

УДК 004.021

UDC 004.021

05.00.00 Технические науки

Technical sciences

ОБЗОР СОВРЕМЕННОЙ ЭЛЕМЕНТНОЙ БАЗЫ В РАМКАХ КОНЦЕПЦИИ «УМНЫХ» СЕТЕЙ

A REVIEW OF THE CURRENT ELEMENT BASE WITHIN THE CONCEPT OF SMART GRIDS

Дубенко Юрий Владимирович
к.т.н., доцент
scorpioncool1@yandex.ru
РИНЦ SPIN-код: 3123-0360

Dubenko Yuri Vladimirovich
Cand.Tech.Sci., associate professor
scorpioncool1@yandex.ru
RSCI SPIN-code: 3123-0360

Тимченко Юрий Николаевич
аспирант
3_west@mail.ru

Timchenko Yuri Nikolaevich
postgraduate student
3_west@mail.ru

Тимченко Николай Николаевич
аспирант
north_11@mail.ru

Timchenko Nikolai Nikolaevich
postgraduate student
north_11@mail.ru

Армавирский механико-технологический институт (филиал) ФГБОУ ВПО «Кубанский государственный технологический университет», Армавир, Россия

Armavir Institute of Mechanics and Technology (branch) of FSBEI HPE Kuban State Technological University, Armavir, Russia

Энергетический комплекс страны – это совокупность электрических установок высокого и низкого напряжения, производящих, преобразующих, транспортирующих, распределяющих и потребляющих электроэнергию. Огромная паутина сетей и более 700 генерирующих станций общей мощностью около 230 ГВт [1]. Практически 90% этого потенциала сформировано в единый технический комплекс – Единую энергетическую систему (ЕЭС) [2]. На данный момент наблюдается ухудшение показателей работы отрасли. По сравнению с 90-ми годами XX века, более чем в 1,5 раза увеличились потери электроэнергии в электросетях. Значительно увеличилась доля морально и физически устаревших электроустановок и вспомогательного оборудования, а нагрузки на сеть с каждым днем только возрастают. Все говорит о необходимости как локальной, так и глобальной модернизации электроэнергетического комплекса страны и создании новой концепции управления потреблением и распределением энергии в сети. В рамках энергетической стратегии Правительства Российской Федерации от 13 ноября 2009 г. № 1715-р, для повышения управляемости и обеспечения надежного функционирования электроэнергетических систем, планируется широкое внедрение гибких систем передачи электроэнергии (устройств FACTS) и совершенствование комплексов автоматической аварийной защиты и диспетчерского управления [1]. Развитие электроэнергетического комплекса страны должно проходить по пути

Energy complex of the country is a collection of electrical installations high and low voltage, producing, transforming, transporting, distributing and consuming electricity. A huge web of networks and more than 700 generating plants with a total capacity of about 230 GW [1]. Almost 90% of this potential is formed in a unified technical complex of the Unified energy system (UES) [2]. Now there is a deterioration of the performance of the sector. In comparison with 90-mi years of XX century, more than 1.5 times increased power losses in the power grids. Significantly increased the proportion of obsolete electrical and auxiliary equipment, and the load on the network every day only increase. All speaks of the necessity of both local and global modernization of the electric power complex of the country and the creation of a new concept of consumption management and energy distribution in the network. In the framework of the energy strategy of the Government of the Russian Federation dated 13 November 2009 # 1715-R, to improve handling and ensure reliable operation of electric power systems, wider introduction of flexible transmission system (FACTS devices) and improvement of systems of automatic emergency protection and dispatching control [1]. The development of electric power complex of the country should be in the way of intelligent networks. This is possible through the use of modern components that can make the process of managing "intelligent". In foreign literature, this term is called the Smart Grid

интеллектуализации сетей. Это возможно благодаря применению современной элементной базы, способной сделать процесс управления «интеллектуальным». В зарубежных источниках данный термин носит название Smart Grid

Ключевые слова: SMART GRID, ПЛК, STM32, МИКРОКОНТРОЛЛЕР, АВТОМАТИЗАЦИЯ
Doi: 10.21515/1990-4665-121-096

Keywords: SMART GRID, STM32, PLC, MICROCONTROLLER, AUTOMATION

Чтобы разобраться с понятием умных сетей, обратимся к [3].

