

ЧИПСЕТЫ NATIONAL SEMICONDUCTOR ДЛЯ SD/HD/3G SDI-ИНТЕРФЕЙСОВ. Часть 1

АЛЕКСАНДР САМАРИН, технический консультант, ИД «Электроника»

Разработкой нового семейства чипсетов для поддержки стандарта 3G SDI компания National Semiconductor расширила портфолио продукции «лучший в своем классе», предназначенной для применения в профессиональной и телевещательной видеоаппаратуре. Семейство чипсетов обеспечивает функции передачи и приема цифровых видеосигналов со скоростями передачи до 3Гбит/с по стандартному телевизионному 75-Ом кабелю на расстояния от 100 до 350 м. Новое семейство чипсетов SD/HD/3G SDI предназначено для замещения линейки CLCxxx.

ВВЕДЕНИЕ

Коаксиальный кабель в качестве среды для передачи видеосигналов применяется уже более 70 лет. Первоначально он использовался только для передачи аналоговых видеосигналов. С переходом на цифровое видео в качестве среды для транспортировки видеоданных между различными видами оборудования телестудий наряду с оптикой и витой парой продолжает применяться и традиционный 75-Ом телевизионный кабель.

Цифровые телевизионные данные между различными типами студийного оборудования передаются как в параллельном, так и в последовательном коде. Несмотря на то, что в стандарте BT-656 регламентирована передача в параллельном коде на расстоянии до 50 м, этот интерфейс обычно используется для внутриблочных связей на расстояния не более нескольких метров.

Передача в последовательном коде более предпочтительна при передаче видеосигналов на расстояния до 400 м. Оборудование телевизионных студий может находиться в различных помещениях и на различных этажах здания, а также в разных зданиях. Длина кабельных соединений между различными единицами оборудования может достигать нескольких сот метров.

ИНТЕРФЕЙС SDI

В профессиональном студийном оборудовании для телевизионного вещания, а также для цифрового кинематографа в качестве интерфейса применяется цифровой последовательный интерфейс SDI (Serial Digital Interface). Физическая среда передачи SDI — оптика или коаксиальный 75-Ом кабель. Интерфейс SDI используется исключительно в профессиональной телевизионной аппаратуре. В первую очередь это связано с наличием лицензионных ограничений при использовании SMPTE-стандартов.

Структура и физический уровень цифрового последовательного интерфейса для передачи телевизионных сигналов были впервые определены в стандарте BT.656, который был разработан международным комитетом по электросвязи ITU-R (International Telecommunication Union, R — отдел стандартизации для радиосвязи) в 1986 г. В качестве среды для передачи предполагалось использовать стандартный 75-Ом коаксиальный кабель или оптическое волокно. Однако название SDI для данного интерфейса появилось значительно позднее — в 1993 г. в стандарте SMTE-259M.

В интерфейсе SDI используется передача телевизионных цветоразностных сигналов и сигналов яркости YCbCr в формате 4:2:2. Полоса последовательного канала при передаче 8-разрядных цифровых видеосигналов составит $27 \text{ МГц} \cdot 8 = 216 \text{ МГц}$, а для 10-разрядного $27 \text{ МГц} \times 10 = 270 \text{ МГц}$. Перед трансляцией сигнала в линию производится преобразование параллельного кода в последовательный, а затем скремблирование, что позволяет оптимизировать спектр передаваемого сигнала и обеспечить лучшие условия для восстановления сигнала несущей частоты на стороне приемника. В скремблере используется псевдослучайное кодирование, которое обеспечивает при любых комбинациях исходного цифрового сигнала равномерное распределение нулей и единиц, тем самым обеспечивая отсутствие смещения электрического сигнала при передаче. Передача производится в коде NRZI, нечувствительном к полярности сигналов. В потоке передаются данные со встроенной синхронизацией. Амплитуда сигнала SDI интерфейса при передаче через 75-Ом коаксиальный кабель: 800 мВ ($\pm 10\%$) от пика до пика. В канале передачи SDI используется емкостная развязка.

