

Innovation for the next generation



# ML4039EN

Четыре канала | 58 Гбд PAM4 и NRZ | 400G BERT с функциями ISI, JTOL и вводом перекрёстного шума

4 x 56 Гбд NRZ/PAM4 BERT | SSPRQ, PRBS13Q и PRBS31Q | 7-полосный линейный PPG-фильтр | Гистограммы уровня сигнала и коэффициента помех, и динамический FFE | Настраиваемый эмулятор ISI до 9 дБ | Неглубокое loopback-тестирование (Shallow Loopback) | FEC

## Summary

С ростом гипермасштабируемых датацентров растут и требования к сетевой инфраструктуре. Спрос на высокоскоростные каналы передачи данных высок как никогда. В результате, тестеры вероятности битовых ошибок (BERT) становятся незаменимым инструментом для проверки физического уровня сети от тестирования медных и оптических линий до проверки целостности сигнала.

BERT генерирует тестовую последовательность битов и сравнивает отправленные данные с полученными после прохождения через канал. Параметр частоты битовых ошибок (BER) показывает производительность сети и позволяет убедиться в надёжности системы связи.

ML4039EN это четырёхканальный 400G BERT на 56 Гбд PAM4 и NRZ с уникальной функцией добавления перекрёстного шума. Он может быть использован вместе с генератором джиттера ML407-PAM, для проверки устойчивости к джиттеру (JTOL) и имеет настраиваемый эмулятор ISI. Широкий набор функций ML4039EN также включает в себя аппаратный анализ FEC.

## ML4039EN

4 x 56 ГБд BERT

### Введение

ML4039EN это полнофункциональный 400G BERT с возможностью конфигурирования четырёх каналов PAM4 56 ГБд или NRZ 28/56 Гбит/с. Также поддерживаются скорости от 23 до 29 ГБд.

Передатчик поддерживает все тестовые последовательности битов стандартов IEEE и OIF, такие как PRBS13Q, SSPRQ и PRBS31Q. Пользователь может задать для передатчика собственную тестовую последовательность.

ML4039EN специально разработан, чтобы дать возможность введения перекрёстного шума с настраиваемой частотой до 29,6 Гбит/с для NRZ и до 29,6 ГБд для PAM4.

Также, пользователь может добавить на канал ISI в качестве частотно-зависимого аттенюатора с потерями от 1 до 9 дБ на частоте Найквиста. При использовании с генератором джиттера ML407-PAM есть возможность модуляции выходного сигнала с синусоидальным джиттером более 5UI и до 4 МГц.

### Основные характеристики

#### Передача

- Скорость: 23 – 29 ГБд, 46 – 58 ГБд
- Возможность настройки скорости шагами в 100 Кбит/с
- Независимый контроль уровней глаз-диаграммы
- Колебания на выходе до 0,8 Впп
- Поддержка кодов Грея и инверсии полярности

- Поддерживаемые последовательности:
  - PRBS7/9/11/13/15/16/23/31/58
  - PRBS13Q, PRBS31Q, SSPRQ
- Прямоугольная волна
- Подмешивание ошибок
- Трёхполосный Pre/Post-emphasis
- Семиполосный линейный фильтр FFE
- Настраиваемый эмулятор ISI

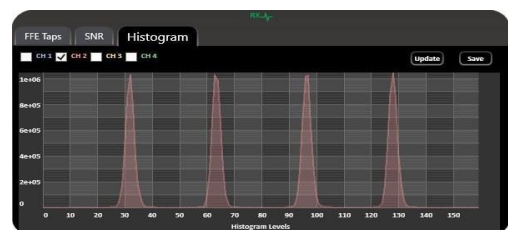
- **Приём**
  - Мониторинг изменения коэффициента помех
  - Гистограмма PAM
  - Настраиваемый уровень ограничения PAM4
  - Определение ошибок в стандартах:
    - PRBS 7/9/11/15/16/23/31
    - PRBS13Q и PRBS31Q
  - Индикаторы потери сигнала

