

Основные сведения

Основные сведения о логических анализаторах



Основные сведения о логических анализаторах

Начальное пособие

Оглавление

Введение	3 – 5
Как это началось	3
Цифровой осциллограф	3
Логический анализатор	4
Работа логического анализатора	5 – 14
Подсоединение к исследуемой системе	5
Пробник	5
Настройка	6
Настройка режимов синхронизации	6
Настройка запуска	7
Одновременная регистрация параметров	8
Память для регистрации данных в реальном масштабе времени	9
Встроенные аналого-цифровые инструментальные средства для поиска и устранения неполадок	11
Анализ и отображение	12
Экран отображения сигналов	12
Экран списка	13
Автоматизированные измерения	14
Вопросы быстродействия	14 – 16
Частота выборки по времени	14
Частота выборки по состояниям	14
Частота выборки MagniVu	15
Длина записи	15
Число каналов и модульное построение	15
Запуск	16
Подсоединение пробников	16
Примеры применения логического анализатора	16 – 20
Временные измерения общего назначения	16
Обнаружение и отображение нерегулярных выбросов	17
Обнаружение нарушений времени установки и фиксации	18
Применение памяти переходов для получения записи максимальной полезной длины	19
Выводы	20
Глоссарий	21 – 23

Введение

Как и многие другие приборы для проверки электроники и выполнения измерений, логический анализатор представляет собой устройство, предназначенное для решения особого класса проблем. Это универсальный инструмент, который может оказаться полезным при отладке цифрового оборудования, проверке исследуемого прибора и отладке встроенного программного обеспечения. Логический анализатор – это необходимый инструмент для инженеров-разработчиков цифровых схем.

Логические анализаторы используются для измерения многочисленных цифровых сигналов или при особых требованиях к условиям запуска.

Сначала мы рассмотрим цифровой осциллограф и конечный результат эволюции логического анализатора. Затем покажем, что входит в состав обычного логического анализатора. Вооруженные этими основными знаниями, вы узнаете, какие функции логического анализатора являются важными, и почему они играют основную роль при выборе правильного инструмента для конкретного применения.

Как это все началось

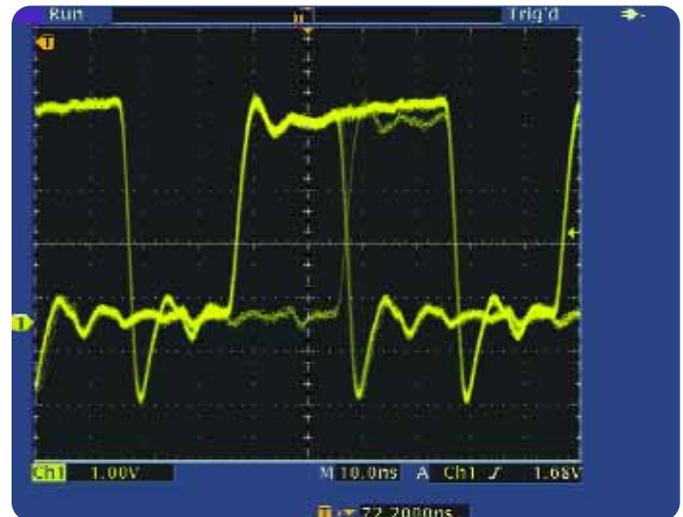
Логические анализаторы появились приблизительно в то время, когда на рынок поступили самые первые коммерческие микропроцессоры. Инженеры, разрабатывающие системы, основанные на этих новых устройствах, вскоре обнаружили, что отладка промышленных моделей микропроцессора требует больше входов, чем может обеспечить осциллограф.

Логические анализаторы, с их многочисленными входами, предлагали выход из этого затруднения. Чтобы идти в ногу с быстрым развитием цифровых технологий, эти приборы постоянно увеличивали и частоту регистрации данных, и количество каналов. Логический анализатор – это основной инструмент разработки цифровых систем.

Между осциллографами и логическими анализаторами имеются сходства и различия. Чтобы лучше понять, как применяются эти два прибора, полезно сравнить их отдельные функции.

Цифровой осциллограф

Цифровой осциллограф – это основной инструмент для универсального просмотра сигнала. Высокая частота выборки



► **Рис. 1.** Осциллограф подробно отображает амплитуду сигнала, время нарастания и другие аналоговые характеристики

данных и большая ширина полосы пропускания позволяют ему захватывать много точек данных в течение некоторого промежутка времени, позволяющего выполнять измерения переходных процессов сигнала (фронты), переходных процессов и небольших приращений времени.

С помощью осциллографа, естественно, можно просматривать те же цифровые сигналы, что и с помощью логического анализатора, однако большинство пользователей осциллографов имеют дело с аналоговыми измерениями, такими как время нарастания и время спада сигнала, пиковые амплитуды и интервал времени между фронтами импульса.

Осциллограмма на рис. 1 иллюстрирует возможности осциллографа. На этой кривой, хотя она и получена в цифровой схеме, видны аналоговые характеристики сигнала; все они могут влиять на способность сигнала выполнять свои функции. В данном примере с помощью осциллографа получены подробные данные о переходных колебательных процессах, выбросах, спаде на переднем фронте и других периодически появляющихся искажениях.

С помощью встроенных инструментальных средств осциллографа, таких как курсоры и автоматизированные измерения, легко исследовать проблемы целостности сигнала, которые могут оказывать сильное влияние на работу изучаемого прибора. Кроме того, естественными кандидатами на исследование с помощью осциллографа являются временные параметры, например, задержка распространения и время установки и фиксации. И конечно, имеется множество чисто

Основные сведения о логических анализаторах

Начальное руководство

Когда следует использовать осциллограф?

Если необходимо одновременно измерить «аналоговые» характеристики немногих сигналов, то наиболее эффективным решением является использование цифрового осциллографа. Осциллограф применяется, когда необходимо узнать амплитуды конкретных сигналов, мощность, силу тока, значения фазы или результаты измерения фронтов сигналов, например, значения времени нарастания сигналов.

Используйте цифровой осциллограф, когда необходимо:

- ▶ характеризовать целостность сигнала (например, время нарастания сигнала, выбросы, промежуточные колебательные процессы) во время проверки аналоговых и цифровых приборов;
- ▶ характеризовать стабильность сигнала (например, дрожание фазы и спектр дрожания) одновременно у четырех сигналов;
- ▶ измерять параметры фронта и напряжения сигнала для оценки временных характеристик, например, время установки и фиксации, задержка распространения сигнала;
- ▶ обнаруживать ошибки переходных процессов, например, выбросы, импульсы огибающей, метастабильные переходы;
- ▶ измерять амплитуду и временные параметры одновременно у нескольких сигналов.

аналоговых сигналов, таких как выходной сигнал микрофона или данные цифро-аналогового преобразователя, которые следует просматривать с помощью прибора, записывающего подробные сведения об аналоговых сигналах.

В осциллографах обычно имеется до четырех входных каналов. Но что если необходимо одновременно измерить пять цифровых сигналов, или исследовать цифровую систему с 32-разрядной шиной данных и 64-разрядной адресной шиной? Это указывает на необходимость иметь инструментальное средство с большим количеством входов – логический анализатор.

Логический анализатор

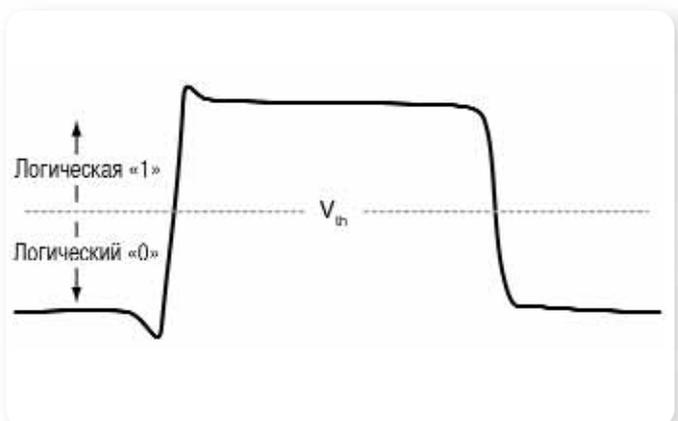
Возможности логического анализатора отличаются от возможностей осциллографа. Наиболее очевидное отличие этих двух приборов – число каналов (входов). В обычных цифровых осциллографах имеется до четырех сигнальных входов. Логические анализаторы имеют от 34 до 136 каналов. Каждый канал

Когда следует использовать логический анализатор?

Логический анализатор – это отличный инструмент для проверки и отладки цифровых систем. Логический анализатор подтверждает, что цифровая схема работает, и помогает осуществлять поиск и устранение возникающих неполадок. Логический анализатор захватывает и отображает одновременно множество сигналов и анализирует их временные зависимости. Для отладки неясных, периодически появляющихся неполадок некоторые логические анализаторы могут обнаруживать выбросы, а также нарушения времени установки и времени фиксации. При отладке взаимодействия программ и оборудования логические анализаторы отслеживают исполнение встроенных программ и анализируют эффективность выполнения программы. Некоторые логические анализаторы позволяют сопоставить исходный код с конкретными действиями оборудования в исследуемой системе.

Используйте логический анализатор, когда необходимо:

- ▶ отлаживать и проверять работу цифровой системы;
- ▶ одновременно отслеживать множество цифровых сигналов и устанавливать их взаимосвязи;
- ▶ обнаруживать и анализировать нарушения синхронизации и переходных процессов на шинах;
- ▶ отслеживать исполнение встроенной программы.



▶ Рис. 2. Логический анализатор определяет логические значения относительно уровня порогового напряжения

пропускает один цифровой сигнал. Для некоторых сложных разрабатываемых систем требуются тысячи входных каналов. Для этих задач также подходят соответственно масштабированные логические анализаторы. Логический анализатор измеряет и анализирует сигналы другим способом, нежели осциллограф.

Логический анализатор не выполняет детальное измерение аналогового сигнала. Вместо этого, он определяет пороговые уровни логического сигнала. При подсоединении логического анализатора к цифровой схеме вы имеете дело только с логическим состоянием сигнала. Логический анализатор просто ищет два логических уровня, как показано на рис. 2.

Когда напряжение входного сигнала выше уровня порогового напряжения (V_{th}), то говорят, что уровень «высокий» или «1»; а если этот уровень ниже уровня порогового напряжения, то он «низкий» или «0». Когда логический анализатор опрашивает вход, он запоминает «1» или «0», в зависимости от уровня сигнала относительно уровня порогового напряжения.

Временная кривая логического анализатора напоминает временную диаграмму на странице данных или диаграмму, выдаваемую имитатором. Все сигналы скоррелированы по времени, так что можно просматривать время установки и фиксации, ширину импульса, внешние или пропущенные данные. Кроме большого количества каналов, логические анализаторы предлагают важные функции, которые поддерживают проверку и отладку устройств. К этим функциям относятся:

сложная система запуска, позволяющая задавать условия, при которых логический анализатор выполняет сбор данных;

пробники и адаптеры с высокой плотностью, которые упрощают подсоединение к исследуемой системе;

функции анализа, которые переводят полученные данные в инструкции процессора и увязывают их с исходным кодом.

Работа логического анализатора

Логический анализатор подсоединяется к исследуемому устройству, получает и анализирует цифровые сигналы. Как показано на рис. 3, чтобы использовать логический анализатор, необходимо пройти четыре этапа.

