

Надежность и устойчивость гальванической развязки цифровых сигналов

Крис СТЕРЗИК
Илья ГОЛУБЕВ

Гальваническая развязка цифровых сигналов часто используется в промышленных системах для обеспечения надежной и устойчивой передачи информации. Одним из факторов, генерирующих помехи, является «земляной шум», который создается источниками шумовых токов или напряжений, например, индукционными двигателями, и способен исказить передаваемую информацию.

Введение

Устранение влияния «земляного шума» — одно из основных назначений цифровой развязки. На рис. 1 представлен типичный случай цифровой изоляции, где «земляная» петля разорвана высокоимпедансным изолятором. В результате основная часть шума приложена к высокоимпедансному барьеру, а не к приемнику и другим чувствительным элементам схемы.

Реальная информационная сеть, используемая в промышленных условиях, должна поддерживать сразу несколько уровней внутренней иерархии системы — как относительно «чистый» уровень управления, где уровень шумов и помех невелик, так и достаточно «загрязненный» исполнительный уровень, где негативное воздействие внешних факторов более существенно. Последний уровень требует применения надежных и, главное, устойчивых систем связи. Собственно сочетание требований низкой стоимости с высокой устойчивостью и приводит к применению цифровых изоляторов, основанных на оптической, индуктивной или емкостной технологиях.

Оптическая развязка

Оптическая развязка используется в промышленных системах на протяжении многих лет. Множество имеющихся разработок используют именно оптическую развязку. Это решение основано на передаче светового излучения через изолирующий барьер, например, воздушный промежуток, который, собственно, и обеспечивает развязку. Важным достоинством такого подхода является нечувствительность света к воздействию внешних электрического и магнитного полей. Другое достоинство — возможность передачи как динамических, так и статических сигналов. Недостатки: ограничение скорости,

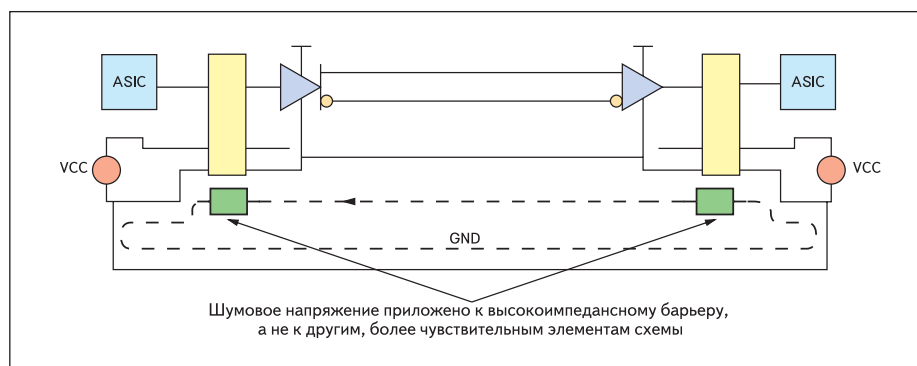


Рис. 1. «Земляная» петля между узлами схемы разорвана с помощью изолятора

рассеивание мощности и деградация излучающего диода под воздействием температуры и с течением времени.

Индуктивная развязка

Индуктивная развязка, аналогично оптической, имеет давнюю историю, но чаще используется для передачи энергии или аналоговых сигналов, нежели для передачи цифровых сигналов. В этой развязке для передачи сигнала через информационный барьер используется переменное магнитное поле. Типичным примером является трансформатор, где сила магнитного поля зависит от структуры обмотки, числа и площади витка первичной и вторичной обмотки и амплитуды тока. Преимуществом такой развязки является возможность высокого коэффициента подавления синфазного шума при сохранении коэффициента передачи дифференциального сигнала. Другое преимущество — хорошая энергетическая экономичность.

Одним из недостатков индуктивной изоляции является высокая восприимчивость к внешним магнитным полям. С этим приходится считаться, например, в электроприводах, где изоляционный барьер подвергается

воздействию сильного внешнего магнитного поля. Другой недостаток — сложность передачи длинных последовательностей нулей или единиц. Индуктивный изолятор общего применения имеет ограниченный частотный диапазон передаваемых сигналов. Соответственно, для передачи низкочастотных сигналов, таких как длинные последовательности нулей или единиц, приходится использовать специальное кодирование и последующее восстановление сигнала.

Емкостная развязка

В емкостной развязке для передачи информации через изолирующий барьер используется переменное электрическое поле. Материал между обкладками конденсатора является диэлектриком — собственно, он и является изолирующим барьером. Размер обкладок, расстояние между ними и свойства диэлектрика определяют электрические характеристики такого элемента. Преимущества емкостной развязки заключаются в высокой энергетической эффективности, малых габаритах, возможности передачи энергии и устойчивости к внешним магнитным полям. Это позволяет создавать недорогие

и экономичные интегральные изоляторы, устойчивые к внешним магнитным полям. Основным недостатком емкостной развязки можно считать тот факт, что, в отличие от трансформатора, здесь нет дифференциального сигнала, соответственно, шум и помехи могут распространяться совместно с полезным сигналом. Как следствие, приходится разносить частоты сигнала и помехи так, чтобы конденсатор представлял малое сопротивление для сигнала и большое для помех. Как и в индуктивной развязке, здесь используется кодирование сигнала с последующим восстановлением.

