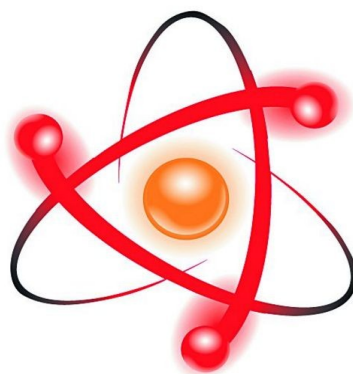


НПО УЧЕБНОЙ ТЕХНИКИ «ТУЛАНАУЧПРИБОР»

МЕТОДИЧЕСКОЕ РУКОВОДСТВО ПО ВЫПОЛНЕНИЮ
ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ



РТМТЛ-1

**ОСНОВЫ РАБОТЫ С ПРОГРАММИРУЕМЫМИ
МИКРОКОНТРОЛЛЕРАМИ**

Тула, 2014 г.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА.

ОСНОВЫ РАБОТЫ С ПРОГРАММИРУЕМЫМИ МИКРОКОНТРОЛЛЕРАМИ НА ПРИМЕРЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРА AVR АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ЛАБОРАТОРНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ РАБОТЫ С ПК.

Цель работы: на примере микроконтроллера AVR Atmega8535, Atmega16, Atmega32 или совместимого изучить основные приёмы программирования и отладки микроконтроллера.

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ.

Микроконтроллеры.

Микроконтрoллер (англ. Micro Controller Unit, MCU) — микросхема, предназначенная для управления электронными устройствами. Типичный микроконтроллер сочетает на одном кристалле функции процессора и периферийных устройств, содержит ОЗУ и (или) ПЗУ. По сути, это однокристалльный компьютер, способный выполнять простые задачи.

С появлением однокристалльных микро-ЭВМ связывают начало эры массового применения компьютерной автоматизации в области управления. По-видимому, это обстоятельство и определило термин «контроллер» (англ. controller— регулятор, управляющее устройство).

В связи со спадом отечественного производства и возросшим импортом техники, в том числе вычислительной, термин «микроконтроллер» (МК) вытеснил из употребления ранее использовавшийся термин «однокристалльная микро-ЭВМ».

Первый патент на однокристалльную микро-ЭВМ был выдан в 1971 году инженерам М. Кочрену и Г. Буну, сотрудникам американской Texas Instruments. Именно они предложили на одном кристалле разместить не только процессор, но и память с устройствами ввода-вывода.

В 1976 году американская фирма Intel выпускает микроконтроллер i8048. В 1978 году фирма Motorola выпустила свой первый микроконтроллер MC6801, совместимый по системе команд с выпущенным ранее микропроцессором MC6800. Через 4 года, в 1980 году, Intel выпускает следующий микроконтроллер: i8051. Удачный набор периферийных устройств, возможность гибкого выбора внешней или внутренней программной памяти и приемлемая цена обеспечили этому микроконтроллеру успех на рынке. С точки зрения технологии микроконтроллер i8051 являлся для своего времени очень сложным изделием— в кристалле было использовано 128 тыс. транзисторов, что в 4 раза превышало количество транзисторов в 16-разрядном микропроцессоре i8086.

На сегодняшний день существует более 200 модификаций микроконтроллеров, совместимых с i8051, выпускаемых двумя десятками компаний, и большое количество микроконтроллеров других типов.

Популярностью у разработчиков пользуются 8-битные микроконтроллеры PIC фирмы Microchip Technology и AVR фирмы Atmel, 16-битные MSP430 фирмы TI, а также 32-битные микроконтроллеры, архитектуры ARM, которую разрабатывает фирма ARM Limited и продаёт лицензии другим фирмам для их производства. Несмотря на популярность в России микроконтроллеров упомянутых выше, по данным Gartner Group от 2009 года мировой рейтинг по объёму продаж выглядит иначе: первое место с большим отрывом занимает Renesas Electronics на втором Freescale, на третьем Samsung, затем идут Microchip и TI, далее все остальные.

В СССР велись разработки оригинальных микроконтроллеров, также осваивался выпуск клонов наиболее удачных зарубежных образцов. В 1979 году в СССР НИИ ТТ разработали однокристалльную 16-разрядную ЭВМ K1801BE1, микроархитектура которой называлась «Электроника НЦ».

При проектировании микроконтроллеров приходится соблюдать баланс между размерами и стоимостью с одной стороны и гибкостью и производительностью с другой. Для разных приложений оптимальное соотношение этих и других параметров может различаться очень сильно. Поэтому существует огромное количество типов микроконтроллеров, отличающихся архитектурой процессорного модуля, размером и типом встроенной памяти, набором периферийных устройств, типом корпуса и т. д. В отличие от обычных компьютерных микропроцессоров, в микроконтроллерах часто используется гарвардская архитектура памяти, то есть раздельное хранение данных и команд в ОЗУ и ПЗУ соответственно.

Кроме ОЗУ, микроконтроллер может иметь встроенную энергонезависимую память для хранения программы и данных. Во многих контроллерах вообще нет шин для подключения внешней памяти. Наиболее дешёвые типы памяти допускают лишь однократную запись. Такие устройства подходят для массового производства в тех случаях, когда программа контроллера не будет обновляться. Другие модификации контроллеров обладают возможностью многократной перезаписи энергонезависимой памяти.

Неполный список периферии, которая может присутствовать в микроконтроллерах, включает в себя:

- универсальные цифровые порты, которые можно настраивать как на ввод, так и на вывод;
- различные интерфейсы ввода-вывода, такие как UART, I²C, SPI, CAN, USB, IEEE 1394, Ethernet;
- аналого-цифровые и цифро-аналоговые преобразователи;
- компараторы;
- широтно-импульсные модуляторы;
- таймеры;
- контроллеры бесколлекторных двигателей;
- контроллеры дисплеев и клавиатур;

- радиочастотные приемники и передатчики;
- массивы встроенной флеш-памяти;
- встроенный тактовый генератор и сторожевой таймер;

Ограничения по цене и энергопотреблению сдерживают также рост тактовой частоты контроллеров. Хотя производители стремятся обеспечить работу своих изделий на высоких частотах, они, в то же время, предоставляют заказчикам выбор, выпуская модификации, рассчитанные на разные частоты и напряжения питания. Во многих моделях микроконтроллеров используется статическая память для ОЗУ и внутренних регистров. Это даёт контроллеру возможность работать на меньших частотах и даже не терять данные при полной остановке тактового генератора. Часто предусмотрены различные режимы энергосбережения, в которых отключается часть периферийных устройств и вычислительный модуль.

