HEWLETT PACKARD

Береги свое время!
Пользуйся опытом разработчиков, успешно решивших проблемы отладки схем на основе 8-ми и 16-ти разрядных микроконтроллеров

8

ПОЛЕЗНЫХ СОВЕТОВ ПО ОТЛАДКЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРНЫХ УСТРОЙСТВ

ВВЕДЕНИЕ

Содержание брошюры

Совет 1. Отслеживание трудноуловимых импульсных помех (далее по тексту для краткости употребляется термин “глитч”). Использование режима обнаружения пика и глубокой памяти для захвата глитча, создающего серьезные проблемы для нормального функционирования цифрового радиопередатчика, схема управления которого выполнена на основе микроконтроллера 68HC11K1 фирмы Motorola.

Совет 2. Отладка последовательного порта ввода/вывода. Использование глубокой памяти для решения проблем отладки канала передачи данных пакетного модема цифровой системы радиосвязи, схема управления которого выполнена на основе микроконтроллера 80180 фирмы Intel™.

Совет 3. Проверка «мертвого времени» широтно-импульсной модуляции в контроллерах электродвигателей. Одновременное использование аналоговых и цифровых каналов для определения нормальных временных соотношений сигналов в системе на основе микроконтроллера C504 фирмы Siemens.

Совет 4. Локализация ошибок в программном обеспечении с помощью ручного логического пробника. Использование одного из пробников нового поколения для отладки схемы управления игрушечного электромобиля. Схема управления выполнена на основе микроконтроллера PIC16C77 фирмы Microchip Technology.

Совет 5. Применение генератора сигналов произвольной формы для испытаний на битовые ошибки. Использование специально сформированных пользователем сигналов для обнаружения ошибок в двоичных разрядах приемника цифровых данных. Схема управления приемника выполнена на основе микроконтроллера PIC16C84 фирмы Microchip Technology.

Совет 6. Решение проблем интеграции аппаратного и программного обеспечения. Использование эмулятора NOHAU 8031 и осциллографа смешанных сигналов для локализации аномальных отклонений, которые часто сводят на нет усилия по интеграции программной и аппаратной частей системы.

Совет 7. Установление взаимосвязи между программным процессом и аналоговыми выходными сигналами в контроллере сети местного управления (далее CAN-контроллер). Использование комбинации аналоговых и цифровых измерений с целью отладки программного кода, который приводит в действие CAN-контроллер, выполненный на основе микроконтроллера 80C51 фирмы Philips.

Совет 8. Отладка контроллера телекамеры на приборах с зарядовой связью (далее ПЗС). Использование комбинации режима запуска по ТВ - сигналу, аналоговых измерений осциллографа и анализа временных диаграмм для отладки системы управления телекамерой на ПЗС. Система управления выполнена на основе микроконтроллера 80C552 фирмы Philips.

Решение сложных проблем отладки устройств на основе микроконтроллеров

В настоящее время разработка электронных или электромеханических изделий без применения микроконтроллеров практически невозможна. В этой области имеется очень большое количество перспективных идей по реализации схем управления на основе микроконтроллеров для таких изделий, но их реализация не всегда поддерживается необходимыми средствами отладки.

Например, если выполняются разработка с использованием 8- и 16-разрядных микроконтроллеров, то разработчик зачастую вынужден пользоваться как традиционными базовыми средствами отладки (таким как осциллограф), так и более совершенными средствами, предназначенными для микропроцессорных схем (такими как традиционные логические анализаторы и эмуляторы). Однако при необходимости одновременного анализа цифровых и аналоговых сигналов как обычный осциллограф, так и логический анализатор, взятые в отдельности, проблему решают только наполовину.

Проблема осложняется тем, что разработчик обязан одинаково хорошо владеть знаниями по аналоговой, цифровой схемотехнике и микропрограммному обеспечению. Одновременно с этим все более усложняются условия рынка для нахождения выгодных сфер применения, растут конкуренция и запросы покупателей на повышенные потребительские свойства изделий, выполненных с использованием микроконтроллеров. Таким образом необходимо решать множество задач, но вовсе не обязательно, чтобы среди них оказалась проблема, решение которой требовало бы усилий, утомительных для разработчика.

Помощь на подходе

Компания Хьюлетт - Паккард, мировой лидер в области испытательной и измерительной аппаратуры, прилагает серьезные усилия для оказания реальной помощи инженерам-разработчикам, занятым созданием изделий на основе микроконтроллеров. Одним из свидетельств этой помощи является та информация, которая содержится в настоящей брошюре. Она содержит практические советы по отладке, которые были сформулированы инженерами, работающими с микроконтроллерами различных фирм-изготовителей. В брошюре читатель найдет сведения о самых современных средствах отладки микроконтроллеров, которые уже применяются многими специалистами. Эти средства позволяют значительно сократить цикл разработки новых изделий и быстрее выпустить их на рынок.

HP LogicDart (ручной многофункциональный логический пробник) в качестве премии

Если Вы пожелаете поделиться своим опытом в отладке разрабатываемых Вами изделий на основе микроконтроллеров со многими инженерами-разработчиками всего мира, примите к сведению следующую ниже информацию.
Пожалуйста, предоставьте нам Ваши советы, аналогичные содержащимся в настоящей брошюре. Если Ваш совет будет опубликован в одной из будущих брошюр по решению конкретных прикладных задач (Application note), наша благодарность последует в форме бесплатного предоставления Вам современного пробника HP LogicDart. Если Вас заинтересует эта информация, пишите нам по следующему адресу электронной почты:
dear-scopie @ hp.com

ОТСЛЕЖИВАНИЕ ТРУДНОУЛОВИМЫХ ИМПУЛЬСНЫХ ПОМЕХ

СОВЕТ 1

Стивен Шрам (Steven Schram), фирма Invocon Inc.

Редко повторяющиеся непредсказуемые события в цифровых системах создают наибольшие трудности при поиске и устранении причин неправильной работы схемы. В последнее время автор столкнулся с такого рода импульсными помехами (глитчами) при разработке устройства сбора данных с малой потребляемой мощностью.

Эта измерительная система с передачей информации по радиоканалу использует группу дистанционных датчиков и широкополосный приемопередатчик (Рисунок 1). Данные, накопленные в этой системе, могут быть извлечены блоком управления сетью, подключенным к компьютеру. Система использует сигнал прерывания от тактового генератора с малым потреблением для инициации включения питания каждые 60 секунд. В период между этими включениями ток от источника питания потребляет только сам тактовый генератор и относящиеся к нему логические схемы (приблизительно 50 мкА). После получения сигнала запуска от тактового генератора микроконтроллер 68HC11K1 (ф. Motorola) включает питание системы, собирает данные о температуре и проверяет активность приемопередатчика. Если на приемопередатчике обнаруживается сигнал запроса данных, микроконтроллер передает данные о температуре.

Обсуждаемая импульсная помеха появлялась в течение упомянутого 60-секундного интервала, когда предполагалось, что система находится в состоянии покоя. Для обнаружения и анализа этой аномалии был использован цифровой осциллограф с большой глубиной памяти (1 Мбайт) и режимом обнаружения пика. Импульсная помеха возникала настолько редко, что сначала коэффициент развертки осциллографа устанавливался равным 10 с/дел, чтобы можно было захватить полный 60-секундный интервал последовательности. Без режима обнаружения пика самые короткие события при данном коэффициенте развертки обнаружить было бы невозможно. Однако, как видно из рисунка 2, глитч в исследуемой системе был захвачен и отчетливо наблюдаем. Режим обнаружения пика выявил некоторую аномалию, возникающую приблизительно через 15 секунд после момента запуска. Теперь, когда присутствие аномальных явлений в системе было установлено, с помощью большой глубины памяти осциллографа и режима масштабирования было нетрудно проанализировать глитч более детально. При глубине памяти сбора данных осциллографа 1 Мбайт, первоначальной записи сигнала, сделанной при коэффициенте развертки 10 с/дел, было достаточно, чтобы используя масштабирование, просмотреть детали сигнала при коэффициенте развертки 10 мс/дел (Рисунок 3).

