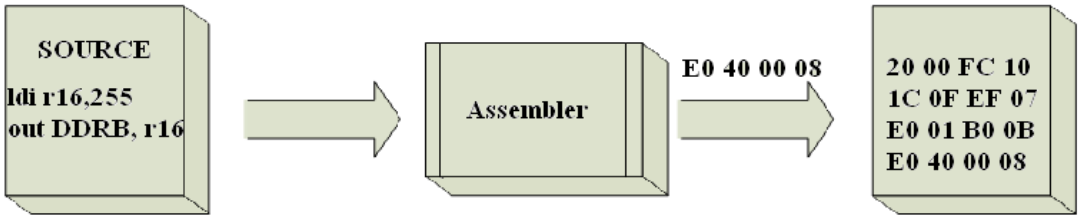
การโปรแกรมไมโครคอนโทรเลอร์ AVR

ภาษาแอสเซมบลี้ (AVR Assembly Language)

ภาษาC (C Language)

AVR Assembly Language



ลักษณะภาษาแอสเซมบลี้

1) ฟิลด์เลเบล (Label field)
2) ฟิลด์คำสั่งตัวแปลภาษา (Assembler directives)
3) ฟิลด์คำสั่ง (Instruction field)
4) ฟิลด์ตัวกระทำ (Operands field)
5) ฟิลด์หมายเหตุ (Comment field)

ในแต่ละบรรทัดอาจประกอบด้วย

[label:] directive [operands] [Comment]

[label:] instruction [operands] [Comment]

Comment

Empty line

โดยมีความยาวไม่เกิน 120 ตัวอักษร (ขึ้นอยู่กับ Assembler)

ตัวอย่างที่ 1

```
.include "C:\VMLAB\include\m168def.inc"
 ; Define here the variables
.def     temp = r16
```

```
;
Reset:  rjmp    start
start:  LDI     temp, 0X00      ; load register r16 with all 1's
        out     DDRB, tmp       ; Port B as an input port
        LDI     temp, 0XFF      ; load register r16 with all 1's
        out     DDRD, tmp       ; Port D as an output port
        out     PORTB,tmp       ;
Loop:   in      tmp,PINB
        out     PORTD, tmp
        rjmp    loop
```

เลเบลฟิลด์ (label field)

- ชื่อเลเบลควรมีความหมายตรงกับงานที่ทำ
- เป็นตัวอักษร A ถึง Z (เป็นตัวพิมพ์ใหญ่หรือตัวพิมพ์เล็กก็ได้)
- เป็นตัวเลข 0 ถึง 9
- เป็นสัญญลักษณ์พิเศษบางตัวเช่น @ _ เป็นต้น (แต่ควรพยายามหลีกเลี่ยง)
- จะประกอบด้วยตัวอักษรจากข้อ 1 ถึง 3 อย่างไรก็ได้แต่ควรขึ้นต้นด้วยตัวอักษรในข้อ ข) เสมอ
- เลเบลต้องตามหลังด้วยโคลอน (:) เสมอ (ตัวแปลบางตัว ยกเว้นที่ใช้คู่กับคำสั่ง EQU)
- ห้ามตั้งชื่อซ้ำกับรหัสนีโมนิคของซีพียู หรือ Directive

ฟิลด์คำสั่งของตัวแปลภาษา (assembler directives field)

ตัวแปลภาษาแอสเซมบลี้ มีคำสั่งอยู่ 2 แบบ

- คำสั่งของไมโครโปรเซสเซอร์
- คำสั่งของตัวแปลภาษา

คำสั่งแบบหลังนี้ จะไม่ถูกนำไปใช้ กับไมโครโปรเซสเซอร์ เพราะมันไม่ได้ถูกแปลเป็นภาษาเครื่อง แต่มีใช้เพื่ออำนวยความสะดวกให้ผู้ใช้สำหรับการ เขียนโปรแกรมเช่นการกำหนดค่าให้กับตัวแปร จองที่อยู่และกำหนดค่าในหน่วยความจำ รวมถึงการกำหนดตำแหน่งที่อยู่ของโปรแกรม เช่น DB, DW และ DD แต่คำสั่งเหล่านี้มิได้มีผลโดยตรงต่อค่าหน่วยความจำในขณะไมโครโปรเซสเซอร์ทำงาน คำสั่งเหล่านี้เพียงแต่ กำหนดค่าต่างๆ และเพิ่มเติมข่าวสารบางอย่างลงในออปเจ็กต์ไฟล์เพื่อประโยชน์ในการดีบักเท่านั้น

