

АНАЛИЗ ЦИФРОВЫХ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫХ ШИН С ОСЦИЛЛОГРАФОМ АКТАКОМ СЕРИИ ADS-4000

ANALYSIS OF DIGITAL SERIAL BUSES WITH THE АКТАКОМ ADS-4000 SERIES OSCILLOSCOPES

Афонский А.А. (A. Afonskiy), Главный редактор

В данной статье подробно описаны типичные измерительные задачи с использованием новых ручных цифровых осциллографов с сенсорным экраном АКТАКОМ серии ADS-4000 (рис. 1).



Рис. 1. Ручной цифровой запоминающий осциллограф АКТАКОМ серии ADS-4000

Основные возможности этих приборов были рассмотрены в статье «Многофункциональные ручные осциллографы-мультиметры с сенсорным экраном АКТАКОМ серии ADS-4000» [1]. В рамках задачи анализа цифровых шин в этих



Рис. 2. Демонстрационная плата АКТАКОМ АЕЕ-1017

приборах доступен запуск по сигналам последовательных шин UART/RS-232, LIN, CAN, SPI, I²C, MIL-STD-1553B, ARINC429 (подробнее о особенностях сигналов данных шин см. врезки). В старших моделях этого ряда ручных цифро-



Рис. 3. Панель входов осциллографа серии АКТАКОМ ADS-4000

АКТАКОМ

вых осциллографов с индексом «D» (АКТАКОМ ADS-4132D и ADS-4232D) в штатной конфигурации доступен не только запуск, но и декодирование сигналов вышеперечисленных шин.

В роли основных примеров применения возможностей декодирования шин ограничимся анализом данных, передаваемых по шинам UART (RS-232) и I²C. При этом, в качестве источника сигнала используем демонстрационную плату АКТАКОМ АЕЕ-1017 [2].

После подключения питания осциллографа и демонстрационной платы подключаем осциллографические пробники к соответствующим разъемам осциллографа (рис. 3 и 4).

Включив питание осциллографа, начинаем анализ сигналов шины UART

(RS-232). Для этого нажимаем кнопку «Trigger», затем при помощи кнопки «CH1» выбираем первый канал. Для автоматической настройки на сигнал

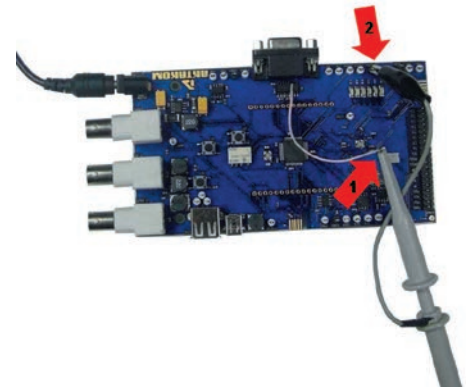
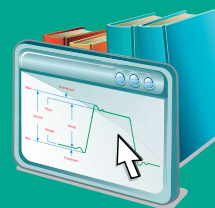


Рис. 4. Подключение осциллографа к плате АКТАКОМ АЕЕ-1017 (1 — исследуемый сигнал, 2 — «земля»)

UART (Стандартная шина RS-232)

RS-232 широко используется для обеспечения связи между компьютерами и терминалами. Стандарт RS-232 используется для передачи информации со скоростью несколько тысяч бит в секунду. Стандартом определены биполярные уровни от ± 5 до ± 15 В. Кроме этого, стандарт описывает управляющие сигналы интерфейса, пересылку данных и типы разъемов. В стандарте предусмотрены асинхронный и синхронный режимы обмена, но COM-порты поддерживают только асинхронный режим. Интерфейс не обеспечивает гальванической развязки устройств и предполагает наличие защитного заземления для соединяемых устройств, если они оба питаются от сети переменного тока и имеют сетевые фильтры. Применяя этот стандарт можно использовать многожильный кабель без всякой экранировки, так как максимальная скорость изменения напряжения формирователей для минимизации перекрестных помех намеренно ограничена величиной 30 В/мкс. В стандарте указаны кабели подключения модемов с вилками DB25P, DB9P и розетками DB25S, DB9S с установленным распределением сигналов по выводам разъемов.