Известные семейства

- MCS 51 (Intel)
- MSP430 (TI)
- ARM (ARM Limited)
 - ST Microelectronics STM32 ARM-based MCUs
 - Atmel Cortex, ARM7 и ARM9-based MCUs
 - Texas Instruments Stellaris MCUs
 - NXP ARM-based LPC MCUs
 - Toshiba ARM-based MCUs
 - Analog Devices ARM7-based MCUs
 - Cirrus Logic ARM7-based MCUs
 - Freescale Semiconductor ARM9-based MCUs
- AVR (Atmel)
 - ATmega
 - ATtiny
 - XMega
- PIC (Microchip)
- STM8 (STMicroelectronics)

Применение

Использование в современном микроконтроллере достаточного мощного вычислительного устройства с широкими возможностями, построенного на одной микросхеме вместо целого набора, значительно снижает размеры, энергопотребление и стоимость построенных на его базе устройств. Используются в управлении различными устройствами и их отдельными блоками:

- в вычислительной технике: материнские платы, контроллеры дисководов жестких и гибких дисков, CD и DVD, калькуляторах;
- электронике и разнообразных устройствах бытовой техники, в

которой используются электронные системы управления — стиральных машинах, микроволновых печах, посудомоечных машинах, телефонах и современных приборах;

В промышленности:

- устройств промышленной автоматики — от программируемого реле и встраиваемых систем до ПЛК,
- систем управления станками

В то время как 8-разрядные процессоры общего назначения полностью вытеснены более производительными моделями, 8-разрядные микроконтроллеры продолжают широко использоваться. Это объясняется тем, что существует большое количество применений, в которых не требуется высокая производительность, но важна низкая стоимость. В то же время, есть микроконтроллеры, обладающие большими вычислительными возможностями, например цифровые сигнальные процессоры.

Микроконтроллеры семейства AVR.

AVR — семейство восьмибитных микроконтроллеров фирмы Atmel. Год разработки — 1996. В AVR микроконтроллерах есть область (4 байта) которую называют Fuse Bits (фьюз биты), в которой хранится конфигурация микроконтроллера. У каждого AVR микроконтроллера есть свой набор Fuse Bits.

Микроконтроллеры (МК) выпускаются в нескольких корпусах рис. 1.1.



Рис. 1.1

Большинство МК имеют SPI интерфейс связи, по которому можно программировать (прошивать) микроконтроллер.

Для AVR микроконтроллеров существует множество компиляторов, например: BASCOM-AVR (Basic компилятор), Code Vision AVR (C (си) компилятор), WinAVR (компилятор C (си) и ассемблера) и т.д. В данной задаче по микроконтроллерам AVR будет использоваться компилятор Algorithm Builder.

Для того чтобы запрограммировать (прошить) микроконтроллер, необходим программатор. Программатор это устройство, которое связывает микроконтроллер и компьютер вместе. Компьютер с помощью специальной программы прошивает микроконтроллер указанной программой (прошивкой).

Отличительные особенности

К особенностям микроконтроллеров AVR семейства Mega можно отнести:

- FLASH-память программ объемом от 8 до 256 Кбайт (число циклов стирания/записи не менее 10 000);
- оперативная память (статическое ОЗУ) объемом от 512 байт до 8 Кбайт;
- память данных на основе ЭСППЗУ (EEPROM) объемом от 256 байт до 4 Кбайт (число циклов стирания/записи не менее 100 000);
- возможность защиты от чтения и модификации памяти программ и данных;
- возможность программирования непосредственно в системе через последовательные интерфейсы SPI и JTAG;
- возможность самопрограммирования;
- возможность внутрисхемной отладки в соответствии со стандартом IEEE 1149.1 (JTAG), а также наличие собственного однопроводного интерфейса внутрисхемной отладки debugWire);
- разнообразные способы синхронизации: встроенный RC-генератор с внутренней или внешней времязадающей RC-цепочкой, встроенный генератор с внешним кварцевым или пьезокерамическим резонатором, внешний сигнал синхронизации;
- наличие нескольких режимов пониженного энергопотребления;

Характеристики процессора

Основными характеристиками процессора микроконтроллеров AVR семейства Mega являются:

- полностью статическая архитектура, минимальная тактовая частота равна нулю;
- арифметико-логическое устройство (АЛУ) подключено непосредственно к регистрам общего назначения C2 регистра);
- большинство команд выполняются за один период тактового сигнала;
- векторная система прерываний, поддержка очереди прерываний;
- большое число источников прерываний (до 45 внутренних и до 32 внешних);
- наличие аппаратного умножителя.

Периферийные устройства

Микроконтроллеры семейства Mega имеют богатый набор периферийных устройств (ПУ):

- один или два 8-битных таймера/счетчика. Во всех моделях с двумя 8-битными таймерами/счетчиками один из них может работать в качестве часов реального времени (в асинхронном режиме);
- от одного до четырех 16-битных таймеров/счетчиков;
- сторожевой таймер;
- одно- и двухканальные генераторы 8-битного ШИМ-сигнала (один из режимов работы 8-битных таймеров/счетчиков);
- двух- и трехканальные генераторы ШИМ-сигнала регулируемой разрядности (один из режимов работы 16-битных таймеров/счетчиков). Разрешение формируемого сигнала может составлять от 1 до 16 бит;
- аналоговый компаратор;
- многоканальный 10-битный АЦП последовательного приближения, имеющий как несимметричные, так и дифференциальные входы;
- последовательный синхронный интерфейс SPI;
- последовательный двухпроводный интерфейс TWI (полный аналог интерфейса I²C);
- от одного до четырех полнодуплексных универсальных синхронных/асинхронных приемо-передатчиков (USART). В ряде моделей эти приемо-передатчики могут использоваться в качестве ведущего устройства шины SPI;
- универсальный последовательный интерфейс USI, который может использоваться в качестве интерфейса SPI или I²C. Кроме того, USI может использоваться в качестве полудуплексного UART или 4/12-битного счетчика.

Архитектура ядра

Ядро микроконтроллеров AVR семейства Mega выполнено по усовершенствованной RISC-архитектуре (enhanced RISC) (Рис. 1.2), в которой используется ряд решений, направленных на повышение быстродействия микроконтроллеров.

Арифметико-логическое устройство (АЛУ), выполняющее все вычисления, подключено непосредственно к 32 рабочим регистрам, объединенным в регистровый файл. Благодаря этому, АЛУ может выполнять одну операцию (чтение содержимого регистров, выполнение операции и запись результата обратно в регистровый файл) за такт. Кроме того, практически каждая из команд (за исключением команд, у которых одним из операндов является 16-битный адрес) занимает одну ячейку памяти программ.

В микроконтроллерах AVR реализована Гарвардская архитектура, характеризующаяся отдельной памятью программ и данных, каждая из которых имеет собственные шины доступа. Такая организация позволяет одновременно работать как с памятью программ, так и с памятью данных.

Разделение информационных шин позволяет использовать для каждого типа памяти шины различной разрядности, причем способы адресации и доступа к каждому типу памяти также различаются. В сочетании с двухуровневым конвейером команд такая архитектура позволяет достичь производительности в 1 MIPS на каждый МГц тактовой частоты.