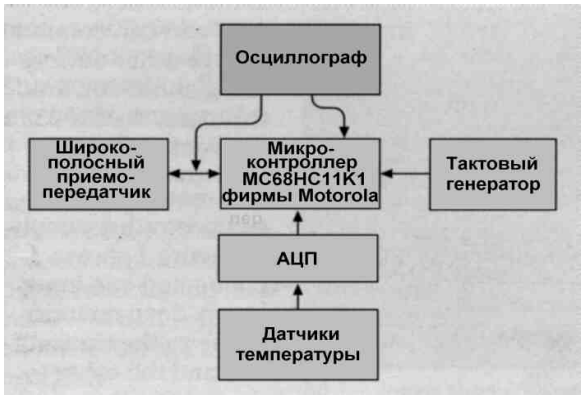


Рисунок 1. Структурная схема измерительной системы с передачей информации по радиоканалу. По одному из аналоговых входов осциллографа контролировался процесс включения питания на микроконтроллере, а по другому – сигнал обнаружения несущей, поступающий на приемопередатчик

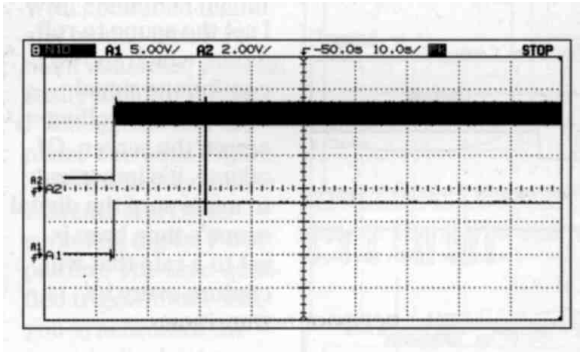


Рисунок 2. Результат первоначального измерения при использовании режима обнаружения пика и коэффициенте развертки 10 с/дел

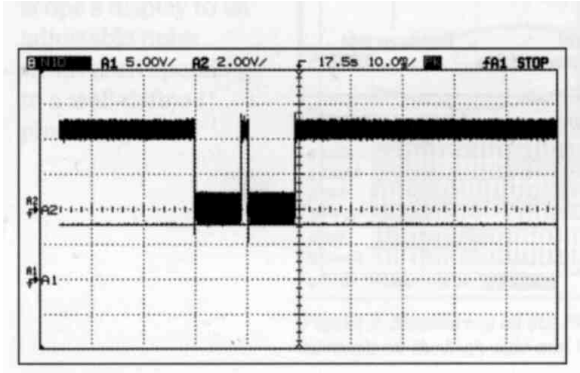


Рисунок 3. После того как импульсная помеха обнаружена, масштабирование с увеличением скорости развертки позволяет наблюдать ее необходимые детали

ОТЛАДКА ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО ПОРТА ВВОДА / ВЫВОДА

СОВЕТ 2

Маттиас Вандель (Matthias Wandel), фирма Research in Motion

При отладке последовательных каналов ввода/вывода встроенных систем осциллограф с большой глубиной памяти может быть использован вместо дорогостоящего и сложного анализатора последовательного протокола. Такое решение часто используется автором при отладке последовательного протокола, использование которого влечет загрузку нового микропрограммного кода в модемы цифровой радиосвязи и другие устройства.

В этом частном случае проводилась отладка последовательного канала связи пакетного модема цифровой радиосвязи RIM900, который продается компаниям, разрабатывающим аппаратуру для цифровых радиосетей Mobitex. Этот модем использует микроконтроллер 80188 фирмы Intel и может связываться с другими устройствами, имеющими порт RS-232. В этом случае RS-232 подключается к персональному компьютеру.

Измерительная установка достаточно проста, как показано на рисунке 1. Один из входных каналов осциллографа с большой глубиной памяти подключается к передающей линии, а другой - к приемной линии. Осциллограф устанавливается в режим прокрутки изображения, который обеспечивает непрерывный сбор данных сигнала, прокручивая их на экране.

Разумеется, очень важно, чтобы коэффициент развертки цифрового осциллографа был установлен на такое значение, при котором обеспечивается захват каждого перепада битовой последовательности.

Затем нужно воспроизвести исследуемую проблему. Для этого, пока идет ожидание появления интересующего момента, палец следует держать на клавише STOP осциллографа и нажать ее, когда этот момент будет обнаружен на экране. При этом запись сигнала, содержащая интересующий момент, будет зафиксирована.
Время реакции оператора, составляющее около 0,5 секунды, вполне приемлемо для захвата интересующего участка сигнала. Благодаря большой глубине памяти (1 миллион точек на канал) осциллограф захватывает сигнал с высокой разрешающей способностью, так что при необходимости можно вернуться назад и с помощью масштабирования данных исследовать индивидуальные битовые переходы (Рисунок 2).

Авторы установили, что кроме экономии времени это простое решение имеет ряд указанных ниже достоинств по сравнению с использованием анализатора протокола.

- Наблюдение активности на основе просмотра аналогового изображения, что позволяет проверить важные параметры сигнала
- Проверка скорости передачи в бодах с помощью осциллографических маркеров
- Контроль за появлением сбоев в работе аппаратного обеспечения канала в процессе передачи какого-то конкретного символа
- Точное измерение длительности циклов программной обработки
- Выявление шумовой обстановки и перекрестных помех

Фактически этот подход был успешно использован, после того как один из коллег автора безуспешно попытался решить эту проблему, применяя анализатор протоколов.

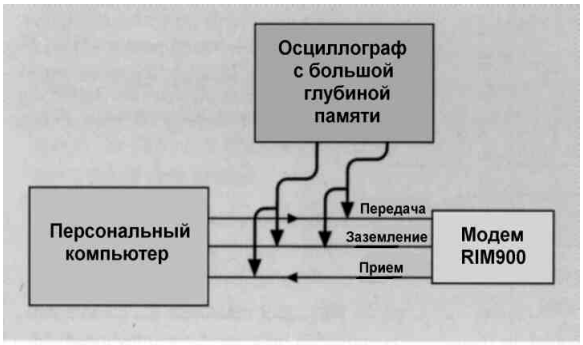


Рисунок 1. Структурная схема установки для отладки модема

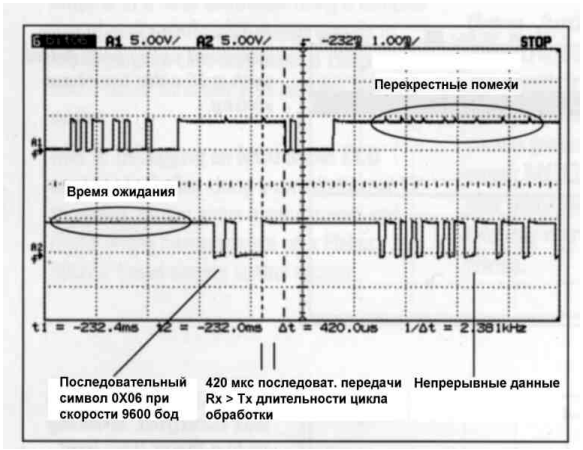


Рисунок 2. Изображение на экране позволяет обнаружить несколько важных особенностей в потоке битовой последовательности

ПРОВЕРКА «МЕРТВОГО ВРЕМЕНИ» ШИРОТНО – ИМПУЛЬСНОЙ МОДУЛЯЦИИ В КОНТРОЛЛЕРАХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

СОВЕТ 3

Технический центр микроконтроллеров (Technical staff, Microcontroller Group), отделение фирмы Siemens Semiconductors

Генерирование сигналов с широтно-импульсной модуляцией (ШИМ) с помощью микроконтроллера представляет распространенный способ управления электродвигателями переменного тока с синусоидальной формой токов.
Типичным для 8-ми разрядного микроконтроллера является его применение для управления трехфазным индукционным электродвигателем с переменной скоростью в конфигурации с незамкнутым контуром регулирования.

Однако микроконтроллер не может непосредственно управлять индукционным двигателем, так как для этого необходимы силовые трехфазные сигналы.
Вместо использования аналоговых усилителей для этой цели более эффективно применение цифрового усиления выходных ШИМ - сигналов с помощью силовых ключей, таких как MOSFET (полевые транзисторы с изолированным затвором) или IGBT (приборы на основе комбинации биполярного и полевого транзистора с изолированным затвором). Эту функцию выполняет показанный на рисунке 1 трехфазный инвертор.