#### Общее

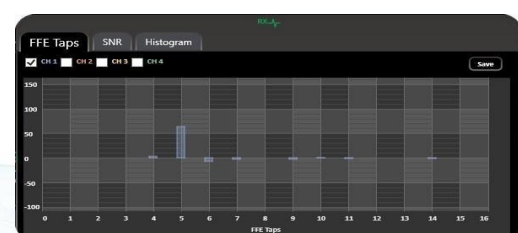
- Библиотеки API и документация
- Доступны драйверы для LabView и Python-обработчик
- Неглубокое loopback-тестирование (Shallow Loopback)
- Упреждающая коррекция ошибок (FEC)
  - Поддерживает генерацию холостых комбинаций с кодировкой RS544/RS528
  - Поддерживает декодирование FEC на приёмнике и измерение статистики FEC
- Добавление перекрёстного шума
  - Частота настраивается в диапазоне 9-14,2 Гбит/с для NRZ и 22-29,6 ГБд для PAM4.
- Также доступен в формате ATE для комплекса Advantest V93K

### Применение

- Промышленная проверка трансиверов
- Функциональное и интегрированное тестирование
- JTOL для приёмников 26 и 53 ГБд



Глаз-диаграмма PAM4



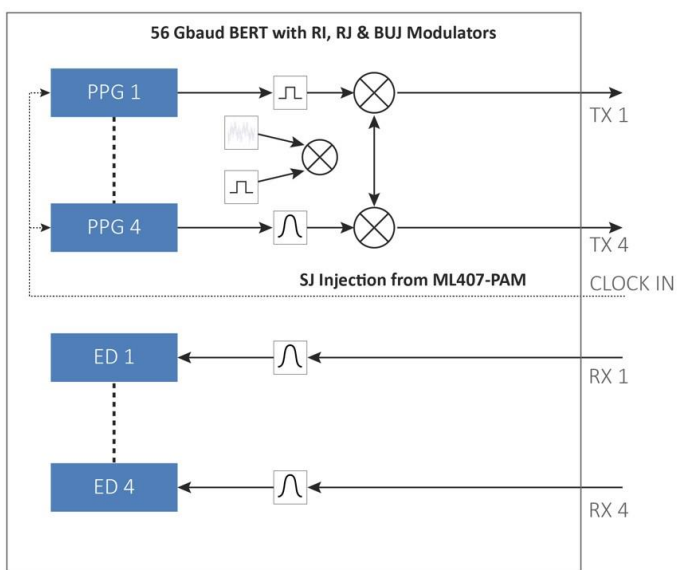
Показания FFE с приёмника

Интерфейс ThunderBERT отображает как сохранённые данные анализа BER, так и данные в реальном времени. Одновременный мониторинг и отображение данных.



Кривые BER в интерфейсе ThunderBERT

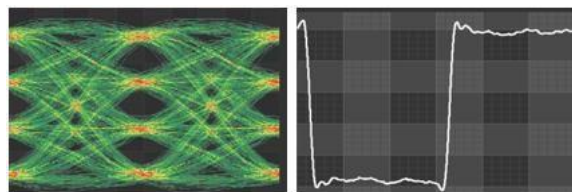
## Блок-схема



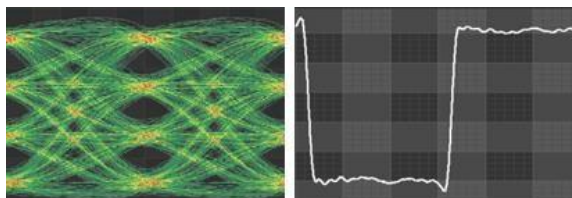
Блок-схема ML4039EN

## Эмуляция ISI

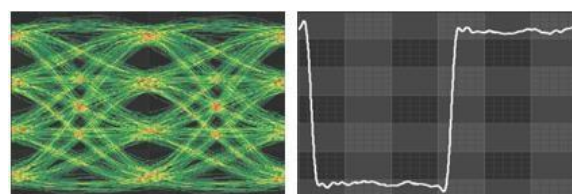
ML4039EN позволяет программно эмулировать эффект частотно-зависимого аттенюатора с потерями от 1 до 10 дБ на частоте Найквиста и реалистичное скругление частоты. Это очень полезный функционал при проверке трансиверов, в том числе при нагрузочном тестировании. На изображениях справа показаны результаты применения разных величин ISI.