- 1 Подсоединение
- 2 Настройка
- 3 Регистрация данных
- 4 Анализ и отображение



► Рис. 3. Упрощенная схема работы логического анализатора



► Рис. 4. Пробник общего назначения



► Рис. 5. Высокоплотный, многоканальный пробник логического анализатора

Подсоединение к исследуемой системе

Пробник

Большое количество сигналов, которое может захватить одновременно логический анализатор, – это то, что его отличает от осциллографа. Пробники для регистрации данных подсоединяются к исследуемой системе. Внутренний компаратор пробника – это элемент, в котором сравниваются напряжение входного сигнала и пороговое напряжение (V_{th}), и в котором принимается решение о состоянии логического сигнала (1 или 0). Пороговое значение, устанавливается пользователем, из ряда значений от уровней TTL до уровней CMOS, ECL и уровней, задаваемых пользователем.

Основные сведения о логических анализаторах

Начальное руководство



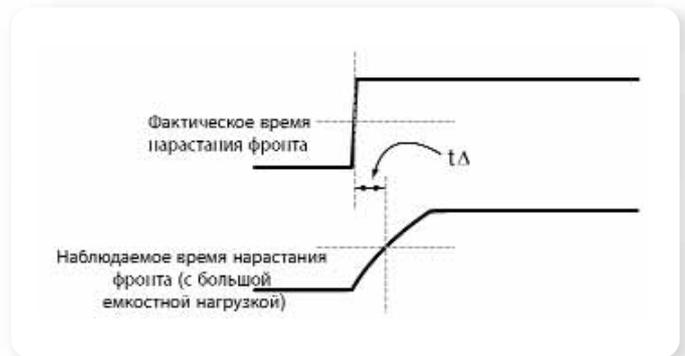
► Рис. 6. Безразъемный пробник анализатора D-Max™

Поставляются разные виды пробников логического анализатора:

- Пробники общего назначения с гибкими выводами предназначены для поиска неполадок в отдельных точках, как показано на рис. 4.
- Высокоплотные, многоканальные пробники, для которых необходимы сложные разъемы на платах, как показано на рис. 5. Пробники могут получать высококачественные сигналы и оказывают минимальное влияние на исследуемый прибор.
- Прижимные пробники с высокой плотностью контактов, в которые используется безразъемное крепление пробника, показаны на рис. 6. Этот тип пробника рекомендуется применять в тех случаях, когда требуется обеспечить повышенную плотность сигналов или применить безразъемный механизм крепления пробника для обеспечения быстрого и надежного подсоединения к исследуемой системе.

Импеданс пробников логического анализатора (емкостное сопротивление, омическое сопротивление и индуктивное сопротивление) становится частью общей нагрузки в схеме исследуемого прибора. У всех пробников имеются нагрузочные характеристики. Пробник логического анализатора должен вносить минимальную нагрузку в исследуемую схему и передавать в логический анализатор точный сигнал.

Емкостное сопротивление пробника приводит к «завалу» фронтов переходных процессов сигнала, как показано на рис. 7. Этот завал снижает скорость нарастания фронта на время « t_{Δ} », показанное на рис. 7. Почему это так важно? Потому что более пологий фронт пересекает логический порог схемы позже, внося временные ошибки в исследуемый прибор. Это является проблемой, которая становится все более серьезной по мере повышения тактовой частоты.



► Рис. 7. Импеданс пробника логического анализатора может оказывать влияние на время нарастания сигнала и на характеристики соотношений временных параметров

В системах с высокой тактовой частотой большое емкостное сопротивление пробника может привести к тому, что исследуемый прибор перестанет работать! Всегда необходимо выбирать пробник с самым низким значением общего емкостного сопротивления.

Важно иметь в виду, что зажимы и комплекты проводов пробника увеличивают емкостную нагрузку в цепях, к которым они подсоединяются. Там, где это возможно, используйте правильно скомпенсированный адаптер.

Настройка

Настройка режимов синхронизации

Выбор режима синхронизации

Логические анализаторы предназначены для сбора (захвата) данных с многоканальных устройств и шин. Термин «частота захвата» определяет, как часто происходит выборка входных сигналов. Это та же самая функция, что и временная развертка в осциллографе. Обратите внимание, что при описании работы логического анализатора термины «выборка», «регистрация» и «захват» часто используются как синонимы.

Имеются два типа регистрации данных (два режима синхронизации).

Регистрация временных параметров, когда захватываются сведения о временных параметрах сигнала. В этом режиме для выборки данных используется внутренний, по отношению к логическому анализатору, тактовый генератор. Чем с большей частотой отбираются данные, тем выше разрешение этого измерения. Постоянное временное соотношение между исследуемым прибором и данными, регистрируемыми логическим анализатором, отсутствует. Этот режим регистрации данных в основном используется в тех случаях, когда исследуются в первую очередь временные соотношения между сигналами исследуемого прибора.

Регистрация параметров состояния используется для регистрации сведений о «состоянии» исследуемой системы. Сигнал из исследуемой системы задает точку выборки (определяет, когда и как часто будут регистрироваться данные). Сигнал, используемый для синхронизации при регистрации данных, может быть сигналом тактового генератора системы, контрольным сигналом на шине или сигналом, который заставляет исследуемый прибор изменять состояния. Данные отбираются на активном фронте сигнала и представляют состояние исследуемого прибора при постоянных логических сигналах. Логический анализатор отбирает данные тогда и только тогда, когда выбранные сигналы достоверны. То, что происходит между событиями тактирования, в этом случае не представляет интереса.

Как определить, какой тип регистрации данных следует использовать? По способу, с помощью которого предполагается просматривать данные. Если необходимо выполнить захват продолжительной, непрерывной подробной записи временных параметров, тогда оптимальным для этого случая будет способ регистрации временных параметров при внутреннем (асинхронном) тактировании.

В другом случае можно регистрировать данные точно такими, как их «видит» исследуемый прибор. В этом случае следует выбрать регистрацию (синхронную) параметров состояния. При регистрации состояний каждое последующее состояние исследуемого прибора отображается последовательно в окне Listing (список). Для внешней синхронизации при регистрации параметров состояния, можно использовать любой подходящий сигнал.

Настройка запуска

Запуск – это другая возможность, которая отличает логический анализатор от осциллографа. В осциллографах имеются схемы запуска, но у них сравнительно ограниченная способность реагировать на бинарные состояния. В противоположность этому, для запуска логического анализатора может потребовать оценки ряда логических (булевых) условий. Схема запуска предназначена для выбора способа, с помощью которого логический анализатор будет захватывать данные. Логический анализатор может отслеживать логические состояния исследуемого прибора и запускаться, когда в исследуемом приборе происходит событие, заданное пользователем.

Советы по настройке режима синхронизации

Имеется несколько общих рекомендаций по настройке логического анализатора для регистрации данных:

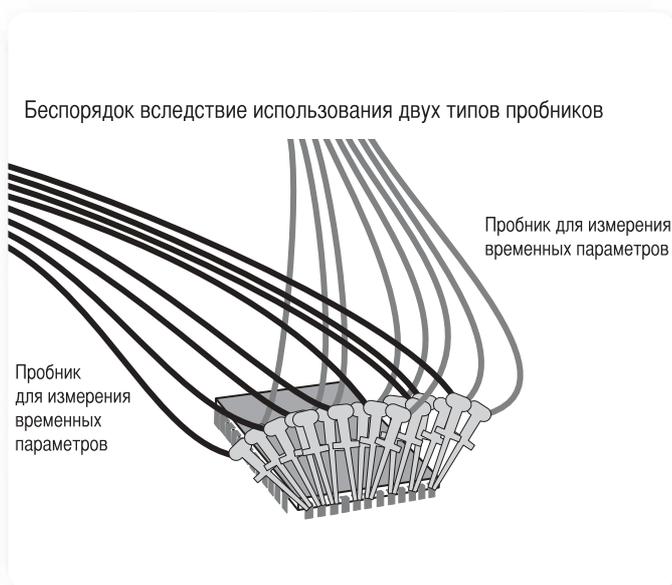
1. **Регистрация данных временных параметров (асинхронная).**
При регистрации данных частота синхронизации выборки играет важную роль в определении разрешения. Точность синхронизации любого измерения всегда будет определяться одним интервалом выборки и другими ошибками, указанными изготовителем. Например, когда частота синхронизации выборки составляет 2 нс, новая выборка данных сохраняется в памяти регистрации данных каждые 2 нс. Данные, которые изменились после тактового импульса, захватываются при следующем импульсе. Вследствие того, что точное время, когда изменились данные во время этого 2-нс периода не может быть известным, результирующее разрешение составляет 2 нс.
2. **Регистрация данных состояния (синхронная).** При регистрации данных состояния логический анализатор, как и любое синхронное устройство, должен иметь стабильные данные на входах в устройство до и после синхронизации, чтобы гарантировать захват корректных данных.

При обсуждении логических анализаторов важно понять значение термина «событие». Он имеет несколько значений. Это может быть простой переход, намеренный или непреднамеренный, на одном сигнальном проводе. Если выполняется поиск выбросов, то именно выброс является представляющим интерес «событием». Событием может быть момент, когда становится достоверным отдельный сигнал, такой как сигнал приращения или сигнал включения. Или событием может быть заданное логическое условие, которое является результатом сочетания переходов сигналов на всей шине. Обратите внимание, что во всех случаях событие появляется, когда сигналы изменяются при переходе от одного цикла к другому.

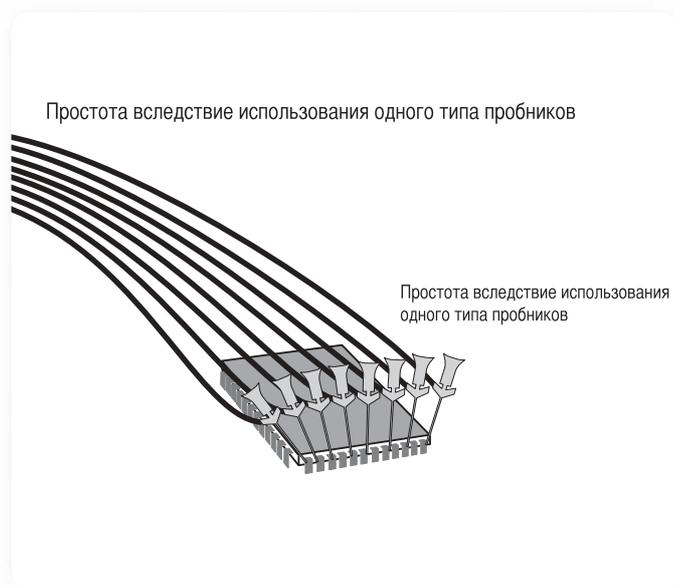
Для запуска логического анализатора можно использовать много условий. Например, логический анализатор может распознавать конкретное двоичное значение на шине или на выходе счетчика.