Аппаратное обеспечение для каждой фазы инвертора состоит из двух силовых ключей (с прямым и инвертированным выходом), включенных по двухтактной (пушпульной) схеме. Это создает проблему с потенциалом, даже если сигналы управления ключами являются точно взаимодополняющими. В процессе коммутации ШИМ оба силовых ключа могут кратковременно стать одновременно проводящими из-за различия во временах включения и выключения транзистора. При этом возникает короткозамкнутая цепь с большим током, что может вывести инвертор из строя.
Поэтому очень важно использовать микроконтроллер, оптимизированный для управления электродвигателем, такой как C504 Siemens (вариант 8051) или C164 (с 16-ти разрядной архитектурой). Оба могут быть запрограммированы на введение "мертвого времени" на выходах ШИМ. Это может быть сделано аппаратно без каких либо надстроек в программном обеспечении. Введение "мертвого времени" гарантирует, что два ключа никогда не окажутся одновременно проводящими.
После того как микроконтроллер запрограммирован на выдачу сигналов ШИМ с "мертвым временем", следующим шагом должна быть проверка формы напряжений и временных соотношений. Основные измерения могут быть выполнены с помощью 4-канального осциллографа. Однако если есть возможность, лучше использовать осциллограф смешанных сигналов.
Это позволит одновременно измерять несколько аналоговых и цифровых сигналов и устанавливать сложные режимы логического запуска.
Осциллограммы рисунка 2 позволяют проверить достаточность величины "мертвого времени" для безопасной работы ключей.
Это промасштабированное изображение показывает, как влияет "мертвое время" на характер аналоговых напряжений коммутации силовых ключей MOSFET. Маркеры на экране обеспечивают измерение временных соотношений и позволяют количественно оценить работу схемы. С помощью комбинации цифровых и аналоговых измерительных каналов можно легко контролировать все шесть ШИМ - сигналов и фазные токи. На рисунке 3 показаны осциллограммы двух фазных токов и соответствующие им импульсные последовательности ШИМ – сигналов. Установка режима запуска по заданной ширине импульса позволяет синхронизировать изображение на экране по импульсу определенной ширины, соответствующему точно заданному фазовому углу.

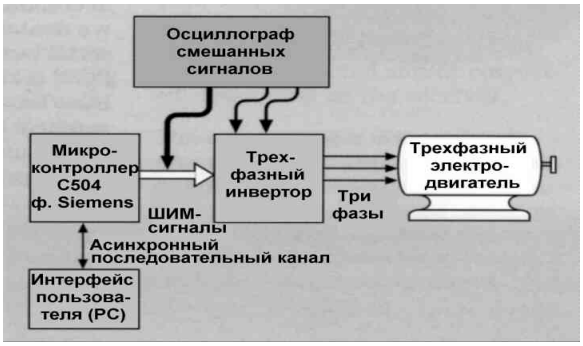


Рисунок 1. Структурная схема системы с незамкнутым контуром регулирования для управления трехфазным электродвигателем при генерации ШИМ - сигналов, не создающей опасности повреждения ключей

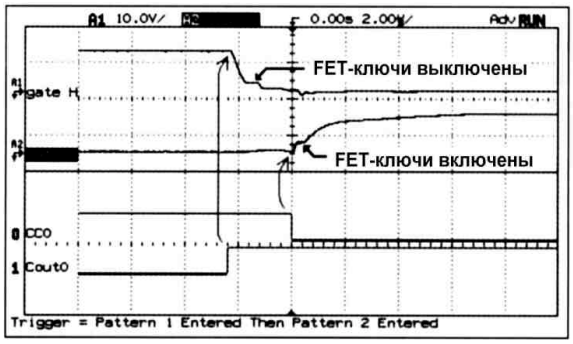


Рисунок 2. Проверка "мертвого времени" между прямым и инвертированным выходами ШИМ - сигнала

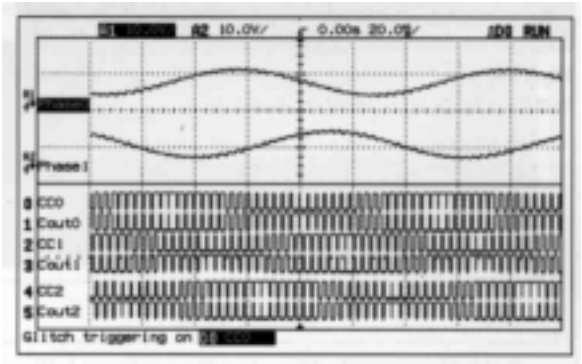


Рисунок 3. Контроль всех шести ШИМ - сигналов и фазных токов на прямом и инвертированном выходах ключей

ЛОКАЛИЗАЦИЯ ОШИБОК В ПРОГРАММНОМ ОБЕСПЕЧЕНИИ С ПОМОЩЬЮ РУЧНОГО ЛОГИЧЕСКОГО ПРОБНИКА

СОВЕТ 4

Дейв Бробст (Dave Brobst), фирма Solutions Cubed

Являясь инженерами – консультантами по вопросам рынка встроенных систем управления, авторы имеют возможность работать над различными интересными проектами. Несмотря на то, что эти проекты охватывают область от разработок недорогих потребительских устройств до сложных промышленных систем, все они в той или иной степени используют каналы связи с последовательной передачей данных. При этом могут использоваться различные каналы последовательной связи: RS-232, I^2C™ и новая Универсальная Последовательная Шина (Universal Serial Bus).

Поиск и устранение ошибок обмена по этим шинам, может оказаться сложной проблемой из-за искажений формы передаваемых сигналов.
Один из последних проектов включал в себя усовершенствованную систему управления игрушечным электромобилем, которая была разработана для компании Carolina Tracks Ltd. на основе 8-ми разрядного микроконтроллера PIC16C77 фирмы Microchip Technology. Эта система дарит новую жизнь игрушечным электромобилям, которые многие помнят с детства. Цель системы – дать реалистичный опыт состязаний в гонках, наполненный звуком, индикацией, непредвиденными опасностями и имитацией динамики управления.

Ключевым компонентом системы является кристалл EEPROM (электрически стираемое программируемое постоянное запоминающее устройство), который обеспечивает запоминание таких данных, как максимальное число очков и имена участвующих игроков.
Микроконтроллер связан с EEPROM посредством двунаправленной, обслуживающей много устройств шины I^2C, разработанной фирмой Philips. Эта двухканальная шина (включающая линию данных и линию тактового сигнала) обеспечивает скорость передачи данных до 400 кГц.

Позже в конструкции системы управления начали появляться ошибки при передаче данных из буфера EEPROM в его ячейки памяти. Поскольку эта проблема возникла после внедрения новой версии программного обеспечения, стало понятно, что причина состоит именно в этом. Логический пробник HP LogicDart оказался совершенным средством отладки. При наличии трех входных каналов и объема памяти 2К точек для каждого канала этот пробник мог захватывать полный цикл записи EEPROM. Используя режим Analyze при запуске по перепаду на линии тактового сигнала и однократный сбор данных, сначала проводился захват правильного цикла записи (Рисунок 1).

Затем проводился захват неправильного цикла записи (Рисунок 2). С помощью имеющихся у пробника функций масштабирования и прокрутки изображения проводилось сравнение полученных данных, пока не обнаруживалось различие между ними. Анализ различия позволил установить, что в последней версии программного обеспечения по небрежности была вычеркнута строка кода, в результате чего микроконтроллер не посылал стоповый бит и EEPROM не получало сигнал пересылки данных из буфера в ячейки памяти. Физические размеры и расположение кристалла EEPROM в исследуемом устройстве не позволили бы эффективно использовать осциллограф или логический анализатор, как слишком громоздкие устройства. Логический пробник оказался наиболее быстрым и удобным решением для поиска и локализации причины неисправности.

I^2C™ – товарный знак фирмы Philips Corporation.

