

# AVR: аппаратные средства разработчика.

**В нашей стране широко известны микроконтроллеры производства фирмы ATMEL. Заслуженной популярностью пользуются микросхемы семейства AT89, идентичные по архитектуре и набору команд с семейством INTEL-MSC51. Помимо их фирма предлагает новые высокопроизводительные микроконтроллеры семейств AT90S и AT91, имеющие уникальные технические характеристики. Ниже описываются аппаратные средства, позволяющие разработчику существенно ускорить этап отладки системы на базе микроконтроллеров семейства AT90S.**

**Н.В. Королев**

**М**икроконтроллеры семейства AT90S, выпущенные в продажу два года назад, сразу вызвали к себе интерес разработчиков. Уникальное сочетание технических характеристик — время выполнения команд за один такт задающего генератора, встроенный компаратор, сторожевой таймер, ФЛЭШ-ПЗУ программ и ЭСПЗУ данных с возможностью перепрограммирования без извлечения микросхемы из системы позволило создавать производительные и компактные устройства, функции которых можно модифицировать даже после окончательного монтажа платы. Одновременно с микросхемами пользователям был предложен ассемблер AVRASM и отладчик для этих микросхем AVRStudio.

В семейство AVR входят три серии микросхем — **classicAVR, ATmega** и **Attiny**.

В таблицах 1–3 представлены основные технические параметры упомянутых микросхем.

## СТАРТОВЫЕ НАБОРЫ

Для работы с микросхемами AVR фирма ATMEL предлагает разнообразные аппаратные средства — стартовые наборы и внутрисхемные эмуляторы. Первым устройством такого рода является набор MCU100. Он представляет собой недорогой комплект (цена около 70 \$), позволяющий разработчику быстро создать и отладить программный код, а затем загрузить его в микроконтроллер AT89S/AT90S, установленный в панельку на плате. Плата функционально представляет собой программатор на базе микроконтроллера AT89C2051 и интерфейсной микросхеме ADM202. На плате установлены две панельки — 20- и 40-выводные, в которые можно установить микросхемы AT90S1200, AT90S2313, AT90S4414, AT90S8515 или AT89S8252 в DIP-корпусах. Также на ней плате размещены переключатели и разъемы для связи с внешними пользовательскими устройствами. В состав набора входит микросхема AT90S1200. Отладочная плата имеет следующие характеристики:

- 8 кнопок (функции определяются пользователем);
- 8 светодиодов (функции определяются пользователем);
- 3 светодиода, отображающих статус программирования;
- один свободный порт RS-232;
- все AVR-порты выведены на внешние разъемы;
- габаритные размеры — 100 x 95 мм;
- питание осуществляется от внешнего нестабилизированного источника постоянного тока напряжением 9...20 В или переменного тока напряжением 6,5...15 В.

Позднее фирма ATMEL выпустила комплекты второго поколения — STK200 (цена менее 70\$) и STK300 (цена — 130\$). Комплект **STK200** предназначен для работы со всеми микросхемами AT90Sxxxx и AT89Sxxxx. Допускается возможность использования внешнего ОЗУ. На плате установлены панельки DIP8, DIP20, DIP28 и DIP40. Есть дополнительная возможность программирования микросхем ATmega103 и ATmega603L. Комплект **STK300** предназначен для работы с микросхемами ATmega. На плате размещен разъем, в который устанавливается микроконтроллер AtMega103, ATmega603, ATmega103L или ATmega603L, распаянный на специальной плате. Отладочные платы характеризуются следующими параметрами:

- 8 кнопок (функции определяются пользователем);
- 8 светодиодов (функции определяются пользователем);
- интерфейс для работы с внешним ЖКИ-индикатором;
- панелька DIP28 для для установки внешнего ОЗУ типа 62256;
- габаритные размеры 130 x 112 мм.

Питание осуществляется от внешнего нестабилизированного источника переменного тока напряжением 6,5...15 В, или постоянного напряжением 9...20 В. Напряжение питания микроконтроллера 5 В/3,3 В устанавливается перемычкой.

**Д.Н. Королев**

На плате также размещены разъемы для подключения внешних пользовательских периферийных устройств и два переменных резистора — один для регулирования контрастности ЖК-индикатора, а второй — для установки уровня опорного напряжения на соответствующих входах микросхем, оснащенных встроенным АЦП.