Основные сведения о логических анализаторах

Начальное руководство



► **Рис. 8.** Двойное исследование требует наличия двух пробников в каждой проверяемой точке, снижая качество измерения



► **Рис. 9.** Синхронное использование пробников позволяет регистрировать данные о состоянии и о временных параметрах с помощью одного и того же пробника, что упрощает измерения и устраняет лишние элементы

Другие варианты запуска включают:

- Слова: специальные логические образцы, заданные в двоичном, шестнадцатеричном и других представлениях.
- Диапазоны: события, которые происходят между нижним и верхним значением.
- Счетчик: запрограммированное пользователем количество событий, отслеживаемых счетчиком.
- Сигнал: внешний сигнал, такой как сброс системы.
- Выбросы: импульсы, которые появляются в период между циклами регистрации данных.
- Таймер: время между двумя событиями или продолжительность одного события, отслеживаемого таймером.
- Аналоговый запуск: использование осциллографа с запуском по аналоговому признаку для запуска логического анализатора.

С помощью всех этих доступных состояний запуска можно отслеживать системные ошибки, используя поиск ошибок состояния, а затем задавая явные условия запуска для уточнения условий поиска.

Регистрация данных

Одновременная регистрация параметров состояния и временных параметров

При отладке оборудования и программного обеспечения (системная интеграция) полезно иметь коррелированные сведения о параметрах состояния и о временных параметрах.

Первоначально проблему можно обнаружить как логически непоследовательное состояние на шине. Это может быть вызвано такой ошибкой, как нарушение временных параметров установления и удержания. Если логический анализатор не в состоянии одновременно захватить данные временных параметров и параметров состояния, то поиск неполадки становится трудной задачей и отнимает много времени.

Чтобы получить сведения о временных параметрах, некоторые логические анализаторы необходимо подсоединять к автономным пробникам для измерения временных параметров и использовать автономное оборудование для регистрации. Эти устройства требуют одновременного подсоединения к исследуемому прибору двух типов пробников, как показано на рис. 8. Один пробник подсоединяет исследуемый прибор к модулю временных параметров, в то время, как другой пробник соединяет те же самые точки с модулем регистрации параметров состояния. Этот способ известен как «Двойное исследование». В этой схеме может измениться импеданс оборудования, с которого поступают сигналы. Одновременное использование двух пробников снижает качество сигнала, увеличивает время нарастания и время спада фронта,

уменьшает его амплитуду и ухудшит характеристики шума. Обратите внимание, что рис. 8 – это упрощенная иллюстрация, показывающая только несколько типичных соединений. При реальных измерениях может быть подсоединено четыре, восемь или более многожильных кабелей.

Лучше всего регистрировать временные параметры и данные о состоянии одновременно с помощью одного и того же пробника, как показано на рис. 9. Одно подсоединение, одна настройка и одна регистрация данных предоставляют данные о временных параметрах и параметрах состояния. Это упрощает механическое соединение пробников и уменьшает количество ошибок.

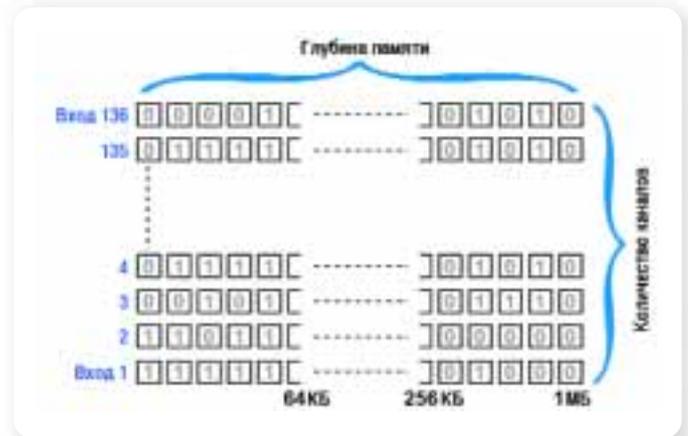
При одновременной регистрации временных параметров и параметров состояния логический анализатор захватывает все сведения, необходимые для выполнения анализа временных параметров и параметров состояния. Второй этап регистрации отсутствует и поэтому меньше вероятность возникновения ошибок и получения механических повреждений, которые могут возникнуть при использовании способа двойного исследования. Воздействие одного пробника на электрическую схему меньше, при этом обеспечивается большая точность измерений и меньшее влияние на работу схемы.

Чем выше разрешение временных параметров, тем большее количество деталей можно обнаружить и использовать для запуска, что повышает вероятность обнаружения проблем.

Память для регистрации данных в реальном масштабе времени

Системы пробников, запуска и тактовых генераторов существуют для доставки данных в память для регистрации данных в реальном масштабе времени. Эта память – сердце измерительного прибора. Она предназначена для хранения всех собранных в исследуемом приборе данных и является источником данных для анализа и отображения результатов исследования. В логических анализаторах имеется память, способная сохранять данные с частотой их выборки в приборе.

Эта память может быть представлена в виде матрицы, имеющей ширину, равную числу каналов и длину, равную глубине памяти, как показано на рис. 10. Прибор накапливает запись всех сигналов до тех пор, пока его не остановит событие запуска или команда пользователя. В результате зарегистрированные данные являются практически многоканальным отображением сигналов, которое позволяет наблюдать взаимодействие всех зарегистрированных сигналов при высокой точности определения временных параметров.



► Рис. 10. Логический анализатор сохраняет полученные данные в глубокой памяти с помощью одного канала с полной глубиной, поддерживающего каждый цифровой вход

Количество каналов и глубина памяти – это основные факторы при выборе логического анализатора. Ниже приведены несколько советов, помогающих определить количество каналов и глубину памяти:

► Какое количество сигналов необходимо для захвата и анализа?

Количество каналов логического анализатора прямо отвечает количеству сигналов, которые предполагается захватить. Шины поставляемых цифровых систем имеют разную ширину, а кроме того часто возникает необходимость исследовать другие сигналы (тактовые импульсы, сигналы включения и т. п.) одновременно с мониторингом всей шины. Следует принять во внимание все шины и сигналы, которые будут необходимы для одновременной регистрации данных.

► Сколько «времени» потребуется для регистрации данных?

Это определяет требование к глубине памяти логического анализатора и особенно важно для регистрации временных параметров. Для данной емкости памяти общее время регистрации данных уменьшается по мере увеличения частоты выборки данных. Например, если данные, записываются в 1-МБ память, то при периоде выборки данных, равном 1 мс, записываются данные за 1 секунду. Те же самые 1-МБ блоки памяти при периоде регистрации временных параметров, равном 10 нс, заполняются данными всего за 10 мс.

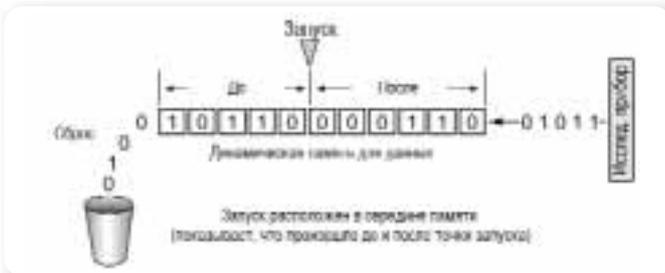
Регистрация большего количества выборок (времени) увеличивает вероятность захвата как ошибки, так и сбоя, вызывающего ошибку (см. объяснение ниже).

Основные сведения о логических анализаторах

Начальное руководство



► Рис. 11. Логический анализатор захватывает и отбрасывает данные по принципу «первый на входе – первый на выходе» до тех пор, пока не произойдет событие запуска.



► Рис. 12. Захват данных в окрестности точки запуска: данные слева от точки запуска являются данными «предшествующими запуску», в то время как данные справа – данными «после запуска». Точку запуска можно устанавливать в диапазоне памяти от 0 % до 100 %.



► Рис. 13. Захват данных в течение определенного времени или количества циклов после запуска.

Логические анализаторы непрерывно осуществляют выборку данных, заполняя память для регистрации данных в реальном масштабе времени и заменяя лишние данные по принципу «первый пришел, первый ушел», как показано на рис. 11. Следовательно, в режиме реального времени через память проходит постоянный поток данных. Когда происходит событие запуска, начинается процесс «остановки», сохраняющий находящиеся в памяти данные.

Расположение запускающего сигнала в памяти может быть произвольным, что позволяет пользователю захватывать и исследовать события, которые происходили до события запуска, после него и в его окрестностях. Это ценная функция для поиска и устранения неполадок. Если включается запуск по симптому неполадки – обычно это ошибка некоторого вида –



► Рис. 14. Технология регистрации данных MagniVu™ демонстрирует выброс на тактовом сигнале

можно настроить логический анализатор на сохранение данных, предшествующих запуску и захватить ошибку, которая вызвала этот симптом. Можно также настроить логический анализатор на сохранение некоторого количества данных после запуска, чтобы просмотреть, к каким результатам впоследствии могла бы привести эта ошибка. Имеются другие варианты расположения точки запуска, показанные на рис. 12 и 13.

После настройки пробников, тактового генератора и системы запуска логический анализатор готов к работе. Результатом этой работы является заполненная данными память регистрации данных в реальном масштабе времени; эти данные можно использовать для анализа поведения исследуемой системы несколькими способами.

В основной памяти данных логического анализатора хранится продолжительная и исчерпывающе полная запись активности сигнала. Некоторые из современных логических анализаторов могут захватывать данные с частотой несколько гигагерц по сотням каналов, накапливая результаты в виде записи большой продолжительности. Эта запись идеальна для широкого обзора долговременной активности шины.

Предполагается, что каждый отображаемый переход сигнала произошел в пределах интервала выборки, заданного действующей тактовой частотой. Захваченный фронт, возможно, возник через несколько пикосекунд после предшествующей выборки или за несколько пикосекунд до последующей выборки, либо где-нибудь между ними. Следовательно, интервал выборки определяет разрешение прибора. Развитие высокоскоростных компьютерных шин и устройств связи стимулирует потребность в логических анализаторах с повышенным разрешением по времени.

Технология регистрации данных Tektronix MagniVu™, стандартная функция в приборах серии TLA, является ответом на этот стимул. Технология регистрации данных MagniVu основана на применении высокоскоростной буферной памяти, которая с высокой частотой захватывает информацию в окрестности точки запуска. Здесь при заполнении памяти старые выборки также постоянно заменяются более новыми. В каждом канале имеется своя собственная буферная память MagniVu. В режиме регистрации данных MagniVu сохраняется динамическая, запись с высоким разрешением тех переходных процессов и событий, которые могут оказаться невидимыми при разрешении, используемом для регистрации данных в основной памяти.

Способ регистрации данных MagniVu – это ключ к передовой технологии приборов серии TLA для обнаружения трудноуловимых временных ошибок, таких как узкие выбросы и нарушения времени установки и фиксации, не поддающихся обнаружению с помощью обычных логических анализаторов. Как показано на рис. 14, эту запись с высоким разрешением можно просматривать на дисплее при полной синхронизации с другими временными диаграммами в основной памяти.

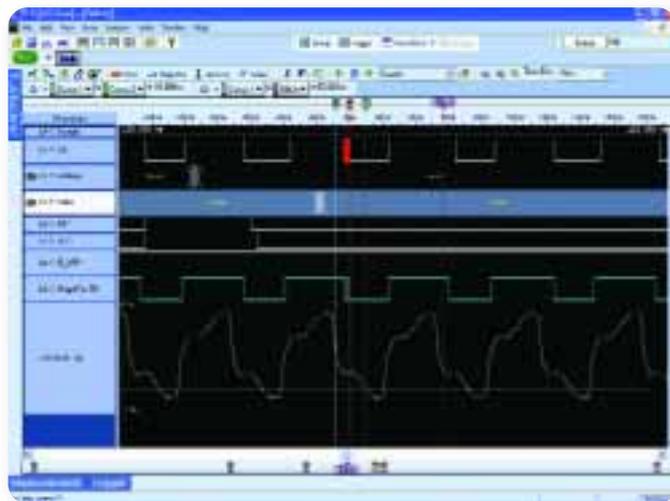
Встроенные аналого-цифровые инструментальные средства для поиска и устранения неполадок

Разработчики, предпринимающие попытки отслеживать цифровые ошибки, должны также учитывать ошибки и в области аналоговых сигналов. В современных системах с крутыми фронтами и большими скоростями передачи данных аналоговые характеристики, лежащие в основе цифровых сигналов, все больше влияют на поведение системы, – в особенности на надежность и воспроизводимость данных.