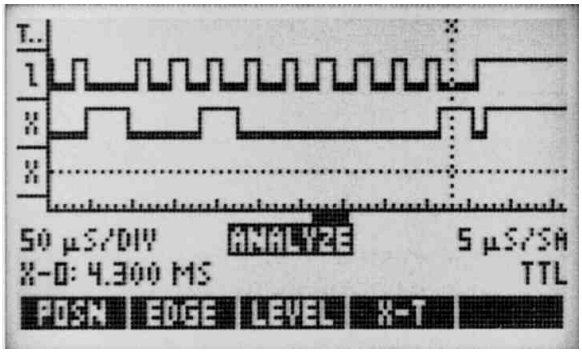


Рисунок 1. Последовательность правильного цикла записи в EEPROM

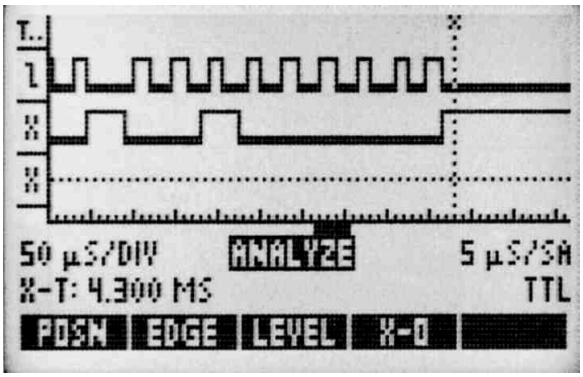


Рисунок 2. Последовательность неправильного цикла записи. Маркером отмечено состояние логического сигнала, отличное от правильного

ПРИМЕНЕНИЕ ГЕНЕРАТОРА СИГНАЛОВ ПРОИЗВОЛЬНОЙ ФОРМЫ ДЛЯ ИСПЫТАНИЙ НА БИТОВЫЕ ОШИБКИ

СОВЕТ 5

Джим Кларк (Jim Clark), фирма LPA Design

Разработчикам цифровых систем связи часто бывает необходимо протестировать программное обеспечение системы приема данных, чтобы убедиться в правильном обнаружении битовых ошибок. Как для проводных, так и для радиосистем тестирование при малой дальности передачи данных в условиях лаборатории практически не обнаруживает случайных битовых ошибок из-за слишком благоприятных условий приема.
Если ошибка все же появляется, то это событие достаточно редкое. Это как раз тот случай, когда генератор сигналов произвольной формы может оказаться полезным.
Преобразование очень чистого и выверенного сигнала в цифровую форму создает пакет цифровых данных, который запоминается в компьютере (ПК) для их последующего вызова с помощью генератора сигналов произвольной формы, который дает возможность воспроизводить эти данные. Такой подход представляет совершенно новое средство обнаружения битовых ошибок. Захватив чистый сигнал с помощью большой глубины памяти осциллографа и передав его в персональный компьютер с помощью программного обеспечения, такого как HP BenchLink или LabVIEW®, можно затем изменить этот сигнал, ввести в него шум или другую помеху, чтобы в полной мере проверить правильность приема данных испытуемым устройством. Модифицированный таким образом сигнал перегружается из компьютера в генератор сигналов произвольной формы, воспроизводится с его помощью и подается на вход испытуемого устройства вместо исходного сигнала.
На рисунке 1 показана структурная схема разрабатываемого авторами приемника данных с амплитудной модуляцией (АМн – приемник данных). На рисунке 2 приведена осциллограмма чистого (не содержащего ошибок) сигнала, захваченного осциллографом с большой глубиной памяти с выхода индикатора уровня принятого сигнала (ИУПС).
Затем этот сигнал был загружен в ПК с помощью пакета HP BenchLink. После этого не составляло труда выделить сигнал из программы обслуживания экрана пакета BenchLink и ввести его непосредственно в редактор. Этот сигнал был сохранен в качестве эталонного оригинала. Затем с помощью средств математической обработки и редактирования пакета BenchLink к сигналу был добавлен случайный шум и уменьшена его амплитуда, чтобы имитировать потери распространения. Результирующий сигнал был загружен из ПК в генератор сигналов произвольной формы для генерирования сигнала, заменяющего оригинал на выходе ИУПС (Рисунок 3).
Этот новый зашумленный сигнал подавался на вход приемника, чтобы удостовериться, что его программное обеспечение все еще может распознавать данные. Не составляет труда возвратиться назад и добавлять к сигналу больше и больше шума до тех пор, пока не начнут возникать битовые ошибки. После этого нетрудно проверить, как данный приемник обнаруживает и/или корректирует ошибки.
Генератор сигналов произвольной формы дает также возможность редактировать отдельные биты или наборы бит, чтобы удостовериться, что ошибки обнаруживаются во всех позициях.
Еще одним важным преимуществом является возможность сохранения модифицированных сигналов, чтобы обеспечить их постоянство от испытания к испытанию.

LabVIEW® – зарегистрированный в США товарный знак корпорации National Instruments Corporations.

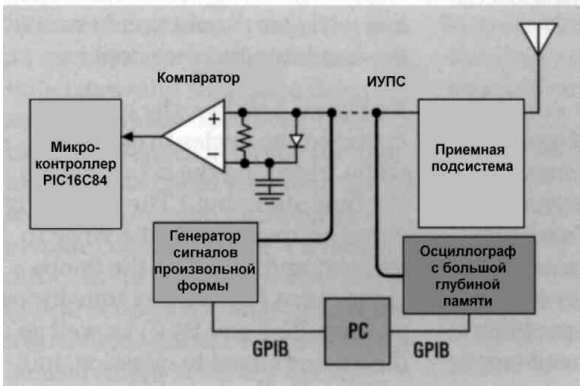


Рисунок 1. Структурная схема АМн - приемника данных

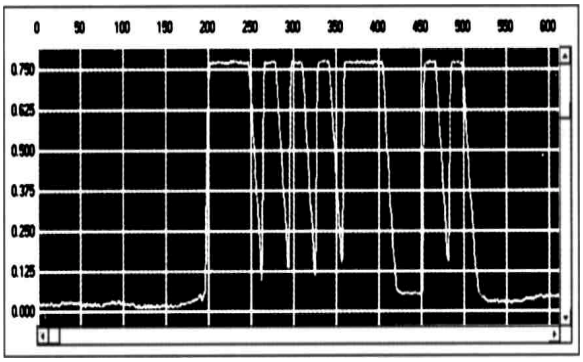


Рисунок 2. Чистый сигнал, захваченный и переданный в ПК для редактирования

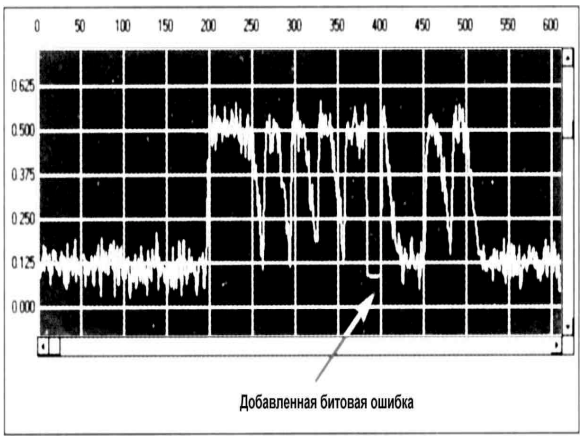


Рисунок 3. Сигнал после редактирования с шумом и битовой ошибкой, добавленный к чистому оригиналу

РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМ ИНТЕГРАЦИИ АППАРАТНОГО И ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

СОВЕТ 6

Чарти Говард (Chartie Howard), фирма Embedded Technologies Associates, Inc.

Одна из наиболее общих проблем при отладке микроконтроллерных устройств состоит в том, чтобы понять, в чем причина аномалии: в аппаратном или в программном обеспечении. Это может быть достаточно сложной задачей, даже если и то и другое разрабатывает один человек. Но эта задача во много раз усложняется, если к работе привлекается группа разработчиков.

Обычно разработчики аппаратуры используют осциллограф и логический анализатор, чтобы доказать, что проблема в программном обеспечении; разработчики программ используют эмулятор, доказывая, что проблема в аппаратном обеспечении. К сожалению, эти односторонние подходы зачастую только еще раз подтверждают существование проблемы. Необходим способ, позволяющий видеть аномальное поведение в процессе его возникновения, наблюдая при этом, как ведет себя аппаратное и программное обеспечение.

Подключение к эмулятору логического анализатора может помочь в этом, но потребует большой работы по выполнению соединений и конфигурированию системы. Простой и быстрый способ, более соответствующий специфике большинства микроконтроллерных устройств, использует имеющиеся у эмулятора функции трассировки и выдачи сигналов для запуска осциллографа смешанных сигналов. Одновременно эмулятор выборочно накапливает подозрительные команды программного обеспечения.

