

## МИКРОСХЕМА ЦИФРОВОЙ ГАЛЬВАНИЧЕСКОЙ РАЗВЯЗКИ

© 2016 г. А.А. ЛУКЬЯНОВ, Р.А. ФЕДОРОВ

НПК «Технологический Центр», г. Москва  
e-mail: A.Lykyanov@tcen.ru, R.Fedorov@tcen.ru

В настоящее время при разработке систем передачи сигналов управления, приема данных измерительного и медицинского оборудования инженеры сталкиваются с необходимостью использования гальванической развязки, которая позволяет осуществить передачу энергии между электрическими цепями без электрического контакта.

Гальваническая развязка позволяет решить следующие задачи:

- защитить оборудование и людей от поражения электрическим током;
- повысить помехоустойчивость систем;
- осуществить сопряжение электрических цепей с разными питающими напряжениями.

Наиболее широкое распространение получили три основных метода реализации гальванической развязки [1]:

- оптические;
- емкостные;
- трансформаторные.

В основе оптической гальванической развязки лежит принцип передачи информации через изолирующий барьер световым потоком с помощью светодиодов и фотоприемников.

Оптическая гальваническая развязка (оптрон) имеет большое напряжение изоляции, до 7000 В, и высокую устойчивость к воздействию синфазных помех между входом и выходом, порядка 15 кВ/мкс. Верхняя рабочая частота оптронов, оптимизированных под высокочастотную передачу цифровых сигналов, достигает десятков МГц, как например в HCPL-090J-000E фирмы Avago Technologies. Оптроны устойчивы к электрическим и магнитным полям. Недостатками оптронов являются, высокая рассеиваемая мощность, 150 ÷ 200 мВт на канал, относительно низкая скорость передачи, деградация структуры светодиодов с течением времени. При изготовлении светодиодов используются материалы (GaAs), которые не позволяют напрямую интегрировать их в рамках одного технологического процесса с микроконтроллером или драйвером.

В основе емкостной гальванической развязки лежит принцип работы электрического конденсатора. Емкостные изоляторы блокируют постоянный ток с помощью диэлектрика между двумя проводниками. Переменное электрическое поле высокой частоты позволяет передать сигналы через диэлектрический барьер. К достоинствам емкостных гальванических развязок можно отнести высокую скорость передачи (например 150 Мбит/с у SI84xx Silicon Labs), низкую рассеиваемую мощность, порядка 30 мВт/канал, высокую устойчивость к воздействию синфазных помех между входом и выходом, порядка 25 кВ/мкс и невосприимчивость к магнитным полям. Напряжение изоляции у емкостной гальванической развязки не превышает 4000 В. К особенностям емкостной гальванической развязки можно отнести технологическую сложность изготовления конструкции конденсаторов.

Трансформаторная гальваническая развязка обеспечивает развязку с помощью изоляции между двумя катушками индуктивности. Требуемый сигнал переменного тока передается через взаимную индуктивность обмоток трансформатора. Традиционные

трансформаторы имеют большие размеры, но с увеличением частоты сигнала имеется возможность уменьшения линейных размеров трансформатора, что и сделала фирма Analog Devices в своих гальванических развязках серии ADuM [2]. Развязка состоит из двух кристаллов, размещенных в одном корпусе. Кристаллы изготавливаются по обычной КМОП технологии, на одном из кристаллов размещается трансформатор на полиимидных слоях.

Трансформаторная развязка позволяет работать со скоростью до 100 Мбит/с. Напряжение изоляции до 4000В. Из-за отсутствия магнитного сердечника развязка невосприимчива к постоянным магнитным полям, а малый размер способствует низкой восприимчивости к переменным магнитным полям.

При реализации микросхемы трансформаторной гальванической развязки выполненной на КМОП-технологии можно выделить три основных схемы передачи информации:

- «установка/сброс»;
- амплитудная модуляция;
- полярность импульсов.

Достоинством схемы передачи информации «установка/сброс» является простота реализации, недостатком – большая занимаемая площадь на кристалле, используемая под трансформаторы, поскольку для одного канала требуется два трансформатора.

Схема передачи на основе амплитудной модуляции является несколько сложнее в реализации, но занимает меньшую площадь, поскольку использует один трансформатор.

В схеме передачи информации на основе полярных импульсов также используется один трансформатор. Достоинством этой схемы является низкая потребляемая мощность, поскольку при работе передаются только фронты сигнала.

В рамках одного КМОП-технологического процесса является возможным изготовление трансформаторной гальванической развязки и схемы управления на одном - двух кристаллах. Это позволяет достичь значения напряжений изоляции порядка 4000 В и устойчивость к воздействию синфазных помех между входом и выходом, порядка 15 кВ/мкс.

В НПК «Технологический центр» были разработаны микросхемы двухканальной трансформаторной гальванической развязки на КМОП-технологии объемного кремния и топологическими нормами 0,18 мкм. Микросхема выполнена в корпусе 5123.28-1.01 в виде микросборки из двух кристаллов: передатчика и приемника.

При разработке микросхемы была выбрана схема передачи информации при помощи амплитудной модуляции в связи с её простотой реализации и высокой скоростью передачи, порядка 100 Мбит/с. В передатчике находится LC-генератор, два модулятора. Схема приемника содержит два компаратора, блок формирования уровней сравнения для компараторов, комбинационная логика и выходной цифровой драйвер.

LC-генератор формирует несущую частоту 800 МГц для двух модуляторов. Выходные сигналы модуляторов являются функцией умножения входного сигнала и несущей частоты, которая подается на модуляторы со сдвигом по фазе 180 градусов. Сигналы с модуляторов поступают на первичную обмотку первого трансформатора.

На вход приемника поступает сигнал со вторичной обмотки второго трансформатора. Детектирование сигнала осуществляется с помощью высокочастотных компараторов и схемы на комбинационной логике.

Трансформаторы в микросхемах выполнены в верхних слоях металлизации. Для увеличения значения напряжения изоляции в одном канале используется два трансформатора соединенные последовательно проволочным проводником. Подложки микросхем передатчика и приемника при этом изолированы друг от друга.

В табл. 1 указаны основные параметры разработанной в НПК «Технологический центр» микросхемы гальванической развязки в сравнении с аналогом фирмы Analog Devices.

Таблица сравнения микросхем

Параметры	Единицы измерения	Analog Devices ADUM1100	Микросхема НПК ТЦ
Скорость передачи данных	Мбит/с	До 100	До 200
Ток потребления на канал	мА	16	15
Напряжения питания	В	3,0 - 5,5	2,7 - 3,3
Задержка распространения	нс	28	4,7
Количество каналов		1	2
Напряжение изоляции	В	4000	4000

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки России в рамках выполнения государственного задания.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Cory Lynn Fandrich*. An On-Chip Transformer-Based Digital Isolator System. University of Tennessee, Knoxville 2013.
2. <http://www.analog.com/media/en/technical-documentation/technical-articles/MS-2234.pdf>