

특집 : 전력전자를 위한 제어용 프로세서의 기술동향

# AVR 마이크로컨트롤러의 특성 및 응용 기술

윤 덕 응

(국립 천안공업대학 제어계측과 교수)

요즘 AVR이 뜨고 있다. 전기기술 분야에서는 AVR이라고 하면 보통 자동전압조정기(Automatic Voltage Regulator)를 지칭하지만, 마이크로프로세서 시장에서 AVR이라고 하면 Atmel사의 작지만 강력한 8비트 RISC 마이크로컨트롤러 시리즈를 지칭한다. 1984년에 설립된 미국의 신생 반도체 회사인 Atmel에서 1997년에 처음 발표하여 불과 7년 정도의 짧은 역사를 가지고 있는 AVR이 시장에서 기라성같은 선배 제품들을 속속 몰리치고 강세를 보이는 괴력을 발휘하고 있다.

AVR이 이와 같이 짧은 기간에 사용자들에게 선호되고 널리 사용될 수 있게 된 것은 무엇보다도 Atmel사의 기술적 강점인 플래시 메모리(flash memory)를 MCU 안에 프로그램 메모리로 내장하고 ISP(In-System Programming)라는 간편한 방법으로 이를 라이팅할 수 있기 때문으로 분석된다. 또한 AVR의 성공 비결은 Atmel사의 무료 어셈블러와 GNU 그룹의 무료 C컴파일러인 AVR-GCC의 사용이다. 통상적으로 수백만원에 이르는 개발 소프트웨어를 구입하지 않고도 무료로 사용할 수 있다는 것은 분명 대단한 매력이다. 이와같이 AVR은 하드웨어 개발 툴이나 소프트웨어 개발 툴을

모두 무료로 사용할 수 있게 되므로써 아마추어들에게 AVR은 곧 무료라는 등식으로 간주되는 분위기가 형성되었고 이는 당연히 시장에서 AVR의 폭발적 성공으로 이어지는 결과로 나타났다.

본고에서는 이러한 AVR 마이크로컨트롤러의 특성과 종류를 알아보고, 전력전자 분야에 이를 응용하고자 할 때 접근할 수 있는 하드웨어 및 소프트웨어 개발 툴(tool)들을 요약하여 소개하기로 한다.

## 1. AVR 마이크로컨트롤러의 역사 및 특징

AVR 시리즈 마이크로컨트롤러는 Atmel사에서 1997년에 처음 발표한 8비트 제어용 마이크로프로세서로서, 이는 Alf Egil Bogen과 Vegard Wollan이 진보된 RISC 기술을 기반으로 설계하였다고 하여 이것들의 첫 글자를 따서 AVR이라고 명명된 것으로 알려져 있으며, 혹자는 Advanced Virtual RISC의 약어라고 말하기도 한다.

AVR은 프로그램 메모리와 데이터 메모리를 액세스하기 위한 버스를 독립적으로 사용하는 하버드 구조(Harvard Architecture)와 파이프라인(pipeline) 처리 방식을 기반으로 하는 RISC(Reduced Instruction Set Computer) 기술을 적용하여 매우 높은 성능을 발휘한다. 뿐만 아니라 AVR은 이를 Atmel사의 장점인 플래시 메모리 기술과 접목시켜 칩내에 프로그램 코드용으로 플래시 메모리를 내장하고 여기에 사용자 프로그램을 쉽게 다운로드할 수 있는 ISP 방식을 적용하였다.

이 때문에 Atmel사에서는 AVR 시리즈 마이크로컨트롤러를 AVR 플래시 마이크로컨트롤러라고 부르기도 하는데, 이것들의 주요 특징을 요약하면 다음과 같다.

- ① 명명어는 16비트 버스 폭의 하드웨어로 처리되지만, 데이터는 8비트 워드 길이를 기반으로 하는 특이한 8비트



그림 1 AVR 마이크로컨트롤러의 패키지

마이크로컨트롤러이다.

