. Следующим шагом является определение максимальной температуры перехода в рабочих условиях наихудшего случая (размер площадки, скорость потока воздуха,  $T_A$ , и т.п.). Простейшим способом измерения  $T_A$  является припаивание или приклеивание эпоксидной смолой очень маленькой термопары к металлической перемычке стока как можно ближе к корпусу прибора. Прибавление 30°C/ватт к температуре металлической перемычке стока дает в результате очень близкое приближение к температуре перехода. Для определения полного  $R\theta_{JA}$ , существует формула:

$$R\theta_{JA} = \frac{T_{DT} + (P \cdot 30) - T_A}{P}$$

(Где  $T_{DT}$  - температура металлической перемычки стока).

В случае линейной схемы нет необходимости контролировать температуру окружающей среды для измерения мощности. В переключающих схемах потери на  $R_{DS(on)}$ , будут увеличиваться с температурой окружающей среды и поэтому температура окружающей среды должна приниматься во внимание при расчете рассеиваемой мощности при окончательной разработке конструкции. Для случая нескольких Мини-ДИП на плате, полная рассеиваемая мощность представляет проблему. Если имеется 20 плотно размещенных Мини-ДИП, каждый из которых рассеивает 1 ватт, то существенная часть этих 20 ватт будет рассеиваться в плату. В этом случае размер площадки продолжает оставаться важным, но принудительное охлаждение воздухом будет определено необходимо. Хорошим действием в этом случае будет определение самого горячего прибора на плате и выполнение конструкции вокруг него. Зависимость наименьшего размера площадки от скорости воздуха, представлена на рис.2, дает определенные начальные указания.

График  $Z\theta_{JA}$  на рис.3 должен быть полезным для некоторых схем применения, но мы советуем быть с ним осторожным. Мини-ДИП может легко выдерживать 10 ватт в течение 100 мсек при начальной  $T_j$ , равной 25°C. Если во время нормальной работы температура перехода равна 100eC, тот же самый Мини-ДИП не выдержит переходной процесс мощности 10 ватт

в течение 100 мсек. Если требуется, чтобы схема работала с высокими мощностями в течение коротких периодов времени, тогда мы советуем рассчитывать ее для самых низких практических  $T_j$  в течение «нормальной» работы. Для вычисления максимальной  $T_j$  в течение переходного процесса импульса мощности имеется формула:

$$T_j = P_N \times R_{\Theta_{JA}} + (P_T - P_N) Z_{\Theta_{JA}} + T_A$$

(Где:  $P_N$  = нормальная мощность  
 $P_T$  = мощность переходного процесса)

Для повторяющихся переходных процессов с коэффициентом заполнения, которые не включены в рис.3, имеется формула:

$$T_{jpk} = [D \times R_{\Theta_{JA}} + (1 - D) Z_{\Theta_{JA}}] P_{pk} + T_A$$

(Где:  $D$  = ширина импульса / период ).

### **Выводы**

Мы можем подвести итоги теплового расчета для мини-ДИП, используя некоторые, основные руководящие указания:

- (1) Делайте площадку стока на печатной плате как можно большей, как это практически возможно, независимо от ее формы (рис.2, рис.4(b)).
- (2) Делайте прилегающие медные дорожки как можно большими (рис.4(b)).
- (3) Оставляйте на всей плате как можно больше меди (рис.4(b)).
- (4) Применяйте три вышеуказанных пункта, где это возможно, при использовании верхней и нижней сторон платы и используя минимально возможные промежутки между дорожками.
- (5) Используйте максимальную практическую скорость потока воздуха (особенно при нескольких корпусах Мини-ДИП на плате), (рис.2).
- (6) Используйте  $Z_{\Theta_{JA}}$  Мини-ДИП, где это возможно (рис.3).
- (7) Измеряйте тепловые характеристики корпуса Мини-ДИП при условиях, наиболее близких к рабочим.