В одной из последних процедур отладки был использован эмулятор NOHAU 8031 совместно с осциллографом смешанных сигналов для изучения некоторых нарушений в тактирующих сигналах, выдаваемых с порта 1 8031, и их взаимосвязь с аналоговым сигналом. Отладочная установка использует три сигнала, поступающие от платы к эмулятору, один сигнал - к осциллографу и цепь запуска между эмулятором и осциллографом.
Как показано на рисунке 1, эмулятор захватывал циклы, подлежащие изучению, одновременно с запуском осциллографа (обратите внимание на отметки времени). Осциллограф запускался в момент вызова операции записи в порт и захватывал аномальное событие (запаздывающие перепады на строках P1-1 и P1-0), также как и подлежащий изучению аналоговый сигнал, обнаруживая неполадки в аппаратной части, как это можно видеть из рисунка 2.
Если бы проблема была в программном обеспечении, можно было бы прокрутить буфер трассировки, синхронизируя его по источнику и программным окнам, облегчив тем самым установление связи программного кода с появлением ошибки.

Если более чем один программист работает с одним и тем же портом, данный метод может сэкономить много времени и средств за счет идентификации модулей программного обеспечения, ответственных за возникновение сбоев. Кроме того, разработчики аппаратного обеспечения могут продолжать использовать выход сигнала запуска эмулятора и второй аналоговый пробник для выявления более глубокой причины сбоя.

Рисунок 1. Буфер трассировки эмулятора показывает точку (t=0), в которой эмулятор запускает осциллограф

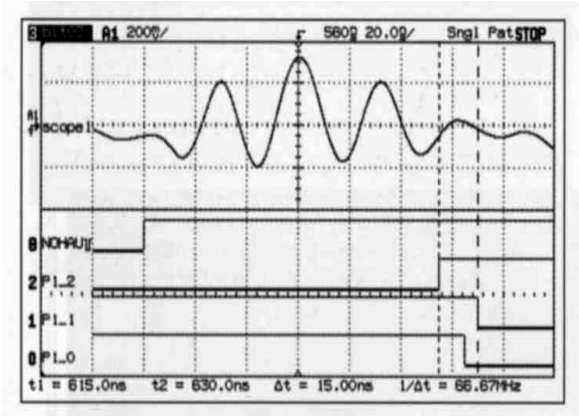


Рисунок 2. Детальный просмотр сигналов с помощью осциллографа обнаруживает задержку сигнала на строках P1-1 и P1-0

УСТАНОВЛЕНИЕ ВЗАИМОСВЯЗИ МЕЖДУ ПРОГРАММНЫМ ПРОЦЕССОМ И АНАЛОГОВЫМИ ВЫХОДНЫМИ СИГНАЛАМИ В CAN - КОНТРОЛЛЕРЕ

СОВЕТ 7

Паскаль Местдах (Pascal Mestdagh), фирма EUROCORPS, Telecommunications Division

До последнего времени поиск и устранение неисправностей в устройствах со смешанными сигналами, где необходима точная временная когерентность между аналоговыми сигналами и кодом микроконтроллера, был чрезвычайно затруднен. Частично эта проблема могла быть решена комбинацией логического анализатора и осциллографа, использующих общую временную базу и одновременный запуск. Однако, различие между временными базами двух разных приборов привело бы к неправильным результатам.
Еще большие трудности создало бы различие памяти приборов.
Альтернативным решением следует считать применение комбинированного прибора, объединяющего осциллограф с логическим анализатором. Такой прибор повышает точность измерений во взаимосвязанных областях и сокращает время отладки систем со смешанными сигналами.

В рассматриваемом автором применении микроконтроллер 80C51 (фирмы Philips) взаимодействует с контроллером сети местного управления (в дальнейшем CAN-контроллер) 82C200 для организации низкоскоростной передачи данных между несколькими устройствами бытовой автоматики. В этом случае не всегда просто найти причину неисправной работы. Проблемы возникали при попытке послать данные на удаленное устройство. Создавалось впечатление, что несколько байтов не поступали на назначенное устройство.
Для исследования этой проблемы порты ввода цифровых данных комбинированного прибора подключались к шине данных микроконтроллера, а аналоговые входы - к линии передачи (Рисунок 1). Затем для синхронизации измерений по специфическому коду запроса передачи для 82C200 был использован режим запуска по кодовому слову. Кодовое слово для запуска было установлено таким образом, что измерительная система запускалась в момент одновременного появления кода запроса передачи и желаемого блока данных. Это позволило быстро установить, что причина была в программном обеспечении и пришлось пересмотреть коды. Проведенное испытание выявило, что вопреки первоначальному предположению потеря данных происходила не в линии передачи, а между микроконтроллером и CAN-контроллером (Рисунок 2). Комбинация осциллографических и логических каналов дает возможность сравнивать с высокой точностью аналоговые сигналы и порождающие их цифровые данные (коды микроконтроллера). Кроме того, большая глубина памяти дает важное преимущество, поскольку позволяет просмотреть полный интервал цикла передачи блока данных (около 300 мс) и в то же время обеспечивает достаточное разрешение для исследования деталей микроконтроллерного кода (около 150 нс). Хотя обычное испытательное оборудование, возможно, могло бы решить эту задачу, данный подход с использованием комбинированного аналого-цифрового метода позволил сэкономить значительное время.

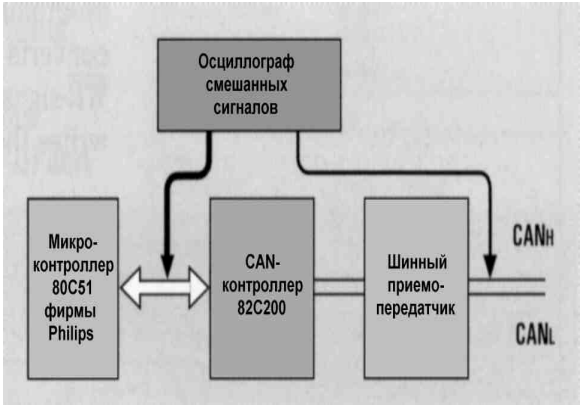


Рисунок 1. Подключение измерительного прибора при отладке устройства на основе CAN -контроллера

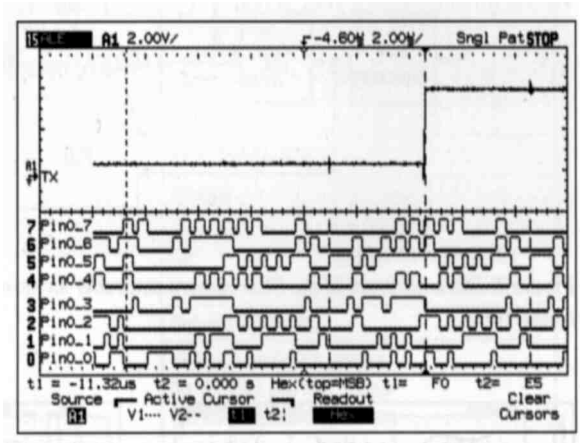


Рисунок 2. Одновременное появление кодового слова запроса передачи и передаваемого аналогового блока данных выявило ошибку в программном коде. Байты информации не поступали на предназначенное устройство, поскольку микроконтроллер не проверял состояние флага «передача закончена» в регистре состояния CAN-котроллера

ОТЛАДКА КОНТРОЛЛЕРА ТЕЛЕКАМЕРЫ НА ПЗС

СОВЕТ 8

Ян Фишер, Петр Кокурек и Петр Навратил,Чешский технический университет (Jan Fischer, Petr Kocourek and Petr Novratil), фирма T&M Direct

Подобно многим устройствам на основе микроконтроллеров, системы управления телекамерами на приборах с зарядовой связью (ПЗС), которые разрабатывали авторы, требуют одновременного измерения цифровых и аналоговых сигналов и, зачастую, использования сложных условий запуска.