Микросхема ISO721 компании Texas Instruments

Микросхемы семейства ISO72x, выпускаемые компанией Texas Instruments (TI), используют емкостную изоляцию цифровых сигналов. Они изготавливаются по современной высокоэффективной технологии, обеспечивающей исключительную устойчивость к магнитным полям.

В ISO72x используются каналы постоянного и переменного тока, как это показано на рис. 2. В канале переменного тока не используется кодирование, и данные передаются через барьер непосредственно сразу после преобразования в дифференциальную форму. Дифференциальное представление сигнала позволяет использовать подавление синфазных помех в приемнике. Подавление синфазных помех совместно с разностью проводимости развязывающего элемента для низкочастотных помех и высокочастотных сигналов позволяет снизить воздействие синфазных переходных процессов. По мере увеличения частоты помехи подавление синфазных помех становится решающим фактором обеспечивающим сохранность данных.

В канале постоянного тока сигнал сначала проходит через широтно-импульсный модулятор и только затем передается через барьер. Такая модуляция совместно с последующей демодуляцией на приемной стороне обеспечивает передачу длинных нулевых и единичных последовательностей. Кроме того, этот канал обеспечивает отказоустойчивость. Под этим понимается установление выхода в predetermined состояние в случае нарушения работы и пропадания сигнала от передающей части микросхемы. Если несущий сигнал не определяется через 4 мкс, то выход ISO72x устанавливается в состояние логической единицы.

Устойчивость

Для того чтобы дать более четкое определение устойчивости, следует определить факторы, действующие в жестких условиях эксплуатации. Два фактора рассмотрены в этой статье — рабочее напряжение и внешнее магнитное поле. Рабочее напряжение определя-

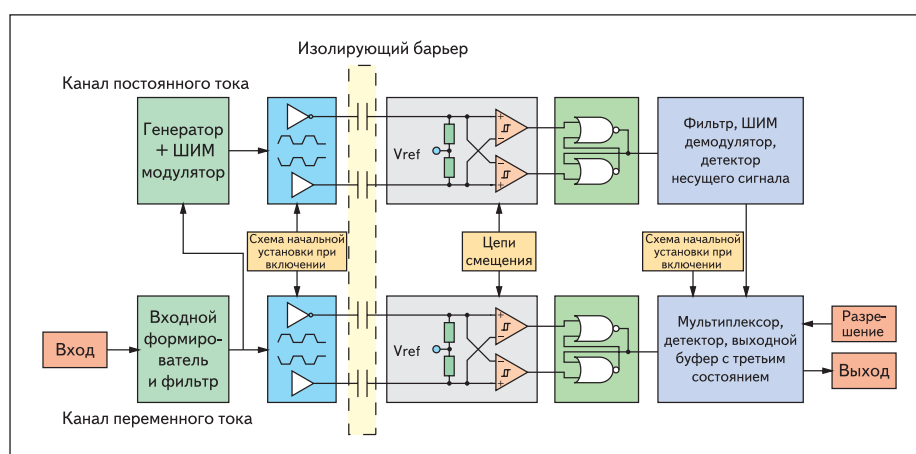


Рис. 2. Структурная схема ISO72x

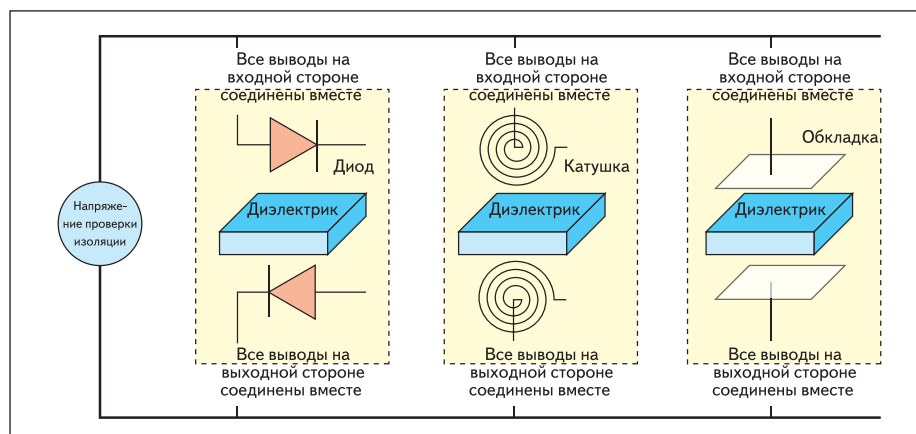


Рис. 3. Общая часть теста изоляции применительно к разным технологиям

ет уровень напряжения, присутствующего в конкретном приложении — обычно это напряжение силовой сети. По соображениям безопасности изолирующая развязка не должна пробиваться под действием рабочего напряжения. Понятие «пробой» и соответствующие условия тестирования представлены в ряде стандартов: UL 1577, IEC 60747-5-2, IEC 61010-1 и CSA.