Данные SDI имеют кадровую (фреймовую) структуру, период следования кадров соответствует частоте кадровой развер-

тки телевизионного сигнала. В структуре фреймов передаются также встроенные каналы цифрового аудио и дополнительный канал данных, например для титров.

СТАНДАРТЫ SMPTE

Международное общество инженеров кино и телевидения SMPTE (Society of Motion Picture and Television Engineers) было образовано в 1916 г. в США для разработки стандартов аппаратуры регистрации изображения в киноиндустрии. SMPTE является независимой организацией и вместе с ITU-R в настоящее время разрабатывает стандарты для сектора обработки и передачи видеоизображений. За долгие годы организацией были разработаны различные стандарты, в частности, ряд стандартов, регламентирующих физический уровень и структуру цифровых телевизионных последовательных интерфейсов.

Разработкой своих стандартов SMPTE расширила спецификации стандарта BT-656, разработанного ранее ITU-R.

Стандарт SMPTE 259M — первая версия появилась в 1993 г. В нем регламентировался физический уровень и структура последовательного цифрового интерфейса для передачи телевизионных сигналов с разложением 525 (NTSC) и 625 (PAL/SECAM) строк. Для передачи телевизионных сигналов различных форматов были определены несколько уровней стандарта (см. табл. 1).

Стандарт уровня С получил наибольшее распространение во всем мире. Он называется «270 Мбит/с SDI» или Standard-Definition SDI (SD-SDI), поскольку предназначен для передачи телевизионных сигналов стандартного разрешения. Стандарт широко поддерживан всеми производителями цифрового студийного оборудования.

Для передачи телевизионных сигналов высокого разрешения HDTV позднее был разработан стандарт SMPTE 292M.



Рис. 1. Схема транспортировки потока DVB-ASI через шину SDI

SMPTE 292M: описывает формат передачи HDTV со скоростью 1,458 Гбит/с. Именно такая скорость необходима для передачи потоков цифрового видеосигнала HDTV для изображений формата 1080 × 720 (прогрессивная развертка) с кадровой частотой 50/60 Гц и глубиной кодирования цвета 10 разрядов. Стандарт известен под названием HD-SDI.

SMPTE 424M: был утвержден в июне 2006 г. В нем регламентирован физический уровень передачи сигналов SDI интерфейса со скоростью 2,976 Мбит/с по коаксиальному кабелю 75 Ом. Стандарт известен под названием 3G-SDI (канал со скоростью передачи 3 Гбит/с). Такая скорость требуется для трансляции потоков цифрового видеосигнала для изображений формата 1920 × 1080 (прогрессивная развертка) с кадровой частотой 50/60 Гц и глубиной кодирования цвета 10 разрядов.

Этот формат сейчас широко используется в цифровом кинематографе. В ITU-R ему соответствует стандарт ITU-R — BT 1120-3 part 4, выпущенный в 2005 г.

Аппаратура цифровой обработки телевизионных сигналов с использованием интерфейса SDI как в Европе, так и в Северной Америке должна соответствовать положениям стандартов, разработанных этой организацией (см. табл. 2).

Все рассмотренные стандарты предполагают в качестве среды передачи использование стандартного аналогового коаксиального кабеля. Поскольку стоимость внедрения новых систем передачи в основном определяется стоимостью кабельной структуры, то такой выбор является разумным. То есть сохраняется возможность применять уже имеющиеся кабельные 75-Ом сети с байонетными разъемами и ускорить внедрение новых стандартов интерфейсов SDI.

