

А. СЕЛИВАНОВ, магистр, ассистент, Институт электроники и вычислительной техники, Рига, Латвия

КОМПЬЮТЕРНО-УПРАВЛЯЕМАЯ СИСТЕМА ДИСКРЕТНОГО СТРОБОСКОПИЧЕСКОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ СИГНАЛОВ

В статье предложен подход к решению проблемы разработки компьютерно-управляемой системы дискретного стробоскопического преобразователя сигналов. Система разработана в модульной архитектуре и может быть адаптирована для конкретных применений. Рассмотрено аппаратное обеспечение, цифровое управление, сбор и передача данных цифрового преобразователя и разработка компьютерной программы управления. Ил: 3. Библиогр.: 10 назв.

Ключевые слова: компьютерно-управляемая система, дискретный стробоскопический преобразователь сигналов, сбор и передача данных.

Постановка проблемы и анализ литературы. В настоящее время сбор данных с помощью сверхширокополосных (UWB) сигналов требуется во многих применениях, таких как почвопроникающие радиолокаторы (GPR) [1, 2], радиолокаторы "видения сквозь стену" (TWI) [3], импульсная рефлектометрия (TDR) [4], медицинская визуализация [5] и в других применениях, где должны быть определены свойства материалов в среде распространения.

Известен ряд различных подходов сбора данных от повторяющихся сигналов – сбор данных в эквивалентном времени [6, 7], сбор сигналов в эквивалентном времени комбинируется со сбором данных в реальном времени [3] с помощью ультра-быстрых аналого-цифровых преобразовательных микросхем [3] и т.д. Каждый подход имеет ряд достоинств и недостатков, стоимость разработки аппаратуры сбора данных в режиме реального времени и комбинированного сбора данных высока, а достижимая частота дискретизации является относительно низкой. Сбор данных в эквивалентном времени и аппаратура дискретного стробоскопического преобразователя сигналов (DSSC) рассмотрены в этой статье.

Контроль DSSC является аппаратным, управляемым с помощью компьютера. В последние годы всё больше применяются встроенные системы, как PC104 [3]. DSSC имеет цифровые данные на выходе преобразователя. Так как управление DSSC и визуализация выходных данных проводится на компьютере, важно обеспечить соответствующий требуемой скорости интерфейс передачи данных. Универсальным средством и в последнее время часто используемым решением передачи

цифровых данных являются преобразователи параллельного и последовательного интерфейса на USB компаний FTDI [8].

В различных применениях компьютерное управление и визуализация проводится на стационарном или на портативном оборудовании, поэтому важно разработать универсальную компьютерную программу. Часто программы разрабатываются только для одной операционной системе (ОС), что ограничивает универсальность системы [8].

Для обработки данных в специфических применениях, существуют бесплатные библиотеки, разработанные специалистами конкретного направления, например, библиотека iGeos [9] для обработки и визуализаций данных прикладной геофизики.

Цель статьи – разработка архитектуры реконфигурируемой аппаратуры и методики сбора данных сверхширокополосных (UWB) сигналов, управляемой компьютером. В статье рассматривается способ соединения стробоскопического преобразователя, периферийных устройств и компьютера для передачи данных и установки/считывания параметров. Предложенный подход, применение которого позволяет использовать аппаратуру для различных назначений, построен на модульном принципе. Аппаратура, как и программа сбора данных и контроля, легко реконфигурируема.

Общая архитектура системы. Предлагаемая электронная система разработана по модульной архитектуре. Основные функциональные блоки могут быть легко реконфигурируемы и адаптированы для конкретных приложений. В целом система может быть разделена на три основные части – аппаратура стробоскопического преобразователя, микроконтроллер с периферийными устройствами и персональный компьютер или модуль встроенной системы (рис. 1).

Входной аналоговый сигнал подается на вход тактового компаратора стробоскопического преобразователя (рис. 2.). Тактовый компаратор сравнивает входной сигнал с сигналом обратной связи по заднему фронту сигнала строба. Тактовые импульсы или сигналы строба сдвигаются по времени на интервал Δt_s после каждой выборки на протяжении заданного окна времени (рис. 3). Выходной сигнал компаратора подается на счетчик типа "вверх-вниз" (*up-down counter*), выходом которого является цифровой сигнал. Выходные данные подаются также в цепь обратной связи через цифровой переключатель динамического диапазона и преобразуются обратно в аналоговый сигнал через параллельный цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП).

Выходные данные счетчика подаются на блок управления и пересылаются на компьютер.