«Впервые этот термин встретился в тексте статьи одного из западных специалистов в 1998 г. В названии статьи этот термин был впервые использован Массудом Амином и Брюсом Волленбергом в их публикации «К интеллектуальной сети». Первые применения этого термина на Западе были связаны с чисто рекламными названиями специальных контроллеров, предназначенных для управления режимом работы и синхронизации автономных ветрогенераторов ...» [3].

Из вышесказанного можно заметить, что термин «умные сети» с одной стороны является не более чем красивой фразой для обобщения процесса автоматизации сети или тех. процесса. С другой стороны, если отбросить рекламную оболочку, то определение «Smart grid» имеет основу и в полной мере описывает существующий уровень технологии и связанной с ним элементной базы для возможной автоматизации. А также, механизмы сбора, обработки информации и принятия решений (механизмы с нечеткой логикой, нейронные сети и др.), которые при должном применении способны любую сеть и процесс сделать интеллектуальными.

Общей концепции перехода к умным сетям и структуры такой сети на данный момент не существует, а потому её необходимо сформировать и начинать стоит с отдельных элементов.

В упрощенном виде можно представить электроэнергетическую сеть как совокупность связей между ее элементами - так называемыми

узлами сети. Тогда процесс интеллектуализации выглядит как доработка конечного узла. Узел в свою очередь будет состоять из совокупности установок, а установку можно представить как набор законченных функциональных блоков и электромеханических преобразователей. Силовые и логические блоки соединяют определенным образом в соответствии с выполняемыми данной установкой функциями и отражают данное соединение в виде технической документации и принципиальных электрических схем.

Таким образом, масштабный процесс автоматизации и интеллектуализации на конечном производстве должен начаться с замены оборудования электрических установок.

В последние годы стала популярна малая автоматизация сетей и производств. В значительной степени это связано с появлением такой единицы, как программируемый логический контроллер (ПЛК).

ПЛК - основа автоматизации

Программируемый логический контроллер (сокр. ПЛК; англ. programmable logic controller, PLC) — электронная составляющая промышленного контроллера, специализированного устройства, используемого для автоматизации технологических процессов [4]. В качестве основного режима работы ПЛК выступает его длительное автономное использование, зачастую в неблагоприятных условиях окружающей среды, без серьёзного обслуживания и практически без вмешательства человека.

ПЛК — устройства, предназначенные для работы в системах реального времени, имеющие ряд особенностей, отличающих их от прочих электронных приборов, применяемых в промышленности [5]:

1) в отличие от микроконтроллера (однокристального компьютера) — микросхемы, предназначенной для управления электронными устройствами — областью применения ПЛК обычно являются

автоматизированные процессы промышленного производства в контексте производственного предприятия;

2) в отличие от компьютеров, ориентированных на принятие решений и управление оператором, ПЛК ориентированы на работу с машинами через развитый ввод сигналов датчиков и вывод сигналов на исполнительные механизмы;

3) в отличие от встраиваемых систем ПЛК изготавливается как самостоятельное изделие, отдельное от управляемого при его помощи оборудования.

Обратимся к структуре ПЛК. В основном он состоит из центрального процессорного устройства (ЦПУ), памяти, и входных-выходных портов. ЦПУ управляет всеми операциями внутри ПЛК. Частота ЦПУ может быть как 4 - 8 МГц для простых устройств, так и 100 – 200 МГц для более сложных и дорогих. Эта частота определяет функциональное быстродействие ПЛК. Система шин несёт информацию и данные с выхода ЦПУ, памяти и входных/выходных устройств. Имеются индивидуальные запоминающие устройства: система ROM постоянно передаёт в операционную систему и фиксирует данные, RAM для программ пользователя и временный рабочий запоминающий буфер для каналов ввода-вывода, а также EEPROM и Flash память для сохранения пользовательских настроек и статистики во время работы устройства [6].

Контроллер в системах автоматизации выполняет циклический алгоритм, включающий ввод данных и размещение их в ОЗУ, обработку данных и вывод. Длительность контроллерного цикла (рабочего) зависит от количества модулей ввода-вывода, поэтому рассчитывается для каждой конфигурации автоматизированной системы отдельно [6].