Таблица 1. Спецификации различных уровней (вариантов) стандарта SMPTE-259M

Вариант стандарта	Скорость передачи SDI, Мбит/с	Формат кадра	Общее число строк в кадре	Число активных пикселей в кадре	Число активных строк в кадре	Частота кадровой развертки, Гц
SMPTE 259M-A	143	4:3	525	768	486	60
SMPTE 259M-B	177	4:3	625	948	576	50
SMPTE 259M-C	270	4:3 или 16:9	525	720	486	60
SMPTE 259M-C	270	4:3 или 16:9	625	720	576	50
SMPTE 259M-D	360	16:9	525	960	486	60

Таблица 2. Основные характеристики стандартов SDI

Характеристики	Стандарт SMPTE		
	SMPTE-259M	SMPTE-292M	SMPTE-424M
Тип SDI-интерфейса	SD-SDI	HD-SDI	3G-SDI
Скорость передачи, Гбит/с	0,270	1,458	2,916
Формат изображения, пиксели × строки	720 × 525/625	1080 × 720	1080 × 1080, 1920 × 1080
Стандарт телевизионного сигнала	NTSC/PAL	HDTV1	HDTV2
Область применения	Телевизионное студийное оборудование		Цифровой кинематограф
Макс. длина линии без повторителей, м	350	200	100

Таблица 3. Состав чипсетов SD/HD/3G SDI National Semiconductor

Функция микросхемы	3G-SDI	HD/SD-SDI	SD-SDI	Корпус	Питание, В
Эквалайзер	LMH0344	LMH0044	LMH0074	LLP-16	3,3
Регенератор (reclocker)	LMH0346	LMH0046	В разработке	e-TSSOP-20	
Регенератор (reclocker) с входным коммутатором	LMH0356	LMH0056	В разработке	LLP-48	
Кабельный драйвер	LMH0302	LMH0025	LMH001	LLP-16	
Сериалайзер	LMH0340	LMH0040	LMH0070	LLP-48	
Десериалайзер	LMH0341	LMH0041	LMH0071	LLP-48	3,3 и 2,5
					3,3

ТРАНСЛЯЦИЯ ТРАФИКА DVB-ASI ЧЕРЕЗ ИНТЕРФЕЙС SD-SDI

DVB-ASI (Digital Video Broadcast-Asynchronous Serial Interface) — асинхронный последовательный интерфейс для цифрового телевидения. Цифровой ресивер, принимающий телевизионные сигналы со спутника, обычно имеет цифровой интерфейс DVB ASI, сами телепрограммы передаются в MPEG2. Для транспортировки нескольких файлов формата MPEG-2 в едином потоке со скоростью 270 Мбит/с используется интерфейс SDI-SD. Интерфейсы HD/3G для передачи потоков DVB-ASI не применяются. На рисунке 1 показана схема транспортировки потока DVB-ASI через шину интерфейса SD-SDI.

СОСТАВ ЧИПСЕТОВ SD/HD/3G SDI NATIONAL SEMICONDUCTOR

(см. табл. 3):

- кабельный драйвер-передатчик;
- приемник-эквалайзер;
- фазовый регенератор сигнала (подавитель джиттера) с входным коммутатором и без него;
- сериалайзер (передатчик сигнала, формирователь сигнала, преобразователь нескольких потоков параллельного кода в один последовательный);
- десериалайзер (приемник, преобразователь из последовательно в параллельный поток).

