

Chapter 101. 아두이노 프로그래밍

이 장에서 아두이노 IDE(Integrated Development Environment)의 사용 방법을 간단하게 살펴본다. 이 책에서는 아트멜 스튜디오 6을 사용하여 C 스타일과 아두이노 스타일의 프로그램을 작성하고 비교해 볼 것이므로 아두이노 IDE를 사용하는 경우는 그리 많지 않다. 하지만 아트멜 스튜디오에서 애드온을 사용하기 위해서는 아두이노 IDE가 설치되어 있어야 하며, 애드온을 사용하는 방법이 아두이노 IDE의 사용 방법과 유사하므로 아두이노 IDE의 사용 방법을 알아두는 것이 유용하다.

1. 드라이버 설치

아두이노 IDE를 설치하였다고 가정하자. 아직 설치하지 않았다면 아두이노 홈페이지에서 다운 받아¹⁾ 'C:\Arduino'에 압축을 해제한다. 아두이노 보드는 컴퓨터와 USB 연결만으로 사용할 수 있지만 한 가지 추가적인 작업이 필요하며, 바로 USB-시리얼 변환 장치의 드라이버를 설치하는 일이다. 아두이노 우노 보드에는 USB-시리얼 변환 기능을 위한 전용의 마이크로컨트롤러가 포함되어 있으며 이를 위한 드라이버는 아두이노 IDE와 함께 배포된다. 드라이버는 'C:\Arduino\drivers'에 위치하고 있으므로 아두이노 우노 보드를 컴퓨터와 처음 연결하였을 때 알 수 없는 장치가 발견된다면 수동으로 설치해주어야 한다. 브레드보드에 구성된 기본 회로를 사용하는 경우에도 USB-시리얼 변환 장치를 위한 드라이버 설치가 필요하다. 기본 회로 도에서 사용할 USB-시리얼 변환 장치는 아두이노 우노 보드에 포함되어 있는 변환 장치와는 다른 칩을 사용하므로 아두이노 소프트웨어에 포함되어 있는 드라이버와는 다른 드라이버를 설치하여야 한다.²⁾ 위의 두 드라이버는 시리얼 방식의 프로그램 다운로드를 위해 필요한 장치의 드라이버들이다. 이 책에서는 ISP 방식의 프로그램 다운로드 역시 사용하므로 ISP 장치의 드라이버 역시 설치하여야 한다. 3개의 드라이버가 설치되면 아두이노 IDE를 사용하기 위해 필요한 모든 준비는 마친 것이므로 ATmega328로 프로그램을 업로드 하는 방법을 알아보자.

2. 아두이노 우노에 시리얼 방식으로 업로드 하기

C 프로그래밍을 배우면 가장 먼저 접하는 프로그램은 아마 'Hello World'일 것이다. 콘솔 화

1) <http://arduino.cc/en/Main/Software>

2) 드라이버는 제조사 홈페이지 <http://www.newtc.co.kr>에서 다운받아 설치한다.

면에 'Hello World'라는 글자를 출력하는 이 프로그램은 컴파일러가 정상적으로 설치되어 있는지, IDE 동작에 문제는 없는 지를 확인하는 C 언어 프로그래밍의 준비 운동 정도에 해당한다. 이와 유사하게 아두이노에는 'Blink' 프로그램이 있다. 블링크 프로그램은 아두이노 우노 보드에 포함되어 있는 13번 디지털 핀의 LED(Light Emitting Diode)를 1초 간격으로 깜빡이게 하는 프로그램이다. 지금은 프로그램을 이해하려고 하기 보다는 프로그램을 컴파일하고 아두이노 우노 보드에 업로드 하는 방법에 집중하면 된다.

'파일 → 예제 → 01.Basics → Blink' 메뉴를 선택하면 블링크 프로그램이 새 창에 나타난다. 코드를 컴파일 하고 업로드하기 이전에 확인해야 할 항목이 있다. 먼저 '도구 → 보드' 메뉴를 선택하면 아두이노 IDE에서 사용 가능한 아두이노 보드의 목록이 나타난다. 아두이노는 하나의 보드가 아닌 여러 종류의 보드들을 통틀어 일컫는 말이다. 이 중 'Arduino Uno'가 선택되어 있는지 확인한다. 아두이노 보드들은 사용한 마이크로컨트롤러의 종류나 클럭 스피드 등에서 약간씩 차이가 있으므로 사용하고자 하는 보드를 정확히 선택하여야 프로그램을 정상적으로 실행시킬 수 있다.

