

Плоские кабели как межплатный монтаж

Суханов М.М.

Основным направлением развития цифровой техники в последние годы является повышение быстродействия. Это ставит перед разработчиками электронных средств ряд новых задач. Конечным результатом решения этих задач является рациональная топология и конструкция печатной платы, а также компоновка печатного узла (электронного модуля) и, в частности, обеспечение межплатных соединений с помощью плоских кабелей.

Гибкие плоские кабели (flexible flat cable – FFC) или плоские ленточные кабели (flat ribbon cable – FRC) находят всё более широкое применение в автомобильной и IT-отраслях для обеспечения межплатных соединений или подключения дисплеев к плате устройства. Кабели отличаются высокой надежностью, устойчивостью к изгибам и широким диапазоном рабочих температур.

Плоский кабель широко используется для передачи данных параллельным кодом внутри аппаратуры. Его применение снижает массу и экономически выгодно. Он должен быть экранированным, если несет высокочастотные сигналы или выходит за пределы экранированного корпуса, но требования к подсоединению экрана обычно не совместимы с применением экранированных соединителей. Плоский кабель может быть получен путем включения в его состав плоского проводника заземления или экрана, полностью закрывающего его. Однако конструкции с заземленной плоскостью или экранированным кабелем предполагает наличие нагрузки с низкой индуктивностью, которую трудно достичь на практике; наиболее типичная ситуация соответствует включению дренажного проводника, что ухудшает качество кабеля, особенно на высоких частотах.

Конфигурация заземления в плоском кабеле

Свойство плоского кабеля, несущего высокочастотные сигналы существенно зависит от конфигурации возвратного заземленного проводника. Наиболее дешевой конфигурацией является использование одного заземленного проводника для всего кабеля (рис. 1,а). Это создает значительную площадь индуктивного контура для сигналов, протекающих по проводникам, расположенным на противоположных концах кабеля, а также значительную связь между сигнальными цепями за счет взаимных электрофизических параметров и за счет полного сопротивления заземления. Подобная конструкция весьма нежелательна, но, если имеется малое число проводников, тогда возможно расположение проводника заземления в середине кабеля или в месте наиболее излучающего проводника или наиболее чувствительного.

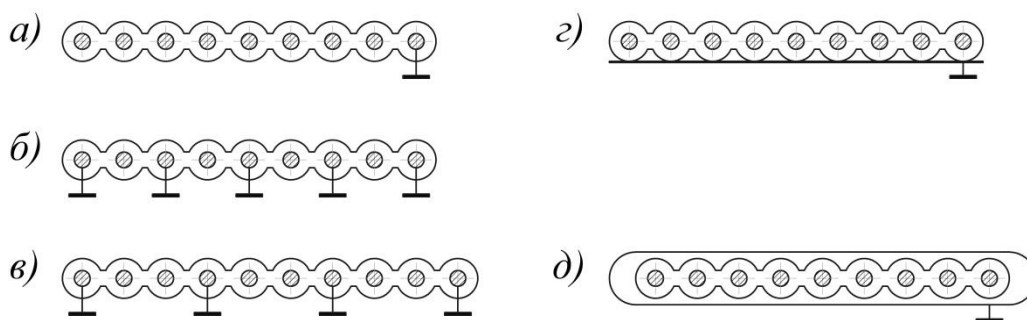


Рис. 1. Конфигурации плоских кабелей: а) один заземленный проводник; б) возвратное заземление для каждого сигнального проводника; в) два сигнальных проводника чередуются с возвратным; г) использование пластины заземления; д) экранирование плоского кабеля

Предпочтительной конфигурацией является выполнение возвратного заземления для каждого сигнального провода (б). Это обеспечивает такие же хорошие свойства заземления, как и при использовании плоскости заземления, но, кроме этого, этот вариант весьма прост в изготовлении. Перекрестные помехи и связь через полное сопротивление общего вида теоретически стремятся к нулю. Недостатком этой конструкции является увеличение размеров и стоимости кабеля, а также соединителя. Приемлемой альтернативой может быть конструкция,

показанная на рис. 1,в, в которой два сигнальных проводника чередуются с возвратным. В ней используется на 50 % больше проводников относительно варианта (б) и обеспечивается малая площадь индуктивного контура, от которой зависят возможные перекрестные помехи и связь через цепи заземления. Оптимальная конфигурация (б) может быть дополнительно улучшена путем применения витой пары в составе конструкции плоского кабеля [4].