- ② 진보된 RISC 구조와 파이프라인 처리 방식을 사용하여 소비전력이 매우 적으면서도 대부분의 명령을 1클럭 사이클에 실행한다. 따라서, 클럭 주파수 1MHz당 1MIPS의 명령처리 성능을 발휘하며, 모델에 따라 1MHz~24MHz의 시스템 클럭을 사용한다.
- ③ 누산기(accumulator) 중심형이 아니라 32개의 범용 레지스터를 가지는 레지스터 중심형 구조이며, 단순한 어드레싱 모드와 간결한 프로그램 코드 사이즈를 가지도록 하는 등 C언어 프로그램에 매우 유리하도록 설계되었다.
- ④ 하버드 구조를 사용하여 프로그램 메모리와 데이터 메모리를 동시에 액세스할 수 있으므로 성능이 향상되었다.
- ⑤ 프로그램 메모리는 내장 플래시 메모리만을 사용하여 소자의 외부에는 데이터 메모리용의 버스만 존재하므로 하버드 구조를 채용하고 있음에도 불구하고 핀수가 적고 패키지가 간단하다.
- ⑥ 프로그램용의 내장 플래시 메모리에는 직렬통신 방식의 ISP 기능을 이용하여 사용자가 쉽게 프로그램을 다운로드할 수 있다. 이 플래시 메모리는 10,000번까지 반복하여 다시 프로그래밍하는 것이 가능하다. 또한 프로그램 메모리에는 부트로더(bootloader) 기능이 있어서 프로그램 실행중에 외부에서 프로그램을 다운로드하여 업데이트할 수 있는 셀프 프로그래밍 기능을 가진다.
- ⑦ 모델에 따라 64바이트에서 4KB까지 EEPROM을 내장하고 있어서 데이터 백업이 가능하다. 이 EEPROM은 100,000번까지 반복하여 프로그래밍하는 것이 가능하다.
- ⑧ 모델에 따라 데이터 메모리로서 64바이트에서 4KB까지 비교적 용량이 큰 SRAM을 내장하고 있다.
- ⑨ 모델에 따라 7개의 병렬 I/O 포트, 내장 시스템 클럭 발진기, 2개의 8비트 타이머, 2개의 16비트 타이머, 워치독 타이머, 2개의 UART 또는 USART, SPI, TWI, 아날로그 비교기, 8채널의 10비트 A/D 컨버터, 8개의 PWM 출력, RTC, Brown Out Detector 등 매우 다양한 I/O 기능을 가지고 있다.
- ⑩ 외부에 버스를 가지는 모델에서는 이 외부 시스템 버스를 이용하여 데이터 메모리 또는 I/O 디바이스를 확장할 수 있다.
- ⑪ 다양한 인터럽트 소스와 벡터형 인터럽트 처리 기능을 가지고 있다.
- ⑫ 모델에 따라 약 90~133개 정도의 명령을 가지며, 고성능인 상위 모델에서는 하드웨어 곱셈기를 내장하고 있어서 2클럭 사이클에 실행되는 곱셈 명령을 사용할 수 있다.
- ⑬ 슬립 모드(sleep mode)라고 불리는 여러 가지의 파워절약 모드를 가지고 있다.

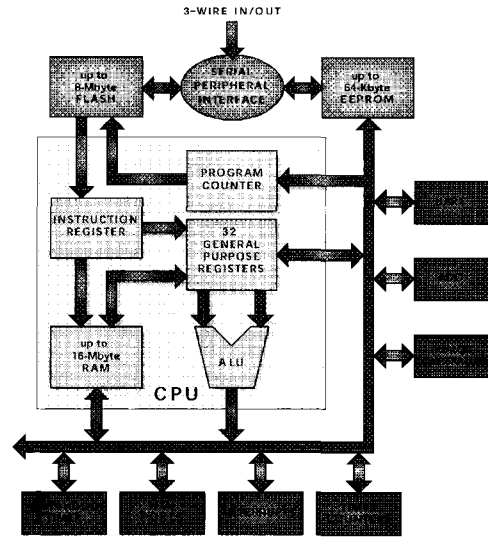


그림 2 AVR의 개략적인 내부 구성 블록도

- ⑭ 다양한 응용 분야에 적합한 모델을 선택적으로 사용할 수 있도록 기능 및 성능에 따라 ATtiny, AT90, ATmega 등 3가지의 패밀리가 있다.
- ⑮ 모델에 따라 8/20/28/40핀 DIP형 패키지, 8/20핀 SOIC형 패키지, 32/44/64핀 TQFP형 패키지, 32/44/64핀 MLF(Micro Lead Frame)형 패키지 등이 있다.

## 2. AVR 마이크로컨트롤러의 종류

AVR 시리즈 마이크로컨트롤러는 각 응용분야에 적합하게 사용될 수 있도록 기능 및 성능에 따라 크게 3가지 표준 패밀리(family)로 나누어진다.

### 2.1 ATtiny 패밀리

이 패밀리는 tiny 패밀리라고도 하며 모델명이 ATtiny로 시작된다. 내부에 1KB~2KB의 플래시 메모리를 가지고 있으며, 대량으로 생산되는 간단한 응용분야에 사용하는 것을 겨냥하고 있으므로 가격이 낮고 기능이나 성능도 상대적으로 낮다. 따라서, 여기에 해당하는 모델들은 외형이 8핀에서 28핀 정도로 아주 작다. 이렇게 핀수가 적어지면 외부에 시스템 버스를 가지고 있지 않는 경우가 대부분이며, 외부에서 수정 발진기를 접속하는 것도 부담이 되므로 외부에는 클럭 입력 단자가 없고 시스템 클럭을 발생하는 전체 발진회로를 소자에 내장하는 경우도 있다.

### 2.2 AT90 패밀리

이 패밀리는 classic 패밀리라고도 하며 모델명이 AT90으

로 시작된다. 내부에 1KB~8KB의 플래시 메모리를 가지고 있으므로 고급언어로도 프로그램이 가능한 수준이며, 비교적 큰 512바이트 이하 정도의 EEPROM과 SRAM을 내장하고 있다. 당연히 ATtiny 패밀리에 비하여 규모가 큰 시스템에 적용하는 것을 겨냥하는 모델이며, 여기에 해당하는 모델들은 외형이 대체로 20핀에서 40핀 정도가 된다. 이 패밀리는 나머지 2가지 패밀리에 비하여 특징이나 장점이 뚜렷하지 않고, 따라서 시장성에서 우위를 차지하지 못하는 탓인지 대부분의 모델이 점차로 단종되어 가는 추세이다.