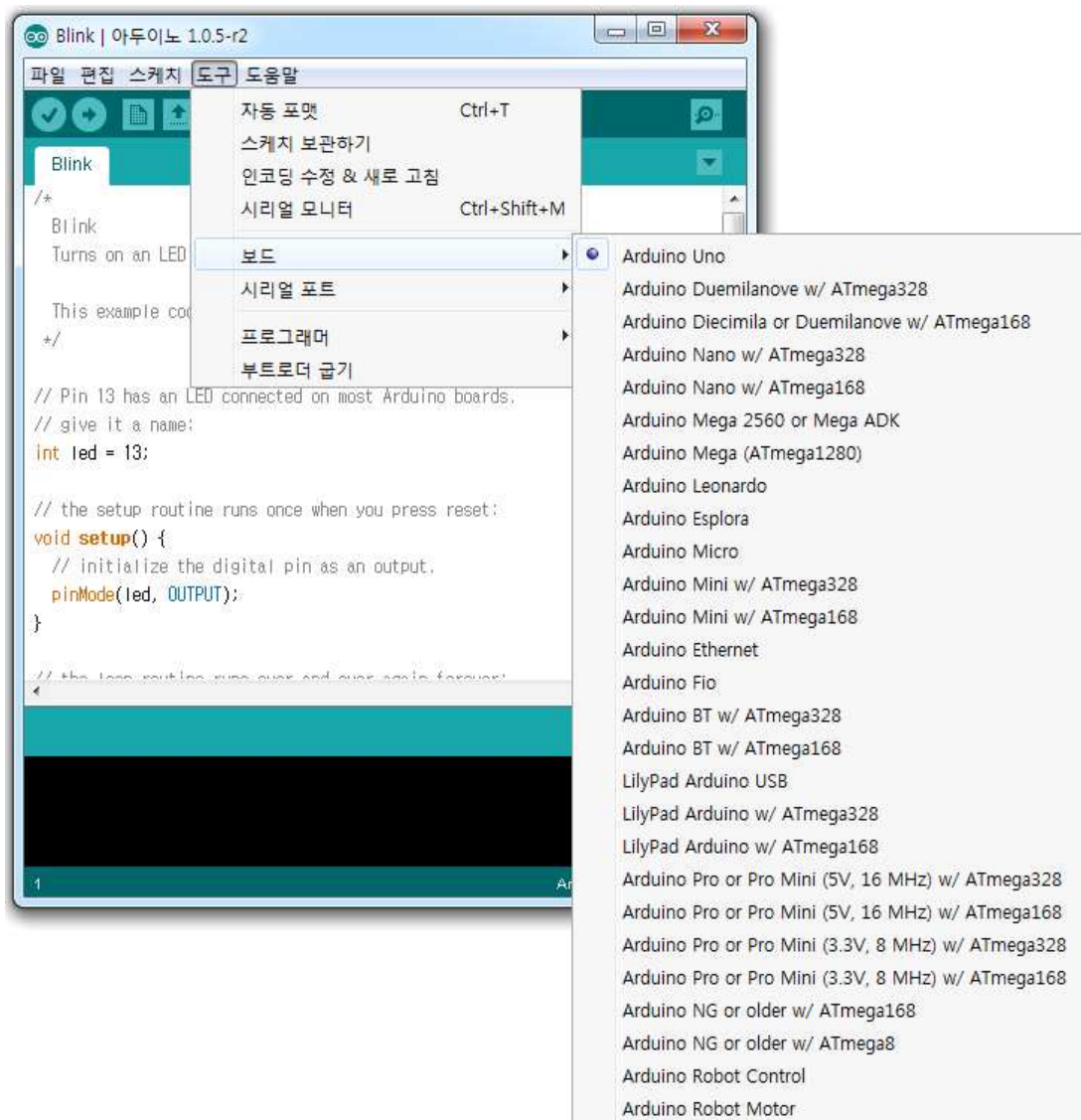


그림 1. 아두이노 보드 선택

다음은 '도구 → 시리얼 포트' 메뉴를 선택해 보자. 시리얼 포트 메뉴에는 현재 컴퓨터에서 사용할 수 있는 시리얼 포트들이 나열되며, 아두이노 우노 보드가 USB를 통해 컴퓨터에 연결되어 있다면 이에 해당하는 시리얼 포트 번호가 나열될 것이다. 아두이노 우노 보드가 컴퓨터에 연결되어 있지 않다면 시리얼 포트 역시 나타나지 않으므로 먼저 연결을 시킨 후 시리얼 포트 메뉴를 열어야 한다. 시리얼 포트 메뉴에서 아두이노 보드의 USB-시리얼 변환 장치에 할당된 시리얼 포트를 선택한다.