Для лучшего понимания влияния количества земляных проводов на уровень перекрестных помех воспользуемся программой ELCUT. ELCUT – это мощный современный комплекс программ для инженерного моделирования электромагнитных, тепловых и механических задач методом конечных элементов. Дружественный русскоязычный пользовательский интерфейс, простота описания даже самых сложных моделей, широкие аналитические возможности комплекса и высокая степень автоматизации всех операций позволяют разработчику полностью сосредоточиться на своей задаче [2].

Рассмотрим случай, когда в кабеле имеется только один земляной провод, т.е. провода распределены по схеме «Земля-Сигнал-Сигнал-Сигнал» (3-С-С-С) (рис. 1,а). В результате моделирования в программе ELCUT, получим картину электрического поля (рис. 2), при прохождении сигналов частотой 100 МГц, по плоскому кабелю (на рисунке показаны эквипотенциали). Из картины поля видно, что сигнальные проводники сильно связаны и оказывают влияние друг на друга. Другими словами, в соседних проводниках наводятся помехи, что негативно сказывается на целостности сигнала. Вывод: использование одного заземленного проводника для всего кабеля, не обеспечивает достаточного уровня помехозащищённости соседних проводников.

На рис. 1,б представлена конфигурация с выполнением возвратного заземления для каждого сигнального проводника. Моделирование данной схемы разводки в программе ELCUT дает картину поля представленную на рис. 3.

Если заземленные проводники расположены, как показано на рис. 3, то влияние сигнальных проводников друг на друга значительно уменьшается, что улучшает показатели электромагнитной совместимости. Единственный недостаток этой конфигурации является увеличение размеров и стоимости кабеля, а также соединителя.