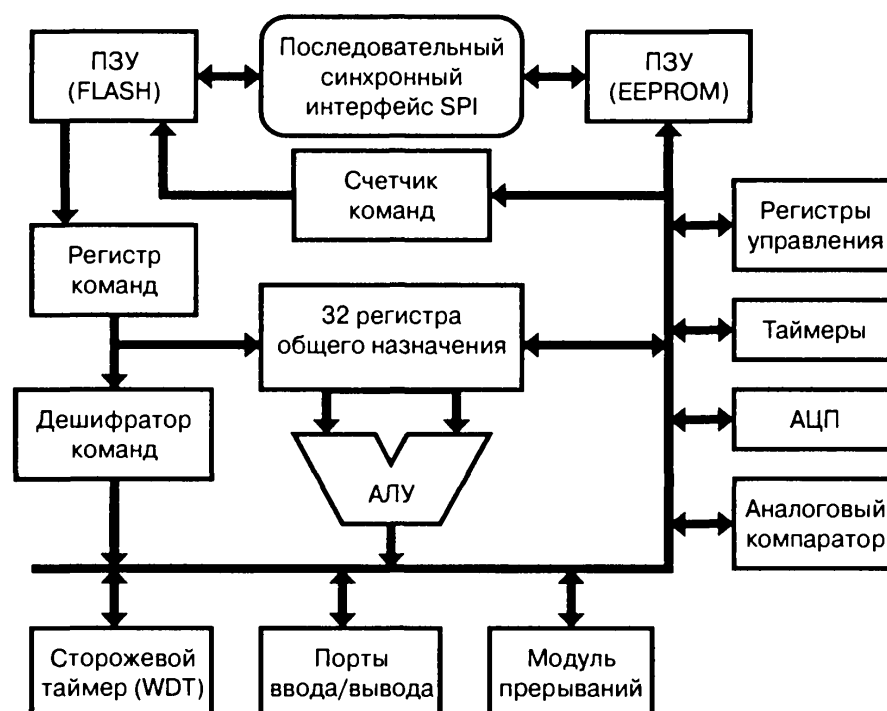


Рис. 1.2. Архитектура ядра микроконтроллеров AVR.

Микроконтроллеры ATmega8535, ATmega8535L (Рис. 1.3) — имеют FLASH-память программ объемом 8 Кбайт, ОЗУ объемом 512 байт и EEPROM-память данных объемом 512 байт. Выпускаются также в 44-выводном корпусе типа PLCC.

Описание выводов исследуемого микроконтроллера приведено в табл. 1.1.

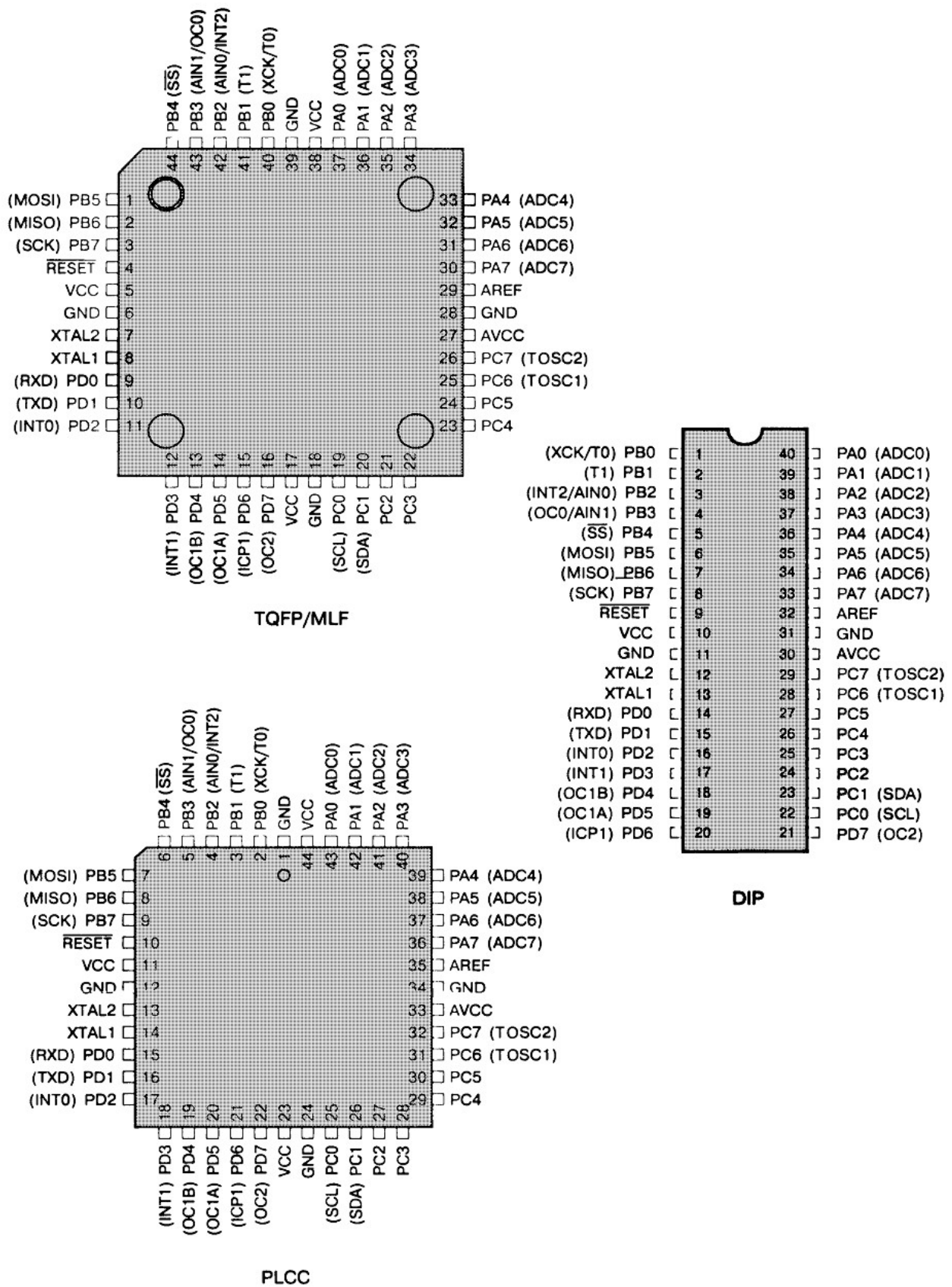


Рис. 1.3. Расположение выводов (вид сверху) моделей ATmega8535x

Таблица 1.1. Описание выводов моделей ATmega8535x

Обозначение	Номер вывода			Тип вывода	Описание
	DIP	TQFP MLF	PLCC		
XTAL1	13	8	14	I	Вход тактового генератора
XTAL2	12	7	13	O	Выход тактового генератора
RESET	9	4	10	I	Вход сброса
Порт А. 8-битный двунаправленный порт ввода/вывода с внутренними подтягивающими резисторами					
PA0 (ADC0)	40	37	43	I/O	0-й бит порта А Вход АЦП
PA1 (ADC1)	39	36	42	I/O	1-й бит порта А Вход АЦП
PA2 (ADC2)	38	35	41	I/O	2-й бит порта А Вход АЦП
PA3 (ADC3)	37	34	40	I/O	3-й бит порта А Вход АЦП
PA4 (ADC4)	36	33	39	I/O	4-й бит порта А Вход АЦП
PA5 (ADC5)	35	32	38	I/O	5-й бит порта А Вход АЦП
PA6 (ADC6)	34	31	37	I/O	6-й бит порта А Вход АЦП
PA7 (ADC7)	33	30	36	I/O	7-й бит порта А Вход АЦП
Порт В. 8-битный двунаправленный порт ввода/вывода с внутренними подтягивающими резисторами					
PB0 (T0/XCK)	1	40	2	I/O	0-й бит порта В Вход внешнего тактового сигнала таймера/счетчика T0 Вход/выход внешнего тактового сигнала USART
PB1 (T1)	2	41	3	I/O	1-й бит порта В Вход внешнего тактового сигнала таймера/счетчика T1
PB2 (AIN0/INT2)	3	42	4	I/O	2-й бит порта В Неинвертирующий вход компаратора Вход внешнего прерывания
PB3 (AIN1/OC0)	4	43	5	I/O	3-й бит порта В Инвертирующий вход компаратора Выход таймера/счетчика T0