Directive	Description
INCLUDE	Read source from another file
CSEG	Code Segment
DSEG	Data Segment
ESEG	EEPROM Segment
BYTE	Reserve byte to a variable
DEF	Define a symbolic name on a register
DB	Define constant byte(s)
DW	Define constant word(s)
DEVICE	Define which device to assemble for
EQU	Set a symbol equal to an expression
MACRO	Begin macro
ENDMACRO	End macro
LISTMAC	Turn macro expansion on
SET	Set a symbol to an expression
LIST	Turn listfile generation on
NOLIST	Turn listfile generation off
ORG	Set program origin
EXIT	Exit from file

ตัวอย่างคำสั่งของตัวแปลภาษา คำสั่งเหล่านี้เวลาใช้ต้องมี . (จุด)นำหน้า เช่น .ORG 0

ตัวอย่าง directives และคำสั่งของ CPU

```
.include "C:\VMLAB\include\m168def.inc"
; Define here the variables
.def    temp = r16
Reset:  rjmp    start
start:  LDI     temp, 0X00      ; load register r16 with all 1's
        out     DDRB, tmp       ; Port B as an input port
        LDI     temp, 0XFF      ; load register r16 with all 1's
        out     DDRD, tmp       ; Port D as an output port
        out     PORTB,tmp       ;
Loop:   in      tmp,PINB
        out     PORTD, tmp
        rjmp    loop
```

ฟิลด์ตัวกระทำ (Operands field)

Registers and Operands

เกี่ยวกับ I/O Ports

I/O Port ของ AVR แต่ละพอร์ทมีรีจิสเตอร์ 3 ตัวคือ

- DDRx register

- PORTx register

- PINx register

(x หมายถึง พอร์ท A B C และ D)

รีจิสเตอร์ DDRx

ใช้กำหนดทิศทางของพอร์แต่ละบิต โดยถ้าให้บิตใหนเป็น '0' พอร์ทบิตนั้นจะเป็นพอร์ทอินพุท แต่ถ้าให้เป็น '1' จะเป็นพอร์ทเอาท์พุท เช่น

```
ldi     r16, 0XFF       ; load register r16 with all 1's
out     DDRB, r16       ; พอร์ท B เป็นพอร์ทเอาท์พุททุกบิต
ldi     r16, 0b00000000         ; load register r16 with all 0's
out     DDRD, r16       ; พอร์ท D เป็นพอร์ทอินพุททุกบิต
```

รีจิสเตอร์ PINx (Port IN)

ใช้สำหรับการอ่านข้อมูลจากขาพอร์ท เช่น ถ้าต้องการอ่านข้อมูลจากพอร์ท A

```
ldi     r16, 0b00000000         ; โหลดรีจิสเตอร์ r16 ด้วย '0' ทั้งหมด
out     DDRD, r16       ; พอร์ท D เป็นพอร์ทอินพุททุกบิต
in      r16,PIND        ; อ่านข้อมูลจากพอร์ท D
```

รีจิสเตอร์ PORTx

ทำหน้าที่ได้ 2 แบบ ทำหน้าที่เป็นพอร์ทเอาท์พุท โดยกำหนดให้ DDRx เป็น ‘1’ เช่น

```
ldi     r16, 0b11111111         ; โหลดรีจิสเตอร์ r16 ด้วย ‘0’ ทั้งหมด
out     DDRD, r16               ; พอร์ท D เป็นพอร์ทเอาท์พุททุกบิต
out     PORTD, r15              ; ส่งข้อมูลจาก r15 ออกพอร์ท D
```

เมื่อกำหนดให้ DDRx เป็น ‘0’ จะทำให้พอร์ทเป็นพอร์ทอินพุท และสามารถกำหนดสถานะของขาของพอร์ทนี้ได้ด้วยการกำหนดค่าให้แก่รีจิสเตอร์ PORTx โดยถ้าให้เป็น ‘1’ จะทำให้ขาพอร์ท มีความต้านทานพูลอับ (Pull up) แต่ถ้าให้เป็น ‘0’ จะทำให้ขาพอร์เป็น Tri state

```
ldi     r16, 0b00000000         ; โหลดรีจิสเตอร์ r16 ด้วย ‘0’ ทั้งหมด
out     DDRD, r16               ; พอร์ท D เป็นพอร์ทอินพุททุกบิต
ldi     r16,0b11111111          ; โหลดรีจิสเตอร์ r16 ด้วย ‘1’ ทั้งหมด
out     PORTD, r16              ; ทำให้ขาพอร์ท D มีความต้านทานพูลอับ
in      r15,PIND                ; อ่านข้อมูลจากขาพอร์ท D มาที่รีจิสเตอร์ r15
```