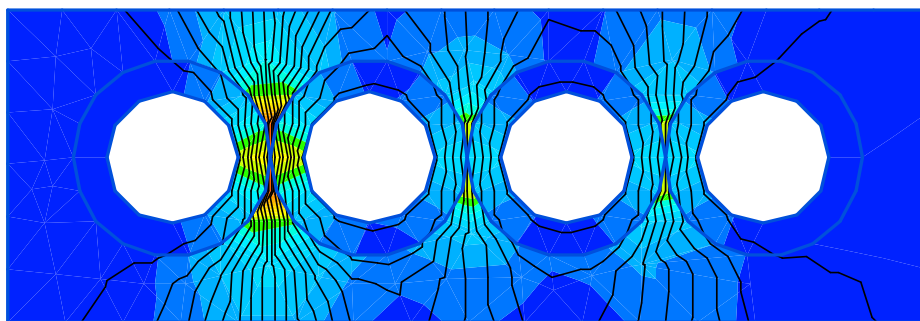


Рис. 2. Картина поля для кабеля с разводкой проводов по схеме 3-С-С-С

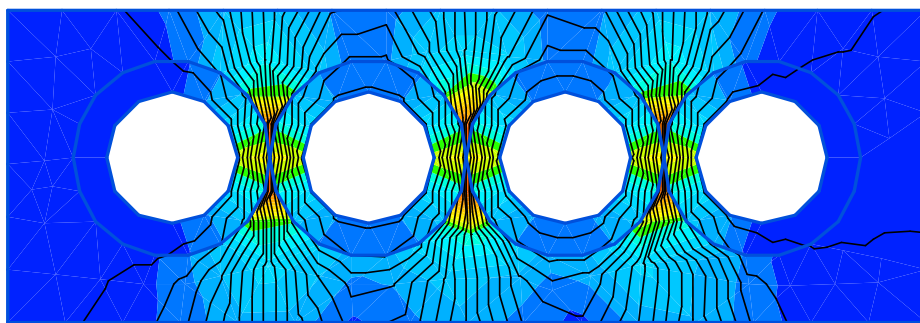


Рис. 3. Картина поля для кабеля с разводкой проводов по схеме 3-С-3-С

Для уменьшения стоимости и размеров кабеля можно воспользоваться конфигурацией представленной на рис. 1,в. Результатом моделирования данной схемы разводки является картина

поля представленная на рис. 4. Анализируя данную картину поля, мы видим, что сигнальные проводники оказывают незначительное влияние друг на друга. Тем самым данная конфигурация может стать разумной альтернативой конфигурации на рис. 1,б.

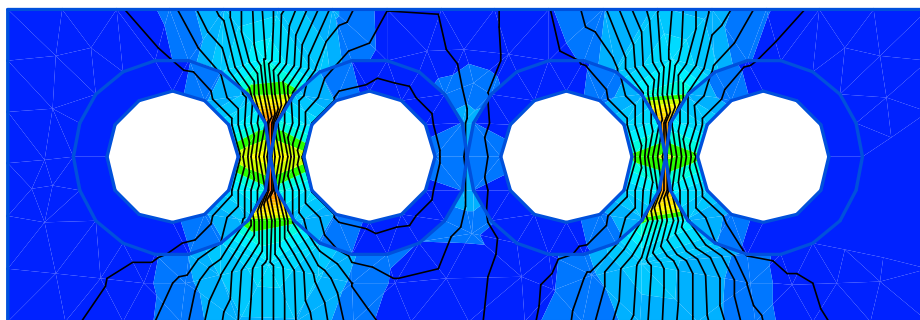


Рис. 4. Картина поля для кабеля с разводкой проводов по схеме 3-С-С-3

Использование плоского кабеля связано с серьезными проблемами электромагнитных помех. Для решения этих проблем можно использовать несколько вариантов экранирования плоского кабеля.

Экран обеспечивает низкоиндуктивный путь возвратным токам. Поскольку возвратный ток течет по пути наименьшей индуктивности, возвратные токи концентрируются в значительной мере в экране. За счет этого ослабляются возвратные токи, идущие в обход экрана.

Одним из распространённых методов экранирования является использование пластины заземления (рис. 1,з).

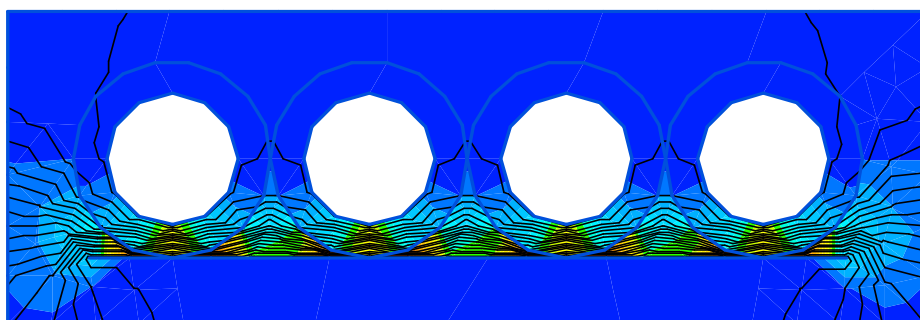


Рис. 5. Картина поля для кабеля с использованием пластины заземления

Из картины поля (рис. 5) видно, что такая пластина заземления ослабляет перекрестную связь между проводами кабеля, также она обеспечивает низкоиндуктивный путь для возвратных токов.