Из-за проблем в сфере аналоговых сигналов могут появляться искажения сигнала: несогласования импеданса, эффекты линии передачи сигнала и многие другие. Аналогично, искажения сигнала могут быть побочным продуктом проблем цифровой технологии, например, нарушений времени установки и фиксации. Существует высокая степень вероятности, что цифровые и аналоговые сигналы будут взаимодействовать между собой.

Первоначальное обнаружение аномалии и ее эффектов в цифровой области обычно происходит в логическом анализаторе. Этот прибор одновременно захватывает данные в десятках или даже сотнях каналов и в течение продолжительных промежутков времени; следовательно, именно этот инструмент регистрации данных с наибольшей вероятностью будет подсоединен к нужному сигналу в нужное время.

Описание характеристик искажений сигнала, сразу после их обнаружения – задача для осциллографа, работающего в режиме реального времени. Он может зарегистрировать



► Рис. 15. Синхронизированное по времени аналого-цифровое представление сигналов аномалии

каждый выброс и каждый переходной процесс с большой степенью детализации, с получением точных сведений об амплитуде и временных характеристиках. Отслеживание этих аналоговых характеристик зачастую самый короткий путь к решению проблем цифровой технологии.

Для эффективного поиска и устранения неполадок требуются инструментальные средства и методы, действующие в обеих областях. Захват данных, свидетельствующих о взаимодействии этих двух областей, и отображение этого взаимодействия как в аналоговом, так и в цифровом виде, является ключевым моментом эффективной системы поиска и устранения неполадок.

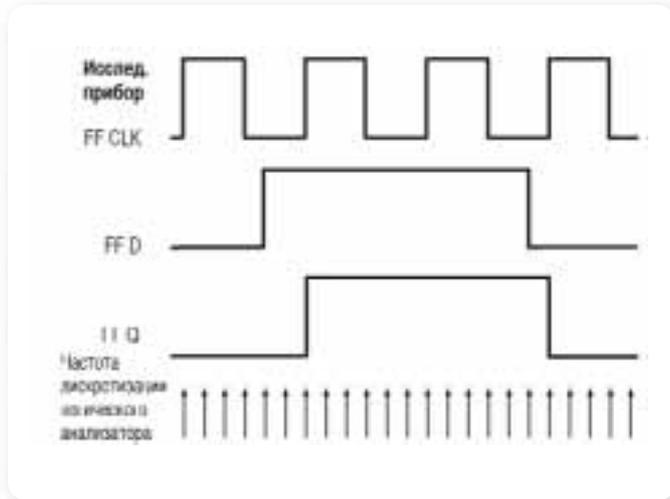
Некоторые современные решения, особенно логические анализаторы серии Tektronix TLA и осциллографы серии TDS включают функции, позволяющие объединять эти две платформы. Комплект инструментальных средств Tektronix iLink™ позволяет логическому анализатору и осциллографу работать, совместно используя запуск и отображение, синхронизированные по времени.

Программно-аппаратный пакет iLink™ состоит из нескольких элементов, разработанных для ускорения обнаружения проблем и устранения неполадок:

- **iCapture™** – обеспечивает одновременную регистрацию цифровых и аналоговых сигналов с помощью одного пробника логического анализатора.
- **iView™** – на экране отображаются синхронизированные по времени результаты комплексных измерений логического анализатора и осциллографа на экране дисплея логического анализатора.
- **iVerify™** – многоканальный анализ шины и верификация сигналов с помощью «глазковых» диаграмм осциллографа.

Основные сведения о логических анализаторах

Начальное руководство



► Рис. 16. Логический анализатор отображает форму сигнала (упрощенная схема)

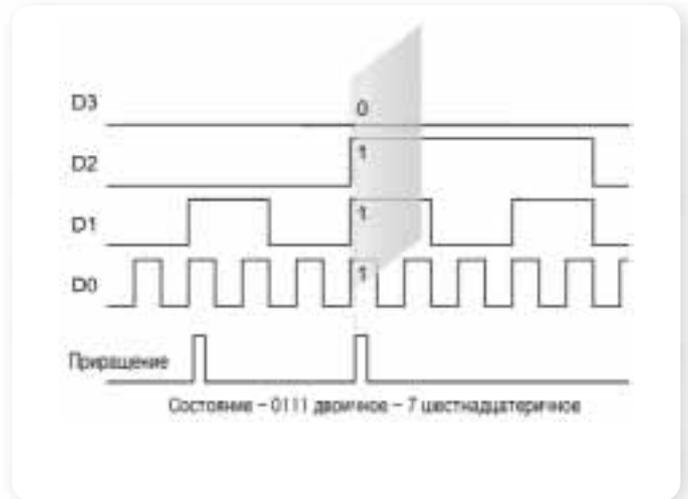
На рис. 15 представлен вид экрана дисплея логического анализатора серии TLA. Сигналы появляются как в аналоговом, так и в цифровом виде, так как сигналы логического анализатора TLA синхронизированы по времени с сигналами осциллографа TDS.

Анализ и отображение

Данные, сохраненные в памяти для регистрации данных в реальном масштабе времени, можно использовать в нескольких режимах отображения и анализа. Сразу после сохранения информации в системе, ее можно просматривать в форматах, начиная от временных диаграмм до мнемоник команд, коррелированных с исходным кодом.

Экран отображения сигналов

Экран отображения сигналов – это многоканальное подробное представление информации на экране, которое позволяет просматривать временные соотношения всех захваченных сигналов; сильно напоминает экран осциллографа. На рис. 16 показан упрощенный вид экрана отображения сигналов. На этом рисунке добавлены метки частоты дискретизации, чтобы показать точки, в которых были отобраны выборки.



► Рис. 17. При регистрации данных состояния захватывается «срез» данных поперек шины, когда внешний тактовый сигнал включает регистрацию данных

Выборка	Счетчик	Счетчик	Отметка времени
0	0111	7	0 пс
1	1111	F	114 000 нс
2	0000	0	228 000 нс
3	1000	8	342 000 нс
4	0100	4	457 000 нс
5	1100	C	570 500 нс
6	0010	2	685 000 нс
7	1010	A	799 000 нс

► Рис. 18. Экран списка

Экран отображения сигналов обычно используется при временном анализе и является идеальным для:

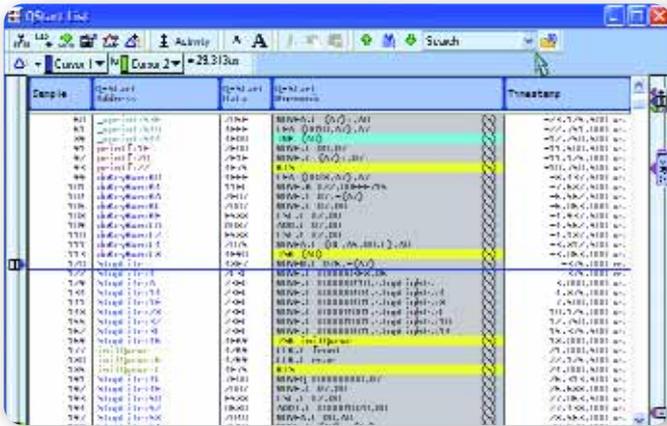
- Диагностики временных проблем в аппаратной части исследуемого прибора.

Проверки правильности работы оборудования путем сравнения записанных результатов с выходными данными имитатора или справочными временными диаграммами.

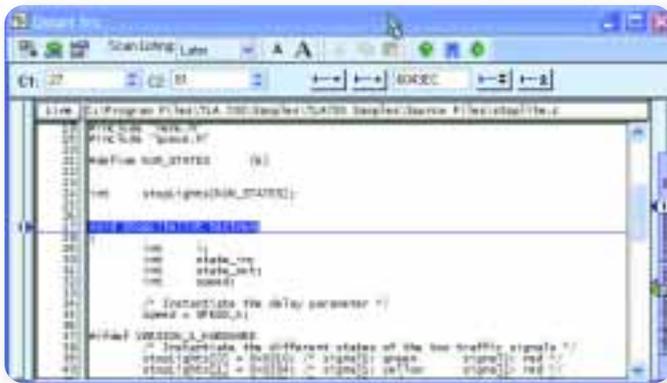
- Измерения характеристик, связанных с временными характеристиками оборудования:

- логические гонки;
- задержки распространения;
- отсутствие или наличие импульсов;

- анализ выбросов.



► Рис. 19. Экран устройства регистрации состояния, работающее с командами в реальном масштабе времени

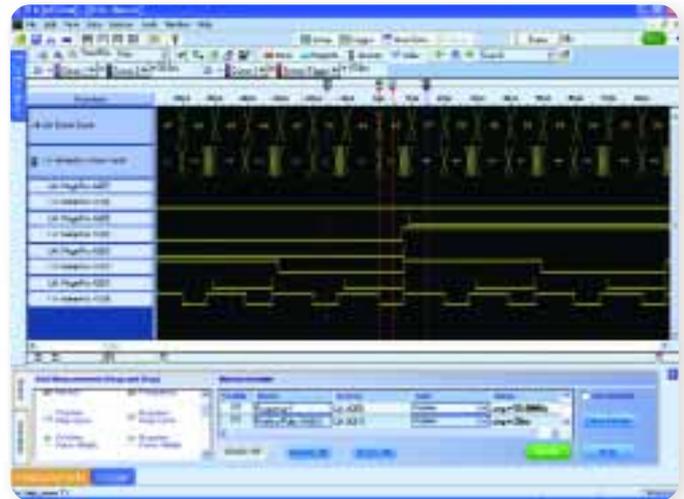


► Рис. 20. Экран исходного кода. Строка 27 на этом экране соответствует выборке 120 на экране данных устройства регистрации состояния, работающего с командами, рис. 19

Экран списка

На экране списка выводится информация о состоянии оборудования в буквенно-числовом виде по выбору пользователя. Значения данных в списке получаются из выборок, захваченных со всей шины, и могут быть представлены в шестнадцатеричном или других форматах.

Представьте себе вертикальный «срез» всех сигнальных кривых на шине, как показано на рис. 17. Срез через четырехбитовую шину представляет собой выборку, которая хранится в памяти для регистрации данных в масштабе реального времени. Как видно из рис. 17, цифры в затененном срезе являются теми значениями, которые будут отображаться на экране логического анализатора, обычно в виде шестнадцатеричного числа.



► Рис. 21. Автоматизированные измерения для повышения производительности

Экран списка предназначен для отображения состояния исследуемого прибора. Экран списка на рис. 18 позволяет увидеть информационный поток точно в таком же виде, в каком его «видит» исследуемый прибор – в виде потока информационных слов.