ฟิลด์หมายเหตุ (Comment field)

เป็นส่วนที่ใช้อธิบายโปรแกรม ฟิลด์หมายเหตุต้องนำหน้าด้วยเครื่องหมายเซมิโคลอน (;) หรืออยู่ระหว่างเครื่องหมาย /* …..*/เสมอ และอาจจะเป็นหมายเหตุทั้งบรรทัด ก็ได้ เช่น

```
/*
 * AVRAssembler1.asm
 *
 *  Created: 9/7/2554 9:40:18
 *   Author: xp
 */
        .org 0
        rjmp    RESET               ;Reset Handle
        rjmp    RESET
        rjmp    RESET
RESET:  ldi     r16, 0b11111111     ;load register r16 with all 1’s
        out     DDRB, r16           ;configure PORT B for all outputs
        ldi     r16, 0b00000000     ;load register r16 with all 0’s
        out     DDRD, r16           ;configure PORTD for all inputs
loopit: in      r16, PIND           ;read the state of the pin on PORTD
;into r16 register
        out     PORTB, r16          ;and copy it to PORTB
        rjmp loopit
```

ตัวอย่างที่ 2

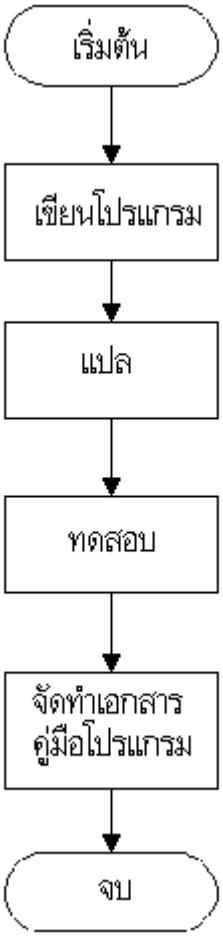
```
.include "C:\VMLAB\include\m168def.inc"

; Define here the variables
;
.def d0 = R18
.def d1 = R19
.def d2 = R20
.equ dmax = 0x5678
;***********************************************************
.DSEG
.ORG 0x60
v1: .BYTE 1
v2: .BYTE 1
;***********************************************************

; Define here Reset and interrupt vectors, if any
;
reset:
        .CSEG
        .org $0000
        jmp start

; Program starts here after Reset
;
start:  LDI     R16,0b00110110
        LDI     R17,0X59
        LDI     d0,15
        MOVW    R1:R0,R17:R16
        LDI     d1,low(dmax)
        LDI     d2,high(dmax)
        STS     v1,d0
        STS     v2,d1
        LDS     d2,v1+1
HERE:   RJMP    HERE
```

การพัฒนาโปรแกรมภาษาแอสเซมบลี้



ภาษาซีสำหรับ AVR Microcontroller

ความรู้เบื้องต้นของภาษา C

พ.ศ.2515 เดนนิส รีตชี่ (Dennis Ritchie) ได้พัฒนาภาษา C ขึ้น

พ.ศ. 2531 ได้รูปแบบมาตราฐานของภาษา C ที่เรียกว่า ANSI-C

ตัวแปลภาษา C สำหรับ AVR Microcontroller

WinAVRTM (pronounced "whenever") is a suite of executable, open source software development tools for the Atmel AVR series of RISC microprocessors hosted on the Windows platform. It includes the GNU GCC compiler for C and C++.

รูปแบบโครงสร้างภาษา C

```
#include
```

```
#define
```

```
function
```

```
main()
{
}
```

การประกาศ Header File หรือพรีโพรเซสเซอร์ไดเร็คทีฟ(Preprocessor Directive)

ในส่วนนี้จะเป็นการแจ้งให้คอมโพล์เลอร์ทราบถึงไฟล์ ต่างๆ ที่เก็บชุดคำสั่งที่ซีพียูสามารถจะเรียกใช้ได้ เป็นชุดคำสั่งที่ได้เตรียมให้ซีพียูสามารถเรียกใช้ได้ภายในโปรแกรม โดยก่อนที่จะมีการคอมไพล์โปรแกรมให้เป็นภาษาเครื่องนั้น คอมโพล์เลอร์จะแปลคำสั่งในส่วนนี้ก่อน เช่น

```
// ชุดคำสั่งมาตรฐานอินพุท เอาท์พุท
#include <stdio.h>
//ชุดคำสั่งอินพุทเอาท์พุทพอร์ทของ AVR
#include <avr/io.h>
```