Как показано на рисунке 1, прежде всего из видеосигнала выделяются горизонтальные синхроимпульсы. Используя эти импульсы, система фазовой автоподстройки (ФАП) генерирует тактовый сигнал для запуска аналого-цифрового преобразователя (АЦП ТС) с частотой 10 МГц. Выборка ТВ - сигнала вводится в АЦП отрицательным перепадом тактового сигнала. Схема программируемой логики (СПЛ) преобразует сигнал АЦП ТС и выдает сигнал $\overline{WR}$. Положительным перепадом этого сигнала данные с выхода АЦП записываются в память FIFO (первым вошел, первым вышел), которая в результате будет содержать цифровые данные сигнала одной телевизионной строки. Микроконтроллер 80C552 (фирмы Philips) считывает данные из памяти FIFO и вычисляет данные обратной связи для управления положением камеры и трансфокацией. Подобные системы обычно используются для визуального отслеживания и измерения объектов в таких приложениях, как навигация и бесконтактные измерения.

С помощью осциллографа смешанных сигналов (ОСС), установленного в режим однократного запуска по ТВ сигналу и автозапоминания (Autostore), была обнаружена нестабильность (дрожание) перепада тактового сигнала АЦП ТС в пределах 25 нс. С помощью ОСС при частоте дискретизации 50 МГц был захвачен и запомнен сигнал длительностью 20 мс, представляющий половину ТВ изображения, для его последующей обработки и анализа (Рисунок 2).

Рисунок 3 показывает критические точки временной диаграммы тактирования записи данных из АЦП в память; 5 нс недостаточно для записи данных в память. Этот факт было невозможно обнаружить с помощью обычного осциллографа. Только с помощью комбинированного осциллографа / логического анализатора (осциллографа смешанных сигналов) оказалось возможным выполнить необходимые измерения и обнаружить существующую проблему. Полученные результаты позволили устранить эту проблему путем перепрограммирования СПЛ. Имеющаяся в ОСС возможность запуска по ТВ сигналу упростила отладку программного обеспечения микроконтроллера.

Возможность одновременного сбора аналоговых и цифровых данных позволила получить полную картину некоторых достаточно сложных процессов в данной системе.

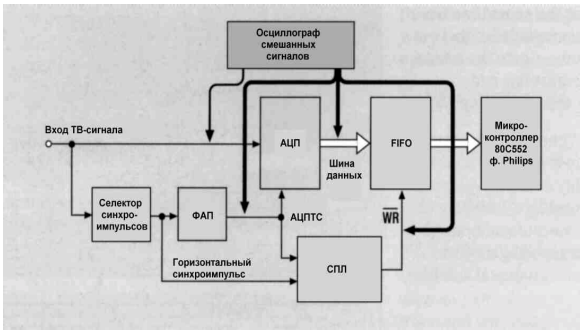


Рисунок 1. Структурная схема контроллера телекамеры на ПЗС, показывающая подключения к осциллографу аналоговых и цифровых сигналов

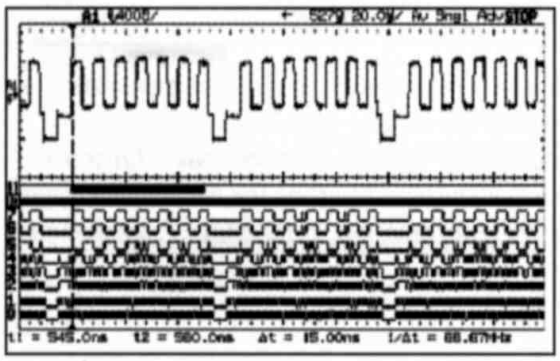


Рисунок 2. Аналоговый выходной сигнал телекамеры на ПЗС и связанные с ним цифровые сигналы в системе управления. Выход АЦП представлен на строках 0-7, сигнал АЦП ТС на строке 10 и сигнал $\overline{WR}$ на строке 11

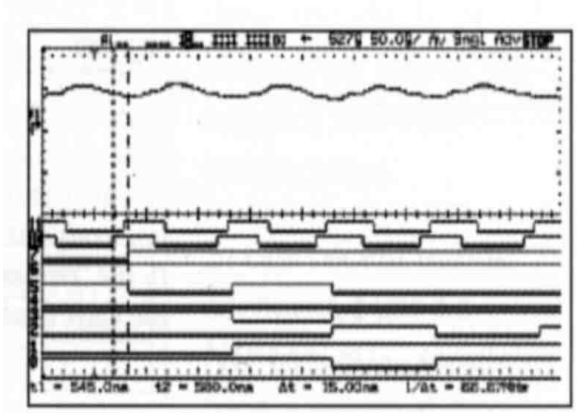
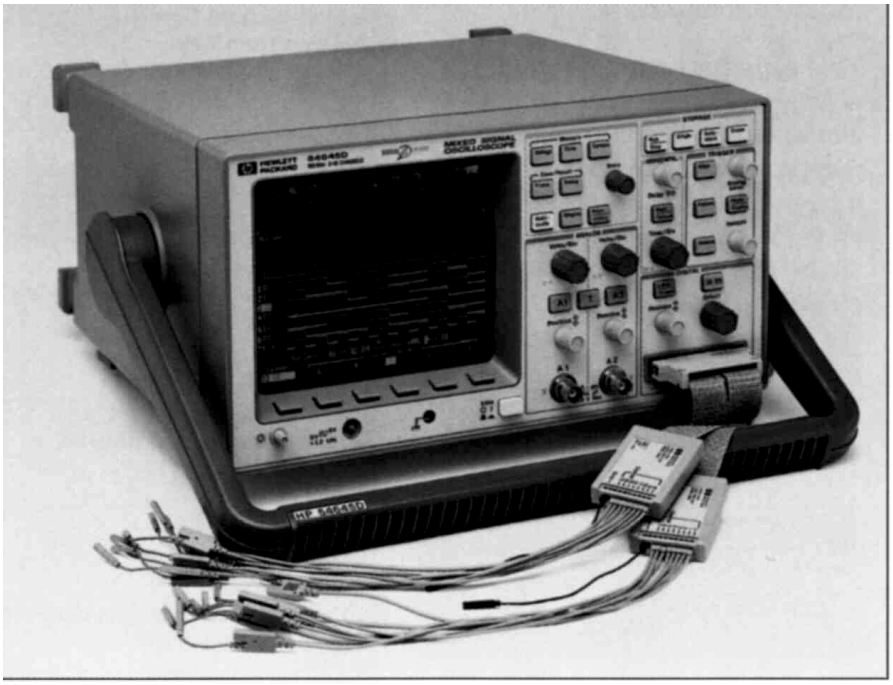


Рисунок 3. Маркеры на изображении показывают временные соотношения между сигналами АЦП ТС и $\overline{WR}$

HP 54645D ОСЦИЛЛОГРАФ СМЕШАННЫХ СИГНАЛОВ

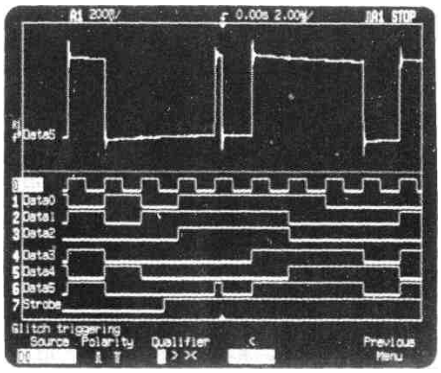
- **Органичная интеграция 2-х осциллографических и 16-ти логических каналов с использованием единой временной базы**
- **Высокоразвитая система запуска, позволяющая выделить нужные события и временные соотношения между сигналами**
- **Средство HP MegaZoom, обеспечивающее глубокую память и быструю реакцию индикатора на изменение положений органов управления**



Осциллограф смешанных сигналов HP 54645D сочетает функциональные возможности одновременного детального анализа сигналов, присущих осциллографу, с многоканальным анализом временных диаграмм, присущих логическому анализатору.
Дополнительным достоинством HP 54645D является наличие программно-аппаратных средств HP MegaZoom, обеспечивающих глубокую память, но без обычных в таких случаях недостатков, связанных с замедленной реакцией индикатора прибора на изменение положения органов управления и излишней сложностью его эксплуатации.
Возможность одновременного наблюдения сигналов в аналоговом и цифровом виде при решении определенной задачи позволяет успешно выполнить анализ этих сигналов и временных соотношений между ними, которые являются наиболее существенными для конкретного случая.

Отпадает необходимость строить работу на догадках с последующим просмотром то одного, то другого канала.
Основой HP 54645D является осциллограф, поэтому и по внешнему виду, и по приемам работы с ним - это хорошо знакомый всем осциллограф, а не сложный в эксплуатации логический анализатор.
HP 54645D в состоянии легко решить проблемы отладки микроконтроллерных схем, для решения которых обычный осциллограф совершенно не пригоден.