### 2.3 ATmega 패밀리

이 패밀리는 mega 패밀리라고도 하며 모델명이 ATmega로 시작된다. 내부에 8KB~128KB의 플래시 메모리를 가지고 있으며, 가장 규모가 크고 성능이 높은 응용분야에 사용하는 것을 겨냥하고 있으므로 가격이 꽤 높고 기능이나 성능도 높다. 따라서, 여기에 해당하는 모델들은 외형도 28핀에서 64핀 정도로 핀수가 상당히 많다. 이 중에서 가장 성능이 우수한 모델들은 24MHz 클럭에서 24MIPS의 명령 처리속도를 갖는다. 내장하는 플래시 메모리의 용량에 따라 모델명이 ATmega8, ATmega16, ATmega32, ATmega64, ATmega128 등으로 정착되어 가는 느낌이다.

### 2.4 기타 패밀리

AVR 마이크로컨트롤러는 위와 같은 3가지의 표준 패밀리 이외에도 LCD AVR, USB AVR, DVD AVR, RF AVR, Secure AVR, FPGA AVR 등 여러 가지의 응용분야에 적합

한 패밀리가 있다.

AVR 시리즈 플래시 마이크로컨트롤러의 주요 모델들과 그것들의 특징을 요약하여 표 1에 보였다. AVR 모델들 중에는 그동안 출시되었다가 이미 단종되어 사라진 모델들도 상당히 많은데 이러한 것들은 일일이 이 표에 나타내지 않았다.

그림 3에는 현재까지 출시된 AVR 모델중에서 가장 성능이 높은 ATmega128의 외부 핀 배열을 보였다.

## 3. AVR 마이크로컨트롤러의 개발 툴

### 3.1 하드웨어 개발 툴

AVR의 하드웨어 개발 툴은 에뮬레이터, 평가용 보드, ISP 다운로드 케이블, 그리고 이것들에 관련된 소프트웨어 등으로 나눌 수 있다.

#### 3.1.1 에뮬레이터

사용자가 작성한 프로그램을 타겟 보드(target board)로 다운로드하여 실시간으로 실행하면서 하드웨어나 소프트웨어를 쉽게 디버깅할 수 있도록 도와주는 하드웨어 장비를 에뮬레이터(emulator)라고 한다.

Atmel사에서 판매하는 AVR용의 에뮬레이터는 주로 ATtiny 패밀리를 지원하는 ATICE40, 주로 AT90 패밀리를 지원하는 ATICE200, 그리고 주로 AT90 패밀리와 ATmega 패밀리를 지원하는 ATICE50 등이 있다. 이들 ICE(In-Circuit Emulator)들은 대부분 에뮬레이터에 부착되는 포드(pod)를 타겟 보드의 MCU 소켓에 접속하여 에뮬레이터가 직접 타겟 보드의 MCU 기능을 대신하면서 실시간으로 실행 및 디버깅을 수행하게 된다. 따라서, 여러 가지의 MCU에 따른 포드가 하나의 에뮬레이터에 옵션 액세서리로 부착되어 있게 된다.

그러나, ATmega 패밀리의 MCU들은 대부분 IEEE 1149.1 표준의 JTAG 인터페이스를 접속할 수 있는 외부 핀들을 가지고 있으며, Atmel사에서는 이를 위하여 JTAG ICE를 제공하고 있다. JTAG ICE는 다른 일반 ICE들과 달리 타겟 보드에 설치되어 있는 MCU를 그대로 사용하면서 표준의 10핀 JTAG 콘넥터를 통하여 에뮬레이터와 타겟 보드를 연결한다. Atmel의 정품 JTAG ICE를 그림 4에 보였으며, 이는 현재 ICE로서는 비교적 저렴한 40만원대에 구입할 수 있다.

JTAG ICE는 퍼스널컴퓨터의 RS-232C 직렬포트에 연결하여 사용하며, 이에 관련된 IDE 소프트웨어로는 AVR Studio를 사용한다. 그러나, 이러한 JTAG ICE 하드웨어 장비를 가지고 있지 않은 경우에도 AVR Studio를 사용하면 사용자 프로그램의 실행을 시뮬레이션(simulation)할 수 있다.