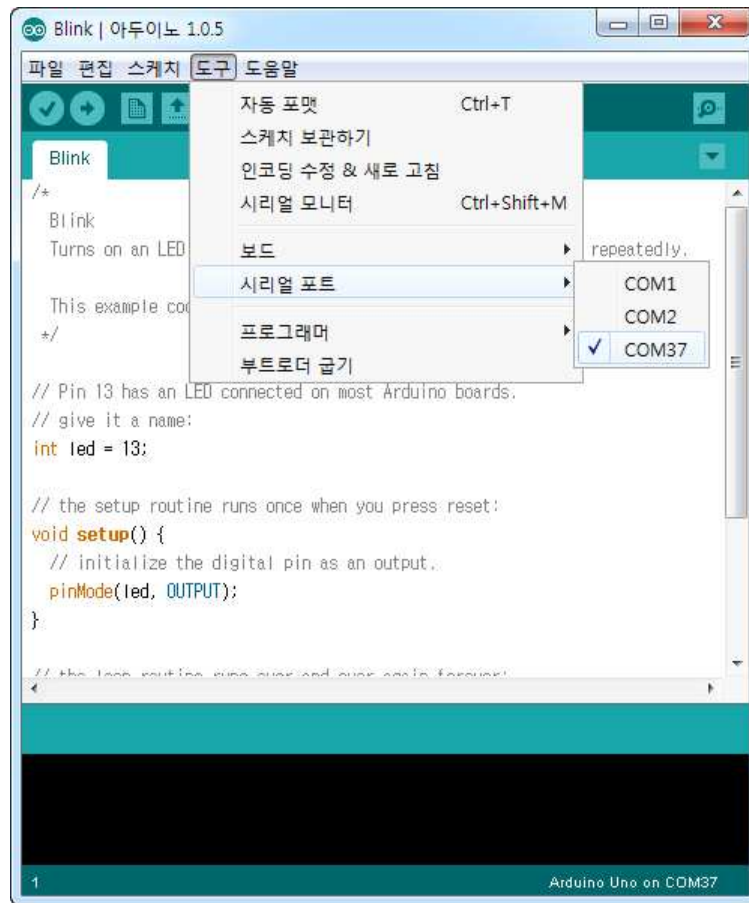


그림 2. 시리얼 포트 선택

모든 설정을 마쳤으므로 블링크 프로그램을 컴파일 해 보자. 아두이노 IDE의 툴바에서 첫 번째 '확인' 버튼을 누르면 프로그램을 컴파일 해서 문법 오류가 있는지를 알려주며, 오류가 없다면 생성된 실행 파일의 크기를 알려준다. 아무런 문제가 없다면 아두이노 우노 보드로 프로그램을 업로드 해보자. 툴바의 두 번째 '업로드' 버튼을 눌러보자. 업로드 버튼은 프로그램을 컴파일 하여 실행 파일을 생성하고 이를 아두이노 우노 보드에 포함되어 있는 USB-시리얼 변환 장치를 통해 업로드 한다. 업로드가 성공적으로 이루어지면 자동으로 업로드 된 프로그램을 실행한다. 13번 핀에 연결된 LED가 1초 간격으로 깜빡거리는가?



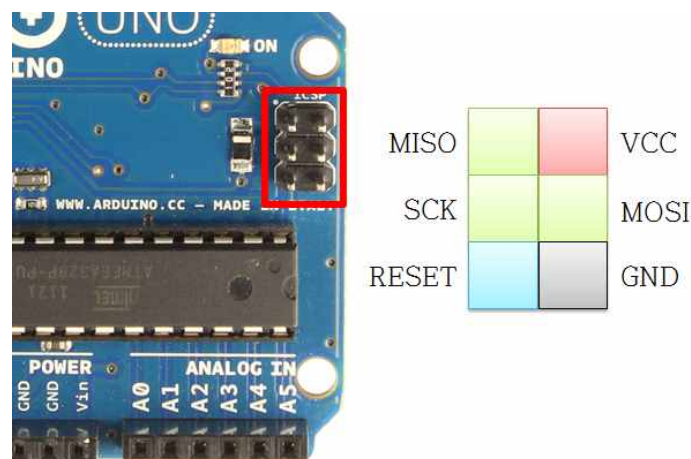
그림 3. 아두이노 IDE의 툴바 버튼

아두이노 우노로 시리얼 방식으로 업로드 하는 과정을 요약하면 다음과 같다.

- ① ‘도구 → 보드’ 메뉴에서 ‘Arduino Uno’를 선택한다.
- ② ‘도구 → 시리얼 포트’ 메뉴에서 아두이노 우노 보드의 USB-시리얼 변환 장치에 할당된 COM 포트를 선택한다.
- ③ 툴바의 ‘확인’ 버튼, ‘스케치 → 확인 / 컴파일’ 메뉴, 또는 단축키 ‘Ctrl + R’을 눌러 프로그램의 문법 오류를 확인한다.
- ④ 툴바의 ‘업로드’ 버튼, ‘파일 → 업로드’ 메뉴, 또는 단축키 ‘Ctrl + U’를 눌러 프로그램을 업로드 한다.