Обозначение	Номер вывода			Тип вывода	Описание
	DIP	TQFP MLF	PLCC		
PB4 ($\overline{SS}$)	5	44	6	I/O	4-й бит порта В Выбор Slave-устройства на шине SPI
PB5 (MOSI)	6	1	7	I/O	5-й бит порта В Выход (Master) или вход (Slave) данных модуля SPI
PB6 (MISO)	7	2	8	I/O	6-й бит порта В Вход (Master) или выход (Slave) данных модуля SPI
PB7 (SCK)	8	3	9	I/O	7-й бит порта В Выход (Master) или вход (Slave) тактового сигнала модуля SPI
Порт С. 8-битный двунаправленный порт ввода/вывода с внутренними подтягивающими резисторами					
PC0 (SCL)	22	19	25	I/O	0-й бит порта С Вход/выход тактового сигнала модуля TWI
PC1 (SDA)	23	20	26	I/O	1-й бит порта С Вход/выход данных модуля TWI
PC2	24	21	27	I/O	2-й бит порта С
PC3	25	22	28	I/O	3-й бит порта С
PC4	26	23	29	I/O	4-й бит порта С
PC5	27	24	30	I/O	5-й бит порта С
PC6 (TOSC1)	28	25	31	I/O	6-й бит порта С Вывод для подключения резонатора к таймеру/счетчику T2
PC7 (TOSC2)	29	26	32	I/O	7-й бит порта С Вывод для подключения резонатора к таймеру/счетчику T2
Порт D. 8-битный двунаправленный порт ввода/вывода с внутренними подтягивающими резисторами					
PD0 (RXD)	14	9	15	I/O	0-й бит порта D Вход USART
PD1 (TXD)	15	10	16	I/O	1-й бит порта D Выход USART
PD2 (INT0)	16	11	17	I/O	2-й бит порта D Вход внешнего прерывания

Обозначение	Номер вывода			Тип вывода	Описание
	DIP	TQFP MLF	PLCC		
PD3 (INT1)	17	12	18	I/O	3-й бит порта D Вход внешнего прерывания
PD4 (OC1B)	18	13	19	I/O	4-й бит порта D Выход В таймера/счетчика T1
PD5 (OC1A)	19	14	20	I/O	5-й бит порта D Выход А таймера/счетчика T1
PD6 (ICP1)	20	15	21	I/O	6-й бит порта D Вход захвата таймера/счетчика T1
PD7 (OC2)	21	16	22	I/O	7-й бит порта D Выход таймера/счетчика T2
AREF	32	29	35	P	Вход опорного напряжения для АЦП
AVCC	30	27	33	P	Вывод источника питания АЦП
VCC	10	5, 17, 38	11, 23, 44	P	Вывод источника питания
GND	11, 31	6, 18, 28, 39	12, 24, 34, 1	P	Общий вывод

Программирование микроконтроллеров.

Учебная графическая среда для разработки программного обеспечения для микроконтроллеров с архитектурой AVR фирмы ATMEL.

Среда Algorithm Builder

Среда предназначена для производства полного цикла разработки начиная от ввода алгоритма, включая процесс отладки и заканчивая программированием кристалла рис. 2.1. Разработка программы может быть как на уровне ассемблера, так и на макроуровне с манипуляцией многобайтными величинами со знаком.

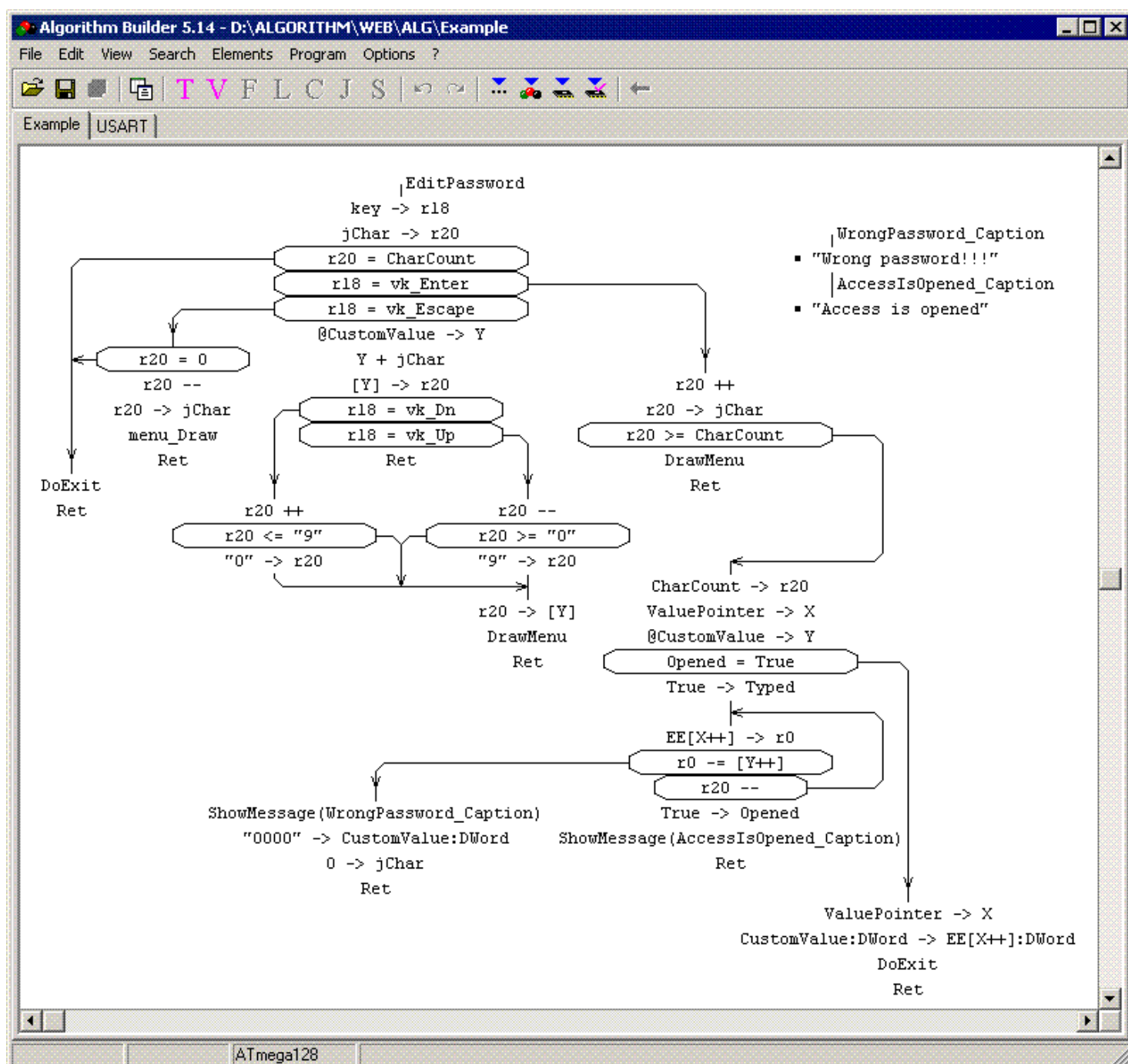


Рис. 2.1. Учебная среда программирования микроконтроллеров.