Данные о состоянии отображаются в нескольких форматах. Устройство регистрации состояния, работающее с командами в реальном масштабе времени, деассемблирует каждую транзакцию шины и точно определяет, какие команды считывались шиной. Оно выводит соответствующие мнемоники команд вместе с их адресами на экран логического анализатора. На рис. 19 приведен пример отображения данных устройства регистрации состояния, работающего с командами в реальном масштабе времени.

Дополнительный экран, экран отладки исходного кода, делает работу по отладке более эффективной за счет корреляции исходного кода с архивными данными устройства регистрации состояния, работающего с командами. Он моментально предоставляет сведения о том, что происходит в действительности, когда выполняется команда. Рис. 20 – это экран исходного кода, коррелированный с устройством регистрации состояния, работающим с командами в реальном масштабе времени.

С помощью пакетов ПО, поддерживающих данный процессор, данные анализа состояния можно отобразить в виде мнемоник. Это облегчает отладку ПО в исследуемом приборе. Вооруженные этими знаниями, вы можете перейти к экрану состояния более низкого уровня (например, к шестнадцатеричному виду) или отображению временной диаграммы, чтобы проследить происхождение ошибки.

Основные сведения о логических анализаторах

Начальное руководство

Анализ состояния включает:

- ▶ Анализ параметров и границ (например, значения установки и фиксации)
- ▶ Обнаружение нарушений временных параметров установки и фиксации
- ▶ Интеграцию и отладку оборудования и программного обеспечения
- ▶ Оптимизацию системы
- ▶ Отслеживание данных по всему прибору

Автоматизированные измерения

Автоматизированные измерения, поддерживающие технологию «Drag and drop», предоставляют возможность выполнять сложные измерения на основе зарегистрированных логическим анализатором данных. Имеется возможность выполнения большого числа измерений, подобных измерениям на осциллографе, включающих измерения частоты, периода, длительности импульса, скважности и параметров фронта. Автоматизированные измерения дают возможность получать стабильные и точные результаты, быстро распространяя результаты измерения на очень большие размеры выборки. Выполнять измерения просто: щелкните значок измерения, выбранный из группы связанных значков, появляющихся на панели с вкладками; перетащите значок на запись кривой в основном окне и отпустите кнопку мыши. Логический анализатор настраивает измерения, выполняет необходимые этапы анализа (например, расчет длительности импульса) и отображает результат, как показано на рис. 21. Следует учитывать, что эти этапы выполняются полностью автоматически, позволяя пользователю отказаться от ранее использовавшихся трудоемких ручных методов измерения.

Вопросы быстродействия

Существует ряд количественных показателей быстродействия и эффективности логического анализатора; некоторые из них связаны с частотой выборки. Это ось частоты измерения, аналогичная временной оси цифрового осциллографа. Некоторые термины сбора данных и синхронизации также знакомы пользователям цифровых осциллографов, но имеется и ряд атрибутов, используемых только в цифровой области логических

анализаторов. Поскольку в логическом анализаторе не предусматривается фиксация и восстановление формы аналогового сигнала, особое значение имеют такие параметры как число каналов и режимы синхронизации (тактирования), в то время как аналоговые параметры, например погрешность усиления по вертикали, являются второстепенными.

Далее рассмотрены вопросы быстродействия применительно к лучшим в отрасли логическим анализаторам серии Tektronix TLA Series, обеспечивающим возможности, достаточные для самых сложных задач проектирования цифровых систем.

Частота выборки по времени

Самая распространенная задача, выполняемая логическими анализаторами, это построение временных диаграмм на основе собранных данных. При правильной работе проверяемого устройства и точной настройке сбора данных на экране логического анализатора отображается временная диаграмма, идентичная диаграмме, полученной в системе проектирования или приведенной в справочнике.

Однако правильное отображение временной диаграммы зависит от разрешения логического анализатора—то есть от частоты выборки. Выборка по времени осуществляется асинхронно, то есть тактовая частота выборки не согласована с входным сигналом. Чем выше частота выборки, тем больше вероятность, что будет точно обнаружен момент события, например перехода.

Например, логический анализатор серии TLA с частотой выборки 2 ГГц обеспечивает разрешение по времени 500 пс. Таким образом, в худшем случае переходы на временной диаграмме находятся в пределах 500 пс от их фактического положения.

Частота выборки по состояниям

Выборка по состояниям выполняется синхронно. Тактовые сигналы выборки задаются внешней синхронизацией от проверяемого устройства. Выборка по состояниям позволяет инженерам проследить потоки данных, выполнение программ процессоров и функционирование шин. В логических анализаторах, например приборах серии TLA, предусмотрена частота выборки по состояниям до 450 МГц с длительностью окна установки и фиксации 625 пс по всем каналам, что обеспечивает точную фиксацию данных.

Основные сведения о логических анализаторах

Начальное руководство

Следует отметить, что эта частота относится к переходам на шинах и входах-выходах проверяемого устройства, а не к его внутренней тактовой частоте. Внутренняя тактовая частота устройства может составлять несколько гигагерц, однако связь с шинами и другими устройствами осуществляется на частотах того же порядка, что и частоты выборки логического анализатора.

Частота выборки MagniVu

Выборка MagniVu применяется в режимах построения временных диаграмм и выборки по состояниям. Выборка MagniVu обеспечивает повышенное разрешение по всем каналам путем накопления дополнительных выборок в области точек запуска, что упрощает поиск неполадок. Кроме того, имеется возможность настройки частот выборки MagniVu, переноса моментов запуска и отдельной синхронизации MagniVu, запускаемой независимо от основной синхронизации.

Длина записи

Длина записи – еще одна ключевая характеристика логического анализатора. Логический анализатор, в котором могут храниться данные за большой отрезок времени, удобен, поскольку симптом, по которому производится запуск выборки, может проявиться через значительное время после вызвавшей его причины. При достаточной длине записи часто удается зафиксировать и просмотреть оба эти события, что существенно упрощает устранение неполадок.

Логический анализатор серии TLA можно настроить на различные длины записи. Кроме того, можно соединить последовательно память нескольких (не более четырех) каналов и вчетверо увеличить доступную глубину анализа. Таким образом, при необходимости можно получить значительную длину записи, либо добиться качества, обеспечиваемого значительной длиной записи, в меньшей, недорогой конфигурации.

Число каналов и модульное построение

От числа каналов логического анализатора зависит его способность работать с широкими шинами данных и многочисленными контрольными точками, расположенными по всей системе. Кроме того, число каналов имеет значение при перенастройке длины записи прибора: для того, чтобы удвоить или учетверить длину записи, требуется соответственно два или четыре канала.

При современной тенденции к распространению скоростных последовательных шин число каналов приобретает особое значение. Например, 32-разрядный последовательный пакет данных необходимо распределить не на один, а на 32 канала логического анализатора. Иными словами, переход от параллельной архитектуры к последовательной не повлиял на необходимость обеспечения большого числа каналов.

Автономный логический анализатор серии TLA допускает настройку числа каналов в широком диапазоне. Модульный логический анализатор серии TLA работает с различными модулями сбора данных и допускает соединение нескольких приборов для увеличения числа каналов. В конечном счете такая система может обеспечивать тысячи каналов сбора данных. Модульная архитектура серии TLA обеспечивает уникальную возможность поддержки синхронизации и малую задержку между модулями, даже если они установлены в разных основных блоках.

Запуск

Гибкие возможности запуска являются ключевым средством для быстрого и эффективного обнаружения малозаметных неполадок. Запуск логического анализатора связан с установкой условий; когда эти условия выполнены, собранные данные фиксируются и отображается результат. Прекращение сбора данных показывает, что условие запуска выполнено (если не возникло исключение по истечении заданного времени).

В настоящее время настройка типичных режимов запуска осуществляется перетаскиванием, что существенно упрощает эту операцию. Такой способ настройки запуска позволяет пользователям не разрабатывать сложные настройки запуска для решения повседневных задач синхронизации. Как показывают приведенные далее примеры применения, логический анализатор обеспечивает также разнообразные способы специализации запуска, позволяющие решать более сложные задачи.

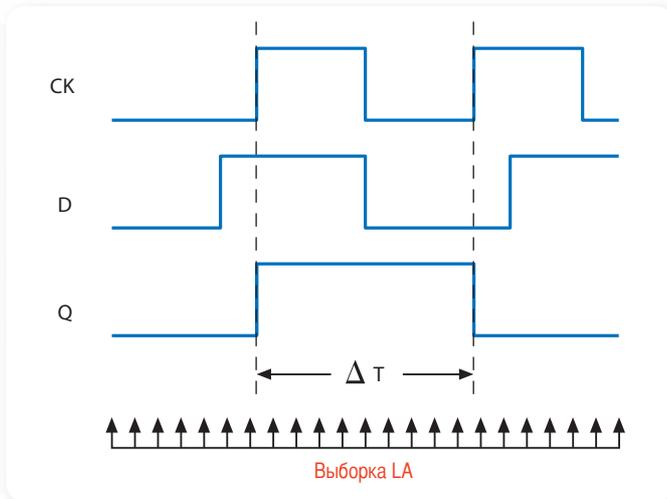
Кроме того, в логических анализаторах помимо запуска по выбросу и по установке-фиксации предусмотрено несколько состояний запуска, распознавание слов, распознавание фронтов и переходов, распознавание диапазона, таймеры и счетчики, а также распознавание снимка.

Подсоединение пробников

С каждым новым поколением электронных устройств плотность монтажа и быстродействие существенно возрастают, и способы подсоединения пробников приобретают все большее значение для функционирования логического анализатора. Пробники должны обеспечивать плотность каналов, соответствующую параметрам проверяемого устройства, надежное подключение и сохранение качества сигнала.

Основные сведения о логических анализаторах

Начальное руководство



► Рис. 22. Пример с D-триггером; влияние частоты выборок на разрешение

Технология D-Max™, положенная в основу конструкции безразъемных пробников к логическим анализаторам Tektronix, представляет один из новаторских подходов к решению этих задач. Она обеспечивает прочное и надежное механическое и электрическое соединение пробника со схемной платой. Лучшие в отрасли характеристики входной емкости позволяют минимизировать влияние пробника на исследуемый сигнал. Форма этих прижимных пробников соответствует форме площадок на печатной плате, что позволяет сэкономить место на плате, а также свести к минимуму сложность и стоимость ее разводки.

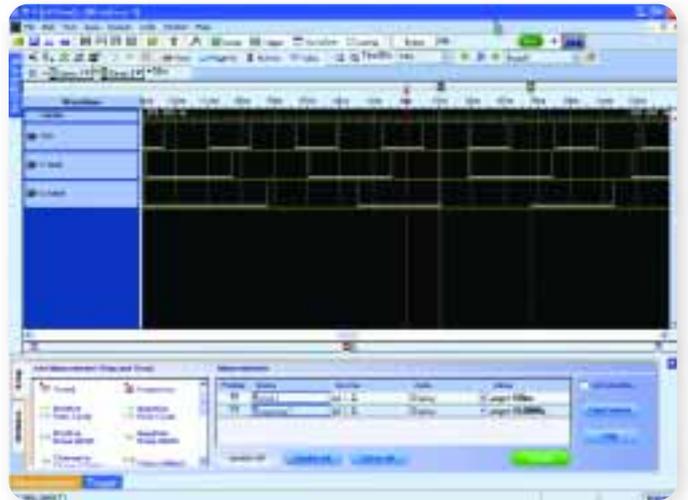
Примеры применения логического анализатора

В примерах применения приведены типичные задачи измерений и способы их решения. Даны упрощенные пояснения, касающиеся ряда основных приемов регистрации сигналов с помощью логического анализатора и отображения полученных данных. Некоторые этапы настройки и сведения о конфигурации опущены для краткости. Дополнительные сведения см. в документации на прибор, руководствах по применению и других источниках технической информации.