ส่วน Preprocessor

คอมโพล์เลอร์ ใช้ส่วนนี้เป็นบอกให้รู้ว่าในไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์นั้นมีอะไรบ้าง เช่นรีจิสเตอร์และบิตควบคุมต่างๆ ของคอนโทรลเลอร์นั้น

การประกาศใช้เครื่องหมายชาร์ป (#) และไดเร็กทีฟ include ร่วมกับชื่อไฟล์ที่บอกรายละเอียดของคอนโทรลเลอร์

#include <AT89X051.h> เป็นไฟล์ Preprocessor ของตระกูล AT89C1051 และ AT89C2051

#include <avr/io.h> ชุดคำสั่งอินพุทเอาท์พุทพอร์ทของ AVR

ส่วนไลบรารี (Library)

ไลบรารี่เป็นไฟล์ที่มีฟังก์ชั่นบรรจุอยู่ภายใน ไฟล์นี้มีนามสกุลเป็น .h มาพร้อมกับตัวแปล สามารถตรวจสอบได้จากไฟล์ Help

การประกาศใช้ไดเร็กทีฟ #include แล้วต่อด้วยชื่อไฟล์

#include <stdio.h>

ประกอบด้วยฟังก์ชั่นที่ใช้ติดต่อกับพอร์ทอนุกรม ตัวอย่างฟังก์ชั่นได้แก่ printf _getkey getchar gets putchar puts scanf sprintf sscanf ungetchar vprintf และ vsprintf

#include <math.h>

ประกอบด้วยฟังก์ชั่นที่ใช้คำนวณทางคณิตศาสตร์

#include <string.h>

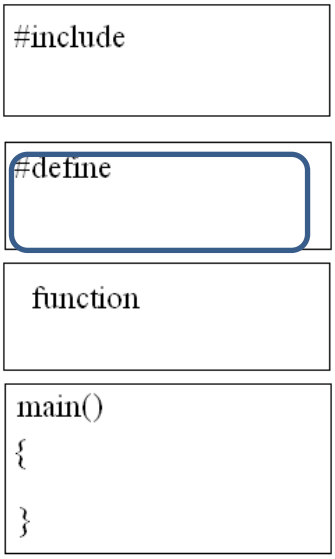
ประกอบด้วยฟังก์ชั่นที่ใช้จัดการเกี่ยวกับสตริง (String) และบัฟเฟอร์ (Buffer)

#include < intrins.h >

ประกอบด้วยฟังก์ชั่นเกี่ยวกับการหมุนบิต และการตรวจสอบสถานะของเลขแบบ Floating-point

ส่วนประกาศค่าคงที่และตัวแปรชนิดโกลบอล

การกำหนดค่าคงที่ และชื่อแทน (Definitions)



เป็นการกำหนดชื่อแทนให้กับค่าคงที่ หรือชุดคำสั่ง ต่างๆ

#define max_time 10

#define cpu_clk 8000000

การประกาศค่าตัวแปร (Declarations)

เป็นการประกาศใช้งานตัวแปรด้วยการกำหนดตัวแปร และชนิดข้อมูลของตังวแปร เช่น

unsigned char i,j; // ประกาศค่าตัวแปร i และ j เป็น // ชนิด unsigned char

int max = 10; //ประกาศค่าตัวแปร max เป็น // ชนิด int พร้อมทั้งกำหนดค่าเริ่มต้น

ส่วนการใช้งานร่วม (Global Declarations)

ตัวแปรแบบใช้งานร่วมหรือ

```
/*---------------------------------------------*/
#include <avr/io.h>
#include <stdio.h>
unsigned int i;
Static void delay_1s(void)
{
  ...
}
/*------MAIN C function  -------------------*/
void main (void)
{
    char c;
    USART_Init(51);
    while (1)
    {
        delay_1s();
        fprintf (&uart_str"\nYou program\n");
    }
}
```

ตัวแปรแบบโกลบอล

หมายถึงตัวแปรที่สามารถเรียกใช้ได้ทุกทีภายในโปรแกรม

การประกาศให้ตัวแปรเป็นแบบโกลบอล ให้ประกาศไว้นอกขอบเขตของส่วนโปรแกรมใดๆ

ตัวแปรแบบโลคัล (Local)