В отличие от классического ассемблера программа вводится в виде алгоритма с древовидными ветвлениями и отображается на плоскости, в двух измерениях. Сеть условных и безусловных переходов отображается графически, в удобной векторной форме. Это к тому же освобождает программу от бесчисленных имен меток, которые в классическом ассемблере являются неизбежным балластом. Вся логическая структура программы становится наглядной.

Графические технологии раскрывают новые возможности для программистов. Визуальность логической структуры уменьшает вероятность ошибок и сокращает сроки разработки.

Для настройки периферийных устройств (таймеры, UART, ADC, SPI и т.д.) предусмотрен специальный элемент алгоритма - "настройщик" с раскрывающимся оконным интерфейсом. В нем достаточно выбрать необходимые параметры работы устройства, а набор инструкций, обеспечивающих эти параметры, сформирует компилятор (в правой части окна) рис. 2.2

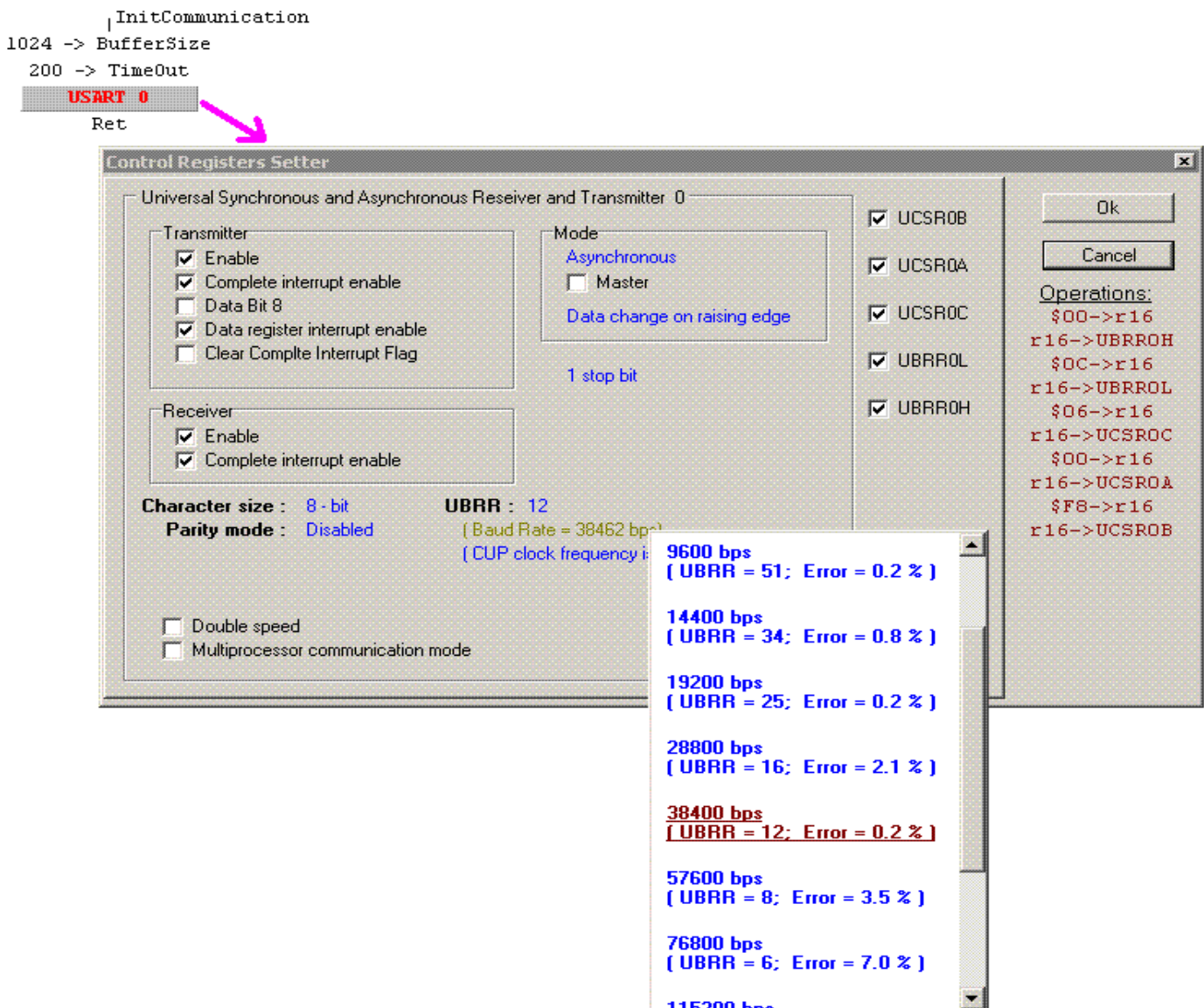


Рис. 2.2. Настройка периферийных устройств.

Поддерживается автоматическая перекодировка строк ANSI-кодов Windows в коды русифицированного буквенно-цифрового ЖКИ.

Среда объединяет в себе графический редактор, компилятор алгоритма, симулятор микроконтроллера, внутрисхемный программатор.

При использовании внутрисхемного программатора микроконтроллер подключается к СОМ порту компьютера через несложный адаптер (три диода и несколько резисторов). Программатор ведет подсчет числа перепрограммирований кристалла, сохраняя счетчик непосредственно в кристалле.

Algorithm Builder обеспечивает мониторную отладку на кристалле (On Chip debug) которая позволяет наблюдать содержимое реального кристалла в заданной точке останова. При этом, для связи микроконтроллера с компьютером используется только один вывод, причем по выбору пользователя. Мониторная отладка может быть применена к любому типу кристалла, имеющего SRAM.

Среда предназначена для работы в ОС Windows 95-Windows 8.1 (32/64 bit).

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ.

Прибора и оборудование.

Комплекс лабораторных работ по исследованию микроконтроллеров AVR выполняется на учебном макетном лабораторном комплексе РТМТЛ-1.

На передней крышке прибора закреплена отладочная плата, содержащая исследуемый микропроцессор (Atmega8535); резистивно-диодный последовательный (работающий по интерфейсу RS232 через COM-порт ПК) программатор; обвязку микроконтроллера согласно паспортным данным; 1 светодиод, подключенный к выводу 20 рис. 3.1; 1 кнопка с фиксацией нормально разомкнутая (кнопка нажата — замкнуто; отжата — разомкнуто), подключенная к выводу 39; 1 потенциометр (переменный резистор), подключенный средней точкой к выводу 40 микроконтроллера; выходы «НАГРУЗКА» XS2 — XS3; вход XS1 (для примера работы частотомера); подстроечный резистор Rк — контрастность, подключенный средней точкой к выводу VEE LCD индикатора; а также кнопку с фиксацией «RESET», при нажатии которой вывод RESET кристалла соединяется с корпусом схемы. Для программирования прибора используется разъем «ПРОГРАММАТОР». При этом «ПРОГРАММАТОР» следует подключать к COM – порту ПЭВМ **ТОЛЬКО** проводом типа COM 9m/9f («мама» - «папа»).