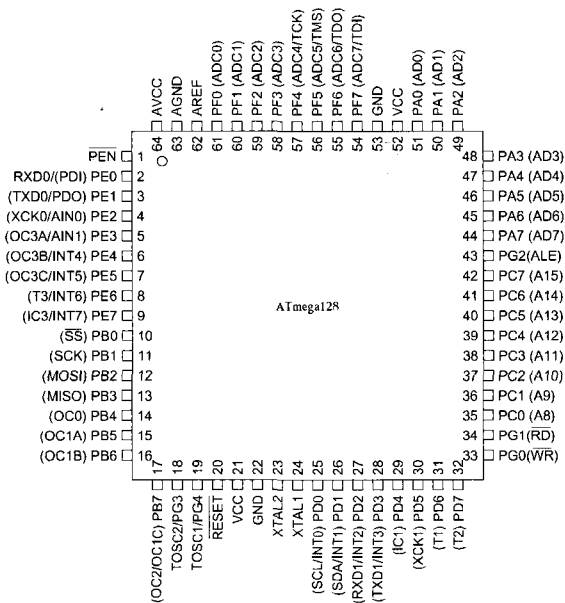


그림 3 ATmega128의 핀 배열

표 1 AVR 마이크로컨트롤러의 종류 및 특징 요약

모델명	플래시 (KB)	EEPROM (Bytes)	SRAM (Bytes)	Vcc (V)	Fmax (MHz)	ISP 기능	Self Program Memory	명령 수	Max I/O (Pin)	인터럽트	외부 인터럽트	8비트 타이머	16비트 타이머	위치 독
ATtiny11	1	-	-	4.0-5.5	6	-	-	90	6	4	1	1	-	○
ATtiny12	1	64	-	4.0-5.5	8	○	-	90	6	5	1	1	-	○
ATtiny13	1	64	64	1.8-5.5	16	○	○	120	6	9	1+5	1	-	○
ATtiny15L	1	64	-	2.7-5.5	1.6	○	-	90	6	8	1	2	-	○
ATtiny2313	2	128	128	1.8-5.5	16	○	○	120	18	10	2	1	1	○
ATtiny26	2	128	128	4.5-5.5	16	○	-	118	16	11	1	2	-	○
ATtiny26L	2	128	128	2.7-5.5	8	○	-	118	16	11	1	2	-	○
ATtiny28L	2	-	-	2.7-5.5	4	-	-	90	11+9	5	2	1	-	○
ATtiny28V	2	-	-	1.8-5.5	1	-	-	90	11+9	5	2	1	-	○
AT90S1200	1	64	-	2.7-6.0	12	○	-	89	15	3	1	1	-	○
AT90S2313	2	128	128	2.7-6.0	10	○	-	120	15	10	2	1	1	○
AT90S2323*	2	128	128	4.0-6.0	10	○	-	120	3	2	1	1	-	○
AT90S2343*	2	128	128	4.0-6.0	10	○	-	120	5	2	1	1	-	○
AT90S4433*	4	256	128	4.0-6.0	8	○	-	120	20	13	2	1	1	○
AT90S8515*	8	512	512	2.7-6.0	8	○	-	120	32	12	2	1	1	○
AT90S8535*	8	512	512	4.0-6.0	8	○	-	120	32	16	2	2	1	○
ATmega48	4	256	512	1.8-5.5	24	○	○	131	23	26	5	2	1	○
ATmega8515	8	512	512	4.5-5.5	16	○	○	130	35	16	3	1	1	○
ATmega8515L	8	512	512	2.7-5.5	8	○	○	130	35	16	3	1	1	○
ATmega8535	8	512	512	4.5-5.5	16	○	○	130	32	20	3	2	1	○
ATmega8535L	8	512	512	2.7-5.5	8	○	○	130	32	20	3	2	1	○
ATmega8	8	512	1024	4.5-5.5	16	○	○	130	23	18	2	2	1	○
ATmega8L	8	512	1024	2.7-5.5	8	○	○	130	23	18	2	2	1	○
ATmega88	8	512	1024	1.8-5.5	24	○	○	131	23	26	5	2	1	○
ATmega16	16	512	1024	4.5-5.5	16	○	○	130	32	20	3	2	1	○
ATmega16L	16	512	1024	2.7-5.5	8	○	○	130	32	20	3	2	1	○
ATmega161*	16	512	1024	4.0-5.5	8	○	○	130	35	20	3	2	1	○
ATmega161L*	16	512	1024	2.7-5.5	4	○	○	130	35	20	3	2	1	○
ATmega162	16	512	1024	4.5-5.5	16	○	○	130	35	28	3	2	2	○
ATmega162L	16	512	1024	2.7-5.5	8	○	○	130	35	28	3	2	2	○
ATmega162V	16	512	1024	1.8-5.5	1	○	○	130	35	28	3	2	2	○
ATmega163*	16	512	1024	4.0-5.5	8	○	○	130	32	17	2	2	1	○
ATmega163L*	16	512	1024	2.7-5.5	4	○	○	130	32	17	2	2	1	○
ATmega168	16	512	1024	1.8-5.5	24	○	○	131	23	26	5	2	1	○
ATmega169	16	512	1024	4.5-5.5	16	○	○	130	54	22	3+14	2	1	○
ATmega169L	16	512	1024	2.7-5.5	8	○	○	130	54	22	3+14	2	1	○
ATmega169V	16	512	1024	1.8-5.5	1	○	○	130	54	22	3+14	2	1	○
ATmega32	32	1024	2048	4.0-5.5	16	○	○	130	32	19	3	2	1	○
ATmega32L	32	1024	2048	2.7-5.5	8	○	○	130	32	19	3	2	1	○
ATmega323*	32	1024	2048	4.0-5.5	8	○	○	130	32	19	3	2	1	○
ATmega323L*	32	1024	2048	2.7-5.5	4	○	○	130	32	19	3	2	1	○
ATmega64	64	2048	4096	4.5-5.5	16	○	○	133	53	34	8	2	2	○
ATmega64L	64	2048	4096	2.7-5.5	8	○	○	133	53	34	8	2	2	○
ATmega128	128	4096	4096	4.5-5.5	16	○	○	133	53	34	8	2	2	○
ATmega128L	128	4096	4096	2.7-5.5	8	○	○	133	53	34	8	2	2	○
ATmega103*	128	4096	4096	4.0-5.5	6	○	-	121	48	23	8	2	1	○
ATmega103L*	128	4096	4096	2.7-3.6	4	○	-	121	48	23	8	2	1	○

\*는 곧 단종할 모델을 나타냄.