Например, легко решаются такие задачи как установление взаимосвязи между последовательностью цифровых данных и изменениями в аналоговом сигнале, или запуск по комбинации состояний линий цифровой шины и каким-то параметром аналогового сигнала. Сочетание в одном приборе осциллографических каналов, логических каналов и глубокой памяти средства HP MegaZoom обеспечивает возможность реализации совершенно новых способов отладки схем со смешанными сигналами и схем на основе микроконтроллеров.



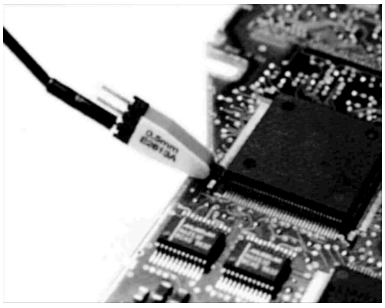
Визуальный анализ функционирования схем способами, которые прежде были совершенно немыслимы.

HP 54645D ОСЦИЛЛОГРАФ СМЕШАННЫХ СИГНАЛОВ	
Общее число каналов	2 осциллографических + 16 логических
Осциллографические каналы	
Полоса пропускания	100 Мгц (75 Мгц, если < 10 мВ/дел)
Число каналов	2
Максимальная частота дискретизации	200 Мгц
Глубина памяти	1 М точек/канал
Обнаружение пиков	До 5 нс
Входной импеданс	1 Мом, 13 пФ
Максимальное входное напряжение	400 В (постоянная + пиковое значение переменной составляющей)
Коэффициенты отклонения	1 мВ/дел - 5 В/дел
Разрешение по вертикали	8 разрядов
Вход	Открытый, закрытый, заземленный
Логические каналы	
Число каналов	16 (два устройства подключения по 8 каналов в каждом)
Максимальная частота сбора данных	400 Мгц (одно устройство подключения)
Максимальная длина записи	2 М точек/канал (одно устройство подключения) 1 М точек/канал (два устройства подключения)
Входной импеданс	100 кОм, 8 пФ
Входное напряжение	± 40 В макс., мин. размах 500 мВ
Диапазон пороговых уровней	± 6,0 В с шагом 50 мВ
Предварительно установленные пороговые уровни	ТТЛ: 1,4 В; КМОП: 2,5 В; ЭСЛ: -1,3 В
Обнаружение помехи	До 5 нс
Временная развертка	
Коэффициенты развертки (основная и задержанная)	от 5 нс/дел до 50 с/дел
Погрешность маркерных измерений Δt (для диапазонов без верньера)	
на одном и том же осциллографическом канале	±0,01 % от показания ±0,2% от ширины экрана ±40 пс
между осциллографическими каналами	±0,01 % от показания ±0,2% от ширины экрана ±80 пс
на одном и том же логическом канале	±0,01 % от показания ±0,2% от ширины экрана ±1 период сбора данных (2,5 или 5 нс)
между логическими каналами	±0,01 % от показания ±0,2% от ширины экрана ±1 период сбора данных (2,5 или 5 нс) ± разброс между каналами
Система запуска	
Источники запуска	Все каналы и сеть
Запуск по помехе	Мин. длительность 8 нс, с квалификацией по длительности: <, >, в пределах или вне интервала
Режимы запуска по логическим каналам	По перепаду, кодовому слову, помехе, сложному кодовому слову, ТВ-сигналу Логические операторы сложного кодового слова: AND, OR, THEN, по появлению, по уходу, по длительности, длительность >, длительность <
Питание	100-240 В переменного тока, 45-440 Гц, 90 ВА
Масса	6,4 кг
Габаритные размеры (без ручек)	172 x 322 x 317мм
Гарантия	3 года
Информация для заказа	**Варианты комплектации**
HP 54645D Осциллограф смешанных сигналов включает: два осциллографических пробника (HP 10074), один кабель логических каналов (HP 54620-61601), сетевой шнур и руководство по эксплуатации. HP 54645A 2-канальный осциллограф с полосой пропускания 100 Мгц и средством HP MegaZoom. HP 54650A Модуль интерфейса HP-IB HP 54652B Модуль интерфейса RS-232 и параллельного. HP 54657A Модуль интерфейса HP-IB с дополнительными функциями обработки результатов измерения и запоминания. HP 54659B Модуль интерфейса RS-232 и параллельного с дополнительными функциями обработки результатов измерения и запоминания. HP 1185A Переносной футляр. HP E2613B Wedge Адаптер наконечника пробника для подключения 3 выводов с шагом 0,5 мм (2 штуки) HP E2614B Wedge Адаптер наконечника пробника для подключения 8 выводов с шагом 0,5 мм (1 штука) HP E2615B Wedge Адаптер наконечника пробника для подключения 3 выводов с шагом 0,65 мм (2 штуки)	101 HP10098 Сумка для принадлежностей и защитная крышка передней панели 103 HP 54654A Комплект для обучения пользователя 1CM 5062 - 7345 Комплект для монтажа в стойку 106 HP 34810B Программный пакет Benchlink Scope для Windows® W50 Дополнительная 2-летняя гарантия Windows® зарегистрированный в США товарный знак фирмы Microsoft Corporation

Адаптер HP Wedge

Для решения проблемы подсоединения осциллографа или логического анализатора к микросхемам в тонком керамическом или пластмассовом плоском корпусе с 4-сторонним расположением и малым шагом выводов, предназначенным для монтажа на поверхность (корпуса TQFP и PQFP), компанией Хьюлетт - Паккард разработан специальный адаптер под наконечник пробника, которому присвоено название HP Wedge (“Клин”).
Принцип его действия состоит в том, что между соседними выводами микросхемы вставляются сдвоенные сжимающиеся проводники. Гибкие проводники по своим размерам и форме соответствуют выводам, что обеспечивает плотный контакт. Остается лишь подсоединить к адаптеру HP Wedge осциллограф или логический анализатор.
Уникальная механическая конструкция адаптера HP Wedge обеспечивает надежный контакт с каждым подсоединяемым выводом микросхемы и полностью исключает возможность механических повреждений испытываемого устройства.

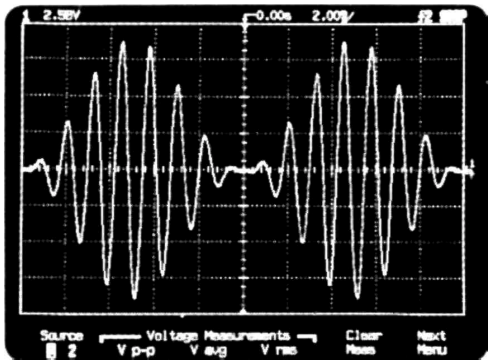
Имеется несколько вариантов адаптера HP Wedge, рассчитанных на подсоединение 3 или 8 выводов микросхемы с шагом 0,5 или 0,65 мм. Для получения информации о наличии HP Wedge, пожалуйста, обращайтесь в ближайшее торговое представительство компании HP.



Адаптер HP Wedge гарантирует надежное подсоединение к микросхемам с малым шагом выводов и исключает любую возможность их механического повреждения

HP 33120A ГЕНЕРАТОР СИГНАЛОВ СЛОЖНОЙ / ПРОИЗВОЛЬНОЙ ФОРМЫ

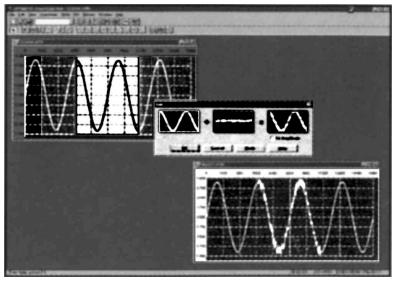
- **Десять стандартных форм сигнала синусоидальной и прямоугольной формы при частоте до 15 МГц.**
- **Режим генерации сигналов произвольной формы с частотой дискретизации 40 МГц и возможностью запоминания четырех форм сигнала по 16000 точек каждый.**
- **Низкий уровень искажений: коэффициент гармоник менее 0,04%, неравномерность выходного напряжения в диапазоне частот менее ±0,1 дБ.**



Внутренняя АМ, ЧМ, ЧМн и пакетная модуляция исключает необходимость во втором источнике модулирующего сигнала