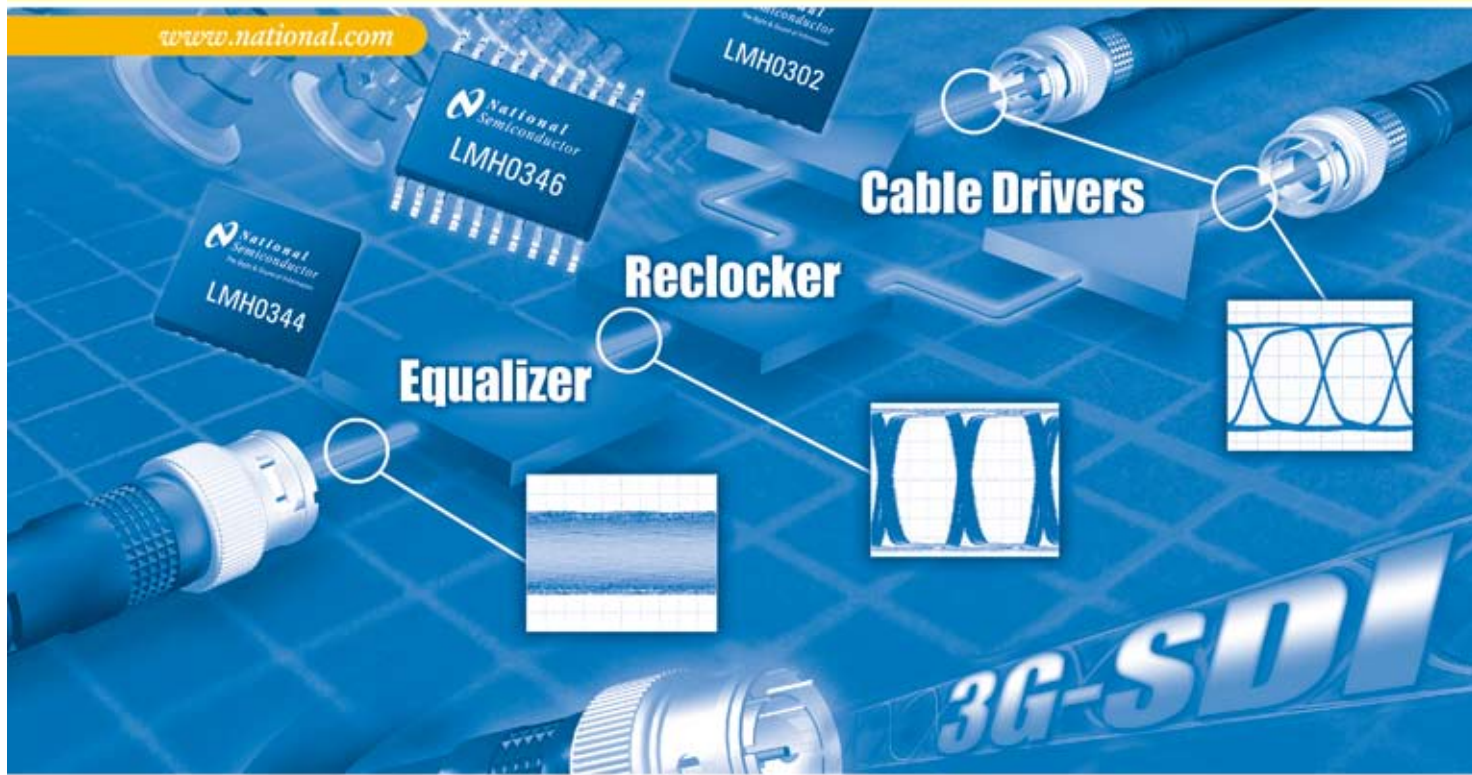
Архитектура каждого семейства поддерживает передачу в стандартах SD, HD и 3G. Старший представитель семейства поддерживает скорости всех стандартов, а младший — только SD. Соответственно, и цена у них разная. Корпуса и цоколевка у членов семейства одинаковые. Такой подход позволяет строить более гибкую ценовую политику продвижения продукта на рынок. Все микросхемы чипсетов выполнены в микрокорпусах LLP или e-TSSOP. Корпуса серии LLP имеют такое же расположение выводов, как и у микрокорпусов QFN других производителей.

Чипсеты SD/HD/3G — SDI не содержат формирователей кадров в формате SDI (фреймеров), а также дефреймеров. Предполагается, что упаковка и распаковка телевизионного сигнала производится до и после тракта передачи в ПЛИС или других микросхемах видеопроцессоров. Чипсеты сериалайзеров могут работать с входными и выходными сигналами ПЛИС Xilinx Spartan-3E или Altera Stratix. На рисунке 2 показан пример использования чипсетов SDI для организации кабельного канала передачи видеоконтента между двумя удаленными устройствами.

