

Сотни мегабит на сотни метров: увеличение дальности передачи для LVDS

Олег ИВАНОВ
Евгений БИРЮКОВ

Введение

Современные системы обработки информации требуют применения высокоскоростных интерфейсов, обеспечивающих достоверную передачу данных, малое потребление и низкую стоимость реализации. Все эти достоинства сочетает в себе LVDS — передача данных с помощью низковольтных дифференциальных сигналов, и на данный момент этот интерфейс принят как стандарт де-факто. Этому способствует большой ассортимент микросхем и различных датчиков (в основном по захвату изображений и сигналов с высокой скоростью), оснащенных данным интерфейсом. Публикаций о LVDS было большое количество, поэтому мы не будем детально рассматривать особенности реализации и отличительные характеристики данного стандарта. Позволим себе только вкратце напомнить документы и спецификации, описывающие данный интерфейс:

- TIA/EIA (Telecommunications Industry Association/Electronic Industries Association) — стандарт ANSI/TIA/EIA-644 (LVDS);
- IEEE (Institute for Electrical and Electronics Engineering) — IEEE 1596.3.

Поэтому для тех, кто недостаточно знаком с данным интерфейсом, лучший способ разобраться в его построении и реализации — обратиться к спецификациям.

Тема статьи появилась благодаря общению с разработчиками аппаратуры. Часто инженеры ограничивают рамки дистанции передачи, оговоренные в стандарте. Зачастую по каким-либо причинам необходимо разнести устройства, производящие первичную обработку сигнала (например, АЦП/ЦАП или CMOS-сенсор), и вычислительные устройства на расстояния порядка нескольких сотен метров. И здесь сразу же встает вопрос о применении дополнительных технических решений в связи с тем, что для LVDS не разрабатываются микросхемы, позволяющие решить данную проблему, — то есть в перечне выпускаемых микросхем отсутствуют драйверы и приемники с эквалайзерами, способные автоматически подстраиваться под конкретные параметры линии передачи. А основные, наиболее часто применяющиеся решения сложны в реализации и значительно повышают стоимость устройства.

В данной статье рассмотрен способ преодоления этой проблемы, предложенный инженерами компании National Semiconductor. (Кстати, эта компания принимала активное участие в разработке данного стандарта и выпускает большой ассортимент микросхем, в которых в качестве выходного интерфейса интегрирован LVDS).

Построение сети

Аббревиатура LVDS обозначает передачу информации дифференциальными сигналами малых напряжений (Low Voltage Differential Signaling). Эта разновидность дифференциального интерфейса высокоскоростной передачи данных с малой мощностью сигнала и высокой достоверностью информации. Применение данного интерфейса оправдано в устройствах, где необходима скорость передачи данных, измеряемая в сотнях мегабит в секунду.

Возможности интеграции этой технологии на системном уровне микросхем, таких как SerDes (сокр. от Serializer/Deserializer), позволяет использовать этот интерфейс для связи между микросхемами, картами, кабелями, стойками и устройствами. Обычно диапазон расстояний передачи LVDS лежит в пределах от нескольких сантиметров (при связи между микросхемами одной платы) до нескольких метров (при связи между устройствами). Во множестве разработок требуется возможность увеличивать дистанцию передачи сигнала до нескольких сотен метров. Обычно высокие скорости передачи данных на таких расстояниях реализуются с помощью оптических линий связи или технологий передачи данных на основе Ethernet.

Применение каждого способа имеет свои недостатки. В случае использования оптических линий связи основной недостаток — это высокая стоимость реализации данного вида интерфейса, то есть высокая стоимость аппаратных решений, оптоволоконного кабеля и инструментов для работы с ним, а также подготовленного специалиста, умеющего работать с оптоволоконными кабелями. Дополнительно к минусам можно добавить сложность диагностики при поиске повреждения линии связи. Хотя во многих применениях недостатки этого решения перевешиваются неоспоримыми достоинствами опти-

ческих линий связи — очень высокая помехозащищенность, достижимая скорость передачи может на порядок превышать скорости передачи по проводным линиям, невозможность несанкционированного доступа к передаваемым данным и пр. Рассматривая второй путь решения данной проблемы — применение технологий на основе Ethernet, — необходимо отметить как плюсы (возможность использования дешевой витой пары, использование стандартных дешевых соединителей, не нужен высококвалифицированный персонал для выполнения кабельных соединений), так и минусы данного решения (применение достаточно дорогих микросхем приемопередатчиков и сложность их программного обслуживания, необходимость программной реализации нескольких уровней стека протокола TCP/IP). В свете вышеизложенных проблем очень привлекательны разработки фирмы National Semiconductor, позволяющие увеличить дистанцию передачи сигналов с использованием высокоскоростного последовательного интерфейса SDI (serial digital interface), реализованного на интегральных кабельных передатчиках и принимаемых эквалайзерах.