Передача каждого байта начинается со старт-бита, сигнализирующего приемнику о начале посылки, за которым следуют биты данных и, возможно, бит паритета (четности). Завершает посылку стоп-бит, гарантирующий паузу между посылками. Старт-бит следующего байта посылается в любой момент после стоп-бита, то есть между передачами возможны паузы произвольной длительности. Старт-бит, имеющий всегда строго определенное значение (логический 0), обеспечивает простой механизм синхронизации приемника по сигналу от передатчика. Внутренний генератор синхронизации приемника использует счетчик-делитель опорной частоты, обнуляемый в момент приема начала старт-бита. Этот счетчик генерирует внутренние стробы, по которым приемник фиксирует последующие принимаемые биты. В идеале стробы располагаются в середине битовых интервалов, что позволяет принимать данные и при незначительном рассогласовании скоростей приемника и передатчика. Количество бит данных может составлять 5, 6, 7 или 8 (5- и 6-битные форматы распространены незначительно). Количество стоп-бит может быть 1, 1,5 или 2 («полтора бита» означает только длительность стопового интервала). Пример применения интерфейса RS-232 см. [4]. Интерфейс RS-485 имеет такой же формат передачи.



используем кнопку «AutoSet» на клавиатуре осциллографа. Нажимаем на кнопку под надписью «Level» на клавиатуре прибора для фиксации уровня запуска. Осциллограф должен настроиться на сигнал, как показано на рис. 5.

Для анализа выбираем тип шины. Нажимаем кнопку «Trigger» и при помощи нескольких нажатий кнопки «F1» (или прямо на сенсорном экране) выбираем режим «ПоследШина» (рис. 6).

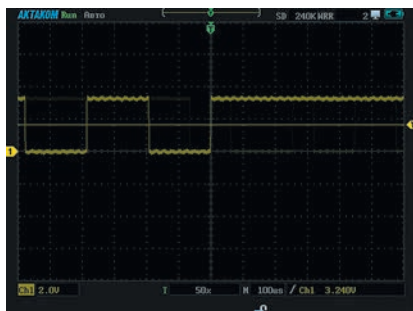


Рис. 5. Вид окна осциллографа после автоматической настройки на сигнал шины UART

При помощи нескольких нажатий на меню экрана выбираем тип шины UART (рис. 7).

Нажав кнопку «F3» можно увидеть настройки UART (рис. 8): RX — Ch1, уровень заполнителя — высокий уровень, скорость — 9600 kb/s, четность — нет, разрядность данных — 8 бит. Если настройки отличаются, то изменить их можно при помощи кнопок «F1»–«F3» клавиатуры прибора или выбора на сенсорном экране (рис. 8) и затем нажимаем кнопку «F4» для сохранения установок.

Для определения типа запуска еще раз нажимаем кнопку «F4», при помощи кнопок «F1»–«F2» (или на сенсорном экране) выбираем стартовый бит (рис. 9). При помощи кнопок, расположенных сверху и снизу надписи «Level» на клавиатуре, или на сенсорном экране или с помощью дискового регулято-

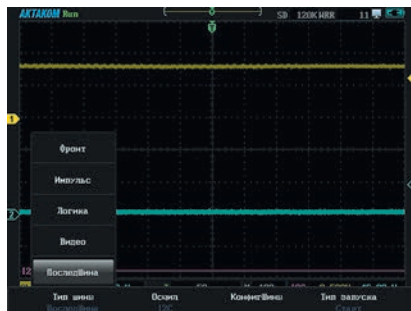


Рис. 6. Выбор запуска по последовательной шине ра на правой панели прибора устанавливаем уровень запуска примерно на середину амплитуды сигнала.

Для формирования удобной для наблюдения и декодирования сигнала картинки можно несколько раз нажать на сторону с надписью «S» кнопки «S ns», пока данные пакета не поместятся на экране осциллографа и он не декодирует их (рис. 10).

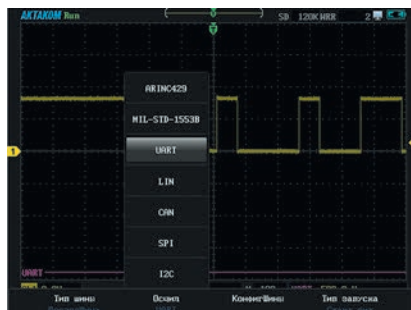


Рис. 7. Выбор шины UART

Причем результат декодирования может быть представлен как в графическом формате (рис. 10), так и в текстовом (в табличном виде).

При нажатии на клавиатуре осциллографа кнопки «MENU OFF», а затем «Display», прибор в режиме реального времени продемонстрирует все данные, которые передаются по шине UART (рис. 11).

Для выхода из режима отображения данных нужно нажать кнопку «Display» снова.

Далее выполним анализ сигналов шины I²C. В данном случае сигналы шины передаются по двум проводникам, поэтому подключаем щуп канала Ch1 к выводу платы SDA, а щуп канала Ch2 — к выводу платы SCL (рис. 12).