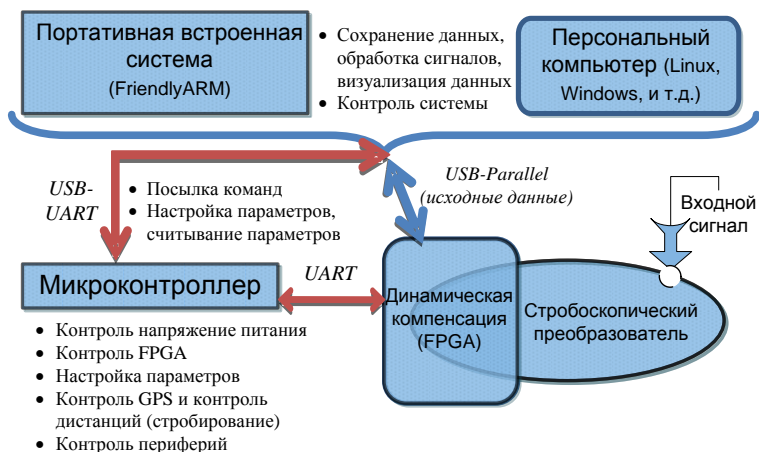


Рис. 1. Общая архитектура системы

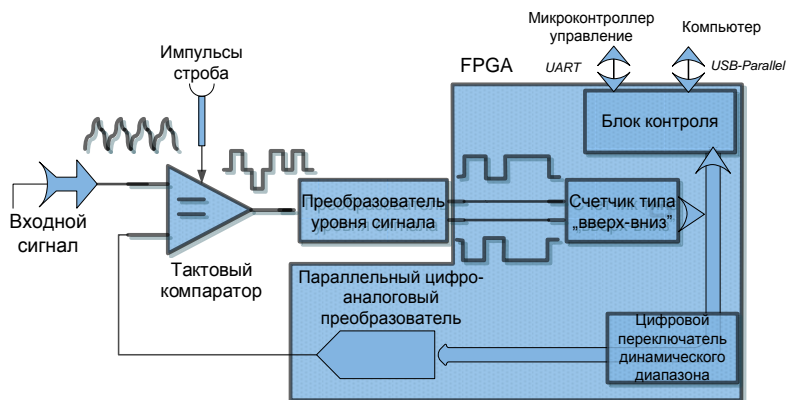


Рис. 2. Блок стробоскопического преобразователя

Используемый тактовый компаратор собран на дискретных транзисторах [7], работающих в режиме малого сигнала или на основе туннельного диода [6]. Высокая чувствительность [6, 7] и очень высокая

(около 100 ГГц) теоретическая ширина полосы частот сигналов может быть достигнута с помощью предлагаемых подходов.

Часть стробоскопического преобразователя имплементирована в микросхему FPGA (рис. 2), которая включает в себя алгоритм динамической компенсации и повышает эффективность и быстродействие системы.

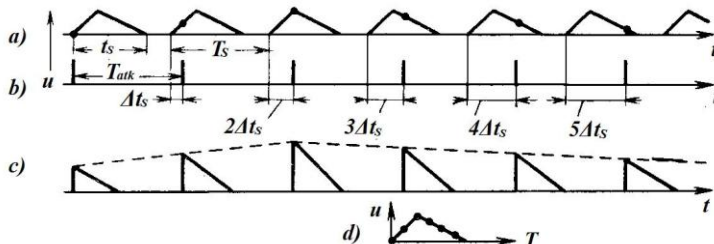


Рис. 3. Стробоскопическое преобразование сигнала

Для настройки параметров FPGA и контроля периферийных устройств используется микроконтроллер TI MSP430. Для связи микроконтроллера с компьютером использован преобразователь FT232. Исходные данные FPGA подаются на компьютер через преобразователь USB-Parallel FT245, обеспечивая высокую скорость передачи данных.

Разработка программного обеспечения. Для контроля системы стробоскопического преобразователя, визуализации цифровых данных и обработки сигналов требуется разработка программного обеспечения, которое не должно содержать коммерческие компоненты. Для начального тестирования интерфейсов передачи данных и контроля системы использовалась программа графического программирования LabView. Начальный приём данных, визуализация и предварительная обработка сигналов осуществлялись в программе компьютерной алгебры и моделирования Matlab, которая обладает множеством специфических инструментов (и примеров) для обработки сигналов разных применений.

LabView и Matlab удобны при разработке, но не годятся для комбинирования исходных кодов разных библиотек и распространения, потому основное программное обеспечение (ПО) разрабатывалось на языке C++ при использовании Qt 4.8.1. [10] – кросс-платформенного инструментария разработки ПО на языке программирования C++ и библиотек других производителей на платформе Windows. Программирование осуществляется в интегрированной среде разработки Qt Creator IDE. Интерфейс разрабатывается в визуальной среде

разработки графического интерфейса Qt Designer. Для обеспечения совместимости интегрированной среды разработки, плагина Qt Designer, библиотеки QWT, плагина QWT для Designer и библиотеки QExtSerialPort были скомпилированы с исходного кода с помощью инструмента Qmake и компиляторного инструментария MinGW. Отдельные части доступны в скомпилированных версиях, но некоторые из них не совместимы с новейшей библиотекой Qt. Надёжней оказалось самим скомпилировать инструменты разработки и библиотеки.