ตัวแปรใช้ได้เฉพาะภายในส่วนของโปรแกรมใดโปรแกรมหนึ่ง

การประกาศให้ประกาศไว้ภายในโปรแกรมที่ต้องการใช้งาน

ส่วนค่าคงที่ของโปรแกรม

การประกาศค่าคงที่ในภาษา C ใช้ไดเร็กทีฟ #defined แล้วตามด้วยค่าคงที่ดังนี้

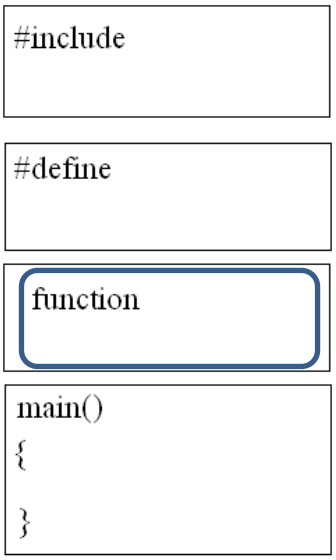
#define setValue 99 กำหนดค่า setValue ให้เป็น 99

หรือใช้แทนการเขียนคำสั่งเพื่อให้สื่อความหมายได้ชัดเจน

#define LED_ON PORTD |= 0b00000001

#define LED_OFF PORTD &= 0b11111110

ส่วนของการสร้างฟังก์ชัน



เป็นส่วนที่ผู้ใช้งานสามารถสร้างฟังก์ชัน หรือโปรแกรมย่อยเพื่อการใช้งานต่างๆ ได้เองตามที่ต้องการ โดยปกติ จะเขียนไว้ก่อนฟังก์ชั่น main ( ) เพื่อให้ฟังก์ชั่น main ( ) สามารถเรียกใช้งานฟังก์ชั่นต่างๆ ที่เราสร้างขึ้นมาได้

ฟังก์ชั่น (Function)

โปรแกรมหนึ่งๆ จะมีกี่ฟังก์ชั่นก็ได้

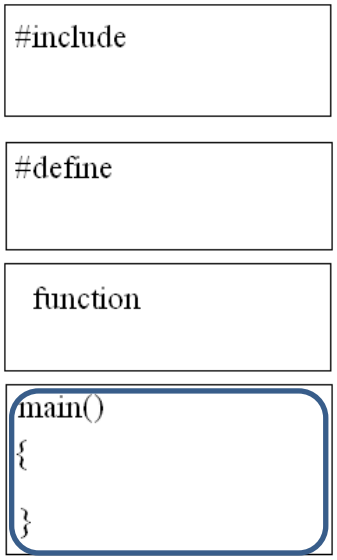
ต้องมีฟังก์ชั่นหลักอยู่หนึ่งฟังก์ชั่น ใช้เป็นฟังก์ชั่นสำหรับเริ่มการทำงานของโปรแกรม เรียกฟังก์ชั่นนี้ว่า main

ส่วนของคำสั่งของฟังก์ชั่นจะอยู่ภายในวงเล็บปีกกา { }และสามารถกำหนดให้มีการส่งผ่านตัวแปรได้ หรืออาร์กิวเมนต์ของฟังก์ชั่น (Function

Arguments) ถ้าไม่ต้องการให้ส่งตัวแปรเข้าจะใช้คำว่า void ไว้ภายในวงเล็บและถ้าไม่มีการส่งค่าคืน จะใส่คำว่า void ไว้หน้าชื่อฟังก์ชั่น ตามมาตราฐาน ANSI C มีได้สูงสุด 31 ตัว ตัวอย่างเช่น

```
void   func_abcd(void)
{
   ……..
 }
void delay_ms(int t)  //ฟังก์ชั่นนี้มี อาร์กิวเมนต์หรือพารามิเตอร์ส่งให้ฟังก์ชั่น  1 ตัว
{
}
```

ฟังก์ชัน main ( )



สำหรับฟังก์ชั่นนี้ถือเป็นฟังก์ชั่นหลักของโปรแกรมภาษา C ที่จำเป็นต้องมีเสมอและจะมีได้เพียงฟังก์ชั่นเดียวเท่านั้น หน้าที่สำคัญของฟังก์ชั่นนี้คือเป็นจุดเริ่มต้นการทำงานของโปรแกรมนั้นเอง ดังนั้นในการเขียนโปรแกรมจึงเริ่มต้นที่ฟังก์ชั่นนี้เสมอ

ส่วนหมายเหตุ (Comment)