Детальное описание процедуры тестирования в рамках этой статьи не приводится. Однако, принимая во внимание тот факт, что прохождение теста является обязательным, следует обратить внимание на некоторые моменты, связанные с ним. Кроме того, прохождение теста само по себе уже является хорошим методом объективного сравнения качественных и количественных характеристик разных технологий изоляции.

Сразу оговоримся, что разные стандарты предусматривают разные процедуры тестирования, которые, тем не менее, имеют общие положения.

В частности, тестируемый прибор рассматривается как двухвыводной черный ящик (рис. 3). Выводы прибора собраны в две группы. Тест определяет диэлектрическую прочность изоляции безотносительно к возможности передачи полезного информационно-

го сигнала. Сертификат о прохождении тестирования на диэлектрическую прочность обычно упоминается в описании прибора.

В промышленных условиях нормальным является расположение сигнальных линий вблизи электромоторов. Электрический шум, распространяющийся по «земле», конечно, имеет значение, но в таких условиях не менее

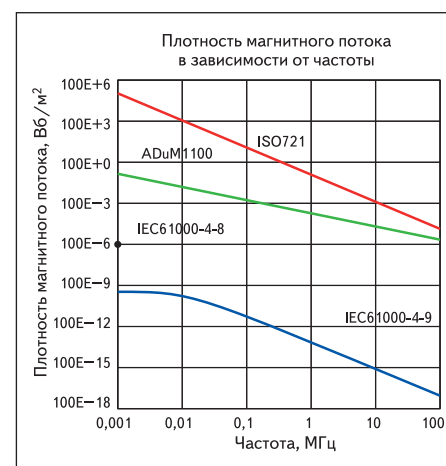


Рис. 4. Восприимчивость к внешним магнитным полям (источник: ISO72X Digital Isolator Magnetic-Field Immunity, 2006, Gingerich, Texas Instruments)

Таблица 1. Измерение среднего времени наработки на отказ

Микросхема	Технология изоляции	Окружающая температура, °С	Типовое значение (60% исправных)		Типовое значение (90% исправных)	
			Средняя наработка, ч/отказ	Отказов во времени, отказ/10 ⁴ ч	Средняя наработка, ч/отказ	Отказов во времени, отказ/10 ³ ч
ISO721	Емкостная	150	1,246,889	802	504,408	1,983
HCPL-0900	Индуктивная	125	288,118	3,471	114,654	8,722
HCPL-0721	Оптическая	125	174,617	5,727	69,487	14,391

Таблица 2. Исходные данные по надежности

Микросхема	Технология изоляции	Температура перехода, °С	Продолжительность, ч	Объем выборки	Отказы
ISO721	Емкостная	150 ≤ T _j ≤ 175	1000	344 (3 партии; 116, 116, 112)	0
ADuM1100	Индуктивная	150 ≤ T _j ≤ 175	500	231 (77 из 3 партий)	0

важно влияние магнитного поля. Магнитное поле влияет на приемник сигнала и нарушает его работу. Рис. 4 показывает отношение теоретической устойчивости приемников в составе ISO721 и ADUM1100, проверенных в соответствии со стандартом IEC.

Надежность

Как показано выше, устойчивость имеет отношение к надежности при предельных усло-

виях эксплуатации, обусловленных высоким напряжением и плотностью потока магнитного поля. Надежность измеряется в среднем времени наработки на отказ. Этот стандарт определяет надежность полупроводниковых приборов. Для цифровых изоляторов этот подход определяет надежность и полупроводниковой микросхемы, и собственно изолятора. В таблице 1 приведено среднее время наработки на отказ для оптических, индуктивных и емкостных цифровых изоляторов.

В описании на ADuM1100 нет подробного определения среднего времени наработки, но есть результаты тестирования. В таблице 2 показаны результаты тестирования надежности для ISO721 и ADuM1100.

Семейство цифровых изоляторов ISO72x представляет собой недорогую высокоскоростную надежную альтернативу оптическим и индуктивным изоляторам. Дополнительная информация по качеству и надежности цифровых изоляторов семейства ISO72x доступна по адресу www.ti.com/corp/docs/landing/iso721/.

Литература

1. ISO721 Datasheet. SLLS629 Rev. B. Texas Instruments
2. ISO72X Digital Isolator Magnetic-Field Immunity. SLLA181A. Texas Instruments
3. The ISO72x Family of High-Speed Digital Isolators. SLLA198. Texas Instruments
4. 40ns Propagation Delay CMOS Optocouplers Reliability Datasheet. Agilent (Avago). July 2002.
5. High Speed Digital Optocoupler Reliability Datasheet. Agilent HCPL-0900/0930/0931. Agilent (Avago). May 2005.
6. ADuM1100 Fab Transfer Reliability Report. Analog Devices. December 2002.