표 1 AVR 마이크로컨트롤러의 종류 및 특징 요약(계속)

모델명	UART	SPI	TWI	10비트 A/D (채널)	아날 로그 비교기	PWM (채널)	RTC	Brown Out Detector	하드 웨어 곱셈기	내장 발전기	패키지
ATtiny11	-	-	-	-	○	-	-	-	-	○	8핀 DIP, 8핀 SOIC
ATtiny12	-	-	-	-	○	-	-	○	-	○	8핀 DIP, 8핀 SOIC
ATtiny13	-	-	-	4	○	2	-	○	-	○	8핀 DIP, 8핀 SOIC
ATtiny15L	-	-	-	4	○	1	-	○	-	○	8핀 DIP, 8핀 SOIC
ATtiny2313	-	USI	-	-	○	4	-	○	-	○	20핀 DIP, 20핀 SOIC, 32핀 MLF
ATtiny26	-	USI	-	11	○	2	-	○	-	○	20핀 DIP, 20핀 SOIC, 32핀 MLF
ATtiny26L	-	USI	-	11	○	2	-	○	-	○	20핀 DIP, 20핀 SOIC, 32핀 MLF
ATtiny28L	-	-	-	-	○	-	-	-	-	○	28핀 DIP, 32핀 TQFP, 32핀 MLF
ATtiny28V	-	-	-	-	○	-	-	-	-	○	28핀 DIP, 32핀 TQFP, 32핀 MLF
AT90S1200	-	-	-	-	○	-	-	-	-	○	20핀 DIP, 20핀 SOIC, 20핀 SSOP
AT90S2313	1	-	-	-	○	1	-	-	-	-	20핀 DIP, 20핀 SOIC
AT90S2323*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8핀 DIP, 8핀 SOIC
AT90S2343*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	○	8핀 DIP, 8핀 SOIC
AT90S4433*	1	1	-	6	○	1	-	○	-	-	28핀 DIP, 32핀 TQFP
AT90S8515*	1	1	-	-	○	2	-	-	-	-	40핀 DIP, 44핀 PLCC, 44핀 TQFP
AT90S8535*	1	1	-	8	○	3	○	-	-	-	40핀 DIP, 44핀 PLCC, 44핀 TQFP
ATmega48	1	1	1	8	○	6	○	○	○	○	28핀 DIP, 32핀 TQFP, 32핀 MLF
ATmega8515	1	1	-	-	○	3	-	○	○	○	40핀 DIP, 44핀 PLCC, 44핀 TQFP
ATmega8515L	1	1	-	-	○	3	-	○	○	○	40핀 DIP, 44핀 PLCC, 44핀 TQFP
ATmega8535	1	1	1	8	○	4	○	○	○	○	40핀 DIP, 44핀 PLCC, 44핀 TQFP
ATmega8535L	1	1	1	8	○	4	○	○	○	○	40핀 DIP, 44핀 PLCC, 44핀 TQFP
ATmega8	1	1	1	8	○	3	○	○	○	○	28핀 DIP, 32핀 TQFP, 32핀 MLF
ATmega8L	1	1	1	8	○	3	○	○	○	○	28핀 DIP, 32핀 TQFP, 32핀 MLF
ATmega88	1	1	1	8	○	6	○	○	○	○	28핀 DIP, 32핀 TQFP, 32핀 MLF
ATmega16	1	1	1	8	○	4	○	○	○	○	40핀 DIP, 44핀 TQFP, 44핀 MLF
ATmega16L	1	1	1	8	○	4	○	○	○	○	40핀 DIP, 44핀 TQFP, 44핀 MLF
ATmega161*	2	1	-	-	○	4	○	○	○	-	40핀 DIP, 44핀 TQFP
ATmega161L*	2	1	-	-	○	4	○	○	○	-	40핀 DIP, 44핀 TQFP
ATmega162	2	1	-	-	○	4	○	○	○	○	40핀 DIP, 44핀 TQFP, 44핀 MLF
ATmega162L	2	1	-	-	○	4	○	○	○	○	40핀 DIP, 44핀 TQFP, 44핀 MLF
ATmega162V	2	1	-	-	○	4	○	○	○	○	40핀 DIP, 44핀 TQFP, 44핀 MLF
ATmega163*	1	1	1	8	○	4	○	○	○	○	40핀 DIP, 44핀 TQFP
ATmega163L*	1	1	1	8	○	4	○	○	○	○	40핀 DIP, 44핀 TQFP
ATmega168	1	1	1	8	○	6	○	○	○	○	28핀 DIP, 32핀 TQFP, 32핀 MLF
ATmega169	1	1	-	8	○	4	○	○	○	○	64핀 TQFP, 64핀 MLF
ATmega169L	1	1	-	8	○	4	○	○	○	○	64핀 TQFP, 64핀 MLF
ATmega169V	1	1	-	8	○	4	○	○	○	○	64핀 TQFP, 64핀 MLF
ATmega32	1	1	1	8	○	4	○	○	○	○	40핀 DIP, 44핀 TQFP, 44핀 MLF
ATmega32L	1	1	1	8	○	4	○	○	○	○	40핀 DIP, 44핀 TQFP, 44핀 MLF
ATmega323*	1	1	1	8	○	4	○	○	○	○	40핀 DIP, 44핀 TQFP
ATmega323L*	1	1	1	8	○	4	○	○	○	○	40핀 DIP, 44핀 TQFP
ATmega64	2	1	1	8	○	8	○	○	○	○	64핀 TQFP, 64핀 MLF
ATmega64L	2	1	1	8	○	8	○	○	○	○	64핀 TQFP, 64핀 MLF
ATmega128	2	1	1	8	○	8	○	○	○	○	64핀 TQFP, 64핀 MLF
ATmega128L	2	1	1	8	○	8	○	○	○	○	64핀 TQFP, 64핀 MLF
ATmega103*	1	1	-	8	○	4	○	-	-	-	64핀 TQFP
ATmega103L*	1	1	-	8	○	4	○	-	-	-	64핀 TQFP