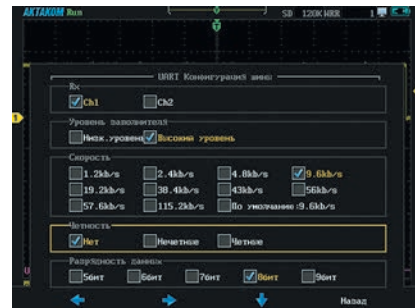


Рис. 8. Настройки шины UART



Рис. 9. Условия запуска по шине UART

Включив питание, нажимаем кнопки «AutoSet» и «Trigger», затем при помощи меню на сенсорном экране или несколькими нажатиями кнопки «F2», выбираем канал Ch1 (рис. 13) для установки синхронизации (по каналу 1, синхронизирующий сигнал — SDA).

При помощи передвижения по меню прямо на сенсорном экране или не-

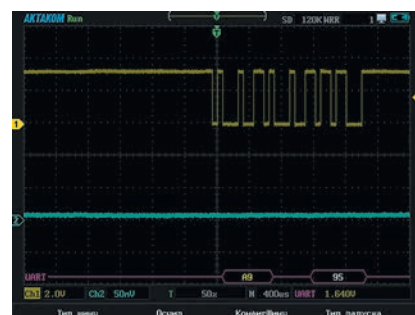


Рис. 10. Результат декодирования пакета передачи по шине UART

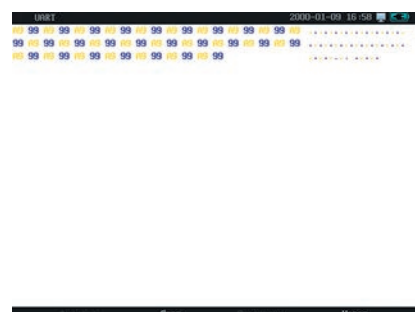


Рис. 11. Дамп передаваемых по шине UART данных

Шина I²C

Для увеличения эффективности и упрощения схемотехнических решений, компания Philips разработала простую двунаправленную двухпроводную шину для так называемого «межмикросхемного» (inter-IC) управления. Шина получила название InterIC (Inter-Integrated Circuit) или IIC (I²C).

I²C использует две двунаправленные линии, подтянутые к напряжению питания устройства и управляемые через открытый коллектор или открытый сток. В составе шины: последовательная линия данных (SDA, англ. Serial Data) и последовательная линия тактирования (SCL, англ. Serial CLock). Стандартные напряжения +5 В или +3,3 В, но допускаются и другие потенциалы. Стандартная адресация включает 7-битное (позднее 10-битное) адресное пространство с 16 зарезервированными адресами. Это при 7-битном адресном пространстве обеспечивало до 112 свободных адресов для подключения периферии на одну шину. Основной режим: 100 кбит/с или 10 кбит/с (в режиме работы с пониженной скоростью). Допускается приостановка тактирования для работы с медленными устройствами.

Шина была разработана компанией Philips в начале 80-х годов. Используется, в основном, как интерфейс для связи микросхем или узлов. Обновления спецификации производились в 1992 г. (увеличено количество адресных устройств шины) и в 1998 г. (увеличена скорость до 3,4 Мбит/с).



сколькими нажатиями на кнопку «F1» выбираем из меню последовательную шину I²C (рис. 14, 15).

Для выхода из этого меню достаточно нажать кнопку «MENU OFF». Далее устанавливаем диапазон развертки по вертикали, для этого нажимаем на ту часть кнопки «mV V», на которой расположена надпись «mV». При помощи

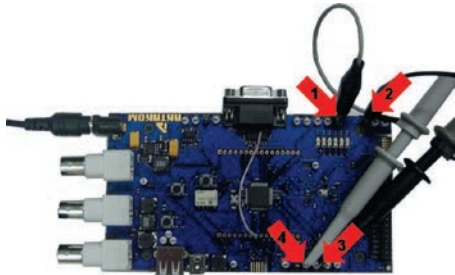


Рис. 12. Подключение к шине I²C (стрелки 1, 2 — «земля», стрелка 3 — линия SCL, стрелка 4 — SDA)

захвата и перемещения указателя уровня запуска (желтая стрелка справа и слева от основной зоны экрана — рис. 16) прямо на экране прибора или регулятором на правой стороне прибора или используя кнопки регулирования уровня, расположенные сверху и снизу надписи «Level» на клавиатуре, устанавливаем уровень запуска примерно на середину сигнала.