В последовательных кабельных системах чаще всего применяют коаксиальные кабели или кабели на основе витой пары. Для всех типов кабелей важна подстройка передаваемого сигнала в зависимости от скорости передачи (несущей частоты) и длины кабеля. Сигналы, формируемые микросхемами LVDS, не имеют средств подстройки сигнала и в силу этого используются при кабельных соединениях длиной несколько метров. Применяя микросхемы LVDS, снабженные драйверами с предкоррекцией сигналов, а также приемники с эквалайзерами, можно увеличить дистанцию до 15–20 метров. Поэтому в системах, использующих интерфейс LVDS и требующих пересылки данных на большие дистанции (от нескольких десятков до нескольких сотен метров), должны применяться дополнительные формирования, разработанные специально для совместного использования с LVDS. На рис. 1 изображен коммуникационный канал, реализованный на базе данного решения.

Коммуникационный канал организован на основе пары 10-разрядных SerDes (DS92LV1021A и DS92LV1212A) и комбинации драйвера

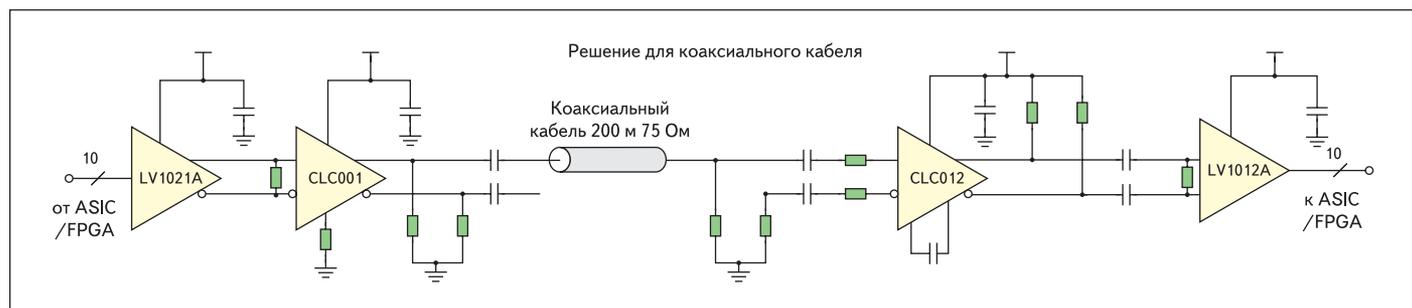


Рис. 1. Организация передачи данных с применением микросхем CLC001 и CLC012

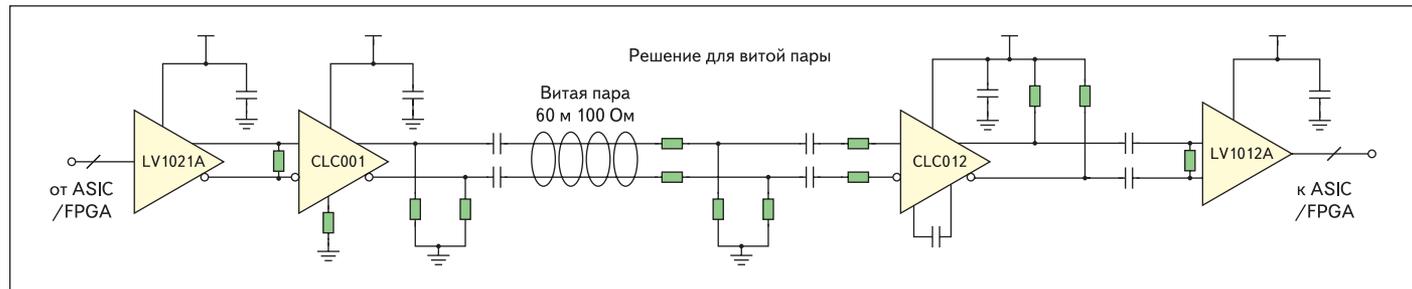


Рис. 2. Реализация передающего канала на витой паре

с эквалайзером, реализующих последовательный цифровой интерфейс (CLC001 и CLC012). Пара Ser/Des обеспечивает уменьшение стоимости системы за счет уменьшения количества контактов коннектора и толщины кабеля, а также благодаря таким свойствам стандарта LVDS, как помехоустойчивость, малая потребляемая мощность, минимальные излучаемые электромагнитные наводки, хорошая развязка и простая схема терминирования. Соответственно, кабельный драйвер в паре с приемником подстраивают параметры передаваемого сигнала под среду передачи, чем обеспечивают возможность увеличения длины кабеля. Ключевым устройством для решения этой задачи является микросхема CLC012, обеспечивающая большие возможности подстройки под сигнал, передаваемый по кабелю. Встроенный эквалайзер автоматически компенсирует потери в кабеле любой длины от нуля метров до дистанции, обеспечиваемой потерями в кабеле 40 децибел на частоте 200 МГц (это соответствует длине 300 м при условии применения высококачественного коаксиального кабеля, например, Belden 8281, или 120 м кабеля UTP 5-й категории). Эквалайзер реконструирует цифровую последовательность, принятую с кабеля, компенсируя потери в линии в зависимости от длины кабеля. На рис. 2 изображен коммуникационный канал, реализованный с применением тех же микросхем, где в качестве линии передачи используется витая пара.

Отличие от реализации по коаксиальному кабелю заключается в значениях резисторов R1 и R6 (согласующих с импедансом линии). Возможен дополнительный подбор этих резисторов для оптимального согласования.