3. 아두이노 우노에 ISP 방식으로 업로드 하기

아두이노 우노에 프로그램을 업로드하기 위해서는 아두이노 우노 보드의 USB-시리얼 변환 장치를 통해 시리얼 방식으로 업로드 하는 것이 일반적이다. 이를 위해서는 별도의 장치가 필요하지 않으며 USB 연결만으로 가능하다. 하지만 일반적인 마이크로컨트롤러 프로그래밍의 경우에는 시리얼 방식이 아닌 ISP 방식을 사용한다. 아두이노 우노에도 ISP 방식으로 프로그램을 업로드 하기 위해 연결 커넥터를 제공하고 있다. 하지만 USB-시리얼 변환 장치가 아두이노 우노 보드에 포함되어 있는 것과 달리 ISP 장치는 포함되어 있지 않으므로 별도의 장치가 필요하다.

그림 4. 아두이노 우노 보드의 ISP 장치 연결 커넥터³⁾

프로그램 다운로드를 위해 이 책에서는 STK500을 지원하는 USB-ISP 장치를 사용한다.

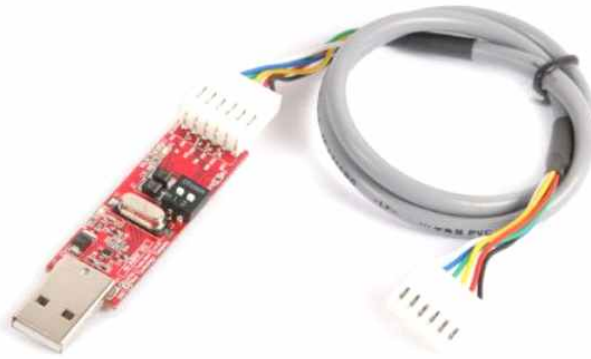


그림 5. USB-ISP 장치⁴⁾

ISP는 In System Programming의 약자로 시스템에 마이크로컨트롤러가 설치된 이후에도 간단히 프로그램을 다운로드 할 수 있음을 의미한다. 반면 그림 4에서 아두이노 우노 보드에는 ICSP라고 표시되어 있으며 이는 마이크로칩(Microchip)에서 ISP를 가능하도록 하는 방법 중 하나인 In Circuit Serial Programming을 의미한다. ISP가 개념을, ICSP가 구체적인 방법을 의미하지만 ISP가 ISP를 위한 구체적인 장치 또는 방법을 나타내기 위해서도 사용되므로 이 책에서는 ‘ISP’ 또는 ‘ISP 장치’라는 단어를 사용한다. 그림 6은 그림 4의 커넥터에 그림 5의 USB-ISP 장치를 연결한 예를 보여준다.

3) 이미지 출처: <http://arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno>

4) 이미지 출처: <http://www.newtc.co.kr>

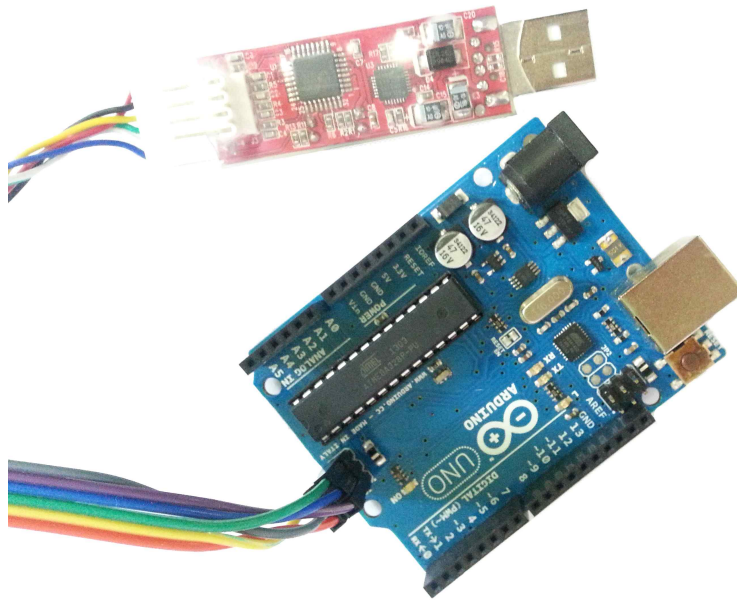


그림 6. 아두이노 우노와 USB-ISP 장치 연결

ISP 장치를 아두이노 우노 보드에 연결하는 것만으로는 프로그램을 다운로드 할 수 없으며 사용할 장치를 아두이노 IDE에 등록하는 과정이 필요하다. 아두이노 설치 디렉터리 아래 'hardware\arduino\programmers.txt' 파일에 ISP 장치의 정보가 저장되어 있으므로 파일의 끝부분에 다음 내용을 추가한다.

```
my_avrisp.name=My AVRISP  
my_avrisp.communication=serial  
my_avrisp.protocol=stk500v2
```

사용할 ISP 장치의 이름은 'My AVRISP'로 이 이름은 아두이노 IDE에서 메뉴 항목으로 나타난다. 다른 두 줄은 STK500 v.2 프로토콜을 사용하는 시리얼 방식의 장치임을 나타낸다. 그림 5와 다른 ISP 장치를 사용하고자 한다면 장치에 맞게 통신 방식과 프로토콜을 설정해 주어야 한다. 아두이노 IDE를 종료하고 다시 시작한 후 '도구 → 프로그래머' 메뉴를 선택하면 등록된 새로운 ISP 장치인 'My AVRISP' 항목을 확인할 수 있다.