Принципиальная электрическая схема прибора приведена на рис. 3.1.

Демонстрационные примеры готовых программ, на основе которых могут быть построены задания по программированию микроконтроллера, приведены в папке Examples_RTMTL-1.

1) **Пример 1.** Работа со светодиодом, таймером, ЖК индикатором и входом PB1 микроконтроллера. Построение программы-частотомера. В данном примере на вывод 2 PB1 микроконтроллера (вход XS1) подаётся сигнал с внешнего генератора (в качестве генератора можно использовать программу «LabVisual ЗВУКОВОЙ ГЕНЕРАТОР ПК»). Сигнал предварительно усилен однострансistorным резистивным усилителем, собранном на транзисторе VT1 BC547 и резисторах R2-R5. Микроконтроллер программируется таким образом, чтобы его TIMER1 был настроен на режим синхронизации внешним сигналом, поступающим на порт PB1. Программа 1 раз в секунду выполняет подсчет входных импульсов синхронизации, поступающих на вход PB1 (макс. Значение 65535). Предусмотрен вывод показаний на LCD индикатор (максимальное значение 9999 Гц). Количество подсчитанных импульсов за 1 сек и есть частота входного сигнала в Гц.

Программа также одновременно работает с подключенным к микроконтроллеру ЖК LCD индикатором (инициализирует его, осуществляет вывод информации).

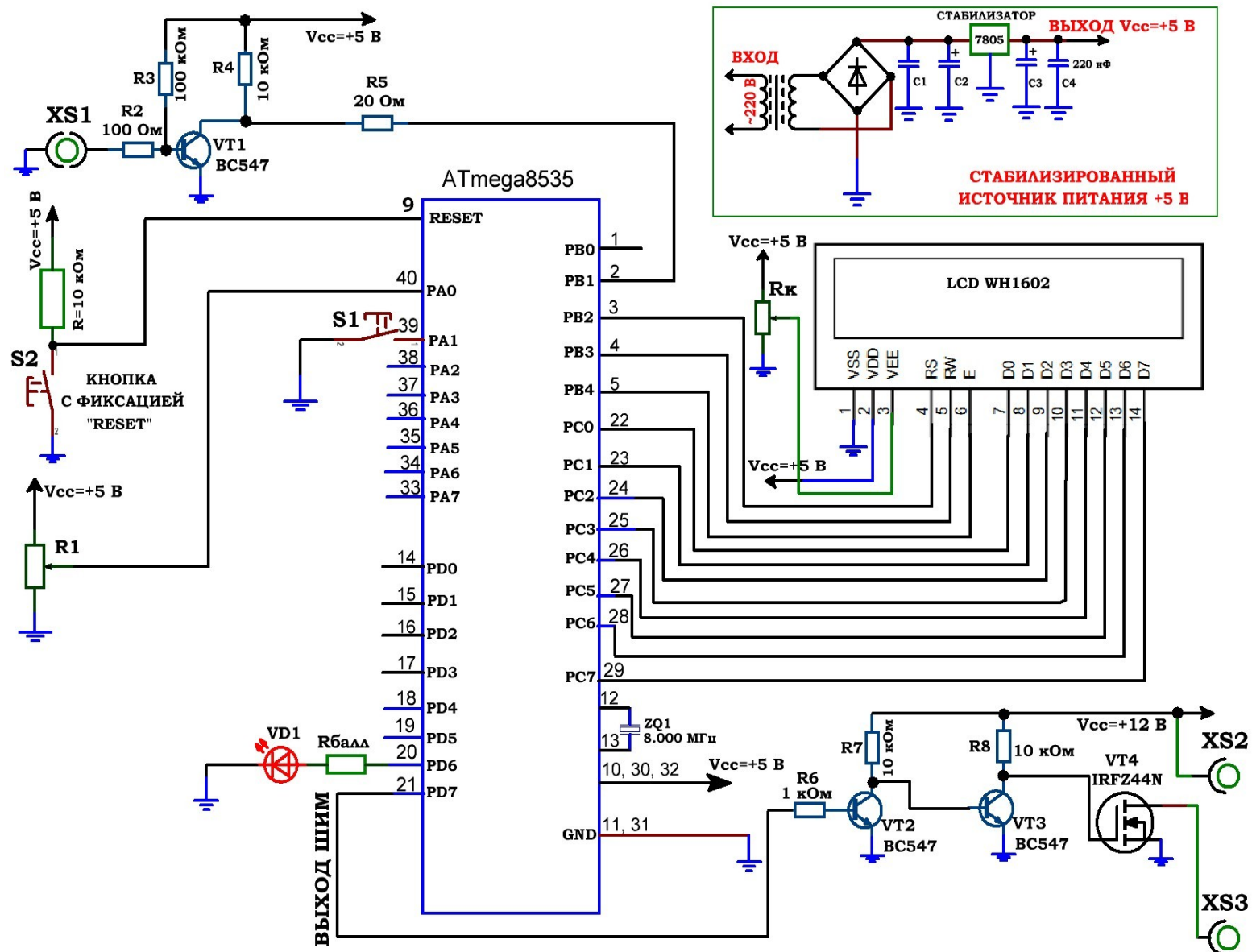


Рис. 3.1. Принципиальная электрическая схема учебного стенда для изучения микроконтроллеров серии Atmega8535.

Одновременно с этим каждую секунду производится инвертирование состояние вывода PD6, к которому подключен светодиод VD1 (1 сек. светодиод включен, 1 сек. - выключен). При отключенном от клеммы XS1 внешнем генераторе в нижней строке дисплея отображается INPUT DISCONNECT, при подключении внешнего генератора и частоте отличной от 0, в строке выводится сообщение INPUT CONNECT.

2) **Пример 2.** Работа переменного резистора, кнопки, ЖК индикатора и выхода ШИМ генератора. ШИМ генерируется на выводе PD7 микроконтроллера и подается на трёхкаскадный усилитель мощности, два каскада которого собраны на биполярных транзисторах с общим эмиттером VT2=VT3=BC547, а третий каскад — на полевом транзисторе IRFZ44N с общим истоком. В стоковую цепь полевого транзистора подключается нагрузка (клеммы XS2 – XS3) относительно +12 В питания (колебания напряжения питания может составлять +10 ... +12 В, т. к. данный источник не стабилизированный). В качестве нагрузки может быть использован электродвигатель вентилятора либо лампа накаливания 12 В, 5 Вт. **Обратить внимание, что вентилятор плюсовым красным выводом должен подключаться строго к клемме XS2 (соблюдать полярность).**

При запуске программы длительность импульсов плавно нарастает с определенной скоростью, в нижней строке ЖК индикатора при этом выводится SPEED=X1. Кнопка с фиксацией, подключенная к выводу PA1 в этом режиме должна быть отжата, т. к. при нажатии кнопки скорость нарастания длительности импульсов увеличивается в 4 раза и в нижней строке ЖК индикатора отображается SPEED=X4. В верхней строке ЖК индикатора выводится величина Ust=..., которая ограничивает нижний порог ШИМ и задается потенциометром R1, средней точкой подключенному к выводу 40 (PA0) микроконтроллера от 0 до 127 уровней. Отметим, что генерируемый ШИМ имеет всего 255 градаций (уровней), и, например, при Ust=127 будет меняться от 127 до 255 единиц. При достижении максимального значения, длительность импульсов ШИМ плавно убавляется.