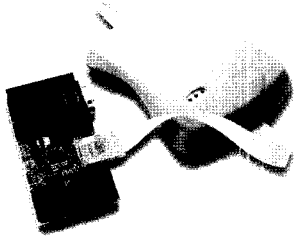


그림 4 Atmel사의 JTAG ICE

### 3.1.2 평가용 보드

평가용 보드(evaluation board)는 MCU 제조사가 해당 MCU를 사용하여 기본적인 하드웨어 설계 기술을 배우고 이를 사용해 봄으로써 MCU의 하드웨어 또는 소프트웨어 실행 성능이나 응용분야를 평가해 볼 수 있도록 판매하는 간단한 타겟 보드이다. 이 MCU를 처음 익히는 사람은 이를 이용하여 짧은 시간에 저렴한 비용으로 많은 경험을 쌓을 수 있으므로 스타터 키트(Starter Kit)라고 부르는 경우도 있다.

Atmel AVR의 스타터 키트는 Kanda Systems사에서 주로 공급하는데, 여기에는 주로 ATtiny 패밀리를 지원하는 STK100, 주로 AT90 패밀리를 지원하는 STK200, 주로 ATmega 패밀리를 지원하는 STK300 등이 있으며, 요즘에는 Atmel사에서 대부분의 AVR 패밀리를 지원하는 STK500 시리즈를 제공하고 있다.

### 3.1.3 Atmel사의 표준 AVR ISP

Atmel사에서는 AVR의 플래시 메모리에 사용자 프로그램을 다운로드할 수 있는 ISP 프로그래머로서 AVR ISP를 판매하고 있다. 이것은 얼핏 보면 JTAG ICE와 비슷한 모양이지만 AVR ISP의 크기가 다소 작으며, 현재 수만원 정도의 가격으로 구입이 가능하다.

Atmel사의 표준 AVR ISP는 퍼스널컴퓨터의 RS-232C 직렬포트를 연결하여 사용하며, 타겟 보드에 접속하는 콘넥터는 Atmel 표준의 10핀 또는 6핀 콘넥터를 선택적으로 사용할 수 있다.

#### 3.1.4 기타의 AVR ISP

Atmel사에서 제공하는 표준의 정품 AVR ISP 이외에도 많은 ISP 다운로드 케이블이 있다. 이것들은 크게 퍼스널컴퓨터의 병렬 프린터 포트에 접속하여 사용하는 방식과 RS-232C 직렬포트에 접속하여 사용하는 방식의 2가지로 나눌 수 있다. 어느 것이나 AVR에 내장된 SPI 직렬통신을 이용하여 ISP를 구현하기 때문에 궁극적으로 직렬통신에 의하여 ISP가 수행되며, 따라서 프린터 포트용의 ISP도 병렬포트를 가지고 소프트웨어적으로 직렬통신을 구현하고 있다. 그러

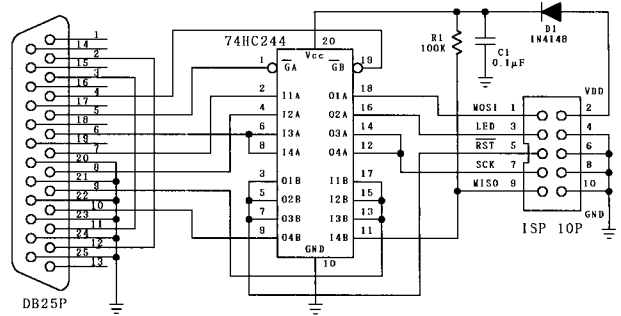


그림 5 병렬포트용 AVR ISP의 회로도

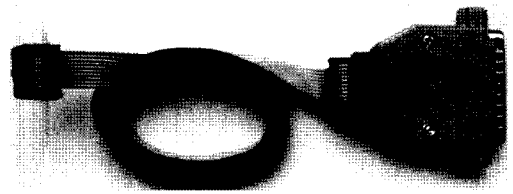


그림 6 조립 완료된 병렬포트용 AVR ISP 케이블

나, 직렬포트용이나 병렬포트용이나 모두 타겟 보드에 접속하는 콘넥터는 Atmel 표준의 10핀 또는 6핀 콘넥터를 사용하고 있다.