Ещё одним распространённым видом экранирования является сплошной экран вокруг плоского кабеля (рис. 1,д). Сплошной экран обеспечивает низкоиндуктивный путь для возвратных токов, предотвращая тем самым распространение помех в окружающее пространство (рис. 6).

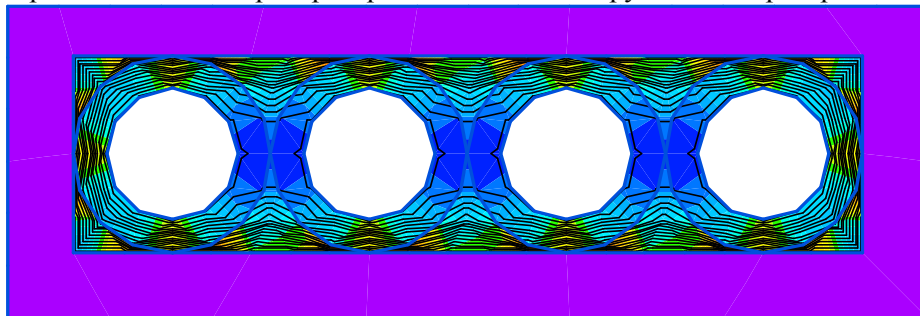


Рис. 6. Картина поля для кабеля со сплошным экраном

Следует выделить два наиболее общих источника электромагнитных помех: 1) преобразование некоторого дифференциального сигнала в сигнал общего вида; 2) подскок заземления на печатной плате, генерирующей токи общего вида на внешних экранированных кабелях, у которых экран заземлен с одного конца. Дополнительные помехи могут исходить от внутренних источников помехоэмиссии при слабой эффективности экранирования корпуса печатного узла.

Основные источники помехоэмиссии – цепи заземления и питания. Часто те же самые технические решения, которые способствуют низкому уровню помех в шине питания, оказываются также полезными для снижения помехоэмиссии.

Источник помехоэмиссии можно изолировать, группируя высокоскоростные элементы платы далеко от того места, где они могли бы излучать. Экранирующий корпус минимизирует помехоэмиссию, и многие проблемы неудачной конструкции платы могут быть устранены с помощью эффективного экрана.

Полное сопротивление соединителей ввода-вывода, особенно полное сопротивление соединителей на пути возвратного тока, драматично затронет шумовые напряжения, которые могут возникать от излучающих токов. Применение экранированных кабелей с соединителями с согласованным полным сопротивлением способствует минимизации уровня помехоэмиссии [3].

У плоского кабеля уровень электромагнитных помех, создаваемых сигнальными линиями, зависит от схемы распределения земляных проводников между сигнальными проводниками и наличия эффективного экрана. При достаточном количестве земляных проводников и использовании экранированных плоских кабелей можно добиться сколь угодно высокого коэффициента подавления электромагнитных помех [1].

Выбор той или иной конфигурации заземления плоского кабеля зависит, во-первых, от быстродействия аппаратуры, во-вторых, от конструктивных особенностей блоков, в которых они будут применяться, в-третьих, от экономической целесообразности применения той или иной конфигурации плоского кабеля.

Таким образом, эффективное проектирование быстродействующей аппаратуры требует внимательного подхода к использованию плоского кабеля.

Список литературы

1. Джонсон Г., Грэхем М. Конструирование высокоскоростных цифровых устройств: начальный курс черной магии – М.: Издательский дом «Вильямс», 2006. – 624 с.
 2. Дубицкий С., Поднос В. ELCUT – инженерная система моделирования двумерных физических полей – CADmaster, 1/2001.
 3. Кечиев Л.Н. Проектирование печатных плат для цифровой быстродействующей аппаратуры / Л.Н. Кечиев – М.: ООО «Группа ИДТ», 2007. – 616 с.
 4. Уилльямс Т. ЭМС для разработчиков продукции: пер. с англ. / Т. Уилльямс. – М.: Издательский Дом «Технологии», 2003. – 540 с.
-