เป็นส่วนที่ให้ผู้เขียนโปรแกรมใช้อธิบายความหมายของโปรแกรมหรือคำสั่งที่เขียน เพื่อให้ง่ายต่อการทำความเข้าใจ ส่วนนี้ต้องอยู่ในเครื่องหมาย /* …… */ หรืออยู่หลังเครื่องหมาย //

```
/*---------------------------------------------------------------------------
Set serial port for 9600 baud at 11.0592 MHz.  Note that we use Timer 1
for the baud rate generator.
---------------------------------------------------------------------------*/

/* ------------------------  Main Function ------------------------------*/
```

ข้อกำหนดอื่นๆ

- คำสั่งส่วนใหญ่ต้องเขียนด้วยอักษรตัวพิมพ์เล็ก
- ตัวแปรสามารถตั้งชื่อเป็นตัวพิมพ์เล็กหรือใหญ่ก็ได้แต่ต้องเรียกใช้ให้ถูกตามตัวพิมพ์ และต้องไม่ตรงกับคำสงวนของตัวคอมไพเลอร์ที่ใช้
- ทุกคำสั่งต้องมีเครื่องหมาย ; แสดงการจบคำสั่ง และสามารถเขียน 1 คำสั่งใน 1 บรรทัดหรือจะเขียนต่อกันยาวก็ได้ แต่ก็จะทำ าให้แก้ไขโปรแกรมได้ยาก
- คำสั่งใดๆในโปรแกรมสามารถมีเลเบลได้ถ้าต้องการ และต้องมีเครื่องหมาย : ตามท้ายด้วย

ข้อระบุอื่นๆ

นิพจน์ (Expressions)

คือการกระทำระหว่างตัวดำเนินการ (Operators) กับตัวกระทำ (Operands) เพื่อให้เกิดค่าใดค่าหนึ่ง

```
i = j+10;
```

สเตทเมนต์ (Statements)

หมายถึงคำสั่งเพื่อให้เกิดการทำการตามความต้องการ

```
while(i<10)
{
        a = i+3;
        i = i+1;
}
```

ตัวอย่าง

```
/*-------------------------------------------*/
#include <avr/io.h>
#include <stdio.h>
unsigned int i;
Static void delay_1s(void)
{
  ...
}
/*------MAIN C function  ------------------*/
void main (void)
{
    char c;
    USART_Init(51);
    while (1)
    {
     delay_1s();
     fprintf (&uart_str"\nYou program\n");
    }
 }
```

การประกาศ Preprocessor ชุดคำสั่งอินพุทเอาท์พุทพอร์ทของ AVR

การประกาศไลบรารี่ stdio สำหรับฟังก์ชั่นการใช้งานพอร์ทอนุกรม และ ไลบรารี่ ctype

การเขียนฟังก์ชั่น

ส่วนหลักของโปรแกรม ไม่มีการส่งข้อมูลเข้าและไม่มีข้อมูลออก

เรียกใช้ฟังก์ชั่น delay_1s

ฟังก์ชั่น printf เป็นการส่งข้อมูลออกทางพอร์ทอนุกรม

ค่าคงที่และตัวแปร

ชนิดของตัวแปร

ชนิด (Type)	ชื่อแทน	ขนาดความกว้าง		ช่วงของค่าที่เก็บ(Range)
		Bits	Bytes	
char		8	1	-128 to +127
signed char	int8_t	8	1	-128 to +127
unsigned char	uint8_t	8	1	0 to 255
int		16	2	-32768 to +32767
signed int	int16_t	16	2	-32768 to +32767
unsigned int	uint16_t	16	2	0 to 65535
long		32	4	-2147483648 to 2147483647
signed long int	int32_t	32	4	-2147483648 to 2147483647
unsigned long int	uint32_t	32	4	0 to 4294967296
signed long long int	int64_t	64	8	
unsigned long long int	uint64_t	64	8	0 to 2^64
float		64	8	3.4x10-38 to 3.4x1038

ตัวดำเนินการทางคณิตศาสตร์

เครื่องหมาย	ความหมาย
+	บวก
-	ลบ
*	คูณ
/	หาร
%	หารแบบใช้เศษของการหาร(Mod)

ตัวดำเนินการที่ใช้ในการแปลงค่า

เครื่องหมาย	ความหมาย
=	นำค่าทางขวามาให้ทางซ้าย
++	เพิ่มค่าขึ้น 1
--	ลดค่าลง 1
+=	เพิ่มค่าเท่ากับค่าทางขวา
-=	ลดค่าเท่ากับค่าทางขวา
*=	นำตัวเองคูณกับค่าทางขวา