병렬포트용의 ISP 케이블 중에서 가장 대표적인 것은 <http://www.lancos.com>에서 제공하는 방식인데, 이는 Kanda Systems사의 AVR 스타터 키트 STK200/300에서 표준적으로 사용하는 규격을 따르고 있다. 이것은 그림 5에 보인 바와 같이 회로가 단순하여 사용자가 직접 제작할 수 있다. 보통은 프린터 케이블의 25핀 D형 콘넥터 후드(hood)에 이를 내장하여 동글(dongle) 형태로 사용한다. 사용자가 이 AVR ISP 다운로드 케이블을 사용하려면 이에 관련된 다운로드 소프트웨어로는 역시 이 홈페이지에서 무료로 제공하는 PonyProg2000을 사용하는 것이 좋다.

### 3.2 소프트웨어 개발 툴

AVR의 소프트웨어 개발 툴은 어셈블러, C컴파일러, IDE 소프트웨어, ISP 다운로드 프로그램 등으로 나눌 수 있다.

#### 3.2.1 어셈블러

AVR용의 어셈블러(asm)에는 여러 가지가 있으나 거의 대부분 Atmel사의 매크로 어셈블러 AVRASM32.EXE를 사용한다. 이것은 IDE 소프트웨어인 AVR Studio에 포함되어 무료로 제공되며 지속적으로 버전업되고 있다. IAR사의 C 컴파일러에서는 자체적인 어셈블러를 가지고 있지 않으며 Atmel의 이 어셈블러를 그냥 사용한다.

오늘날의 개발자들은 어셈블리보다는 C언어를 즐겨 사용하는 경향이 있으며, 더구나 AVR은 특별히 처음부터 C언어를 사용하는데 적합하도록 개발된 MCU이므로 여기서 어셈블리 언어를 사용하여 프로그래밍하는 개발자는 더욱 드물다. 그러나, 역시 어셈블리 언어는 마이크로컨트롤러 분야에서 그 세밀한 처리에 관하여 뛰어난 장점을 가지며 이는 C언어가 도저히 따라올 수 없는 영역이다.

Atmel 매크로 어셈블러는 윈도우즈 운영체제의 MS-DOS 창에서도 사용할 수 있으며, 윈도우즈 환경에서 IDE 프로그램인 AVR Studio와 함께 사용하면 더욱 편리하다.

### 3.2.2 C 컴파일러

현재까지 가장 널리 사용되고 있는 AVR용의 C 컴파일러는 IAR C컴파일러로 알려져 있다. 이는 AVR을 개발할 때 처음부터 IAR사의 C컴파일러 개발팀과 Atmel사의 AVR 개발팀이 기술적으로 긴밀한 협조 속에서 작업을 수행하였기 때문에 AVR용 C컴파일러 중에서 가장 먼저 출시되었다는 점은 물론이고 그만큼 AVR의 특성을 잘 살려서 만들어진 C컴파일러라는 장점을 가지고 있기 때문이다. 이 IAR C컴파일러는 현재 약 150만~200만원 정도에서 구입이 가능하다.

이밖에도 AVR C컴파일러에는 HP Info Tech사의 CodeVisionAVR C컴파일러와 Image Craft사의 ICC C컴파일러 등이 있는데, 이것들은 상대적으로 시장점유율이 낮으며 각각 20만~30만원 정도로 구입이 가능하다.

그러나, 현재는 AVR MCU에 관한한 적지 않은 가격으로 이러한 상업용 C컴파일러를 구입하여 사용할 필요가 적게 되었다. 그것은 무료 소프트웨어의 대명사인 GNU 그룹에서 개발한 AVR-GCC와 이를 포함하는 AVR 소프트웨어 패키지 WinAVR을 무료로 사용할 수 있기 때문이다. 초창기의 AVR-GCC는 성능이 만족스럽지 못한 측면이 있었으나 현재

는 매우 개선되고 안정되어 어느 상업용 C컴파일러와 비교하더라도 손색이 없는 정도이며, 매년 수차례씩 지속적으로 버전업되고 있고 또한 Atmel에서 새로운 MCU 모델이 출시될 때마다 이를 지원하기 위한 기능이 추가되고 있다.

하지만, WinAVR 소프트웨어 패키지에는 만족할만한 IDE가 없어서 사용자가 이를 사용하는 것이 불편하였는데, 우리나라의 황해권 님이 이를 위한 훌륭한 IDE 소프트웨어인 AvrEdit를 개발하여 무료로 제공하고 있다. AvrEdit는 WinAVR의 사용자들에게 C언어로 프로그래밍하는데 많은 편의를 제공한다.