ОСОБЕННОСТИ ПЕРЕДАЧИ ВЫСОКОЧАСТОТНЫХ СИГНАЛОВ ПО КОАКСИАЛЬНОМУ КАБЕЛЮ

Современный телевизионный коаксиальный кабель имеет внутренний

www.national.com



RAINBOW
TECHNOLOGIES
WWW.RTCS.RU

Более подробная информация о данном продукте
NSC@RTCS.RU

Более подробная информация о данном продукте
NSC@COMPEL.RU

Компэл
WWW.COMPEL.RU

проводник из омедненной стали, внутренний диэлектрик из вспененного полиэтилена и экранирование фольгой и стальной оплеткой. Некоторые кабели (например, кабель фирмы COMMSCOPE) имеют два слоя фольги, между которыми находится стальная оплетка.

Эталоном 75-Ом коаксиального кабеля для передачи цифровых сигналов считается кабель 1694A фирмы Belden Inc. Его отличают низкий уровень потерь сигнала на высоких частотах. Затухание сигнала на частоте 3 ГГц составляет 10,67 дБ/100 футов.

В зависимости от длины кабеля происходит различное затухание сигнала, которое определяется уровнем поглощения в диэлектрике, уровнем излучения, нагрузочной емкостью и скин-эффектом.

Главным фактором, ограничивающим передачу высокоскоростных сигналов в коаксиальном кабеле, является скин-эффект — ослабление прямо пропорционально частоте сигнала. Частотная зависимость затухания сигнала в кабеле — причина искажения формы сигналов и межсимвольной интерференции.

Следовательно, для того чтобы полностью восстановить форму сигнала, нужно компенсировать все потери, обусловленные различными эффектами. Эту функцию обеспечивает кабельный приемник — эквалайзер. В эквалайзере используется

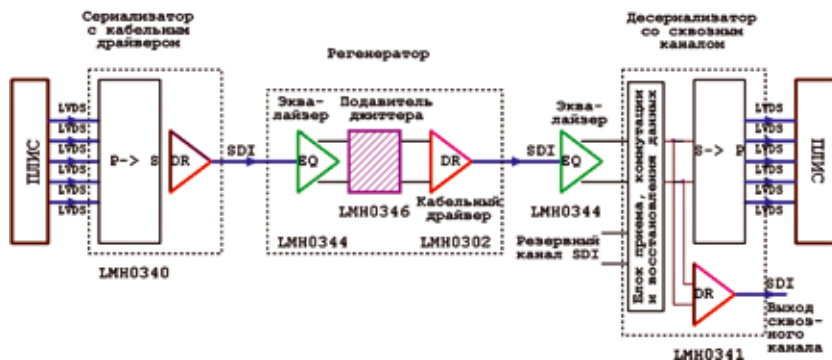


Рис. 2. Пример использования чипсетов SDI для организации кабельного канала передачи видеоконтента между двумя удаленными устройствами

усилитель, АЧХ которого имеет обратную зависимость от затухания сигнала в кабеле (см. рис. 3). Специальные фильтры в структуре эквалайзера обеспечивают измерение двух компонент степени затухания и синтез управляющего сигнала для усилителя с частотно-зависимым и управляемым коэффициентом усиления.

LMH0344 — 3 Гбит/с HD/SD SDI АДАПТИВНЫЙ КАБЕЛЬНЫЙ ЭКВАЛАЙЗЕР

Микросхема приемника-эквалайзера LMH0344 (см. рис. 4) автоматически адаптируется к кабелям разной длины, выравнивая АЧХ сигнала и компенсируя затухание в линии с различными скоростями передачи SD/HD/3G без исполь-

зования внешнего программирования. Адаптивный кабельный эквалайзер способен компенсировать затухание дифференциальных или одинарных сигналов на скоростях до 3,2 Гбит/с. ИС автоматически компенсирует потери сигнала, вызванные скин-эффектом, до 30 дБ при скоростях 1,6 Гбит/с. Эквалайзер может использоваться в трактах передачи любых скоростных цифровых потоков, а не только SDI.