/=	นำตัวเองหารกับค่าทางขวา
%=	นำตัวเองหารกับค่าทางขวาเอาเศษ
&=	นำตัวเองมา AND กับค่าทางขวา
|=	นำตัวเองมา OR กับค่าทางขวา
^=	นำตัวเองมา XOR กับค่าทางขวา
<<=	นำตัวเองมาเลื่อนบิตไปทางซ้ายจำนวนครั้งเท่ากับค่าทางขวา
>>=	นำตัวเองมาเลื่อนบิตไปทางขวาจำนวนครั้งเท่ากับค่าทางขวา

ตัวดำเนินการที่ใช้ในการเปรียบเทียบและตัวดำเนินการทางบิต

เครื่องหมาย	ความหมาย
==	เท่ากับ
!=	ไม่เท่ากับ
!	ตรงกันข้าม(NOT)
&&	และ (AND)
>=	มากกว่าหรือเท่ากับ
<=	น้อยกว่าหรือเท่ากับ
||	หรือ(OR)
<	น้อยกว่า
>	มากกว่า

เครื่องหมาย	ความหมาย
&	AND บิต
|	OR บิต
^	XOR บิต
<<	Left shift บิต
>>	Right shift บิต
~	One' Complement (Inverse)

อะเรย์และพอยน์เตอร์ (Array and Pointer)

ตัวแปร์อะเรย์

ตัวแปรอะเรย์ คือกลุ่มของตัวแปร เช่นกลุ่มของตัวแปร char กลุ่มของตัวแปร int สมาชิกของกลุ่มตัวแปรนี้มีจำนวนจำกัด เฉพาะเจาะจง เมื่อกำหนดจำนวนแล้วไม่สามารถลดหรือเพิ่มได้ ดังนั้นการกำหนดอะเรย์สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ต้องคำนึงถึงหน่วยความจำที่มีใช้งานด้วย อะเรย์นี้สามารถกำหนดให้เป็นแบบหลายๆมิติได้ ขึ้นอยู่กับว่าตัวแปรภาษาย่อมให้มีได้เท่าไร

รูปแบบการกำหนดอะเรย์

แบบ 1 มิติ ชนิดของตัวแปร ชื่อตัวแปร[n]

แบบ 2 มิติ ชนิดของตัวแปร ชื่อตัวแปร[n][m]

โดย n และ m หมายถึงจำนวนสมาชิก

ตัวอย่างตัวแปรและการกำหนดค่าให้กับตัวแปร

```
void main( void )
{
	unsigned char x, y[3], z[2][3];
	x = 4;
	y[0] = 1;
	y[1] = 2;
	y[2] = 3;

	z[0][0] = 10;
	z[0][1] = 11;
	z[0][2] = 12;
	z[1][0] = 13;
	z[1][1] = 14;
	z[1][2] = 15;
}
```

x เป็นตัวแปร

y เป็นตัวแปร 1 มิติ

z เป็นตัวแปร 2 มิติ

ตัวแปรแบบพอยเตอร์

ตัวแปรพอยเตอร์หรือตัวแปรตัวชี้ เป็นตัวแปรที่มีความสำคัญมากในภาษาซี เพราะว่าให้ความยืดหยุ่นในการใช้งานได้ดี คล้ายกับภาษาแอสเซมบลี้ ตัวแปรแบบพอยเตอร์มีหน้าที่เก็บตำแหน่งของตัวแปรอื่นๆ ว่าอยู่ที่ใดในหน่วยความจำ

รูปแบบการกำหนดตัวแปรพอยเตอร์

ชนิดของตัวแปร *ชื่อตัวแปร

ตัวอย่างการใช้ตัวแปรแบบพอยเตอร์

```
void main( void )
{
        unsigned char *ptr1;
        unsigned char *ptr2;
        unsigned char a;
        ptr1 = 0x40;
        ptr2 = 0x50;
        a = *ptr1;
        a = a+5;
        *ptr2 = a;
}
```

เป็นการกำหนดพอยเตอร์ขึ้น 2 ตัว เพื่อใช้ชี้ตำแหน่งของหน่วยความจำข้อมูลภายใน

ตำแหน่งที่ 40H

และตำแหน่งที่ 50H

และระบุตัวแปร a เป็นแบบ Unsigned char

การอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำมาไว้ที่ a ก็จะอ่านที่ละ 8 บิต

เท่านั้น แต่ถ้าระบุ a เป็นตัวแปรแบบอื่นเช่น char ก่านอ่านก็จะทำที่ละ 16 บิต ดังนั้นการกำหนดชนิดตัวแปรนี้ต้องระมัดระวังให้ดี