Экспериментальные исследования и оптимизация

Обе схемы показали отсутствие ошибок в линии передачи. На вход подавалась 10-битная псевдослучайная последовательность (PRBS-15), тактируемая с частотой 40 МГц (TCLK DS92LV1021A). Это эквивалентно суммарной скорости передачи по кабелю 480 Мбит/с. Важно отметить необходимость емкостной развязки на основе конденсаторов выходных уровней в соответствии со спецификацией PECL микросхемы CLC012 и входными микросхемы DS92LV1212A. Это решение хорошо работает для сбалансированных по постоянному току схем. Если схема не сбалансирована, необходимо использовать развязку по постоянному току между CLC012 и LVDS-приемником. При переходе с уровней PECL к уровням LVDS, возможно, потребуется подстройка уровней сигнала с помощью резисторов.

Пути оптимизации:

1. Правильное согласование выхода CLC001 и применяемого кабеля.
2. Выбор резисторов Rref у микросхемы CLC001 и резисторов R1 и R6 из условий оптимального согласования и правильного терминирования.
3. Выбор наилучшего сопряжения микросхем CLC012 и LVDS-приемника.
4. Выполнение разводки печатной платы с учетом рекомендаций в технической документации на микросхемы.
5. Использование кабелей с индивидуальным экранированием пар в целях уменьшения перекрестных искажений.
6. Использование разъемов с нормируемым импедансом, используемых для гигабитных операций.

Два рассмотренных выше решения для увеличения длины линии передачи данных при применении LVDS-интерфейса зачастую являются самыми экономичными и простыми, обеспечивающими высокоскоростную передачу данных с высокой достоверностью.

Спектр микросхем для реализации решения

Остановимся подробнее на семействе микросхем, предлагаемых компанией National Semiconductor для реализации высокоскоростной передачи информации на средние и длинные дистанции. Например, высокоскоростной драйвер CLC001, спроектированный специально для применения в приложениях, соответствующих цифровым стандартам передачи данных SMPTE 259M (видео) и ITU-T G.703. Микросхема CLC001 способна передавать данные со скоростью до 622 Мбит/с по линии 75 Ом (кабель Belden 8281 или аналогичный). Особенностью микросхемы является контролируемое время нарастания и спада (типичное значение 400 пс), за счет чего сводится к минимуму неустойчивость синхронизации. Кроме этого, с помощью внешнего резистора возможно регулирование перепада напряжения от 0,8 В P-P до 1 В P-P. Типичная схема включения драйвера приведена на рис. 3. Отдельно стоит отметить, что микросхема также предлагается в исполнении для применения в условиях повышенной температуры эксплуатации (до +125 °С, температура хранения от -65 до +165 °С).