Qt позволяет запускать написанное с его помощью ПО в большинстве современных операционных систем (Windows, Linux, Unix, Mac OS X, Embedded Linux) путём простой компиляции программы для каждой ОС без изменения исходного кода [10]. Qt имеет большое количество встроенных библиотек и библиотек сторонних производителей, предназначенных для специальных целей. Кросс-платформенный инструментарий выбран для разработки ПО на платформе Windows и для применения как на персональных компьютерах, так и на портативных устройствах с операционной системой Embedded Linux.

Интерфейсы передачи данных. *USB-UART (Последовательный интерфейс)* – интерфейс управления, осуществлен с помощью сторонней библиотеки QExtSerialPort 1.2 Beta. Были рассмотрены несколько альтернативных библиотек, но они имеют меньше функциональных возможностей.

В начале программы проводится сканирование всех доступных портов последовательного интерфейса с помощью функций *enumerator()*. Пользователь конфигурирует параметры последовательного интерфейса (скорость, число битов и стоп битов, паритет) в диалоговом окне и открывает порт. Статус порта виден на статусной панели. Виртуальный последовательный порт конфигурирован в режиме событий (*event-mode*) для сбора данных без задержки. Каждый принятый байт в буфере выдаёт сигнал триггера и происходит чтение байтов. Используется режим событий (*event-mode*) вместо стандартного режима опроса (*polling-mode*) для приёма данных в реальном времени. Функция "приятие данных" вызывается функцией триггера (*event notifier*), проверяющей наличие байтов. Эти функции взаимосвязаны программным механизмом Qt – *signal-slot*.

USB-Parallel (Параллельный интерфейс) интерфейс управления осуществлен с помощью библиотеки, прилагаемой к FTDI FT245 микросхеме, D2XX. Максимальная достижимая скорость передачи данных – 1 MB/s. Микросхема FT245 используется вместе с микросхемой памяти EEPROM, в которой хранятся программируемые идентификаторы

Vendor ID (VID), Product ID (PID) и строка описание для идентификации устройства при подключении. D2XX библиотека содержит привязки драйверов для операционных систем Windows и Linux и набор функций для управления параллельным потоком данных – буферизация данных, приём и передача данных, идентификация и инициализация устройства. Заранее заданное количество данных считывается из стробоскопического блока преобразователя и сохраняются для обработки и отображения на жёстком диске компьютера. После сбора данных на микроконтроллер M-MCU посылается команда "ready", и инициализируется следующий цикл сбора данных.

Хранение данных и отображение. При инициализации DSSC параметры сохраняются в оперативной памяти и также в текстовом файле на жёстком диске компьютера в понятном пользователю формате ASCII. При каждом изменении параметров создаётся новый файл. Полученные данные также сохраняются в текстовом файле, но в формате исходных данных (hex).

Визуализация данных может быть осуществлена в двух режимах, в зависимости от применения. Режим реального времени, когда каждая принятая выборка отображается на дисплее, используется в медицинских применениях, например, в детекторе дыхания человека.

Более распространённый режим накопления, когда на дисплее отображается накопленный массив данных с точки отсчёта (триггера), используется во всех остальных применениях стробоскопического преобразователя – GPR, TWI, TDR и в медицинской визуализации.

Для отображения данных в графике в Qt программе используется библиотека инструментов "Изображение технических графиков QWT". Эта библиотека дает возможность отображения данных в графиках различных стилей и позволяет пользователям масштабировать и двигать отображение для лучшего анализа сигналов. Библиотека также предоставляет разные стили регуляторов и слайдеров для настройки параметров.

Выводы

Представленная система является универсальной системой сбора данных сверхширокополосных сигналов с компьютерным управлением. Система реконфигурируема для различных применений и научных исследований.

Проводилась компиляция и тестирование разработанной программы для встроенной системы FriendlyARM mini6410 с операционной системой Embedded Linux с успешными результатами. Разработка программы на базе Qt делает её универсальной и эффективной, однако приходится

сталкиваться с проблемами кросс-компиляции и особенностями операционных систем.

Разработанную систему планируется интегрировать в реальные изделия, как GPR, TWI и детектор дыхания и проводить исследования и эксперименты.