Генератор HP 33120A имеет очень высокие характеристики стабильности сигналов, формируемых методом цифрового синтеза, при цене, которая вполне удовлетворит Вас. Генератор имеет не только полный набор стандартных форм сигналов при более высоких эксплуатационных характеристиках, но и обеспечивает возможность генерации сигналов произвольной формы. Это дает возможность использовать его для формирования заданных пользователем сложных сигналов (с разрешающей способностью 12 разрядов) от имитации биений сердца и механических вибраций до стимулирующих сигналов для отработки электронных схем на основе микроконтроллеров, что ранее было невозможно.
Низкая цена совершенно не означает ухудшения качества сигнала в виде беспорядочного появления гармоник или других помех. Вряд ли удастся найти другой генератор сигналов сложной / произвольной формы, который по той же цене был бы сравним с HP 33120A по уровню гармонических искажений. Заложенные в прибор режимы качания частоты и модуляции обеспечивают дополнительные возможности формирования тестовых сигналов. Это исключает необходимость приобретения дополнительной аппаратуры. Кроме того, пользователь получает возможность полной программируемости функций прибора по средством языка управления приборами SCPI (Стандартные команды для программируемых приборов) через стандартные интерфейсы HP-IB и RS-232.
Использование системы фазовой автоподстройки для формирования временной базы (вариант комплектации 001) повышает стабильность частоты HP 3312OA и открывает новые системные возможности. Появляется возможность генерации сигналов сдвинутых по фазе с высокой точностью, возможность синхронизации по фазе двух генераторов HP 33120A или синхронизации генератора сигналом с частотой 10 МГц от стандарта частоты. Можно даже осуществить привязку всей автоматизированной системы контроля к единому источнику тактовых сигналов.

Формы сигналов	
Стандартная форма	Синусоидальная, Прямоугольная, Треугольная, Пилообразная, Шумовая, Sin(x)/x, Экспоненциальные фронт и срез, Биения сердца, Постоянное напряжение
Произвольная форма	
Длительность реализации	От 8 до 16000 точек
Энергонезависимая память	Четыре формы сигнала (каждая от 8 до 16000 точек)
Разрешение по амплитуде	12 разрядов
Частота дискретизации	40 МГц
Частотные параметры	
Синусоидальный	100 мкГц – 15 МГц
Прямоугольный	100 мкГц – 15МГц
Треугольный	100 мкГц – 100 КГц
Пилообразный	100 мкГц – 100 КГц
Белый шум	Полоса частот 10 МГц
Разрешение по частоте	10мкГц или 10 разрядов
Относительная погрешность частоты	$10*10^{-6}$ за 90 дней (при 18 - 28 °C)
Уровень гармоник синусоидального сигнала	
от 0 до 20 кГц	минус 70 дБс
от 20 КГц до 100 КГц	минус 60 дБс
от 100 КГц до 1 МГц	минус 45 дБс
от 1 МГц до 15 МГц	минус 35 дБс
Параметры выходного напряжения	
Выходное напряжение на нагрузке 50 Ом	От 50 мВ до 10 В (размах)
без нагрузки	От 100 мВ до 20 В (размах)
Погрешность (на частоте 1КГц)	±1% от установленного значения
Виды модуляции	Амплитудная (АМ) (внутренняя и внешняя) Частотная (ЧМ) (внешняя) Частотная манипуляция (ЧМн) (внутренняя и внешняя) Пакетная (пачки колебаний) (внутренняя, внешняя, селекторный сигнал)
Вариант комплектации 001: фазовая автоподстройка / термостатируемый кварцевый генератор временной базы	
Погрешность временной базы Нестабильность	$±1*10^{-6}$ (0 - 50 °C)
Относительная погрешность (старение)	менее $2*10^{-6}$ в первые 20 дней $0.1*10^{-6}$ за месяц
Внешний опорный сигнал / Полоса захвата	10 МГц ± 50 Гц
Выход внутреннего опорного сигнала / Частота	10 МГц
Питание	100В / 120В / 240В
Габаритные размеры и масса	
Масса (без упаковки)	4 кг (8,8 фунта)
Габаритные размеры	103,6 мм (4,1 дюйма), высота 254,4 мм (10,0 дюймов), ширина 374 мм (14,8 дюйма), глубина
Информация для заказа HP 33120A Генератор сигналов сложной / произвольной формы	Варианты комплектации: 001 фазовая автоподстройка / кварцевый генератор с температурной компенсацией для временной базы. 106 программный продукт BenchLink Arb



Программный продукт HP BenchLink Arb позволяет создавать формы сигналов с помощью простых графических средств или получать данные из других программ

HP LogicDart РУЧНОЙ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ ЛОГИЧЕСКИЙ ПРОБНИК

Процесс регулировки разрабатываемой схемы часто связан с необходимостью использования нескольких приборов: сначала может потребоваться осциллограф, затем логический пробник, мультиметр. Далее может снова потребоваться логический пробник, после него приходиться просить взаймы логический анализатор. Всякий раз при установке нового прибора мыслительный процесс разработчика прерывается.

Если Вам хотелось бы посвятить большую часть времени на тщательное обдумывание разрабатываемых схем и меньше обращать внимание на используемую для регулировки аппаратуру, остановите свой выбор на многофункциональном логическом пробнике HP LogicDart. Одним этим ручным прибором Вы можете контролировать работу логической схемы по трем каналам, измерять постоянное напряжение, проверять значения частоты сигналов и даже выполнять анализ временных диаграмм с разрешением 10 нс. В качестве обратной связи Вам обеспечено как получение звуковой, так и визуальной информации. Более того, имеется возможность запомнить в памяти пробника до 10 временных диаграмм с возможностью их последующего вызова для целей сравнения.

Для всех указанных выше видов измерений используется один и тот же вход пробника (пригодный даже для подсоединения микросхем с малым шагом выводов). Как следствие, Вы можете не прерывать процесс регулировки схемы на смену аппаратуры. В результате Вы найдете все ответы на возникшие в ее работе проблемы значительно быстрее.

HP Logic Dart бесплатно !!!
См. подробности на стр. 2

Для получения дополнительной информации по изделиям, предназначенным для измерений и испытаний, а также по их применению и обслуживанию, пожалуйста, обращайтесь в ближайшее представительство HP

HP LogicDart Ручной многофункциональный логический пробник	
Семейства цифровых схем	ТТЛ, КМОП (5 В), КМОП (3,3 В), ЭСЛ, схемы с пороговыми значениями 1 и 2, устанавливаемые пользователем.
Логический монитор	Частота сбора данных 100 Мгц, обнаружение импульсной помехи ≥ 15 нс, СИДы и звуковой сигнализатор
Анализатор временных диаграмм	3 канала, частота сбора данных 100 Мгц, память 2048 точек на канал, коэффициенты развертки от 10 нс/дел до 20 с/дел
Режимы запуска	По перепаду, кодовому слову, комбинации перепад/кодовое слово, обнаружению импульсной помехи ≥ 15 нс
Измерение постоянного напряжения	± 35 В (3 1/2 разряда), погрешность ±(0,5% от показания + 2 ед.)
Измерение частоты	От 1 Гц до 33,0 МГц
Измерение сопротивления	От 0,01 кОм до 200 кОм
Пороговое значение при проверке непрерывности цепи	Минимально 80 Ом, типовое значение 140 Ом
Время и дата	Часы текущего времени, формат индикации устанавливается пользователем
Локализация	По желанию заказчика: английская, немецкая, французская, испанская и итальянская
Питание	Аккумуляторные батареи 3x1,5 В щелочные AA (R6/LR6) или литиевые (FR6/15LF); в комплект поставки входит преобразователь переменного тока в постоянный
Габаритные размеры и масса	89 x 198 x 38 мм; 0,4 кг
Информация для заказа	
HP E2310A	Ручной многофункциональный пробник В комплект поставки входит сумка для переноски, набор пробников, руководство по эксплуатации, шильдик для заполнения фамилии владельца, преобразователь переменного тока в постоянный, щелочные батареи и сертификат калибровки.
HP E2320A	Пробник в сборе с наконечником
HP E2321A	Запасный пробник
HP E2322A	Комплект принадлежностей для пробников
HP 82240B	Портативный термопринтер

Copyright © 1998
Hewlett-Packard Company