ตัวอย่างการใช้ตัวแปรแบบพอยเตอร์ 2

```
unsigned char c;
#include <avr/io.h>

int main(void)
{
        unsigned char *ptr1;
        unsigned char *ptr2;
        unsigned char a,c,i;
        unsigned char mydata[10];
        DDRD = 0x00;
        PORTD = 0XFF;
        DDRB = 0XFF;
        c = PIND;
        ptr1 = &mydata;         // =  start address of mydata
        ptr2 = &mydata+1;       // =  end address of mydata + 1
        for(i=1;i<11;i++)
        {
                mydata[i-1] = i;
        }
        *ptr1 = c;
        a = *ptr1;
        a = a+5;
        *ptr2 = a;
        c = *ptr2;
        PORTB = c;
}
```

คำสั่งควบคุมต่างๆในภาษา C

If	if-else	Switch
For	While	do-while

GOTO

break

หยุดการทำงานของลูป และออกจากลูป

continue;

ตรงข้ามกับคำสั่ง break การทำงานของคำสั่ง continune จะบังคับให้

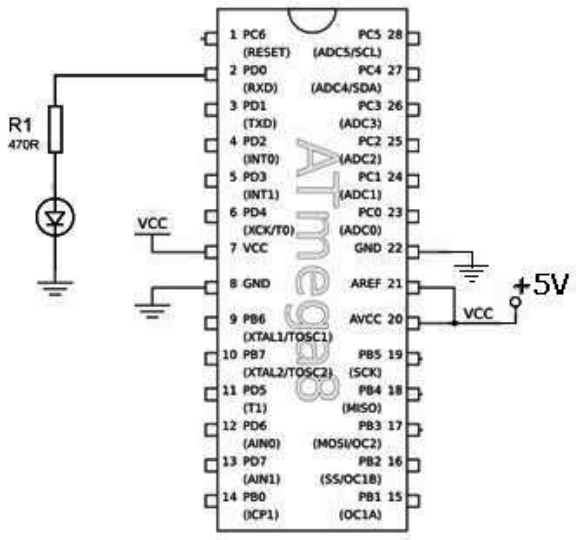
โปรแกรมกระโดดข้ามไปทำงานในรอบต่อไปเลยโดยไม่ต้องทำคำสั่งที่อยู่

ถัดไป

```
for (i=0;i<10;i++)
{
        if(i==5)
        {
                continune;
        }
        printf("%d\n\r",i);
}
```

ตัวอย่างโปรแกรมไฟกระพริบที่ พอร์ท D บิต 0

```
#define F_CPU 1000000UL  /* 1 MHz CPU clock */
#include <stdio.h>
#include <util/delay.h>
#include <avr/io.h>
#define LED_ON PORTD |= 0b00000001
#define LED_OFF PORTD &= 0b11111110
int main(void)
{
   DDRD = 1;
   while(1)
   {
      LED_ON;
      _delay_ms(500);
      LED_OFF;
      _delay_ms(500);
   }
}
```



Intel HEX file format

Intel HEX file format (*.HEX) เป็นไฟล์รหัส ASCII ซึ่งสามารถใช้โปรแกรม EDITOR ทั่วไปเรียกขึ้นมาดูได้

:BC AAAA TT HHH...HHCC

: เครื่องหมายโคลอน ใช้เป็นตัวเริ่มต้นข้อมูล

BC จำนวนไบท์ของข้อมูลในเรคคอร์ด มีค่าเป็นเลขฐาน 16 (HEX) (เป็น 00 ถ้าเป็นเรคคอร์ดสิ้นสุดไฟล์)

AAAA เป็นแอดเดรสข้อมูลไบท์แรกในเรคคอร์ด

TT แสดงชนิดของเรคคอร์ด

= 00 ถ้าเป็นเรคคอร์ดข้อมูล

= 01 ถ้าเป็นเรคคอร์ดสิ้นสุดไฟล์

HH ข้อมูล 1 ไบท์ จำนวนตามที่ระบุไว้ ใน BC

CC ค่าของ CHECKSUM ซึ่งเป็นค่า two's complement ของผลบวก ของข้อมูลทุกไบท์ในเรคคอร์ด

ตัวอย่างไฟล์เฮกซ์

```
:10 0000 00 0C 94 2A 00 0C 94 3F 00 0C 94 3F 00 0C 94 3F 00 89
:100010000C943F000C943F000C943F000C943F0064
:100020000C943F000C943F000C943F000C943F0054
:00000001FF
```