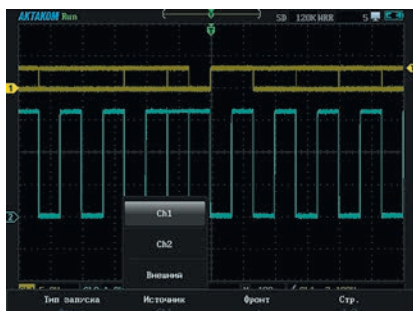


Рис. 13. Выбор источника синхронизации



Рис. 14. Выбор запуска по последовательной шине



Рис. 15. Выбор шины I²C

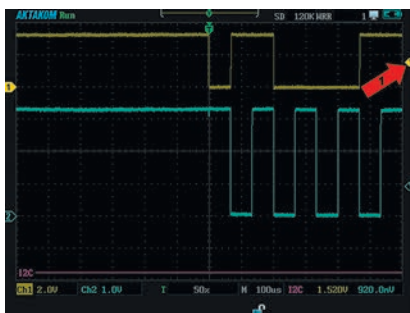


Рис. 16. Установка уровня синхронизации

Нажав кнопки «Trigger» и «F3», убеждаемся, что настройки I²C соответствуют: SDA — Ch1, SCL — Ch2, если настройки отличаются, то можно изменить их при помощи кнопок «F1»–«F3» клавиатуры прибора, а затем нажав кнопку «F4» (рис. 17).

Еще раз нажимаем кнопку «F4» для определения типа запуска, далее, при помощи меню сенсорного экрана или кнопок «F1»–«F2» выбираем «Старт» (рис. 18).

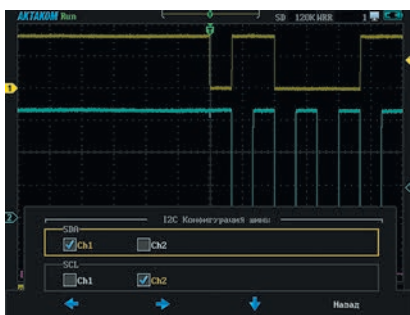


Рис. 17. Выбор соответствия сигналов шины и каналов



Рис. 18. Выбор условия запуска шины I²C

Нажимаем кнопку «MENU OFF», для выхода из меню.

Для выбора развертки по горизонтали для анализа и декодирования (при выключенном режиме меню) можно провести пальцем по осциллограмме на экране слева направо с наклоном снизу вверх (появится рамка прямоугольника растягиваемого участка сигнала — очень удобная, интуитивно понятная функция управления) или несколько раз нажать кнопку «s ns» со стороны с надписью «s», до тех пор, пока данные пакета не поместятся на экране осциллографа и он не декодирует их (рис. 19).

При нажатии на кнопку «Display», осциллограф в режиме реального времени покажет данные, передаваемые по шине I²C (рис. 20).

Для выхода из режима отображения

данных нужно нажать кнопку «Display» снова.

Таким образом, в данной измерительной задаче мы подробно рассмотрели, как ручной цифровой запоминающий осциллограф АКТАКОМ ADS-4132D позволяет осуществлять запуск по различным событиям на последовательных шинах данных, декодировать и отображать данные по выбранной шине. Использование новой модели осциллографа АКТАКОМ обеспечивает высокую скорость и удобство отладки



Рис. 19. Осциллограмма и декодирование шины I²C

Время (ms)	Адрес/Данные	RCK	TRIG	RESET
055.01	404 EE			Yes
2.69	404 AA			Yes
3.04	404 IC DB	X		Yes
055.68	404 EE			Yes
2.69	404 AA			Yes
3.04	404 IC DB	X		Yes
055.61	404 EE			Yes
2.69	404 AA			Yes
3.04	404 IC DB	X		Yes
055.68	404 EE			Yes
2.56	404 AA			Yes
3.07	404 IC DB	X		Yes
055.68	404 EE			Yes
2.69	404 AA			Yes
3.04	404 IC DB	X		Yes
055.61	404 EE			Yes
2.56	404 AA			Yes
3.07	404 IC DB	X		Yes

Рис. 20. Дамп передаваемых по шине I²C данных

событий на всем спектре основных шин, применяемых в современной цифровой технике в различных областях (промышленность, системы автоматизации, автомобильная отрасль).

ЛИТЕРАТУРА

- Афонский А.А. «Многофункциональные ручные осциллографы-мультиметры с сенсорным экраном АКТАКОМ серии ADS-4000», журнал «Контрольно-измерительные приборы и системы». 2014, №3, стр. 15.
- Сайт торговой марки АКТАКОМ www.aktakom.ru, демонстрационная плата AEE-1017.
- Раздел «Энциклопедия измерений» на сайте журнала «Контрольно-измерительные приборы и системы» www.kipis.ru/info/.
- Афонский А.А., Дьяконов В.П. «Измерительные приборы и массовые электронные измерения» Под ред. проф. В.П. Дьяконова. М.: СОЛОН-Пресс. 2007. Стр. 57.

The article describes typical measuring tasks with the usage of the new handheld digital oscilloscopes AKTAKOM ADS-4000 series. The ADS-4000 series offers UART/RS-232, LIN, CAN, SPI, I²C, MIL-STD-1553B, ARINC429 serial bus triggering and analysis.