Комплекты подключаются к параллельному порту компьютера посредством адаптера с 10-проводным кабелем. Последний, по существу, является автономным программатором, который можно использовать для программирования микросхем на плате пользователя.

Наличие разъема для подключения ЖК-индикатора предоставляет расширенные возможности для отладки. Его можно использовать для отображения текущего состояния регистров процессора, что в ряде случаев позволяет обойтись без использования «настоящего» внутрисхемного эмулятора.

## ВНУТРИСХЕМНЫЕ ЭМУЛЯТОРЫ

### AVR Icepro

Первым внутрисхемным эмулятором для AVR-микроконтроллеров стал комплект AVR ICE-PRO. Это изделие стоимостью около 2600\$ выполнено в корпусе размером 277x218x33 мм и подключается к компьютеру через прин-

Таблица 1. ClassicAVR

Микросхема	ПЗУ программ, кбайт	ОЗУ, байт	ЭСПЗУ, байт	Таймеры	Посл. порты	АЦП	Рабочая частота, МГц	Корпус, выв.
AT90S1200	1	0	64	1	нет	нет	0...12	20
AT90S2313	2	128	128	2	есть	нет	0...10	20
AT90S2323	2	128	128	2	нет	нет	0...10	8
AT90LS2323	2	128	128	2	нет	нет	0...4	8
AT90S2343	2	128	128	2	нет	нет	0...10	8
AT90LS2343	2	128	128	2	нет	нет	0...4	8
AT90S4414	4	256	256	2	есть	нет	0...8	40, 44
AT90S2333	2	128	128	2	есть	6 вх.	0...8	28, 32
AT90LS2333	2	128	128	2	есть	6 вх.	0...4	28, 32
AT90S4433	4	128	256	2	есть	6 вх.	0...8	28, 32
AT90S4434	4	256	256	2	есть	8 вх.	0...8	40, 44
AT90LS4434	4	256	256	2	есть	8 вх.	0...4	40, 44
AT90S8515	8	512	512	2	есть	нет	0...8	40, 44
AT90S8535	8	512	512	2	есть	8 вх.	0...8	40, 44
AT90LS8535	8 KB	512	512	2	есть	8 вх.	0...4	40, 44

Микросхемы AT90S1200 и AT90S2343 имеют встроенный RC-генератор с частотой 1МГц.

Таблица 2. AVR-mega

Микросхема	ПЗУ программ, кбайт	ОЗУ, кбайт	ЭСПЗУ, кбайт	Таймеры	Посл. порты	АЦП	Рабочая частота, МГц	Корпус, выв.
ATmega103	128	4	4	3	есть	8 вх.	0...6	64
ATmega103L	128	4	4	3	есть	8 вх.	0...4	64
ATmega603	64	4	2	3	есть	8 вх.	0...6	64
ATmega603L	64	4	2	3	есть	8 вх.	0...4	64
ATmega161	16	1	0,5	3	есть	нет	0...6	40, 44
ATmega161L	16	1	0,5	3	есть	нет	0...4	40, 44

Микросхемы AT Mega161 имеют два порта UART и возможность автозагрузки ПЗУ программ.

Таблица 3. AVR-Tiny

Микросхема	ПЗУ программ, кбайт	ОЗУ, байт	ЭСПЗУ, байт	Таймеры	Посл. порты	АЦП	Рабочая частота, МГц	Корпус, выв.
ATtiny10	1	0	0	1	нет	нет	0...6	8
ATtiny11	1	0	64	1	нет	нет	0...6	8
ATtiny12	1	0	64	1	нет	нет	0...8	8
ATtiny15	1	0	64	2	нет	4 вх.	1,6	8
ATtiny22	1	128	64	1	нет	нет	0...8	8

Микросхемы ATtiny10 — вариант ATtiny11 с однократным программированием.

терный или последовательный порт. Скорость обмена с компьютером составляет 80 кбайт/с в первом случае и 115 кбайт во втором. Питание эмулятора осуществляется от внешнего источника напряжением 9...15 В.