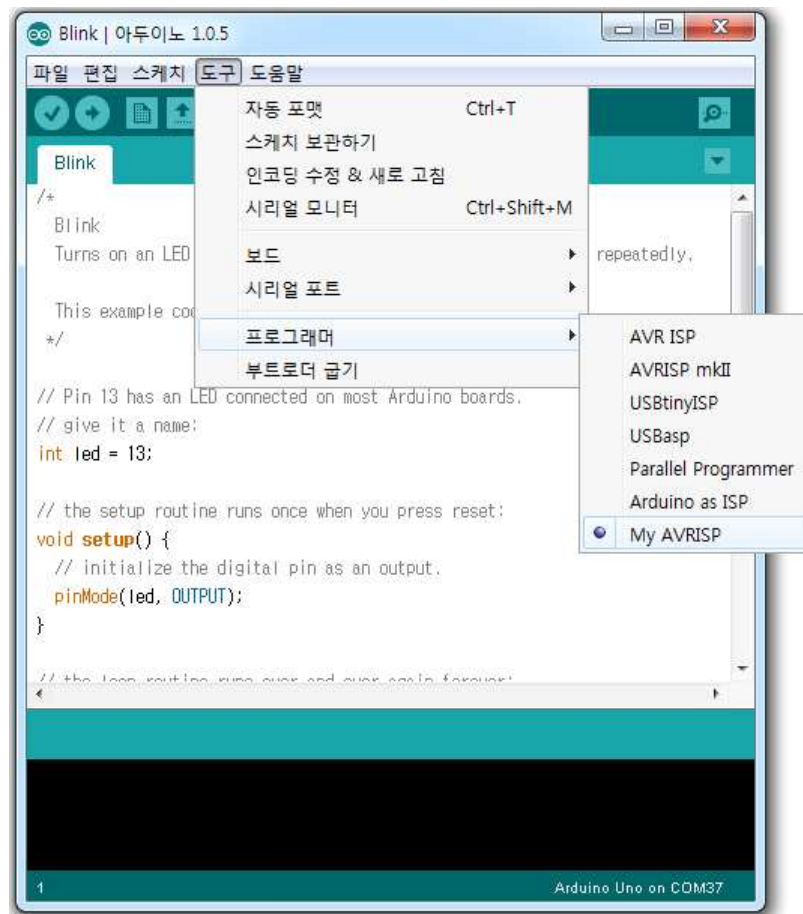


그림 7. 아두이노 IDE에 ISP 장치 등록

모든 준비는 끝났다. 이제 프로그램을 업로드 해보자. ‘도구 → 보드’ 메뉴에서 ‘Arduino Uno’를 선택하는 것은 동일하다. 하지만 ISP 장치를 사용해서 프로그램을 업로드 할 것이므로 ‘도구 → 프로그래머’ 메뉴에서 ‘My AVRISP’를 선택하고, ‘도구 → 시리얼 포트’ 메뉴에서도 ISP 장치에 할당된 COM 포트 번호를 선택한다. ‘확인’ 버튼을 눌러 프로그램에 오류가 없는 지 확인하는 것은 동일하지만, 업로드는 USB-시리얼 변환 장치를 사용하는 경우와 다르게 ‘Shift’ 버튼을 누른 상태에서 ‘업로드’ 버튼을 눌러 주어야 한다. 업로드 버튼에 마우스를 가져가면 툴바에 ‘업로드’라는 메시지가 나타난다. 하지만 ‘Shift’ 키를 누른 상태에서는 ‘프로그래머를 이용해 업로드’라는 메시지로 바뀌며 이 상태에서 ISP 방식으로 프로그램을 업로드 할 수 있다. LED가 깜빡이는가? ISP 방식으로 아두이노 우노에 프로그램을 업로드 하는 과정을 요약하면 다음과 같다.