Микросхема CLC012 упрощает разработку устройства передачи данных и имеет мини-

Таблица. Семейство микросхем серии LMN и CLC

Микросхема	Функции	Напряжение питания, В	Максимальная скорость, Мб/с	Температурный диапазон, °С	Корпус	Набор разработчика	Комментарии
Кабельные драйверы							
CLC001AJE	SD драйвер с регулируемым выходом	3,3	622	от -40 до +85	SOIC-8	SD001EVK	Регулируемая выходная амплитуда, 3,3 В
LMN002MA/CLC002MA	HD/SD кабельный драйвер	HS/SD кабельный драйвер	1485	от -40 до +85	SOIC-8	SD002EVK	Выбор скорости нарастания
LMN202MT	2-канальный драйвер	3,3	1485	от 0 до +70	TSSOT-16	SD002EVK	2-канальный дифференциальный вход и выход
CLC005AJE	SD драйвер	5	400	от -40 до +85	SOIC-8	SD005EVK	ITU G.703 выход
CLC006AJE	SD драйвер	5	400	от -40 до +85	SOIC-8	SD006EVK	Регулируемая амплитуда
CLC007AJE	SD драйвер, два комплементарных выхода	5	400	от -40 до +85	SOIC-8	SD007EVK	—
Адаптивные эквалайзеры							
CLC012AJE		5	50–650	от -40 до +85	SOIC-14	SD012EVK	Соответствие ITU G.703
CLC014AJE		5	50–650	от -40 до +85	SOIC-14	SD014EVK	Соответствие SMPTE 259M
LMN0024MA		3,3	143–540	от -40 до +85	SOIC-16	SD024EVK	Потребляемая мощность 198 мВт, совместимость по корпусу с LMN0034 и CLC034
LMN0034MA /CLC034AJE		3,3	143–1485	от 0 до +85	SOIC-16	SD034EVK	Передача до 200 м HD и 400 м – SD-фильтр, коррекция
LMN0044MA		3,3	143–1485	от 0 до +85	LLP-16	SD044EVK	Передача до 200 м HD и 400 м – SD-фильтр, коррекция

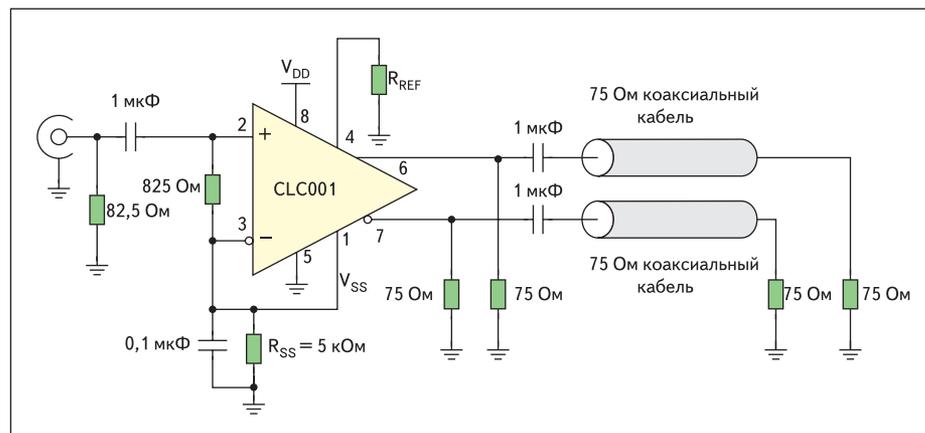


Рис. 3. Схема включения CLC001

малое количество внешних компонентов, что дополнительно уменьшает стоимость изделия. Ниже приведены основные характеристики этих микросхем:

- скорость передачи данных до 622 Мбит/с;
- спроектированы специально для организации передачи данных на расстояние до 300 м;
- поддержка стандартов SMPTE 259M (видео) и ITU-T G.703;
- дифференциальный вход и выход;
- LVPECL или LVDS вход;
- минимальная подверженность шумам;
- минимальное потребление энергии;
- компактное исполнение в SOIC-8 и SOIC-14.

В таблице приведено все семейство драйверов и эквалайзеров из семейств микросхем CLC и LMN компании National Semiconductor.

Выводы

В связи с распространением стандарта LVDS в устройствах обработки информации и расширяющимся спектром задач, решаемых при помощи данного интерфейса, материалы этой статьи должны помочь разработчику в реализации его проекта наиболее простым и экономичным методом. ■

Литература

1. Hundreds of Megabits @ Hundreds of Meters: Extending the Transmission Length for LVDS. Analog Edge, National Semiconductor.
2. Информационный портал компании National Semiconductor по LVDS. <http://www.national.com/appinfo/lvds/>
3. Описание микросхемы CLC001. <http://www.national.com/pf/CL/CLC001.html>
4. Описание продукта CLC012. <http://www.national.com/pf/CL/CLC012.html>