### Основные характеристики эмулятора:

- поддержка всех микросхем семейства AT90S;
- возможность отладки программ в реальном времени;
- наличие буфера трассировки объемом 32К x 96 bit;
- программно управляемая частота задающего генератора;
- поддержка исходных кодов на ассемблере и языке C;
- интеграция с другими средствами разработки AVR;

Во время отладки обеспечивается мониторинг всех ресурсов микроконтроллера и модификация регистрового файла, статического ОЗУ, программной памяти, ЭСПЗУ, программного счетчика и портов ввода/вывода. К эмулятору посредством



Рис.1 Плата MCU100

плоского кабеля подключается соответствующий POD. Существует также аналогичный эмулятор MegaICE для работы с микроконтроллерами семейства Atmega103/603.

### AVR ICE 200

В августе 1999 г. фирма ATMEL анонсировала новый эмулятор с рекордно низкой ценой — 250\$. Эмулятор поддерживает отладку 11 различных AVR-микроконтроллеров, входящих в семейства classic и tiny. Он построен с использованием элементной базы, изготавливаемой по тем же технологическим нормам, что и эмулируемый микроконтроллер. Этим обеспечивается идентичность параметров электрических сигналов, формируемых эмулятором и контроллером. Эмулятор имеет возможность автоконфигури-

рования, что облегчает процесс его подключения к конкретной отлаживаемой плате. Программный отладчик AVR Studio версии 3 интегрирован в эмулятор AVR ICE 200, что дает пользователю полный контроль режима реального времени. Одновременно AVR Studio может управлять несколькими эмуляторами, их число ограничивается только количеством доступных последовательных портов на используемом компьютере.

Эмулятор поддерживает следующие микросхемы:

- ATtiny10/11, ATtiny12, (используется адаптер ATadapt3400);
- AT90S1200, AT90S2313, (используется адаптер ATadapt3300);
- AT90S2333/4433, (используется адаптер ATadapt3200);
- AT904414/8515, (используется адаптер ATadapt3000);
- AT90S4434/8535, (используется адаптер ATadapt3100);

### Основные технические характеристики эмулятора:

- диапазон напряжения питания микросхем — от 2,7 В до 5,5 В;
  - 32-битный счетчик цикла;
  - поддержка функционирования портов ввода/вывода в состоянии останова после обработки подпрограммы прерывания;
  - пошаговая или непрерывная работа таймера во время пошагового режима отладки;
  - неограниченное количество точек останова;
  - возможность символьной отладки;
  - полный доступ к памяти программ, памяти данных и регистрам микроконтроллера;
  - доступ ко всем портам ввода/вывода;
- Программное обеспечение функционирует под управлением операционной системы Windows95/98 или Windows NT 3.51/4.0.

На плате эмулятора размещена программная память (overlay memory), устройство связи с управляющим компьютером и аппарат-

ные средства для обработки точек прерывания. Преобразователи уровня позволяют ис-

