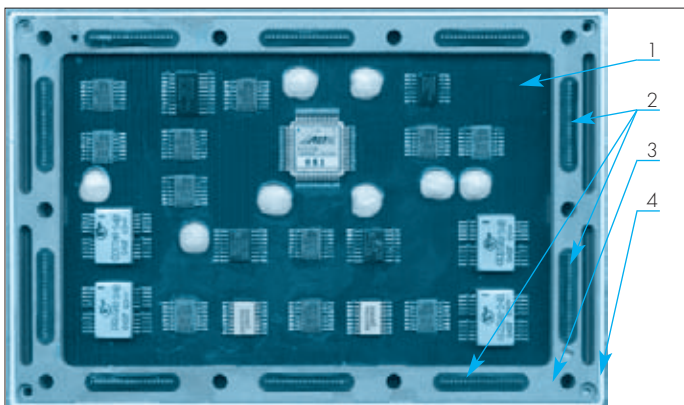


ДВУСТОРОННИЕ РЕЛЬЕФНЫЕ ПЕЧАТНЫЕ ПЛАТЫ

РЕАЛЬНАЯ АЛЬТЕРНАТИВА МНОГОСЛОЙНЫМ ПЛАТАМ

Казалось бы, что может быть оптимальнее существующей технологии печатного монтажа? Однако разработанный авторами подход опровергает это утверждение. Отметим, что описываемая технология – не проект, а отработанный и испытанный метод производства модулей электронной аппаратуры. В частности, данная технология использовалась российской фирмой НТЦ “Модуль” для производства бортовой аппаратуры орбитальной станции “Альфа”.

В последнее время в электронике все более заметна диспропорция между развитием интегральных микросхем и методами их объединения в конечную продукцию – электронную аппаратуру различных типов и назначений. Обусловлено это тем, что современный подход к монтажу электронной аппаратуры из интегральных микросхем, в соответствии с международным стандартом I EEE-P996 (ISA) и I EEE-P996.1(PC/104), основан на использовании многослойных печатных плат и штыревых межплатных разъемов. Такие технические решения появились еще в эпоху ламповых схем и практически исчерпали себя. Достаточно сказать, что даже в бортовой аппаратуре летательных аппаратов удельный объем собственно микросистемных компонентов по отношению к объему блока (например, CMV586DX-133) составляет около 15%. Остальное занимают разъемные соединения и монтажно-крепежные элементы. Кстати, во времена электронных ламп это соотношение было существенно лучше и превышало 50%. На устранение этого несоответствия были направлены разработки, результатом которых стало появление рельефных печатных плат.



Рельефная печатная плата с пакетными магистральными соединителями: 1 – РПП, 2 – ПМС, 3 – металлическая рамка, 4 – герметизирующая прокладка

А. Богданов, Ю. Богданов

Обычные многослойные печатные платы по сравнению с двусторонними обладают рядом недостатков, таких как меньшая надежность, сложность монтажа неоднородных электрорадиоэлементов (ЭРЭ), проблемы обеспечения необходимых волновых сопротивлений проводников при работе на сверхвысоких тактовых частотах. Но у них существенно выше плотность монтажа. Оптимальным представляется решение, в котором все основные преимущества двусторонней платы дополняются бы возможностью построения любых сложных схем, доступных для многослойных плат.

Были разработаны технологии, позволившие увеличить плотность размещения проводников в двусторонних платах за счет отказа от применения фольгированного диэлектрика и перехода на так называемые рельефные печатные платы (РПП). Разработки ориентировались на пакетную компоновку электронного блока. Одновременно создавались разъемные соединения для РПП. В результате был получен магистральный пакетный соединитель печатных плат (СПМ). Приоритет разработок подтверждается авторскими свидетельствами на изобретения.

Хорошие результаты многочисленных испытаний и почти десятилетняя эксплуатация опытных и серийных образцов в самых тяжелых условиях показывают, что на предлагаемой основе уже сейчас может быть реализован новый класс микросистемных устройств. За многие годы работы аппаратуры не зафиксировано ни одного случая отказа по вине РПП и СПМ. По своим характеристикам – надежности, помехозащищенности, простоте изменения конфигурации – РПП не имеют себе равных ни в отечественном, ни в зарубежном приборостроении.