Эквалайзер состоит из двух усилителей с управляемыми коэффициентами усиления и заданными АЧХ. Первый усилитель имеет равномерную АЧХ, а усиление второго пропорционально корню квадратному из частоты. Применение адаптивных эквалайзеров позволяет передавать импульсные сигналы по кабелю с длиной

LMH0346 — 3 Гбит/с HD/SD SDI- ФАЗОВЫЙ РЕГЕНЕРАТОР СИГНАЛА С ДВУМЯ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫМИ ВЫХОДАМИ

При передаче данных по длинному кабелю происходят не только затухание, но и фазовые искажения сигнала. Вследствие того, что передача идет с емкостной развязкой, происходят контекстные локальные смещения уровня сигнала. В итоге при приеме и восстановлении данных возникают фазовые флуктуации частоты и фазы сигнала (джиттер). При приеме последовательного потока информации обычно считывание информации происходит в середине тактового битового интервала. Присутствие джиттера приводит к смещению фронта тактирующего сигнала относительно середины принимаемого бита данных. При многократной регенерации цифрового потока джиттер обычно возрастает, что может привести либо к возникновению битовых ошибок (BER), либо к полной неисправности из-за нарушения системы синхронизации.

Метод подавления джиттера основан на использовании восстановителей (reclocker) или регенераторов сигнала, в которых производится тактирование входного цифрового потока частотой, полученной из входной частоты с помощью ФАПЧ и имеющей существенно меньшее значение джиттера. Вторая тактовая частота получается при помощи фазовой автоподстройки частоты. В других источниках для обозначения данной функции используется термин data retimer.

Структура регенератора (см. рис. 5) обеспечивает прием сигнала, выделение тактовой частоты, синтез ФАПЧ второй тактовой частоты из входной частоты, перетактирование данных и подачу на выход. Второй выход используется для тактового сигнала. Можно отключить подавитель джиттера. Восстановитель сигнала (reclocker) LMH0346 3 Гбит/с HD/SD SDI обеспечивает работу с цифровыми последовательными видеоинтерфейсами в соответствии со стандартами SMPTE 424M, SMPTE 292M и SMPTE 259M (C).

LMH0346 автоматически определяет тип входного потока данных (SD/HD/3G) и, соответственно, подстраивает частоту тактирования для подавления накопленного джиттера. LMH0346 восстанавливает частоту тактирования из входного сигнала с помощью ФАПЧ. Входные сигналы управления режимами имеют уровни LVCMOS. Выходы данных и тактового сигнала имеют CML-уровни и могут работать на 100-Ом дифференциальную линию. Мощность потребления 370 мВт. Микросхема регенератора имеет два выходных сигнала. Выход SDO — восстановленный сигнал данных SDI с подавленным джиттером. Выход SCO/SDO2 может использоваться для вывода сигнала синхронизации с выхода ФАПЧ или в качестве второго выхода восстановленного сигнала SDI с подавленным джиттером.

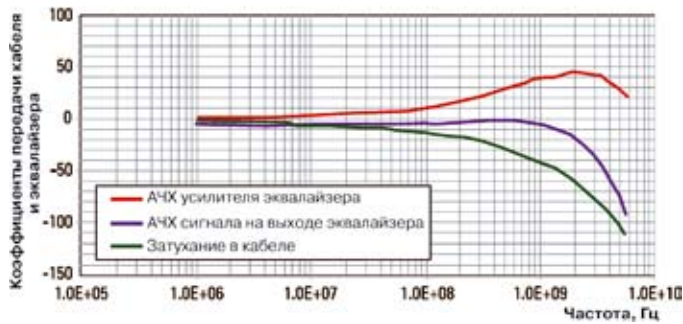


Рис. 3. Сравнительные АЧХ кабельной линии, эквалайзера и АЧХ выходного сигнала после эквалайзера