является надпись «AVR Emulator». Соединение по умолчанию устанавливается на ско-

зовательской плате с программируемым AVR-микроконтроллером. 10-контактный

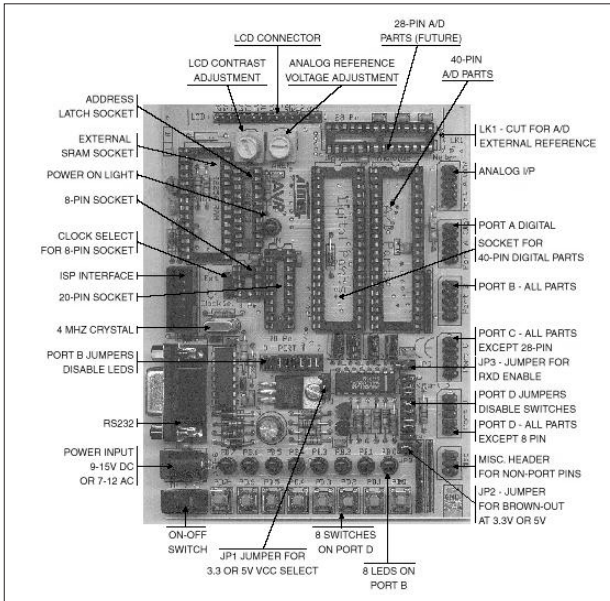


Рис.2 Плата STK200

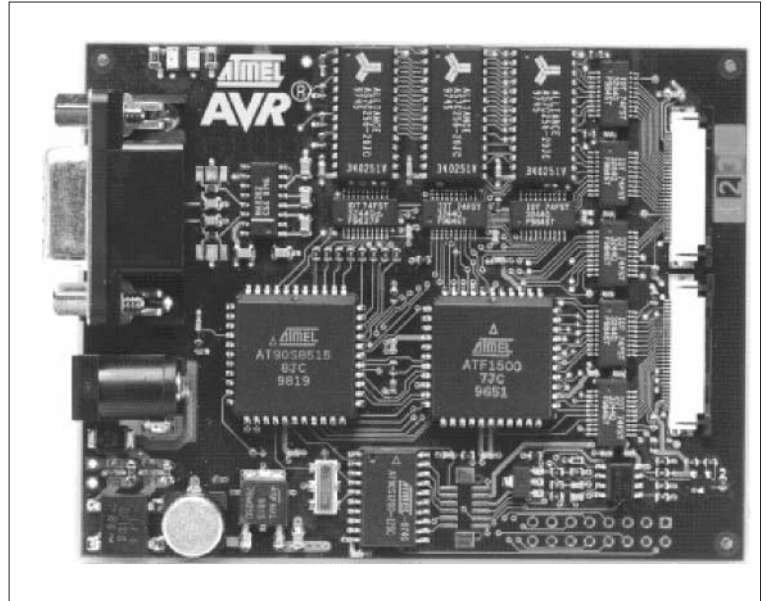


Рис. 4 Плата AVR ICE 200

пользовать различные напряжения питания для эмулятора и отлаживаемой платы. Они также обеспечивают защиту эмулятора от повреждения при аварийном отключении питания. Это позволяет подавать питание на эмулятор и на отлаживаемое устройство в любой последовательности..

Двумя плоскими кабелями эмулятор соединяется с переходником, на котором смонтирован эмуляционный кристалл (ATAdeptEM04, Pod Board). К нему, в свою очередь, подключается «персональный адаптер» — плата, которая включается в отлаживаемое устройство вместо микроконтроллера.

Эмулятор AVR ICE 200 комплектуется адаптерами под корпуса DIP8, DIP20, DIP28, DIP40-digital и DIP40-analog.

Как уже упоминалось, программная поддержка эмулятора обеспечена в среде программного симулятора AVR Studio. При его запуске

рости 19200 бод, однако можно также установить скорость обмена 115200 бод.

### ВНУТРИСХЕМНЫЕ ПРОГРАММАТОРЫ

Так как микроконтроллеры семейства AVR могут программироваться по последовательному каналу, было бы упущением не сделать дешевые внутрисхемные программаторы. Фирма ATMEL выпустила программирующий кабель AT90ISP, с помощью которого можно программировать некоторые из микросхем серии AT90S. Этот программатор имел недостаток — он подключался к COM-порту компьютера через упрощенный транзисторный преобразователь уровня, вследствие чего в некоторых типах компьютеров возникали проблемы синхронизации. Кроме того, собственно программирующий кабель состоял из шести проводников с шестиконтактным разъемом, а в настоящее время фирма использует новый тип кабельного разъема, содержащий 10 контактов. В августе 1999 г. выпуск программатора AT90ISP прекращен.

В фирме «АРГУССОФТ Компани» разработан функциональный аналог этого программатора, устройство AS1. Оно смонтировано на печатной плате размером 78 x 32 мм. На ней установлен 9-контактный разъем, который подключается к COM-порту компьютера. С противоположной ему стороны в плату запаян 10-жильный плоский кабель, подключаемый к поль-

разъем имеет цоколевку в соответствии с новым стандартом ISP-кабеля фирмы ATMEL. Набор сигналов для программирования остался прежним — MOSI, MISO, SCK и RST, однако увеличено количество «земляных» проводников, что позволило использовать более длинный программирующий кабель. Схема устройства AS1 приведена на рис. 6. Программа для работы с программатором AS-AVR функционирует в среде Windows95/98 и выполняет следующие функции:

- автопоиск подключенного программатора по всем COM-портам компьютера;
- чтение из файла и запись в файл информации в HEX-формате;
- отображение содержимого памяти программы и ЭСПЗУ в отдельных окнах;
- программирование и чтение содержимого памяти программ и ЭСПЗУ;
- установка битов защиты памяти микроконтроллера;
- стирание микроконтроллера.