Для получения гармонического сигнала используется свободно распространяемый компонент LabVisual Генератор для ПК рис. 3.2, представляющий из себя низкочастотный комбинированный генератор функций. Выходные сигналы генератора могут поступать на два канала стерео выхода звуковой карты компьютера.

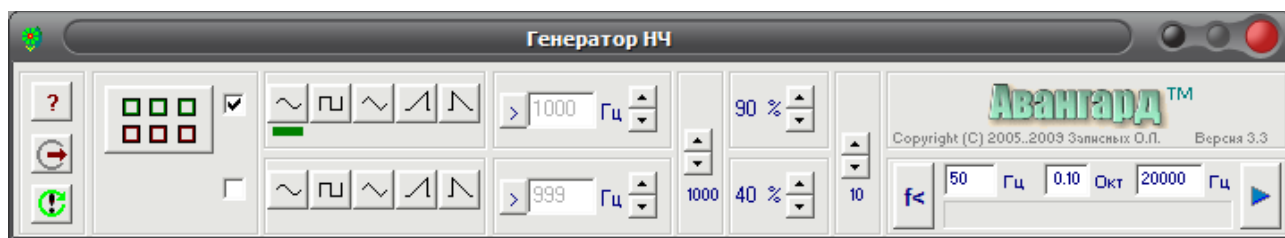


Рис. 3.2. Компонент «ГЕНЕРАТОР НЧ» для получения гармонических сигналов. Оптимальные настройки.

Генератор вырабатывает сигналы следующего вида:.

- синусоидальный,
- прямоугольный (меандр),
- треугольный симметричный,
- пилообразный нарастающий,
- пилообразный спадающий.

Компонент может работать в различных режимах. В постоянном независимом режиме форма, частота и амплитуда сигналов по двум каналам устанавливаются отдельно. В постоянном зависимом режиме форма, частота и амплитуда сигналов по обоим каналам одинаковые, сигнал второго (правого) канала может быть произвольно сдвинут по фазе относительно сигнала первого (левого) канала. В режиме нарастания частоты сигнал по первому (левому) каналу меняется по частоте в заданных пределах с установленной скоростью. Сигнал второго канала выключен. В режиме нарастания амплитуды сигнал по первому (левому) каналу меняется по амплитуде в заданных пределах с установленной скоростью. Сигнал второго канала выключен. [Экранные органы управления снабжены всплывающими комментариями.](#)

Частота сигналов может устанавливаться двумя способами. Установка [прямым вводом](#) производится в окне вида . Для редактирования следует нажать кнопку слева от окна, ввести новое значение, затем нажать клавишу **Enter**. Второй способ - [ступенчатое изменение](#) частоты с заданным шагом. Для этого имеются переключатели "выше-ниже". Двумя изменяется частота, третьим переключается шаг этого изменения. Дискретность установки частоты 1 Гц.

Амплитуда задается ступенчатым изменением с заданным шагом. Для этого имеются переключатели "выше-ниже". Двумя изменяется частота, третьим переключается шаг этого изменения. Дискретность установки амплитуды 1 % от максимальной.

Сдвиг фаз между сигналами [в зависимом режиме](#) устанавливается прямым вводом значений в градусах. Для редактирования нажмите кнопку слева от окна, введите новое значение, затем нажмите клавишу **Enter**. Дискретность установки сдвига 1 градус.

Ввиду большого размера буферов обмена звуковой карты управление прибором несколько замедленно. Реакция на переключения составляет примерно 1 секунду.

В случае возникновения пауз выходных сигналов воспользуйтесь экранной кнопкой перезапуска ().

[Программа запоминает установки и настройки, и восстанавливает их при следующем включении.](#)

Порядок выполнения.

1. Перед включением установки в сеть проверить целостность всех соединительных сигнальных и сетевых проводов. Все работы по подключению комплекса к компьютеру следует выполнять только при отключенных от сети приборах. Разобраться с принципиальными блок-схемами опытов, в назначении кнопок, переключателей и ручек прибора.
2. **Перед выполнением работы следует изучить инструкцию по работе с учебной средой программирования Algorithm Builder, а также ознакомиться с полным методическим руководством по микроконтроллерам семейства AVR, изучить все доступные паспорта на исследуемые микроконтроллеры, а также на подключенный LCD индикатор.**
3. Соединить монитор с системным блоком ПЭВМ, подключить клавиатуру и мышь к системному блоку используя стандартные провода для подключения. Подключить системный блок ПЭВМ и монитор к сети ~220 В.
4. Загрузить операционную систему согласно стандартным процедурам загрузки.
5. При необходимости, настроить компьютер для работы с учебной установкой и программной средой Algorithm Builder.
6. Запустить программу Algorithm Builder для работы с учебной установкой для данного эксперимента пользуясь ярлыком на рабочем столе либо другим способом, указанным лаборантом. **Для работы можно воспользоваться комплексной программ-**

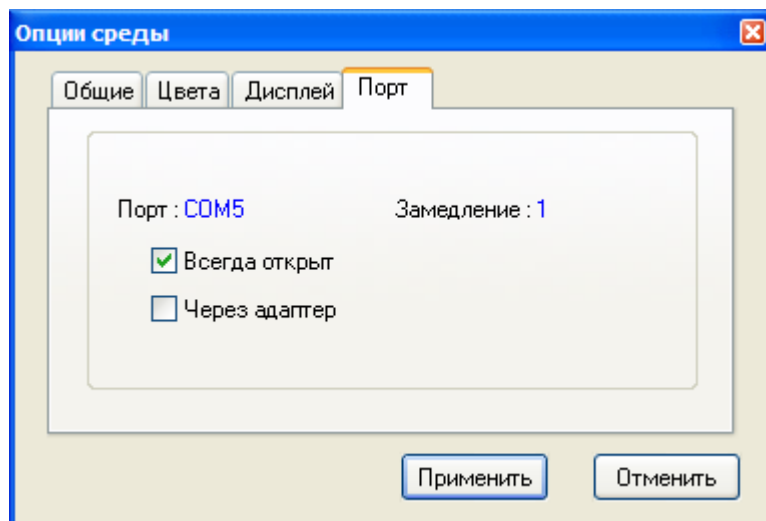


Рис. 4.1

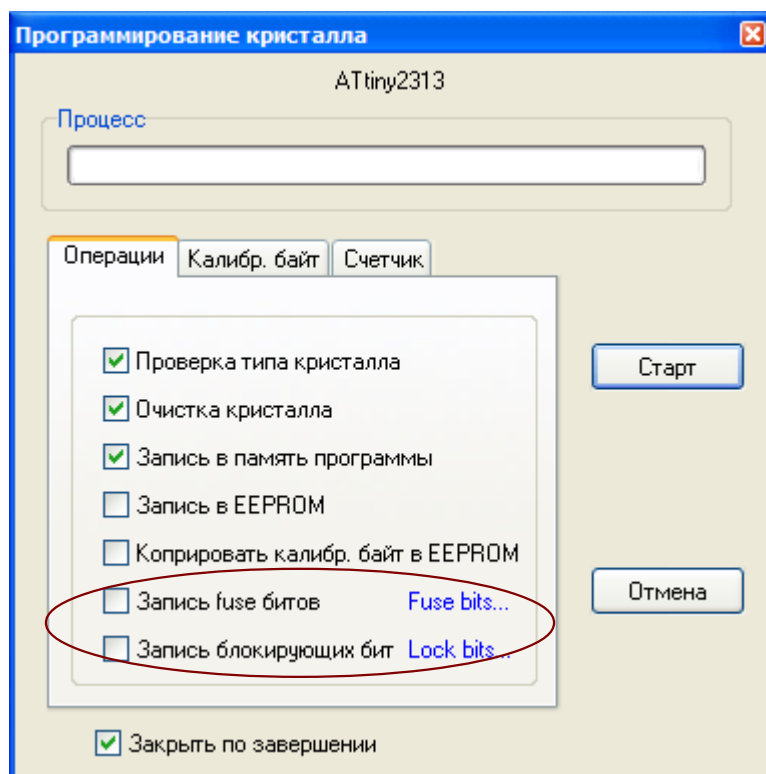


Рис. 4.2

ной оболочкой LabVisual для PTMTЛ-1-5.