По расположению модулей ввода-вывода ПЛК бывают:

1. моноблочными – устройство ввода-вывода не может быть удалено из контроллера или заменено на другое;

2. модульные - состоящие из общей корзины (шасси), в которой располагаются модуль центрального процессора и сменные модули;

3. распределенные - в которых модули ввода-вывода выполнены в отдельных корпусах и соединяются с модулем контроллера по сети.

Многие контроллеры имеют набор сменных процессорных плат разной производительности. Это позволяет расширить круг решаемых системой задач без изменения ее структуры.

Наиболее популярными ПЛК для средств автоматизации являются:

1. Siemens — SIMATIC S5 и S7; Desigo PXC
2. Schneider Electric — серия Modicon;
3. Beckhoff;
4. Segnetics - Pixel2511, smh2gi, trim5;
5. Omron CJ1, CJ2, CS1, CP1;
6. Mitsubishi — серия Melsec (FX, L, Q);
7. DVP - Delta Electronics.
8. AC500 - ABB.
9. ПЛК 63, ПЛК 73, ПЛК 100, ПЛК 160 – ОВЕН (только набирают популярность в России).

Так или иначе, все выпускаемые ПЛК, от самого простого до многоблочного стоимостью сотни тысяч рублей, строятся по схожей структуре, неизменным звеном которой является ЦПУ. В системах средней сложности применяют микроконтроллеры, в сложных высокопроизводительных системах – микропроцессоры. В системах такого рода порой эффективнее решать задачи с помощью промышленных компьютеров (например, eBOX-2300SXA-H или eBOX-3332-L2852C2DMI).

Компьютер может быть превращен в полноценный контроллер, если на него установить:

- систему программирования контроллеров (например, CoDeSys или ISaGRAF);

- электронный диск вместо обычного жесткого диска;
- платы ввода-вывода или внешние модули ввода-вывода.

Однако, как было замечено ранее, большая доля автоматизированных систем строятся с применением ПЛК, основой которых является микроконтроллер.

Современные микроконтроллеры

Первый в мире микропроцессор был выпущен фирмой Intel 15 ноября 1971 года и стал настоящей революцией в развитии цифровой техники. Он выпускался в 16-контактном корпусе и мог выполнять максимально — до 93 тысяч инструкций в секунду. На рисунке 1 изображена структурная схема и внешний вид микропроцессора Intel 4004.

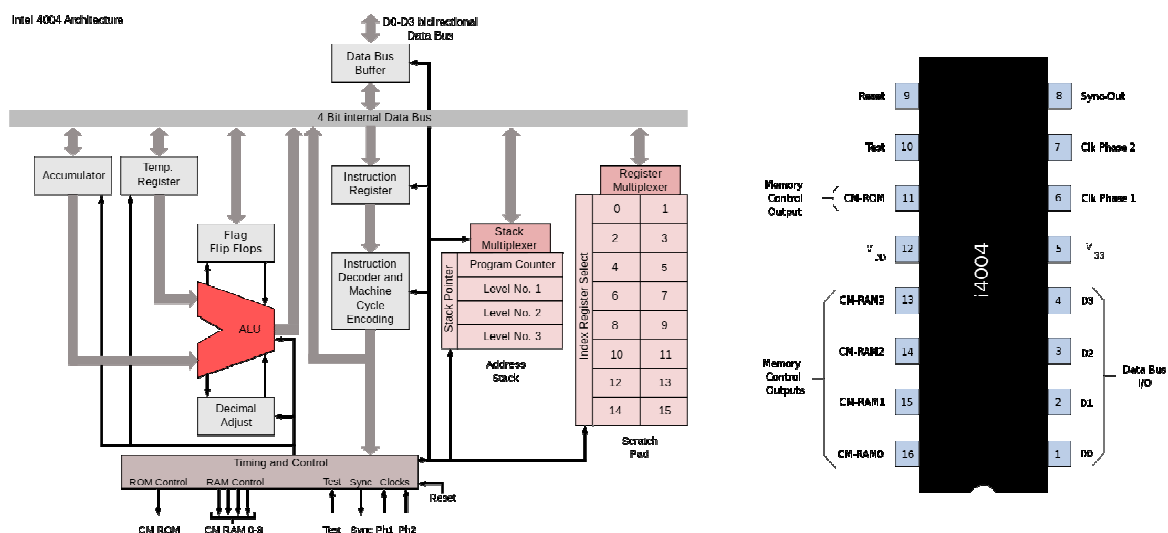


Рис. 1. Структура и внешний вид первого микропроцессора

Вслед за процессорами появились однокристальные микро-ЭВМ (или микроконтроллеры), ознаменовав начало новой эры в вычислительной технике - эры высокопроизводительных и надежных цифровых систем управления, интегрированных в рабочую машину, механизм, прибор, изделие.