- ① ‘도구 → 보드’ 메뉴에서 ‘Arduino Uno’를 선택한다.
- ② ‘도구 → 프로그래머’ 메뉴에서 사용할 ISP 장치를 선택한다.
- ③ ‘도구 → 시리얼 포트’ 메뉴에서 선택한 ISP 장치에 할당된 COM 포트를 선택한다.
- ④ 툴바의 ‘확인’ 버튼, ‘스케치 → 확인 / 컴파일’ 메뉴, 또는 단축키 ‘Ctrl + R’을 눌러 프로그램의 문법 오류를 확인한다.
- ⑤ ‘Shift’ 키 + 툴바의 ‘업로드’ 버튼, ‘파일 → 프로그래머를 이용해 업로드’ 메뉴, 또는 단축키 ‘Shift + Ctrl + U’를 눌러 프로그램을 업로드 한다.

한 가지 주의할 점은 아두이노 우노에 ISP 방식으로 프로그램을 업로드 한 이후에는 시리얼 방식으로 프로그램을 업로드 할 수 없다는 점이다. ISP 방식으로 프로그램을 업로드 한 것을 후회할지도 모르지만 걱정할 필요는 없다. 부트로더를 구입하면 다시 시리얼 방식으로 프로그램을 업로드 할 수 있다.

4. 아두이노 우노의 부트로더 굽기

ATmega328의 프로그램 메모리는 어플리케이션 프로그램 영역과 부트로더 영역의 두 영역으로 나뉘어져 있으며 부트로더를 굽는다는 말은 부트로더 영역에 부트 프로그램을 다운로드 하여 설치하는 과정을 말한다. 블링크 프로그램을 시리얼 방식이나 ISP 방식으로 다운로드 하는 경우 프로그램은 어플리케이션 프로그램 영역에 설치된다. 그렇다면 부트로더의 역할은 무엇일까?

부트로더는 시스템의 전원이 켜졌을 때 가장 먼저 실행되는 프로그램으로 컴퓨터의 경우 윈도우즈가 시작하기 이전에 그 준비 과정을 담당하고 있다. AVR에서 사용하는 부트로더는 전원이 켜졌을 때 가장 먼저 실행되는 것은 동일하지만 AVR 마이크로컨트롤러에 설치된 프로그램을 업데이트하기 위한 용도로 주로 사용된다. 전원이 켜지면 부트로더가 먼저 실행되어 시리얼 포트에 프로그램이 전송되기를 기다린다. 프로그램이 전송되면 이를 어플리케이션 프로그램 영역에 설치하고 설치가 완료되면 설치된 프로그램을 실행시킨다. 부트로더가 없다면 현재 어플리케이션 프로그램 영역에 설치된 프로그램이 바로 실행된다. 부트로더의 사용 여부는 ATmega328의 설정에 따라 선택할 수 있다. 그림 8은 ATmega328에 전원이 인가된 후 어플리케이션 프로그램 영역에 설치된 프로그램이 실행되기까지의 과정을 나타낸다.