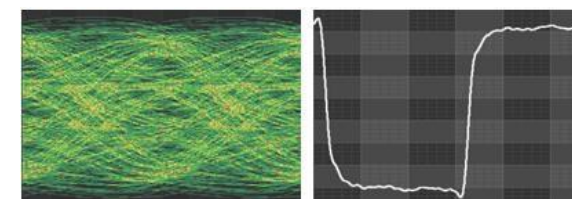
1 дБ ISI



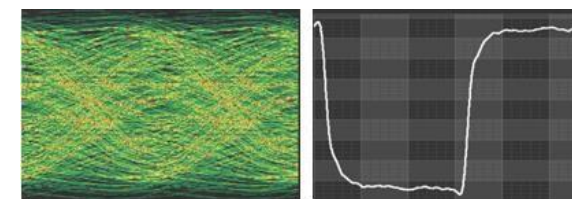
2 дБ ISI



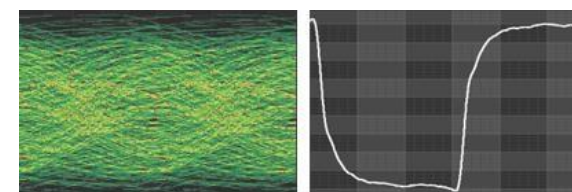
3 дБ ISI



4 дБ ISI



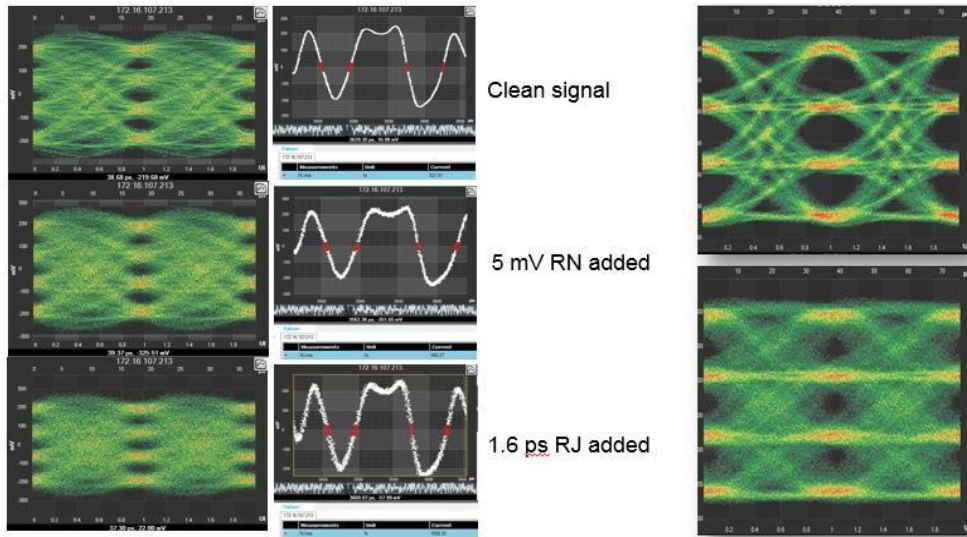
5 дБ ISI



8 дБ ISI

## Проверки устойчивости к джиттеру (JTOL)

Измерения ниже были проведены на 26/53 Гбд PAM4 и демонстрируют эффект добавления джиттера и перекрёстного шума в чистый сигнал.



Добавление шума в сигнал 26/53 Гбд с помощью ML407-PAM



Оборудование для проведения JTOL

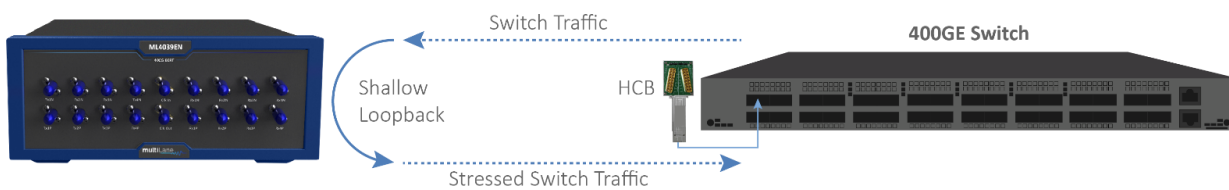


Генератор джиттера ML407-PAM

## Добавление шума

Добавленный ML4039EN шум соответствует перекрёстным шумам в реальных ситуациях в том числе при loopback-тестировании. Шум может быть постоянным, импульсным, или единичным, и может быть отдельно настроен на каждом канале. Shallow loopback работает с большим набором типов трафика, включающим некадрированный PRBS, кадрированный Ethernet и FEC-трафик.