6. Подключить разъём «ПРОГРАММАТОР» учебного прибора к COM – порту ПЭВМ проводом типа COM 9m/9f («мама» - «папа»)
7. Настроить программу Algorithm Builder для работы с данным COM портом ОПЦИИ-ОПЦИИ СРЕДЫ-ПОРТ рис. 4.1.
8. Для подробных инструкций следует обращаться к методическому руководству по среде Algorithm Builder.
9. Загрузить Пример 1 (папка 1) в среду Algorithm Builder (ФАЙЛ-ОТКРЫТЬ-ВЫБРАТЬ ФАЙЛ *.alp).
10. «Прошить» тестовую программу в кристалл. Для этого нажать кнопку «ЗАПУСК С КРИСТАЛЛОМ», при этом откроется диалог программирования кристалла рис. 4.2. **Перед прошивкой следует нажать кнопку с фиксацией «RESET» на учебном приборе.**
11. Перед нажатием кнопки «СТАРТ» следует внимательно проверить положения флажков установки программатора рис. 4.2. **Особенно внимательно следует отнестись к опциям «ЗАПИСЬ Fuse bit» и «ЗАПИСЬ блокирующих бит». ФЛАЖКИ ЭТИХ ОПЦИЙ ОБЯЗАТЕЛЬНО ДОЛЖНЫ БЫТЬ СНЯТЫ, Т. К. НЕ ПРАВИЛЬНО ПРОШИТЫЕ FUSE БИТЫ МОГУТ ПРИВЕСТИ К ДАЛЬНЕЙШЕЙ НЕВОЗМОЖНОСТИ РАБОТЫ С ДАННЫМ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОМ!**
12. **Отжать кнопку RESET и проверить работу тестовой программы.**
13. Соединить выход LINE IN звуковой карты со входом XS1 стенда проводом «тюльпан — jack» из комплекта.
14. Проверить работу программа-частотомера, подавая на вход XS1 прямоугольный сигнал звуковой частоты 20 — 9000 Гц. При подачи сигнала с линейного выхода LINE OUT ПК посредством программы «ГЕНЕРАТОР», следует установить амплитуду выходного сигнала генератора в программе не менее 80 % (рис. 3.2) и амплитуду выходного сигнала не менее 70 — 80 % непосредственно в звуковом драйвере (стандартная настройка громкости выходного сигнала). При низкой амплитуде входного сигнала, так же как и при слишком высокой амплитуде, частотомер может работать некорректно из за особенностей работы схемы однокаскадного транзисторного усилителя.
15. Загрузить пример 2 из соответствующей папки и прошить в кристалл тестовую программу.
16. Подключить к клеммам XS2 – XS3 нагрузку (вентилятор 12 В). **Обратить внимание, что вентилятор плюсовым красным выводом должен подключаться строго к клемме XS2 (соблюдать полярность).** Наблюдать работу тестовой программы.
17. Исходя из готовых примеров составить собственные программы в среде Algorithm Builder.
18. На основании Примера 1 можно составить программы, изменив, например, максимальное значение измеряемой частоты (в примере 9999 Гц), на-

стройки TIMER1, действия, осуществляемые кнопкой S1 (включать светодиод), либо изменить вывод информации на ЖК индикатор. Также можно проводить различные операции с микроконтроллером.

19. На основании Примера 2 следует изучить работу ШИМ генератора микроконтроллера; изменить действия, осуществляемые кнопкой S1; изменить вывод информации на ЖК индикатор; поработать с потенциометром R1.
20. Для составления программ и подробного изучения работы микроконтроллеров AVR следует обращаться к учебной литературе, полному руководству к микроконтроллерам семейства AVR, а также к документации по среде Algorithm Builder.
21. По окончании работы следует закрыть программу и все открытые подпрограммы, закрыть виртуальную среду VirtualBox (при работе в среде Linux).
22. Выключить компьютер, нажав на кнопку, находящуюся в крайнем нижнем левом углу экрана. Из доступных действий выбрать «ВЫХОД»--> «ВЫКЛЮЧИТЬ КОМПЬЮТЕР».
23. Отключить установку от сети, поставив переключатели «СЕТЬ» на панели установки в положение «ВЫКЛ» и вынуть сетевые вилки из розеток.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА.

1. Клингман Э. Проектирование микропроцессорных систем. М.: Мир. 1988. - 575с.
2. Сташин В.В., Урусов А.В., Мологонцева О.Ф. Проектирование цифровых устройств на однокристалльных микроконтроллерах.
3. Трамперт В. AVR-RISK микроконтроллеры.: Пер. с нем. – К.: «МК-ПРЕСС», 2006.-464с., ил.
4. Ю.А.Шпак. Программирование на языке С для AVR и PIC микроконтроллеров. – К.: «МК-ПРЕСС», 2006.-400с., ил.
5. Якубовский С.В. Цифровые и аналоговые интегральные микросхемы. М.: Радио и связь. 1990.
6. Токхейм Р. Основы цифровой электроники. Пер. с англ. - М.: Мир, 1988. – 390 с.
7. Шилов В.Л. Популярные цифровые микросхемы. – М.: Радио и связь, 1990. –350 с.
8. Бирюков С.А. Цифровые устройства на МОП-интегральных микросхемах - М.: Радио и связь. 1992 (1996).
9. Опадчий Ю.Ф., Глудкин О.П., Гуров А.И. Аналоговая и цифровая электроника. Полный курс: учебник для вузов. - М.: Горячая линия, 1999 (2000, 2005). – 768 с.
- 10.Алексенко А.В., Шагуров И.И. Микросхемотехника.– М.: Радио и связь, 1990 (1982).
- 11.Большие интегральные схемы ЗУ./ Под ред. А.Ю. Гордонова, Ю.Н. Дьякова. Справочное пособие. – М: Радио и связь, 1990. – 286 с.
- 12.Федорков Б.Г., Телец В.А. Микросхемы ЦАП и АЦП: Функционирование, параметры, применение. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 320 с.
- 13.Гилмор Ч. Введение в микропроцессорную технику. Пер. с англ. – М.: Мир, 1984.

**ДЛЯ СВОБОДНОГО РАСПРОСТРАНЕНИЯ
НПО УЧЕБНОЙ ТЕХНИКИ «ТУЛАНАУЧПРИБОР»**