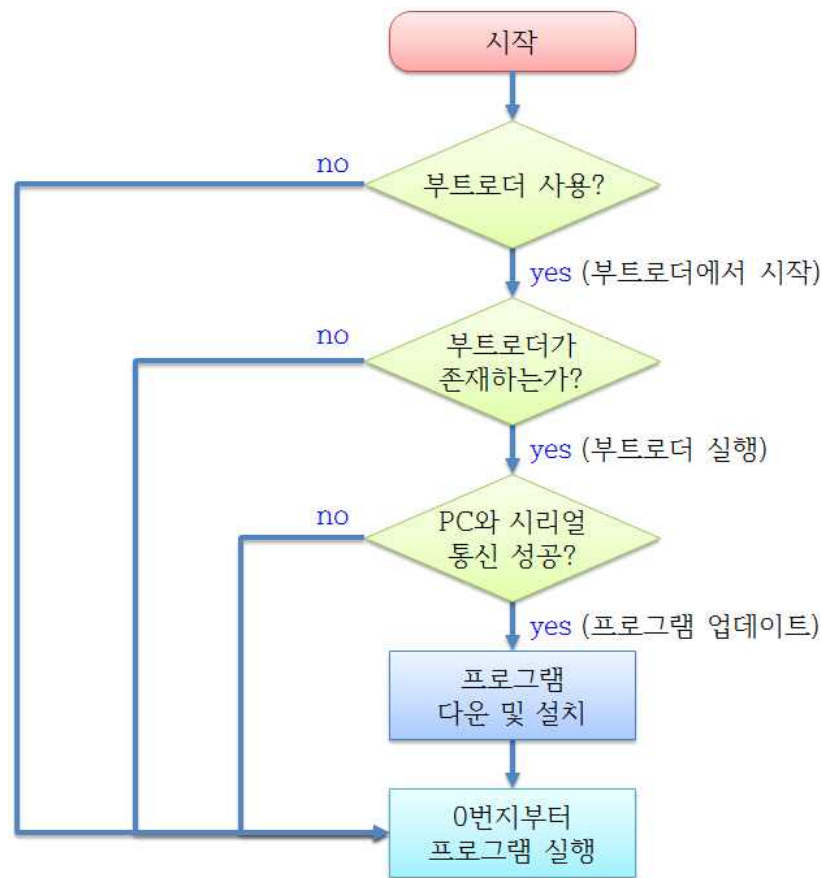


그림 8. ATmega328의 시작 과정

아두이노는 기본적으로 시리얼 방식의 업로드를 사용한다. 즉, 부트로더가 사용되고 있는 것이다. 시리얼 방식으로 프로그램을 업로드 하는 경우 부트로더 영역은 그대로 남아 있지만 ISP 방식으로 프로그램을 업로드 하면 부트로더 영역은 지워진다. 따라서 ISP 방식으로 프로그램을 업로드 한 이후에는 시리얼 방식으로 프로그램을 업로드 할 수 없다. 하지만 부트로더 영역에 다시 부트로더를 설치해 주면 다시 시리얼 방식을 사용할 수 있다. 아두이노 보드에서 사용하는 부트 프로그램은 아두이노 IDE와 함께 배포되므로 별도로 작성할 필요는 없다. 아두이노 설치 디렉터리 아래 'hardware\arduino\bootloaders' 디렉터리 아래에 HEX 확장자를 가지는 부트 프로그램들이 존재하며 부트로더 굽기 명령을 실행하면 선택된 보드에 맞는 부트로더가 자동으로 설치된다.

먼저 부트로더를 구울 보드를 '도구 → 보드' 메뉴에서 선택한다. 부트로더는 시리얼 방식으로는 구울 수 없으며 반드시 ISP 방식을 사용해야 하므로 사용할 ISP 장치를 '도구 → 프로그래머' 메뉴에서 선택한다. '도구 → 시리얼 포트' 메뉴에서 선택한 ISP 장치에 할당된 COM 포트를 선택한 후 '도구 → 부트로더 굽기' 메뉴를 선택하면 부트로더 굽기가 시작된다. 약간의

시간이 지나고 부트로더 굽기 완료 메시지가 나타나면 다시 시리얼 방식의 업로드를 사용할 수 있다. 아두이노 우노의 부트로더를 굽는 과정을 요약하면 다음과 같다.

- ① ‘도구 → 보드’ 메뉴에서 ‘Arduino Uno’를 선택한다.
- ② ‘도구 → 프로그래머’ 메뉴에서 사용할 ISP 장치를 선택한다.
- ③ ‘도구 → 시리얼 포트’ 메뉴에서 선택한 ISP 장치에 할당된 COM 포트를 선택한다.
- ④ ‘도구 → 부트로더 굽기’ 메뉴를 선택하여 부트로더를 굽기를 실행한다.

5. 브레드보드 기본 회로에 부트로더 굽기

아두이노 우노 보드에 시리얼 방식으로 프로그램을 업로드 하기 위해서는 부트로더가 반드시 필요하다. 아두이노 우노 보드를 구입하면 보드에 장착된 ATmega328에는 부트로더가 이미 구워져 있으므로 부트로더를 구울 필요는 없지만 아두이노 우노 보드의 ATmega328 칩을 교체하였거나 브레드보드에 구성한 기본 회로에 시리얼 방식으로 프로그램을 업로드 하기 위해서는 부트로더를 구워주어야 한다. 시리얼 방식의 프로그램 업로드를 사용하지 않고 ISP 방식으로만 프로그램을 업로드 하고 싶다면 부트로더가 필요하지 않은 것일까? 사실이다. 하지만 한 가지 주의할 점이 있다. ATmega328 마이크로컨트롤러를 구입하면 내부 발진 회로를 사용하여 1MHz로 동작하도록 설정되어 있다. 하지만 이 책에서는 16MHz로 동작하도록 외부 크리스탈을 연결하여 사용한다. 따라서 ATmega328의 퓨즈를 16MHz 외부 크리스탈을 사용하도록 설정하여야 하며 부트로더를 굽는 과정에는 외부 16MHz 크리스탈을 사용하도록 퓨즈를 설정하는 과정도 포함되어 있다.

퓨즈 설정 없이 프로그램을 업로드 하면 어떤 일이 발생할까? 블링크 프로그램 테스트를 위해 브레드보드의 기본 회로에 LED를 추가해 보자. 단, 부트로더를 굽지 않은, 구입한 그대로의 ATmega328 칩을 사용하여야 한다.