Совмещение в одной микросхеме достаточно мощного вычислительного ядра с широким набором периферии значительно снижает размеры, энергопотребление логической части

устройства и его стоимость в целом. А уменьшение расстояния между логическими частями устройства делает обмен информацией намного быстрее. Это сделало микроконтроллеры очень перспективными в плане производства.

Ряд ведущих мировых фирм, таких как Intel, Motorola, Siemens и др. уже более 20 лет разрабатывают и активно продвигают на рынке электронных компонентов серии специализированных однокристальных микропроцессоров и микроконтроллеров, предназначенных для встраивания в оборудование и отвечающие жестким условиям промышленной эксплуатации.

Популярностью у разработчиков пользуются 8 и 16-битные микроконтроллеры PIC фирмы Microchip Technology, AVR фирмы Atmel, STM8 фирмы STMicroelectronics, 16-битные MSP430 фирмы TI, 32-битные микроконтроллеры архитектуры ARM (пример STM32 фирмы STMicroelectronics), а также программируемые логические интегральные схемы (ПЛИС) таких компаний как INTEL, ALTERA, AMD, LATTICE, XILINX, АСТЕL и др.

Далее, проведем поверхностное сравнение следующих контроллеров:

- PIC16F876 фирмы Microchip [7];
- STM8S003F3P6 фирмы STMicroelectronics [8];
- ATmega8A фирмы ATMEL [9].

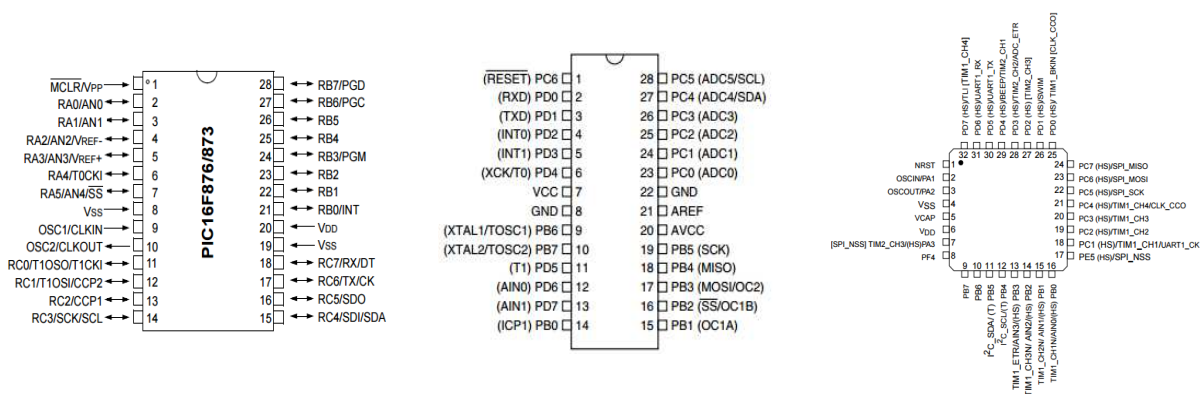


Таблица 1 – Основные параметры микросхемы PIC16F87*.