Временные измерения общего назначения

Важнейший этап проверки цифровой системы – обеспечение правильных временных соотношений между ее важнейшими сигналами. Необходимо проверять самые разнообразные временные параметры и сигналы: задержки распространения, длительность импульсов, характеристики установления и фиксации, асимметрию сигналов и многое другое.

Для эффективного измерения временных параметров требуется прибор, обеспечивающий выборку с высоким разрешением по многим каналам при минимальной нагрузке на исследуемые цепи. Такой прибор должен иметь возможности гибкой настройки запуска, что помогает разработчику быстро обнаруживать неполадки,



► Рис. 23. Частота выборки по отношению к разрешению

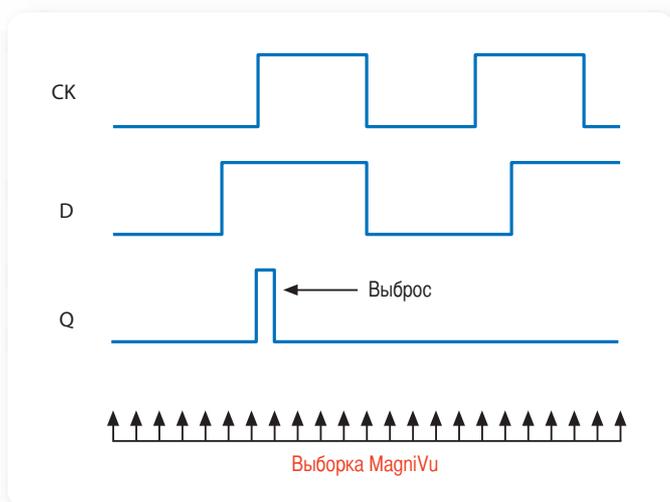
задавая условия запуска в явном виде. Кроме того, такой прибор должен обеспечивать средства отображения и анализа, что упрощает интерпретацию продолжительных записей.

Измерения временных параметров, как правило, требуются при проверке нового цифрового устройства. Следующий пример иллюстрирует измерение временных параметров D-триггера, подключение которого показано на рис. 22. Пример основан на характеристиках логического анализатора Tektronix серии TLA. В реальном случае в подобном измерении могут одновременно собираться данные по сотням и даже тысячам сигналов. Но в любом случае, принцип остается тем же и, как показывает приведенный пример, измерение временных параметров производится быстро, легко и точно.

- Настройка запуска и тактирования. В примере использована настройка «IF Anything, THEN Trigger» (IF любое событие THEN запуск) и внутреннее (асинхронное) тактирование. Имеется также этап настройки, оставшийся за пределами данного обсуждения. Это присвоение сигналам имен и распределение их по каналам логического анализатора.
- После выполнения операции Run (пуск) для сбора данных сигнал, с помощью элемента управления положением по горизонтали или полосы прокрутки памяти устанавливается такое положение данных на экране, чтобы метка запуска (помеченная буквой «T») находилась на экране.
- Наведите указатель мыши на нарастающий фронт сигнала Q и щелкните правой кнопкой мыши. Выберите в контекстном меню команду Move cursor 1 (переместить сюда курсор 1), которая переместит первый измерительный курсор в указанное место. Теперь можно привязать курсор к нарастающему фронту с помощью функции перетаскивания. От этого курсора будет отсчитываться измеряемый временной интервал.

Основные сведения о логических анализаторах

Начальное руководство

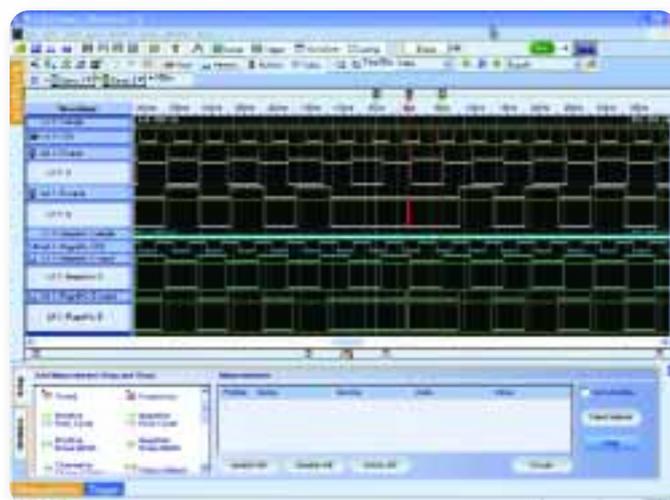


► **Рис. 24.** Пример с D-триггером; применение режима MagniVu позволяет повысить разрешение

- Наведите указатель мыши на задний фронт сигнала Q. Щелкните правой кнопкой мыши и выберите команду Move cursor 2 here (переместить сюда курсор 2), чтобы установить курсор. Снова используйте функцию привязки курсора, для упрощения установки курсора по фронту. На этом измерение временного интервала заканчивается.
- Поскольку по оси Y экрана отсчитывается время, разность между положениями курсора 2 и курсора 1 представляет собой результат измерения времени. Результат, равный 52 нс, появляется на экране в поле Delta Time (интервал времени). Разрешение измерения зависит от частоты выборки; на рис. 23 оно равно 2 нс, как показано отметками на осциллограмме Sample (выборка). Следует отметить, что при измерении интервала времени разрешение по времени не может быть меньше, чем интервал выборки.

Обнаружение и отображение нерегулярных выбросов

Выбросы – это головная боль для всех разработчиков цифровых систем. Эти блуждающие импульсы появляются случайным образом и могут быть нерегулярными по амплитуде и длительности. Их очень трудно обнаружить и зафиксировать, и в то же время воздействие непредсказуемого выброса может привести к неработоспособности системы. Например, логический элемент вполне может «спутать» выброс с тактовым импульсом. Это, в свою очередь, приводит к преждевременной отправке данных на шину и вызывает ошибку, распространяющуюся, как волна, по всей системе.



► **Рис. 25.** Запуск по выбросу с применением режима MagniVu позволяет повысить разрешение

Выбросы вызываются самыми разнообразными причинами: перекрестными помехами, индуктивной связью, логическими гонками, нарушениями временных соотношений и многими другими. Выбросы могут не обнаруживаться при обычном измерении временных характеристик на логическом анализаторе просто потому, что они слишком кратковременны. Выброс может появиться и пропасть в промежутке между двумя выборками логического анализатора.

Надеяться на фиксацию столь кратковременных явлений можно только имея логический анализатор с очень высоким временным разрешением (то есть с высокой тактовой частотой при работе в асинхронном режиме). В идеальном случае логический анализатор должен автоматически выделять выброс и соответствующий канал.

Далее приведен пример захвата узкого выброса при помощи логического анализатора серии TLA. В качестве исследуемого устройства снова выступает D-триггер, временная диаграмма сигналов которого изображена на рис. 24. Высокое разрешение в режиме MagniVu позволяет с высокой точностью обнаружить выброс и вывести его на экран.

Этот пример также не является подробным руководством; описание некоторых этапов опущено, что соответствует уровню данного начального пособия.

- Рассмотренные настройки запуска позволяли отображать осциллограммы в окне регистрации. Фиксация выброса без руда выполняется с помощью запуска перетаскиванием.
- Щелкните вкладку Trigger (запуск) в нижней части экрана.

Основные сведения о логических анализаторах

Начальное руководство

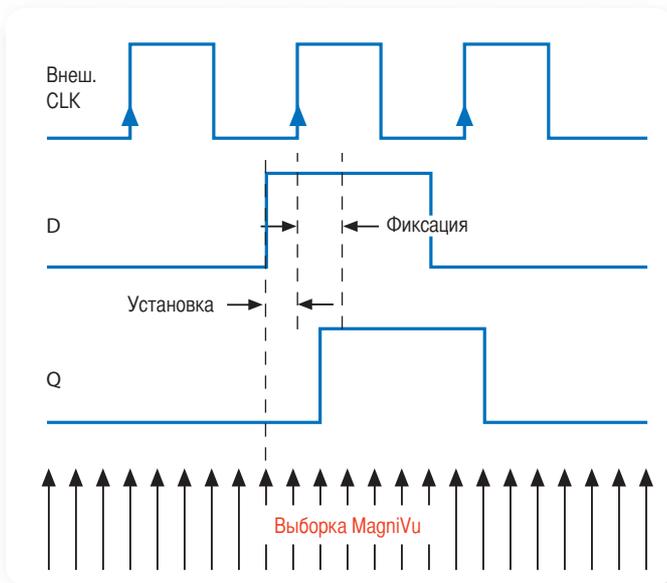


Рис. 26. Временные соотношения установки и фиксации

- ▶ Выберите параметр Glitch Trigger (запуск по выбросу), перетащите его на осциллограмму шины.
- ▶ Теперь нажмите кнопку Run (пуск). Затем выбросы на этих шинах захватываются и отображаются в окне регистрации.

Сбор данных показан на рис. 25. На экране отображается несколько каналов, добавленных (для этого служит отдельный этап настройки, не требующий повторного сбора данных), чтобы вывести на экран результаты сбора данных с высоким разрешением в режиме MagniVu.

На осциллограмме выхода Q виден красный флажок с левой стороны (то есть ранее) метки запуска. Это свидетельствует о том, что в красной области между точкой выборки в момент запуска и предыдущей выборкой данных обнаружен выброс. В канале MagniVu, соответствующем выходу Q, (нижняя осциллограмма) точно показано, в каком месте появляется выброс. Теперь известно положение выброса во времени, а длительность выброса можно измерить с помощью функций лупы и курсора.

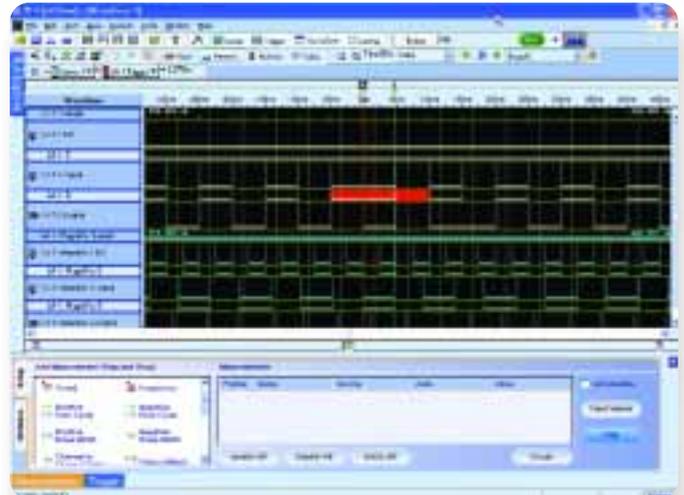
Обнаружение нарушений времени установки и фиксации

Время установки (или установления) определяется как минимальное время до фронта импульса, передающего данные в устройство, в течение которого данные должны оставаться правильными и стабильными (см. рис. 26). Время фиксации (или удержания) – это минимальное время после фронта указанного импульса, в течение которого данные должны оставаться правильными и стабильными.