Рельефные двусторонние и многослойные печатные платы (см. рисунок) выполняются на пластинах из обычных нефольгированных диэлектриков толщиной 0,3–1,5 мм и размером до 200x400 мм любой формы (включая гибкие), на которые наносится рельефный проводящий рисунок. Способы нанесения этого рисунка зависят от требований к серийности производства. Разработаны технологии для индивидуального и серийного производства РПП. Проводники размещаются в металлизированных углублениях в виде канавок. Это позволяет при том же сечении проводника сделать его более узким. Нарачивать проводящий слой можно одновременно и на трассах проводников, и в межслойных отверстиях, что обеспечивает однородность материала проводника и заполненного межслойного отверстия. В результате повышается адгезия проводников к диэлектрику. Это не только существенно увеличивает надежность, но и придает РПП новое качество: платы допускают многократную перепайку микросхем и ЭРЭ, что в ряде случаев весьма важно, особенно при экспериментальных работах.

Уже отработаны РПП с шагом проводников 0,254 мм и шириной проводника 0,125 мм. Диаметр металлизированных отверстий межслойных переходов – 0,10–0,12 мм, т.е. меньше ширины проводника. Это позволяет обходиться без контактных площадок вокруг отвер-

ствия и, следовательно, размещать отверстия в любой точке пересечения трасс. Тем самым удалось довести плотность печатного монтажа двусторонней РПП до уровня 6–14-слойных обычных печатных плат. Например, двусторонняя печатная плата размером 85x150x6 мм содержит (вместе с разъемами СПМ на 100 контактов) 53 корпуса микросхем и заменяет обычную 10-слойную тех же размеров. РПП допускают также и многослойные конструкции. Но дополнительные слои обычно не являются логическими, а используются для подвода напряжений питания или экранирования. Таким образом, двухсторонние РПП по своим коммутационным возможностям не уступают многослойным, а по функциональным – существенно их превосходят (табл. 1). На одной РПП с неразрывным печатным монтажом можно разместить ИС в любых корпусах, обычные ЭРЭ и элементы СВЧ. Для последних относительно легко обеспечить требуемое волновое сопротивление проводников, сформировав дополнительный экранирующий слой (слои). Это делает РПП незаменимыми при переходах на “гипервысокие” тактовые частоты – свыше 1 ГГц.

Пакетный магистральный соединитель печатных плат нажимного типа с нулевым усилием сопряжения (авторское свидетельство № 1100763) предназначен для электрического и механического соединения параллельно расположенных плат РПП в блоках пакетной конструкции. СПМ содержит корпус и контактные пружинные проволочные кольца с шагом 0,65–1 мм, упирающиеся в заглубленные контактные площадки между двумя РПП (или между РПП и корпусом разъема). Это обеспечивает высокое усилие сочленения – 0,23–0,30 кгс на один контакт, что примерно в десять раз больше, чем в круглых или плоских пружинящих контактных парах обычных разъемов. Контакт СПМ не нарушается даже в особо тяжелых климатических условиях и при больших механических перегрузках. Надежность СПМ достаточно высока: при покрытии контактов мягким сплавом олово-висмут (Sn-Bi) контакт сохраняется даже при многократных (до 500 раз) соединениях-разъединениях. Не исключаются и другие материалы покрытия, например золото.

Конструкция модуля соединителя на 25 контактов с шагом 1 мм имеет габариты 28x5x5 мм, массу 0,7 г и полное сопротивление

(включая переходное) не более 0,008 Ом. Высота соединителя – всего 5 или 7 мм, т.е. равна межплатной. Это примерно в два–три раза меньше, чем у межплатных разъемов РС/104. По другим удельным характеристикам СПМ также существенно превосходит известные отечественные и зарубежные образцы (табл. 2).