На изображении ниже ML4039EN принимает трафик от 400G-коммутатора, закольцовывает и отправляет его обратно на коммутатор.



Shallow loopback с ML4039EN и 400G-коммутатором

## Электрические параметры

Параметр		Величина
Скорость		РАМ4 23 – 29 ГБд, 46 – 58 ГБд NRZ 23 – 29 Гбит/с, 46 – 58 Гбит/с
Диапазон амплитуд ТХ		0 - 800 мВпп
Стандарты последовательностей		PRBS7/9/11/13/15/16/23/3 1/58 PRBS13Q, 31Q и SSPRQ Прямоугольная волна и пользовательские последовательности
Линейный диапазон		50 мВ – 800 мВ
Шаг настройки амплитуды ТХ		Шаг 2 мВ
Pre/Post-emphasis		6 дБ
Разрешение De-emphasis		1000 шагов
Шаг фильтрации		1 UI
СКЗ случайного джиттера		230 фс
Время нарастания/затухания (20–80%)		12 пс / 14 пс
Кодировка		Поддерживается код Грея и прекодирование DFE
FEC (до 400G)		KP (100G, 400G) KR (100G)
Обратные потери (до 10 ГГц)		< -18 дБ
Обратные потери (16-25 ГГц)		< -15 дБ
Диапазон детектора ошибок		50 - 800 мВ
Коннекторы		2,4 мм (возможна комплектация коннекторами 2,92 мм)
Выходная тактовая частота	Опорная тактовая частота	Делитель частоты 8/16/32/128
	Контрольная частота	156,25 МГц
Максимальная частота тактового сигнала		До 2,5 ГГц
Амплитуда тактового входа		750 мВ, односторонняя
Сопrotивление на входе		50 Ом
Температура окружающей среды		0-40 °C
Питание		110 В, 1.4 А или 220 В, 0.9 А – 50/60 Гц

## Габариты

ML4039EN это настольное устройство, которое может быть установлено в 2U-слот стойки. Два ML4039EN бок-о-бок занимают один 2U-слот стойки. Оборудование комплектуется необходимым стоечным крепежом.

## Информация для заказа

Артикул	Описание
ML4039EN	400G BERT (4 канала 56 ГБд NRZ/PAM4)
3YW	Гарантия на 3 года
CAL	Одна калибровка
3YWC	Гарантия на 3 года с тремя ежегодными калибровками
FEC	Аппаратный анализ FEC
29	Коннекторы 2,92 мм

## Рекомендуемые комплектующие

Оборудование	Рекомендуемые наборы кабелей	Опциональные наборы кабелей	Комментарий
ML4039EN Стандарт	8x MLCBPM-2.4-30	2x MLCBPM-2.4-30-8	Коннектор 2,4 мм, 2x8, 30 см
ML4039EN Стандарт	8x MLCBPM-2.4-60	2x MLCBPM-2.4-60-8	Коннектор 2,4 мм, 2x8, 60 см
ML4039EN-29	8x MLCBPM-2.92-30	2x MLCBPM-2.92-30-8	Коннектор 2,92 мм, 2x8, 30 см
ML4039EN-29	8x MLCBPM-2.92-60	2x MLCBPM-2.92-60-8	Коннектор 2,92 мм, 2x8, 60 см

Напишите нам [mail@multilane.ru](mailto:mail@multilane.ru).

### Москва

125040, г. Москва,  
ул. Правды 8к27, офис 207  
+7 499 283-88-14

### Новосибирск

630049, г. Новосибирск,  
Красный проспект 163/2, офис 308  
+7 499 283-88-14