Производители цифровых устройств задают параметры установки и фиксации, и инженерам приходится заботиться о том, чтобы в их устройствах эти параметры соблюдались. Но сейчас, в условиях ужесточения допусков и повсеместного



Рис. 27. Экран с событием установки и фиксации



▶ Рис. 28. В результате на экране отображаются временные соотношения установки и фиксации

распространения быстродействующих компонентов с целью повышения производительности, нарушения условий установки и фиксации становятся все более распространенными.

Эти нарушения могут привести к тому, что выходные сигналы устройства станут нестабильными (это нарушение известно под названием «метастабильность»), что вызывает появление неожиданных выбросов и других ошибок. Разработчикам необходимо внимательно исследовать свои схемы на предмет определения, не приводят ли нарушения правил проектирования к появлению проблем связанных с установкой и фиксацией.

В последние годы требования по временам установки и фиксации стали настолько жесткими, что большинство обычных логических анализаторов общего назначения не позволяют обнаружить и записать нужные события. Единственным решением этой задачи является логический анализатор с субнаносекундным разрешением по выборке. Логические анализаторы Tektronix серии TLA с возможностью выборки в режиме MagniVu хорошо зарекомендовали себя при измерении времени установки и фиксации.

В следующем примере описан режим синхронной выборки, в котором выборка синхронизируется внешним сигналом. Независимо от режима, функция MagniVu доступна всегда. Она обеспечивает сбор данных с высоким разрешением вокруг точки запуска. В качестве исследуемого устройства снова выступает D-триггер с одним выходом, но пример относится и к устройствам с сотнями выходов.

Применение выборки в режиме MagniVu для просмотра данных обеспечивает максимально возможное разрешение по времени. Следует отметить, что для этого учебного пособия специально созданы окна данных, содержащие только накопленные данные MagniVu. Поскольку запуск осуществляется по нарушению условий установки и фиксации, функция MagniVu позволяет получить наилучшее разрешение по времени в области этого нарушения.

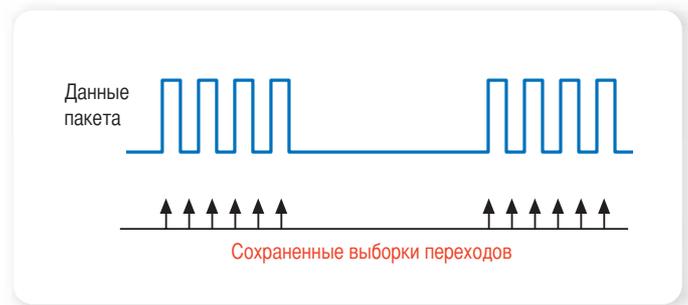
В приведенном примере исследуемое устройство обеспечивает внешний тактовый сигнал, управляющий синхронной выборкой. Настройку режимов синхронизации логического анализатора перетаскиванием можно использовать для создания режима синхронизации по установке и фиксации. Эта модель предоставляет уникальную возможность легко задавать параметры нарушения временных соотношений установки и фиксации в явном виде, как показано на рис. 27. В окне настройки имеются дополнительные подменю, к которым можно настроить другие параметры определения сигнала, в том числе логические условия и положительную или отрицательную полярность синхроимпульса.

При запуске теста логический анализатор фактически оценивает возможность нарушения параметров установки и фиксации на всех нарастающих фронтах тактового сигнала. Он прослеживает миллионы событий и захватывает только те из них, в которых не выполняются требования по времени установки и фиксации. Полученное изображение на экране показано на рис. 28. Здесь время установки равно 2,375 нс, что значительно меньше, чем заданный предел 10 нс.

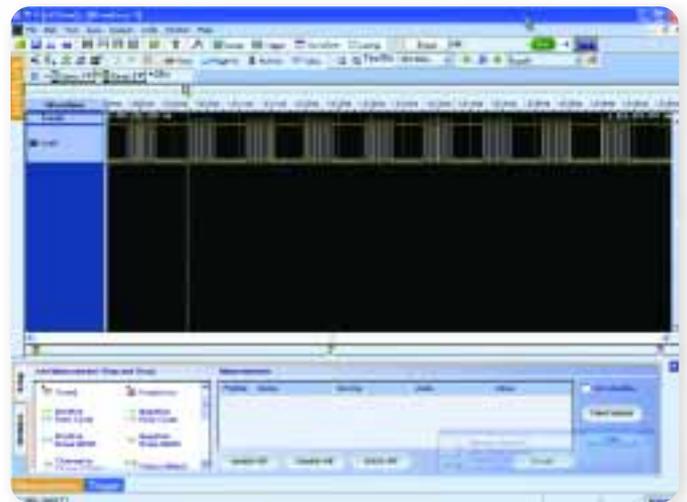
Применение памяти переходов для получения записи максимальной полезной длины

Иногда сигнал исследуемого устройства состоит из случайных скоплений событий, разделенных продолжительными интервалами бездействия. Например, в некоторых типах радиолокационных систем внутренние цифроаналоговые преобразователи действуют во время передачи пакетов данных, разделенных большими промежутками.

Способы сбора и хранения данных, принятые в обычных логических анализаторах, трудно использовать для решения подобных задач. В приборе для хранения каждого интервала выборки используется одна область памяти. Этот способ



► Рис. 29. В памяти переходов сохраняются только данные, относящиеся к моментам переходов



► Рис. 30. Снимок экрана, демонстрирующий работу с памятью переходов

называется «хранение всех записей». При этом память выборки данных быстро заполняется не изменяющимися данными, что приводит к расходу емкости памяти, необходимой для захвата нужных данных – пакетов активного сигнала.

Эта проблема решается применением подхода, называемого «хранение переходов», при котором хранятся только данные о моментах переходов. Реализация этого подхода представлена на рис. 29. Логический анализатор выполняет выборку тогда и только тогда, когда данные изменяются. Пакеты данных, разделенные секундами, минутами, часами, даже днями, захватываются с обеспечением полного разрешения основной памяти выборок логического анализатора. Прибор проводит продолжительное время в состоянии ожидания. Следует отметить, что эти продолжительные периоды бездействия не игнорируются.

Основные сведения о логических анализаторах

Начальное руководство

Наоборот, в течение этих периодов производится постоянное слежение. Однако данные при этом не записываются.

Следующий пример иллюстрирует реализацию такого решения с помощью логического анализатора серии TLA. Гибкий алгоритм запуска с логическим оператором IF/THEN и на этот раз оказывается лучшим средством обнаружения уникальных обстоятельств, которые фиксируются в памяти переходов.

В интерфейсе приборов серии TLA имеется раскрывающееся меню Storage (память), в котором можно выбрать пункт Transitional (переходы) или All (все). При этом появляется меню, в котором можно выбрать пункт «IF Channel Burst=High THEN Trigger» (IF Пакет в канале=High THEN Запуск).

После запуска теста с такими условиями на экране появляется изображение, аналогичное приведенному на рис. 30. Здесь в пакете содержится девять групп по восемь импульсов, каждый длительностью 22 нс; группы разделены интервалами покоя продолжительностью 428 нс. Память переходов позволяет прибору захватить все шестнадцать групп, включая семь оставшихся за пределами экрана, затратив всего 256 ячеек памяти. В окне представлено почти 3,8 мс времени выборки, причем группы повторяются каждые 2 мс.

В отличие от этого способа, в режиме хранения всех выборок была бы захвачена только одна группа, с использованием 512 К памяти, что в две тысячи раз больше. Выделенная память заполнилась бы в течение приблизительно 1 мкс, и большая ее часть была бы занята пустыми неактивными циклами. Память переходов позволяет при каждом запуске сбора данных накопить намного больше полезной информации.

Выводы

Логические анализаторы необходимы при отладке цифровых систем на всех уровнях. Поскольку быстродействие и сложность цифровых устройств повышается, логические анализаторы должны отвечать новым требованиям. Они должны обеспечивать достаточное быстродействие, чтобы захватить самые кратковременные и мимолетные признаки аномального поведения устройства, возможность просмотра всех каналов с высоким разрешением и глубину памяти, позволяющую разобраться во взаимных связях десятков, сотен и даже тысяч сигналов на протяжении многих циклов.

Этот документ относится к логическим анализаторам Tektronix серии TLA, которые отвечают всем перечисленным требованиям. В нем описано, каким образом различные характеристики, в частности запуск (и способ его использования), выборка с высоким разрешением и такие нововведения, как

одновременный сбор данных по временным параметрам и состояниям на одном пробнике, вносят свой вклад в обеспечение эффективной работы логического анализатора.

Использование запуска может помочь подтвердить существование предполагаемой проблемы или обнаружить совершенно неожиданную ошибку. Что особенно важно, система запуска предоставляет разнообразный набор средств для проверки предположений о сбоях и местных нерегулярно возникающих событиях. Широкий диапазон параметров запуска логического анализатора является признаком его универсальности.

Архитектуры с высокими частотами выборки, например режим MagniVu, позволяют выявить в сигналах незаметные детали. Большая частота выборки, как в режиме MagniVu, дает больше возможностей обнаружить изменения, двоичных данных, как преднамеренные, так и случайные.

Регистрация на одном пробнике данных о состояниях и временных диаграммах – идея, время которой пришло. Эта возможность во все большей степени позволяет разработчикам накапливать значительные объемы данных по своим устройствам, затем анализировать соотношения временных диаграмм и высокоуровневые изменения состояний. Другие коррелированные представления также помогают в устранении неполадок: коррелированные во времени цифровые и аналоговые осциллограммы, просмотр списков и протоколов, многоканальные глазковые диаграммы, прослеживание работы программ в реальном масштабе времени, построение гистограмм и многие другие возможности.

Ряд других характеристик, таких как объем памяти данных, функции отображения и анализа, интеграция с аналоговыми приборами и даже модульная конструкция, вместе делают логические анализаторы лучшим средством быстрого поиска неполадок в цифровых системах и обеспечения быстрого выполнения графика разработок. Лучшие в отрасли логические анализаторы серии TLA разработаны с учетом современных задач и будут решать новые задачи по мере их появления.

Глоссарий

(Для упрощения ссылок в словарь включены также распространенные термины, не использованные в данном документе).

Ball Grid Array (BGA): Тип корпуса интегральной схемы.

Fine-pitch Ball Grid Array (FBGA): Тип корпуса интегральной схемы.

iCapture™ Multiplexing: Обеспечивает одновременный сбор цифровых и аналоговых данных через пробник логического анализатора.

iLink™ Toolset: Комплект из нескольких элементов, предназначенный для ускорения поиска и устранения неполадок. В него входят следующие компоненты: iCapture™ Multiplexing, iView™ Display и iVerify™ Analysis.

iVerify™ Analysis: Обеспечивает анализ многоканальных шин и проверку с помощью глазковой диаграммы, полученной на осциллографе.

iView™ Display: Обеспечивает отображение согласованных по времени совместных измерений с помощью логического анализатора и осциллографа на экране логического анализатора.

Амплитуда: Величина, количественно характеризующая силу сигнала. В электронике амплитуда обычно выражается в единицах напряжения или мощности.

Аналоговый сигнал: Сигнал с непрерывно изменяющимся напряжением.

Аналого-цифровой преобразователь (АЦП): Цифровой электронный компонент, преобразующий аналоговый сигнал в дискретные двоичные значения.