Key Features PICmicro™ Mid-Range Reference Manual (DS33023)	PIC16F873	PIC16F874	PIC16F876	PIC16F877
Operating Frequency	DC - 20 MHz	DC - 20 MHz	DC - 20 MHz	DC - 20 MHz
RESETS (and Delays)	POR, BOR (PWRT, OST)	POR, BOR (PWRT, OST)	POR, BOR (PWRT, OST)	POR, BOR (PWRT, OST)
FLASH Program Memory (14-bit words)	4K	4K	8K	8K
Data Memory (bytes)	192	192	368	368
EEPROM Data Memory	128	128	256	256
Interrupts	13	14	13	14
I/O Ports	Ports A,B,C	Ports A,B,C,D,E	Ports A,B,C	Ports A,B,C,D,E
Timers	3	3	3	3
Capture/Compare/PWM Modules	2	2	2	2
Serial Communications	MSSP, USART	MSSP, USART	MSSP, USART	MSSP, USART
Parallel Communications	—	PSP	—	PSP
10-bit Analog-to-Digital Module	5 input channels	8 input channels	5 input channels	8 input channels
Instruction Set	35 instructions	35 instructions	35 instructions	35 instructions

Таблица 2 – Основные параметры микросхемы STM8S003*.

Device	STM8S003K3	STM8S003F3
Pin count	32	20
Maximum number of GPIOs (I/Os)	28	16
Ext. interrupt pins	27	16
Timer CAPCOM channels	7	7
Timer complementary outputs	3	2
A/D converter channels	4	5
High sink I/Os	21	12
Low density Flash program memory (bytes)	8K	8K
RAM (bytes)	1K	1K
True data EEPROM (bytes)	128 ⁽¹⁾	128 ⁽¹⁾
Peripheral set	Multipurpose timer (TIM1), SPI, I ² C, UART window WDG, independent WDG, ADC, PWM timer (TIM2), 8-bit timer (TIM4)	

Таблица 3 – Основные параметры микросхемы ATmega8A.

Features	ATmega8A
Pin count	32
Flash (KB)	8
SRAM (KB)	1
EEPROM (Bytes)	512
General Purpose I/O pins	23
SPI	1
TWI (I ² C)	1
USART	1
ADC	10-bit 15ksps
ADC channels	6 (8 in TQFP and QFN/MLF packages)
AC propagation delay	Typ 400ns
8-bit Timer/Counters	2
16-bit Timer/Counters	1
PWM channels	3
RC Oscillator	+/-3%
Operating voltage	2.7 - 5.5V
Max operating frequency	16MHz
Temperature range	-40°C to +105°C

В таблицах отражены следующие показатели:

- максимальная тактовая частота микросхемы;
- кол-во выводов в корпусе;
- кол-во программируемых выводов;

- кол-во источников прерываний;
- кол-во таймеров;
- кол-во каналов АЦП;
- объем ROM, RAM, EEPROM памяти;
- доступная периферия и др.

Таким образом, при поверхностном сравнении микроконтроллеров популярных фирм, можно заметить, что в пределах одной разрядности микросхемы отличаются незначительно. Также важным критерием является наличие удобной среды программирования и средств разработки.

На данный момент наиболее удобными, производительными и приемлемыми в плане стоимости, являются микроконтроллеры STM32 фирмы STMicroelectronics. Высокая частота работы, широкий набор периферии, 32-битная архитектура, промышленный диапазон рабочих температур (от -40 до $+85$ °C), наличие конфигуратора периферии (STM32CubeMX), большой выбор средств разработки (Keil, IAR, CoCoX, Eclipse) и отладочных плат («DISCOVERY», «EVAL» и др.) – все это делает их привлекательными для использования в ПЛК и новых разработках.

Если на основе рассматриваемых ранее контроллеров можно построить простое устройство (цифровой индикатор, логический блок, измеритель, программируемое реле, многоканальный ПЛК и т.п.), то применение контроллеров фирмы STMicroelectronics открывает большие возможности. Отладочная плата «DISCOVERY» способна заменить блок электроники для какого-либо устройства, а «EVAL-BOARD», благодаря большому набору периферии, способна заменить плату компьютера или ПЛК, управляющего технологическим процессом.

Подведем итоги и для начала определим, какие показатели необходимы для построения ПЛК, отвечающего современным требованиям и способного стать частью Smart Grid:

1. ПЛК должен быть построен по модульной структуре (это позволит собрать устройство под требуемые задачи);

2. блок питания (плата питания) должен быть внешним (это позволит быстро восстанавливать работоспособность прибора при поломке и уменьшить его размеры);

3. необходимо наличие дисплея, для задания текущих установок и корректировки параметров;

4. устройство должно поддерживать следующие типы программирования:

- программирование части параметров с лицевой панели контроллера;
- переносным программатором с помощью ПК;
- обновление версии программного обеспечения дистанционно, либо с помощью съемного модуля.