Будущая разработка будет включать в себя обновление микроконтроллера от TI MSP430 16-битный серии на более мощный 32-битный микроконтроллер ARM Cortex M3 для более эффективного, надежного и быстрого управления системой. Планируется усовершенствовать графический пользовательский интерфейс и программу обработки сигналов для визуализации данных различных применений.

Благодарность. Работа выполнена в рамках проекта Института электроники и вычислительной техники No. 2010/0307/2DP/2.1.1.1.0/10/APIA/VIAA/078 "High sensitivity superwideband radar technology" (LoTe), финансируемого совместно с Европейским Фондом Регионального Развития.

Статью представил D.h.sc. comp. E. Hermanis.

Список литературы: 1. Ground Penetrating Radar Systems and Inspection Services / Electronic resource / 2012. – Link: <http://www.penetradar.com>. 2. Radar Systems, Inc. - Zond and Python GPR - Ground Penetrating Radar / Electronic resource / 2012. – Link: <http://www.radsys.lv>. 3. *Chen C.* Application of Equivalent-Time Sampling Combined with Real-Time Sampling in UWB Through-Wall Imaging Radar / *C. Chen, S. Wu, S. Meng, J. Chen, G. Fang, H. Yin* – Beijing, 2011 First International Conference on Instrumentation Measurement Computer Communication and Control, 2011. – P. 721-724. 4. *Strackx E.* Measuring Material / Tissue Permittivity by UWB Time-domain Reflectometry Techniques / *E. Strackx, D. Maarten, G. Vandenbosch, P. Reynaert, P. Leroux*. – Rome, Italy, 2010, International Symposium on Applied Sciences in Biomedical and Communication Technologies edition: 3. 5. *Klemm M.* Breast Cancer Detection Using Symmetrical Antenna Array / *M. Klemm, I.J. Craddock, J. Leendertz, A.W. Preece, R. Renjamine*. – Proc. The Second European Conference. Antennas and Propagation (EuCAP 2007), Nov, 2007. – P. 1-5. 6. *Beiner E.* The Experimental Research of a Digital Sampling Signal Converter / *E. Beiner, K. Kruminis, and V. Peterson* / – Riga, Latvia, Automatic Control and Computer Sciences. – 2008. – Vol. 42. – №. 1. – P. 40–44. 7. *Agafonovs N.* Design and evaluation of a stroboscopic signal converter based on discrete transistor clocked comparator / *N. Agafonovs, G. Supols*. – Tallin, 2012, 13th Biennial Baltic Electronics Conference (BEC2012). 8. *Najeb J.M.* 12-channel USB data acquisition system for QT dispersion analysis / *J.M. Najeb, A. Ruhullah, S.H. Salleh*. – Penang, 2005, Proceedings of the International Conference on Robotics, Vision, Information and Signal Processing ROVIS2005. 9. *Morozov I.* Interactive 3D/2D visualization for geophysical data processing and interpretation / *I. Morozov, G. Chubak, S. Blyth*. – Canada, Computers & Geosciences, 2009. – Vol. 35. – Issue 7. – P. 1397-1408. 10. Nokia Corp. - Qt - Cross-platform application and UI framework / Electronic resource / 2012. – Link: <http://qt.nokia.com>.

УДК 681.3:378.146

Комп'ютерно-керована система дискретного стробоскопічного перетворювача сигналів / Ссліванов А. // Вісник НТУ "ХПІ". Серія: Інформатика та моделювання. – Харків: НТУ "ХПІ". – 2012. – № 62 (968). – С. 177 – 184.

У статті запропонований підхід до рішення проблеми розробки комп'ютерно-керованої системи дискретного стробоскопічного перетворювача сигналів. Система розроблена в модульній архітектурі і може бути адаптована для конкретних вживань. Розглянуто апаратне забезпечення, цифрове управління, збір і передачу даних цифрового перетворювача і розробку комп'ютерної програми управління. Іл. 3. Бібліогр.: 10 назв.

Ключові слова: комп'ютерно-керована система, дискретний стробоскопічний перетворювач сигналів, збір і передача даних.

UDC 681.3:378.146

Computer manageable system of discrete stroboscopic signal converter / Selivanovs A. // Herald of the National Technical University "KhPI". Subject issue: Information Science and Modelling. – Kharkov: NTU "KhPI". – 2012. – № 62 (968). – P. 177 – 184.

In this paper a computer manageable system of discrete stroboscopic signal converter is proposed. System is developed in modular architecture style and is easy adaptable for specific applications. Stroboscopic converter's hardware, digital control, data acquisition and transmission are discussed. This paper mainly focuses on development of digitally controllable system and interface to PC.

Keywords: computer manageable system, discrete stroboscopic signal converter, data acquisition and transmission.

Поступила в редакцію 31.07.2012