Асинхронный: Не синхронизированный. Логический анализатор работает со своей собственной частотой выборки. Эта частота не зависит от временных параметров исследуемого устройства и не связана с ними. Это основной способ синхронизации в режиме записи временных диаграмм.

Байт: Единица цифровой информации, состоящая из восьми бит.

Бит: Двоичная цифра, принимает состояние 1 или 0.

Волна: Общий термин, описывающий форму сигнала, повторяющуюся во времени. Распространенные виды волн: синусоидальная, меандр, прямоугольная, пилообразная, треугольная, ступенчатая, импульсная, периодическая, непериодическая, синхронная, асинхронная.

Вольт (В): Единица разности электрических потенциалов.

Время нарастания: Время, за которое нарастающий фронт импульса переходит от нижнего значения к верхнему. Обычно измеряется между уровнями 10% и 90%.

Вход-выход (I/O): Обычно название сигналов, поступающих в устройство или исходящих из него.

Выборка: Преобразование части входного сигнала в дискретные значения для хранения, обработки или отображения в приборе.

Выброс: Нерегулярная высокочастотная ошибка в схеме. **Герц (Гц):** Один период в секунду. Единица частоты.

Гигабайт (ГБ): 1 миллиард байт информации.

Гигабит (Гб): 1 миллиард бит информации.

Гигагерц (ГГц): 1 миллиард герц.

Гигапередача в секунду (Гпер./с): Один миллиард передач данных в секунду.

Децибел (дБ): Единица, выражающая относительные различия двух электрических сигналов по мощности, равна логарифму отношения двух уровней, умноженному на десять.

Длина записи: Число точек осциллограммы, используемое для создания записи сигнала.

Длительность импульса: Время, за которое величина импульса изменяется от нижнего значения к верхнему и снова возвращается к нижнему значению. Обычно измеряется на уровне 50% полного напряжения.

Запуск: Схема, создающая опорную точку горизонтальной развертки измерительного прибора. Задержка синхронизации. Элемент управления, позволяющий настроить промежуток времени после запуска, в течение которого повторный запуск прибора невозможен.

Импульс: Типичная форма осциллограммы, имеет крутой нарастающий фронт, длительность и крутой ниспадающий фронт.

Интегральная схема (ИС): Набор компонентов и соединений между ними, вытравленных или впечатанных в кристалл.

Исследуемая система: Система, исследуемая с помощью измерительного прибора.

Исследуемое устройство: Устройство, исследуемое с помощью измерительных приборов.

Источник сигналов: Прибор, подающий испытательный сигнал на вход схемы. Данные с выхода схемы считываются измерительным прибором. Называется также генератором сигналов.

Килогерц (кГц): 1 тысяча герц.

Коэффициент ослабления: Степень уменьшения амплитуды сигнала при его распространении из одной точки в другую.

Курсор: Экранный маркер, который можно установить на осциллограмме, чтобы провести более точные измерения.

Логический анализатор: Прибор, предназначенный для визуализации изменений во времени логических состояний многих цифровых сигналов. Позволяет анализировать цифровые данные и представлять их в виде выполнения программ в реальном времени, значений потока данных, последовательности состояний и т. п.

Мегабайт (МБ): 1 миллион байт информации.

Основные сведения о логических анализаторах

Начальное руководство

Мегабит (Мб): 1 миллион бит информации.

Мегавыборок в секунду (Мвыб./с): Скорость выборки, равная одному миллиону выборок в секунду.

Мегагерц (МГц): 1 миллион герц.

Мегапередат в секунду (Мпер./с): Один миллион передач данных в секунду.

Микросекунда (мкс): Единица времени, равная 0,000001 секунды.

Миллисекунда (мс): Единица времени, равная 0,001 секунды.

Модуль DIMM (Dual Inline Memory Module): Самое распространенное конструктивное исполнение модулей динамического ОЗУ в платформах ПК.

Модуль FB-DIMM (Fully Buffered Dual Inline Memory Module): Архитектура памяти нового поколения.

Нагрузка: Непреднамеренное воздействие пробника и осциллографа на исследуемую схему, искажающее сигнал.

Наносекунда (нс): Единица времени, равная 0,000000001 секунды. Напряжение. Разность электрических потенциалов между двумя точками. Измеряется в вольтах.

Оперативное запоминающее устройство (ОЗУ): Устройство памяти, в котором доступ к информации осуществляется в произвольном порядке.

Осциллограф с цифровым люминофором: Тип цифрового осциллографа, в котором точно моделируются характеристики экрана аналогового осциллографа при сохранении обычных преимуществ цифрового осциллографа (хранение осциллограмм, автоматизированные измерения и т.п.) В осциллографе с цифровым люминофором используется архитектура параллельной обработки для передачи сигнала на растровый экран, обеспечивающий просмотр сигнала в реальном времени с различной яркостью. В осциллографе с цифровым люминофором сигналы отображаются в трех измерениях: амплитуда, время и распределение амплитуды во времени.

Осциллограф: Прибор, предназначенный для визуализации изменений напряжения во времени. Слово «осциллограф» происходит от слова «осциллировать», то есть колебаться, поскольку осциллографы часто применяются для исследования электрических колебаний.

Пакет импульсов: Несколько импульсов, связанных между собой.

Память DRAM (Dynamic Random Access Memory): Тип памяти, в которой каждый бит данных хранится в отдельном конденсаторе.

Период: Время, за которое волна проходит один полный цикл. Период равен 1/частоту.

Пилообразный сигнал: Переход от одного уровня синусоидального сигнала к другому, осуществляемый с постоянной скоростью.

Полоса пропускания: Диапазон частот, обычно ограниченный уровнем -3 дБ.

Преобразование в цифровую форму: Процесс, в котором

аналого-цифровой преобразователь (АЦП) в системе горизонтального отклонения делает выборки сигнала в дискретных точках и преобразует напряжение сигнала в этих точках в цифровые значения, называемые точками выборки.

Пробник: Входное устройство измерительного прибора, обычно с заостренным металлическим концом, обеспечивающим контакт с элементом схемы, проводником для подсоединения к опорному уровню земли схемы и гибким кабелем для подключения проводников сигнала и земли к прибору.

Просмотр до запуска: Возможность цифрового прибора зарегистрировать поведение сигнала до события запуска. Определяет длительность доступной для просмотра части сигнала до и после точки запуска.

Сбор данных в режиме MagniVu™: Уникальная архитектура сбора данных с высоким разрешением, лежащая в основе всех логических анализаторов серии TLA. Режим MagniVu обеспечивает динамическую запись с высоким разрешением поведения сигнала в окрестности точки запуска.

Синхронный: Синхронизированный. Выборка по состояниям в логическом анализаторе называется синхронной, поскольку логический анализатор получает тактовые сигналы от внешнего источника, обычно от исследуемого устройства. В результате обе системы работают синхронно, и логический анализатор собирает данные только тогда, когда исследуемое устройство активно. Этот режим называется режимом выборки по состояниям. Системная (материнская) плата. Основная плата компьютера, на которой установлен процессор, контроллер памяти, контроллер жесткого диска, набор микросхем интерфейса ввода-вывода и другие компоненты. Остальные платы, например модули DIMM и видеоплаты, вставляются в системную плату.

Точка выборки: Необработанные данные с АЦП, используемые для вычисления точек осциллограммы.

Уровень запуска: Уровень напряжения, которого должен достичь сигнал источника синхронизации, чтобы схема запуска запустила развертку.

Целостность сигнала: Точное восстановление сигнала, определяемое видом системы и быстродействием прибора, а также пробником, используемым для доступа к сигналу.

Цифровой запоминающий осциллограф: Цифровой осциллограф, в котором сигналы регистрируются с помощью цифровой выборки (с использованием аналого-цифрового преобразователя). Для управления сбором данных, пользовательским интерфейсом и растровым экраном используется архитектура последовательной обработки.

Цифровой осциллограф: Тип осциллографа, в котором применен аналого-цифровой преобразователь (АЦП) для преобразования измеряемого напряжения в цифровые данные. Имеется три типа цифровых осциллографов: цифровые запоминающие

осциллографы, осциллографы с цифровым люминофором и цифровые стробоскопические осциллографы.

Цифровой сигнал: Сигнал, выборки напряжений которого представляют дискретные двоичные числа.

Цифровой стробоскопический осциллограф: Тип цифрового осциллографа, в котором используется выборка и отображение сигнала в эквивалентном времени; идеально подходит для регистрации сигналов, в которых имеются составляющие с частотами, большими, чем частота выборок осциллографа.

Частота выборки: Определяет, насколько часто цифровой прибор делает выборки сигнала. Задается в выборках в секунду (выб./с).

Частота: Число повторений сигнала в одну секунду, измеряется в циклах в секунду — герцах (Гц). Частота равна $1/\text{период}$. Шум. Нежелательное напряжение или ток в электрической цепи.

Как связаться с корпорацией Tektronix:

АСЕАН, Океания, Пакистан (65) 6356 3900
Австрия +41 52 675 3777
Балканский полуостров, Израиль,
Южная Африка и юг Восточной Европы +41 52 675 3777
Бельгия 07 81 60166
Бразилия и Южная Америка 55 (11) 3741-8360
Канада 1 (800) 661-5625
Центр Восточной Европы, Украина, Прибалтика +41 52 675 3777
Центральная Европа и Греция +41 52 675 3777
Дания 80 88 1401
Финляндия +41 52 675 3777
Франция и Северная Африка 33 (0) 1 69 86 81 81
Германия +49 (221) 94 77 400
Гонконг (852) 2585-6688
Индия (91) 80-22275577
Италия +39 (02) 25086 1
Япония 81 (3) 6714-3010
Люксембург +44 (0) 1344 392400
Мексика, Центральная Америка,
страны Карибского бассейна 52 (55) 56666-333
Ближний Восток, Азия и Северная Африка +41 52 675 3777
Нидерланды 090 02 021797
Норвегия 800 16098
Китайская Народная Республика 86 (10) 6235 1230
Польша +41 52 675 3777
Португалия 80 08 12370
Корейская Республика 82 (2) 528-5299
Россия, СНГ, Прибалтика 7 095 775 1064
Южная Африка +27 11 254 8360
Испания (+34) 901 988 054
Швеция 020 08 80371
Швейцария +41 52 675 3777
Тайвань 886 (2) 2722-9622
Великобритания и Ирландия +44 (0) 1344 392400
США 1 (800) 426-2200
Жителям других стран следует
обращаться в компанию Tektronix, Inc. 1 (503) 627-7111
Последнее обновление: 15 июня 2005 г.

Дополнительные сведения

Корпорацией Tektronix создано всеобъемлющее, постоянно пополняемое собрание руководств по приложениям, технических описаний и других ресурсов, помогающих инженерам в использовании передовых технологий. Пожалуйста, посетите наш веб-узел по адресу www.tektronix.com



© Tektronix, Inc., 2005. Все права защищены. Изделия корпорации Tektronix защищены патентами и патентными заявками в США и других странах. Приведенные в данном руководстве сведения заменяют любые ранее опубликованные. Права на изменение технических характеристик и цен сохранены. TEKTRONIX и TEK являются зарегистрированными товарными знаками Tektronix, Inc. Остальные упомянутые торговые названия являются знаками обслуживания, товарными знаками или зарегистрированными товарными знаками соответствующих владельцев.

08/05 DM

52U-14266-2

Tektronix
Enabling Innovation