Рабочее окно программы AS-AVR представлено на рис.7.

Ядром устройства является AVR-контроллер AT90S2313. Он выполнен в 20-выводном корпусе, содержит 2 кбайта флэш-ПЗУ программ, перепрограммируемого в системе, 128 байт ОЗУ данных и 128 байт ЭСПЗУ данных. Микросхема оснащена аппаратным портом UART, что упрощает построение интерфейса с компьютером. Легкость программирования AVR-микроконтроллеров позволяет в считанные минуты заменить прошивку и, таким образом, обновить версию программы — firmware. Описываемый программатор может функционировать также как автономное устройство сбора данных со встроенным ЖК-индикатором или как система ввода аналоговой информации в компьютер через порт RS-232. Для этих целей в нем есть дополнительные разъемы — для ЖК-индикатора и для до-



Рис.3 Эмулятор AVR ICEPRO с подключенным AT90ADCP0D

проходит проверка наличия подключенного эмулятора к последовательному порту компьютера и, в случае успешного соединения, в правом нижнем углу окна программы по-

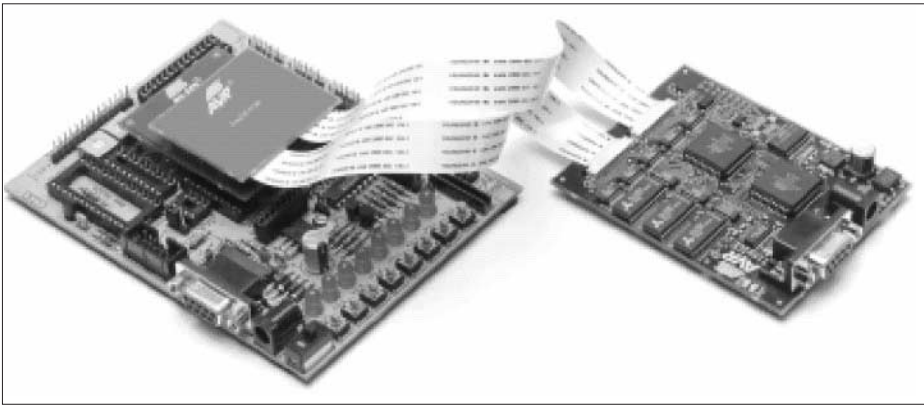


Рис.5 Эмулятор AVR ICE 200 с платой STK200

черной платы с аналого-цифровым преобразователем. Кроме разъемов, на плате вы-

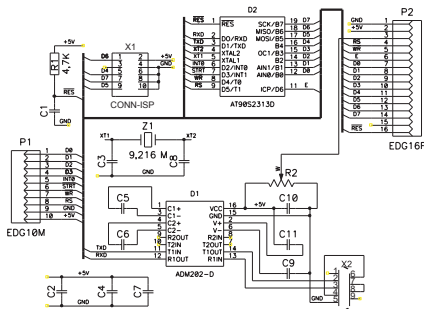


Рис. 6 Схема ISP-программатора

полнена разводка под микросхему AD7817, представляющую собой 4-канальный 10-битный АЦП с термодатчиком на кристалле. Выбор набора требуемых функций производится занесением соответствующей программы в микроконтроллер AT90S2313.

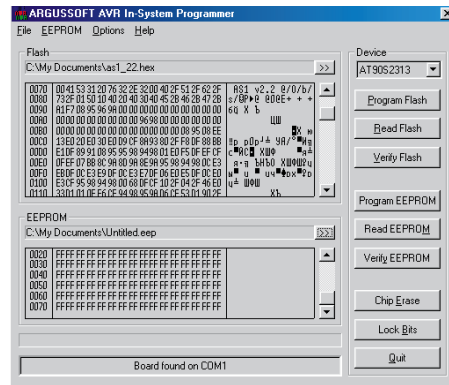


Рис.7 Программа AS-AVR

Полную информацию по применению микроконтроллеров фирмы ATMEЛ и средств отладки для них можно получить на фирме АРГУССОФТ Компани — у официального дистрибьютора фирмы ATMEЛ в России.