### 3.2.3 ISP 다운로드 프로그램 및 IDE

ISP 다운로드 프로그램은 AVR ISP 다운로드 케이블을 통하여 퍼스널컴퓨터로부터 AVR 타겟 보드로 사용자 프로그램을 전송하여 플래시 메모리에 라이트하는 프로그램이다. 이러한 다운로드 프로그램은 AVR Studio처럼 IDE에 내장되어 다운로드 기능과 디버거 기능이 복합되기도 하며, IAR이나 CodeVisionAVR의 경우처럼 C컴파일러 소프트웨어 패키지의 셸 프로그램에 포함되기도 한다. 또한, PonyProg2000의 경우처럼 전용의 다운로드 프로그램인 것도 있다.

이러한 대부분의 다운로드 프로그램에서는 사용할 ISP 케이블의 종류를 병렬포트 또는 직렬포트로 설정할 수 있고, 오브젝트 파일의 형식으로는 대부분 HEX 파일 또는 COFF 파일을 사용한다. 그러나, AVR Studio는 직렬포트용의 ISP만 지원한다.

IDE(Integrated Development Environment)는 에디터, 어셈블러, C컴파일러, 링커, 다운로더, 디버거 등 사용자가 프로그램 개발에 필요한 모든 소프트웨어를 종합적으로 사용할 수 있는 통합 관리 프로그램이라고 할 수 있다. IDE는 대부분의 경우 에뮬레이터와 그림자처럼 따라다니며 함께 사용되는데, 예를 들면 AVR Studio가 여기에 해당한다. AVR Studio를 사용하면 어셈블리 프로그램을 작성하여 어셈블할 수 있고, 어셈블러나 C언어로 작성되어 번역된 모든 오브젝트 파일을 다운로드하여 실행하면서 디버깅할 수 있다.

## 4. AVR 마이크로컨트롤러의 응용 분야

AVR 마이크로컨트롤러는 빠른 명령처리 속도와 저소비전력형의 구조가 무엇보다도 탁월한 장점이다. Atmel사는 AVR의 이러한 장점을 살리면서 각 응용분야에 따라 시장에서의 우위를 확보하기 위하여 AVR 시리즈를 ATtiny 패밀리, AT90 패밀리, ATmega 패밀리로 나누어 제품을 계열화시켜 왔다. 특히 최근에 들어서는 소규모 저가형 시스템을 겨냥한 ATtiny 패밀리와 대규모 고성능 시스템을 겨냥한 ATmega 패밀리로 제품을 양극화시켜 가는 경향을 보이고 있다.

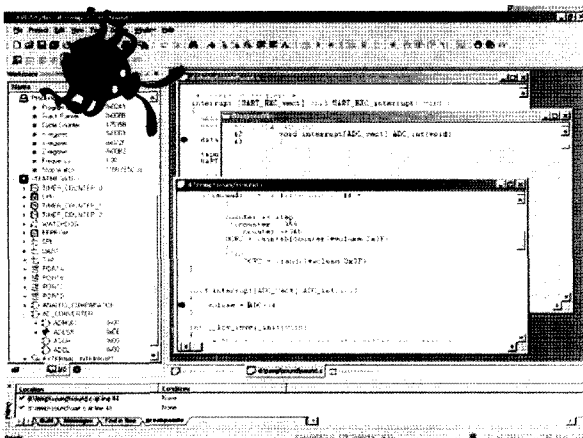


그림 7 AVR Studio를 실행한 화면

이에 따라 ATtiny 패밀리는 모바일 기기, 완구, 배터리 충전기, 리모콘, 지능형 센서, 경보장치 등과 같이 저가형 컨트롤러 분야에 널리 사용되고 있으며, ATmega 패밀리는 산업용 제어기, 고속 서보제어장치, 고성능 모터 제어기 등과 같이 좀더 큰 규모의 고성능 시스템에 널리 적용되고 있다. 현재와 같이 시장의 수요에 민첩하게 대응하면서 점점 저가격 또는 고성능의 특징을 가지는 새로운 AVR 모델들이 지속적으로 개발된다면 앞으로도 AVR은 마이크로컨트롤러 시장에서 우위를 더욱 빠르게 확대시켜 나갈 것으로 전망된다. ■

### 참고 문헌

- [1] Alf-Egil Bogen and Vegard Wollan, "AVR Enhanced RISC Microcontrollers", Atmel, 1997
- [2] AVR ATmega128 data sheet, Atmel, 2003.
- [3] 윤덕용, AVR ATmega128 마스터, Ohm사, 2004.

### < 저 자 소 개 >



**윤덕용(尹德鏞)**

1957년 6월 16일생. 1981년 서울대 전기공학과 졸업. 1983년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1995년 단국대 대학원 전기공학과 졸업(박사). 1982년~1984년 삼성전자 종합연구소 연구원. 1984년~1985년 (주)한독 컴퓨터기술연구소 과장대리. 1985년~현재 국립천안공업대학 제어계측과 교수.