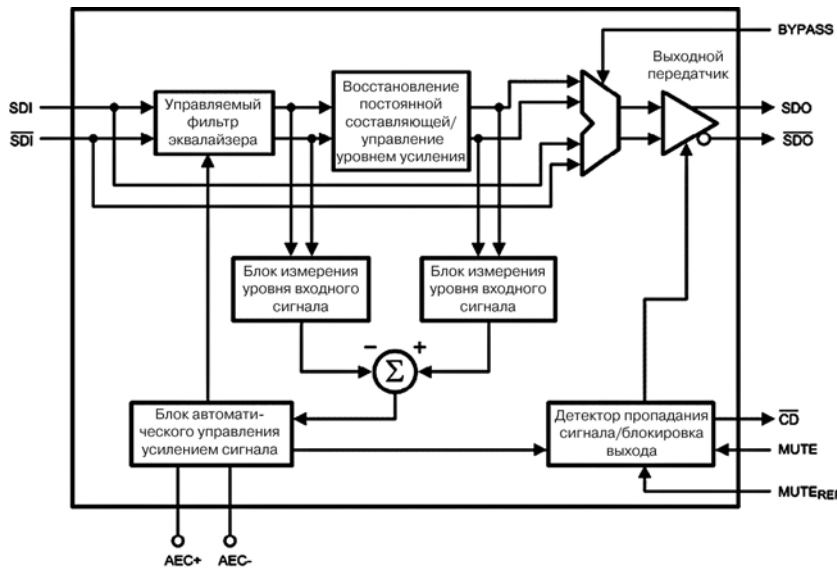


Рис. 4. Структурная схема кабельного эквалайзера LMH0344

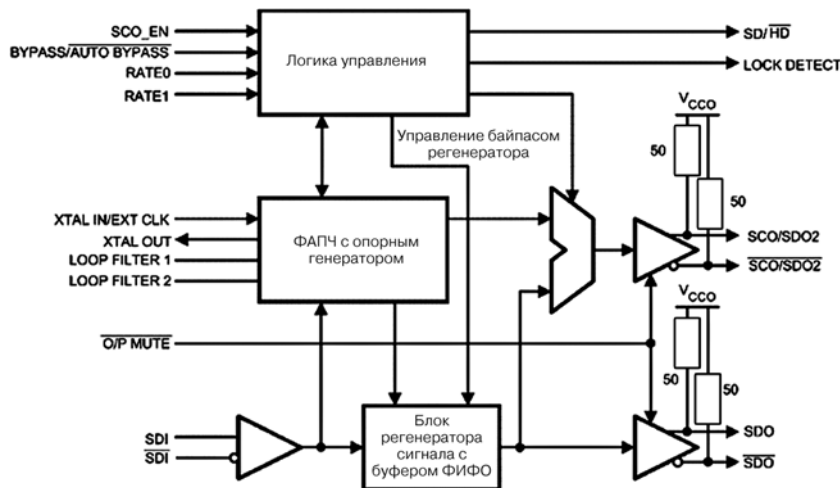


Рис. 5. Структурная схема регенератора LMH0346

несколько сот метров. На входах приемника используется емкостная развязка дифференциальных сигналов.

Основные характеристики кабельного эквалайзера LMH0344:

- поддержка канала DVB-ASI на 270 Мбит/с;
- скорости передачи: от 143 Мбит/с до 2,97 Гбит/с;
- результаты тестирования эквалайзера (использовался кабель Belden 1694A): до 120 м при скорости 2,97 Гбит/с; 140 м на скорости 1,485 Гбит/с или 350 м на 270 Мбит/с;

- уровень джиттера выходного сигнала (кабель Belden 1694A 100 м, скорость 2,97 Гбит/с — 0,3 UI);
- ручной режим управления байпасом и блокировка выходного сигнала с программируемым порогом;
- асимметричный или дифференциальный вход;
- 50-Ом дифференциальный выход;
- потребление 280 мВт DS16EV5110;
- совместимость по вводам с LMH0044 и с микросхемами фирмы Gennum GS2974 или GS2974A.