Таблица 2. Параметры пакетного магистрального соединителя

Параметр	Значение
Механические характеристики	
Габариты, мм	28x5x5
Число контактов, шт	2–50
Шаг контактов, мм	1
Число контактов на ед. площади, конт./см ²	20
Число контактов на единицу объема, конт./см ³	35
Усилие сочленения (контактирования), гс/конт.	230–300
Масса соединителя, г	0,7
Масса соединителя на один контакт, г/конт.	0,028
Электрические характеристики	
Сопротивление одного контакта + переходное, Ом	0,008–0,015
Сопротивление изоляции, ГОм	более 1
Междуконтактная емкость, пФ	1
Индуктивность контакта, нГн	7–10
Число допустимых сочленений, циклов	более 500
Условия эксплуатации см. в табл. 1.	

Пакетный электронный блок образован параллельно расположенными РПП, соединенными между собой рамками с СПМ (см. рисунок). Блок допускает установку до 20 плат. При стягивании пакета рамки с установленными в них СПМ обеспечивают надежное соединение контактных площадок соседних РПП. Одновременно они образуют внешнюю механическую и электромагнитную защиту блока и осуществляют теплоотвод. Для улучшения теплоотвода между платами можно установить металлические листы и сформировать ребра охлаждения. При необходимости для герметизации блока между рамками вводится эластичная прокладка. Одноименные контакты в СПМ позволяют создавать сквозные вертикальные магистрали – кросс-платы не требуются.

В разработанных конструкциях в нижней части блока размещают внешние разъемные соединения. На верхней крышке могут находиться блок питания, а также органы управления и индикации. Платы крепятся с помощью шести винтов или шпилек. Установка или изъятие плат в блоке занимают всего несколько минут (инструмент – отвертка). Все кросс-соединения происходят автоматически.

Принципиально важно, что изготовить РПП можно с помощью набора стандартного технологического оборудования для обычных двуслойных и многослойных печатных плат. Процесс производства не требует дорогих материалов (фольгированных диэлектриков, фотостекла, беззасадочной фотопленки и т.п.). Стоимость одного квадратного дециметра РПП при среднесерийном производстве примерно соответствует стоимости многослойной печатной платы аналогичного назначения. Однако РПП значительно превосходит последнее по надежности. Крайне важно, что РПП является ремонтнопригодной.

На основе рассмотренной технологии можно создавать устройства самого различного назначения – от бортовых систем до медицинской аппаратуры, промышленных контроллеров, систем охранной сигнализации и т.д. Все они характеризуются высокой устойчивостью к самым жестким климатическим, механическим, температурным, электромагнитным воздействиям; ремонтнопригодностью, гибкостью конфигурации, простотой обслуживания. Особо следует подчеркнуть, что печатные платы с магистральными пакетными соединителями – технология, уже отработанная и испытанная в различных условиях, в том числе космических.

Таблица 1. Параметры рельефной печатной платы

Параметр	Значение
Механические характеристики	
Длина и ширина платы, мм, макс. ¹	400x250
Толщина платы, мм	0,3–1,5
Шаг трассировки, мм, мин.	0,2
Диаметр отверстия, мм, мин.	0,1
Шаг размещения отверстий, мм, мин.	0,2
Электрические характеристики²	
Плотность тока допустимая, А/мм ²	50–90
Активное сопротивление на частоте 100 МГц, Ом	4–7
Емкость, пФ/см	4–7
Индуктивность, мГн/см	8–9
Проходная емкость, пФ/см	0,8
Взаимная индуктивность, мГн/см	0,3–0,6
Волновое сопротивление (при наличии экрана), Ом	50–90
Условия эксплуатации	
Температура окружающей среды ³ , °С	-60... +85
Пониженное атмосферное давление, кПа	0,67
Вибрации при 100 г, Гц	10–5000
Многократные удары при 75 г, циклов	200000
Одиночные удары, г	500
Линейные перегрузки, г	150
Знакопеременные изгиб и кручение, циклов	500
Прочность сцепления покрытия, кг/см ²	45–135
Перепадка монтажных площадок, циклов	20

Примечание: 1 – при необходимости габаритные размеры платы могут быть увеличены; 2 – для конструкции, показанной на рисунке; 3 – температурный диапазон может быть расширен за счет применения специальных материалов