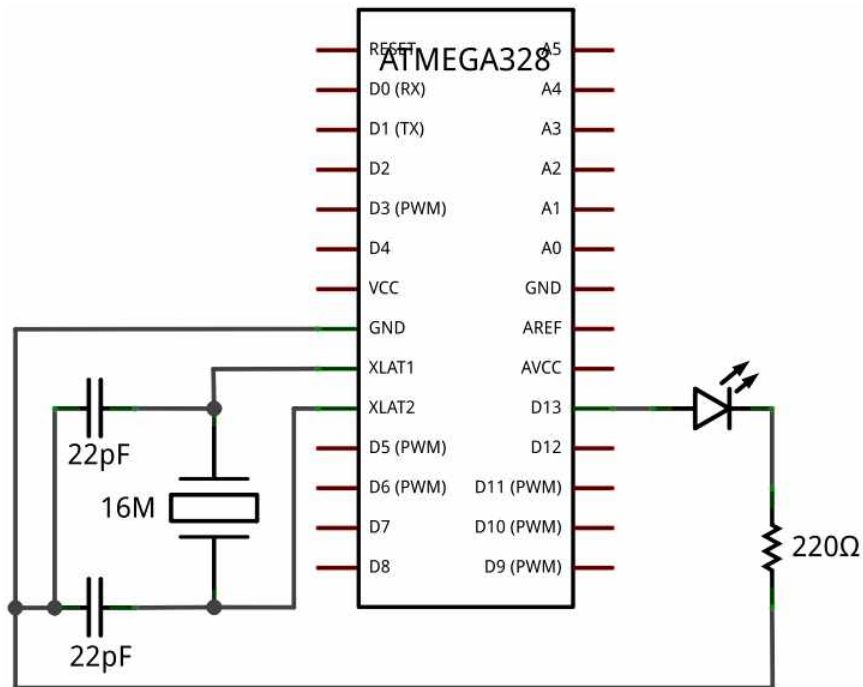


그림 9. 디지털 13번 핀에 LED가 추가된 기본 회로도

부트로더가 구워져 있지 않으므로 시리얼 방식이 아닌 ISP 방식으로 블링크 프로그램을 업로드 해보자. 업로드 방법은 아두이노 우노 보드에 ISP 방식으로 업로드 하는 방법과 동일하다. 프로그램을 컴파일하고 업로드까지 아무런 문제를 찾아볼 수 없다. 하지만 블링크 프로그램이 실행되면 LED의 깜빡거리는 속도가 1초보다 훨씬 길다는 사실을 발견하게 될 것이다. 시간을 측정해 보면 16초 간격으로 깜빡인다. 마이크로컨트롤러에서는 클록을 기준으로 시간을 측정하므로, 16MHz 클록을 사용하는 경우 1초에 16M 개의 클록이 발생할 것으로 기대한다. 하지만 내부 1MHz 발진기를 사용하게 되면 1초에 클록은 1M 개만 발생하며 16초가 지나야 16M 개의 클록이 발생한다. 따라서 실제로는 16초가 지났지만 발생한 클록의 개수에 기초하여 시간을 측정하는 마이크로컨트롤러는 1초가 지났다고 생각하게 된다. 부트로더를 구운 후 다시 블링크 프로그램을 업로드 해 보면 1초 간격으로 깜빡거리는 것을 확인할 수 있다. ISP 장치를 사용하는 경우 부트로더가 필요하지 않으므로 퓨즈만을 설정하는 것도 가능하지만 아두이노 IDE에서는 불가능하다.

아두이노 우노의 경우 외부 크리스탈을 이용하여 16MHz로 동작하도록 설정되어 있지만, 8MHz의 내부 발진기를 사용하도록 설정하는 것도 어렵지 않다. 작은 크기의 제어 장치를 구성하기 위해 크리스탈도 없애고 싶다면 8MHz 내부 클록도 고려해볼 수 있다. 하지만 내부 발진기를 사용하는 경우 최대 클록은 8MHz이며 외부 크리스탈에 비해 정확도가 떨어지는 것으로 알려져 있으므로 이러한 점들은 감수하여야 할 것이다. ATmega328 칩을 새로 구입하였

는가? 우선은 아두이노 부트로더를 굽도록 하자.

브레드보드에 구성된 기본 회로에 부트로더를 구웠으면 USB-시리얼 변환 장치를 이용하여 블링크 프로그램을 업로드 해보자. 업로드 방법은 아두이노 우노에 시리얼 방식으로 업로드 하는 방법과 기본적으로 동일하다. 하지만 업로드에 사용하는 변환 장치가 아두이노 우노와는 다르므로 사용하고자 하는 장치에 할당된 COM 포트로 변경해 주어야 한다는 점은 주의하여야 한다. 표 1은 시리얼 방식과 ISP 방식으로 프로그램을 업로드 하는 방법을 비교한 것이다.

	시리얼 방식	ISP 방식
프로그램 업로드	가능	가능
부트로더	사용함	사용하지 않음
부트로더 굽기	불가능	가능
통신 방식	UART	SPI
기타	아두이노에서 기본으로 사용하는 방식	ISP 방식으로 프로그램을 업로드 하면 부트로더는 지워짐

표 1. 시리얼 및 ISP 방식의 프로그램 업로드