5. устройство должно иметь не менее 2-х изолированных интерфейсов, обеспечивающих подключение в сеть для сбора и обмена данными;

6. платы расширения должны обеспечивать ввод/вывод аналоговых и цифровых сигналов (не менее 8 аналоговых и 16 цифровых).

Теперь определимся с микросхемой контроллера. Она должна отвечать следующим требованиям:

- минимум 16-разрядная архитектура;
- возможность работы в промышленном диапазоне температур;
- минимум 48-выводной корпус;
- тактовая частота от 50 МГц и выше;
- возможность работы с SD-картой памяти;
- возможность подключения графического дисплея;
- наличие модуля часов реального времени;
- наличие следующих интерфейсов: SPI, USART, USB, ETHERNET;
- большой объем и возможность расширения RAM и ROM памяти;

- наличие или возможность подключения EEPROM памяти;
- минимум 5 таймеров общего и специального назначения;
- наличие удобной настройки прерываний или возможность установки операционной системы;
- наличие программатора-отладчика и среды.

Предъявляемым требованиям отвечают контроллеры STM32F103VGT6, STM32F107VGT6, STM32F407VGT6 и более новые.

Литература

1. Министерство энергетики Российской Федерации ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ СТРАТЕГИЯ РОССИИ НА ПЕРИОД ДО 2035 ГОДА.

2. РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК ИНСТИТУТ НАРОДНОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ. Открытый семинар «Экономические проблемы энергетического комплекса» (семинар А.С.Некрасова). Сто тридцать третье заседание от 23 октября 2012 года «ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ РОССИИ НА ПЕРИОД ДО 2030 г».

3. Журнал «Электротехнический рынок» №06 (36) Ноябрь-Декабрь 2010. В. И. ГУРЕВИЧ, канд. техн. наук «Интеллектуальные сети: новые перспективы или новые проблемы?».

4. Мишель Ж. Программируемые контроллеры: архитектура и применение. — М.: Машиностроение, 1986.

5. Э. Парр. Программируемые контроллеры: руководство для инженера. — М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2007. — 516 с. ISBN 978-5-94774-340-1.

6. http://www.bookasutp.ru/Chapter6_1.aspx.

7. <http://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/75012/MICROCHIP/PIC16F876.html>.

8. <http://www.alldatasheet.com/datasheet/.../STM8S003F3P6TR.html>.

9. <http://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/313650/ATMEL/ATmega8A.html>.

References

1. Ministerstvo jenergetiki Rossijskoj Federacii JeNERGETIChESKAJa STRATEGIJa ROSSII NA PERIOD DO 2035 GODA.

2. ROSSIJSKAJa AKADEMIJa NAUK INSTITUT NARODNOHOZJASTVENNOGO PROGNOZIROVANIIJa. Otkrytyj seminar «Jekonomicheskie problemy jenergeticheskogo kompleksa» (seminar A.S.Nekrasova). Sto tridcat' tret'e zasedanie ot 23 oktjabrja 2012 goda «PERSPEKTIVY RAZVITIIJa JeLEKTROJeNERGETIKI ROSSII NA PERIOD DO 2030 g».

3. Zhurnal «Jelektrotehnicheskij ryнок» №06 (36) Nojabr'-Dekabr' 2010. V. I. GUREVICH, kand. tehn. nauk «Intellectual'nye seti: novye perspektivy ili novye problemy?».

4. Mishel' Zh. Programmiruemye kontrollery: arhitektura i primenenie. — М.: Mashinostroenie, 1986.

5. Je. Parr. Programmiruemye kontrollery: rukovodstvo dlja inzhenera. — М.: BINOM. Laboratorija znaniy, 2007. — 516 s. ISBN 978-5-94774-340-1.

6. http://www.bookasutp.ru/Chapter6_1.aspx.

7. <http://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/75012/MICROCHIP/PIC16F876.html>.
8. <http://www.alldatasheet.com/datasheet/.../STM8S003F3P6TR.html>.
9. <http://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/313650/ATMEL/ATmega8A.html>.