EESC • USP
Escola de Engenharia de São Carlos
Universidade de São Paulo

SEL0433 – Aplicação de Microprocessadores I

Revisão da Linguagem C

Prof. Evandro L. L. Rodrigues

Estrutura de um programa C

- Diretivas de pré-processamento
- Declaração de variáveis globais
- Declaração de protótipos de funções
- Definições das funções
- Programa principal

Exemplo de um programa C

```
#include <at89x52.h>   //diretiva de pré-processamento

int x,y;    //declaração de variáveis globais

int soma(int, int);     //declaração de protótipo de função

void main()     //Programa principal
{
    x = 10;
    y = 20;
   x = soma(x,y);
}

int soma(int a, int b)   // definição de função
{
    return a+b;
}
```

Diretivas de pré-processamento

- Instruções a serem executadas antes da compilação, modificando o código a ser compilado.

- Principais diretivas:
  #define

  Sintaxe:
  #define TEXTO1 texto2

  Função:
  Qualquer ocorrência de TEXTO1 no código será substituída por texto2.

  Ex:
  #define PI 3.1415

Diretivas de pré-processamento

- **#include**

  Sintaxe:
  #include <arquivo> OU #include “arquivo”

  Função:
  Adiciona ao código o conteúdo de arquivo.
  Quando entre <> o arquivo é procurado no diretório de bibliotecas do compilador. Quando entre “ ” o arquivo é procurado no diretório do arquivo a ser compilado.

  Ex:
  #include <math.h>

Declaração de variáveis

- Sintaxe:
  tipo nome; OU tipo nome = valor_inicial;
  Ex: int ano = 2012;

Tipo	Bytes	Valor mínimo	Valor máximo
char	1	-168	167
short	2	-32,768	+32,767
int	2	-32,768	+32,767
long	4	-2,147,483,648	+2,147,483,647
float	4	-	-

- O modificador unsigned pode ser adicionado ao tipo para utilizar somente valores positivos, dobrando seu o máximo valor.
  Ex: unsigned char (permite valores entre 0 e 255)

Representação de Valores

- Valores Numéricos
  Decimal: 10
  Binário: 0b1010
  Octal: 012
  Hexadecimal: 0xA

- Caracteres são representados entre aspas simples (‘ ’).
  Ex: char letra_a = ‘a’;

Definição de True e False

- C não conta com um tipo booleano, assim os conceitos de True e False da lógica booleana são definidos como segue:

- False: 0
- True : Qualquer valor diferente de 0

- Assim, um loop infinito pode ser feito, por exemplo, com a instrução “while(1){ ... }”

Arranjos

- Arranjos são um conjunto de variáveis do mesmo tipo

- Um arranjo unidimensional é declarado da seguinte forma:
  tipo nome[número_de_elementos];

- Exemplo:
  int conjunto_1[10]; //Declara um arranjo de 10 inteiros

Arranjos

- Elementos de um arranjo são acessados pelo operador índice [], como a seguir:
  b[1] = 5;
  a = b[0];

- Os índices de um arranjo de N elementos variam de 0 a N-1;

Arranjos

- Arranjos podem ser multidimensionais:

  float arranjo_1[5][10];

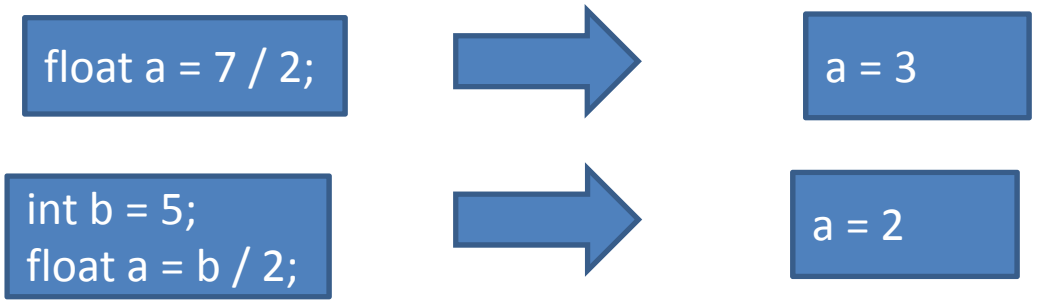
  int arranjo_2[2][5][9];

Operadores Aritméticos

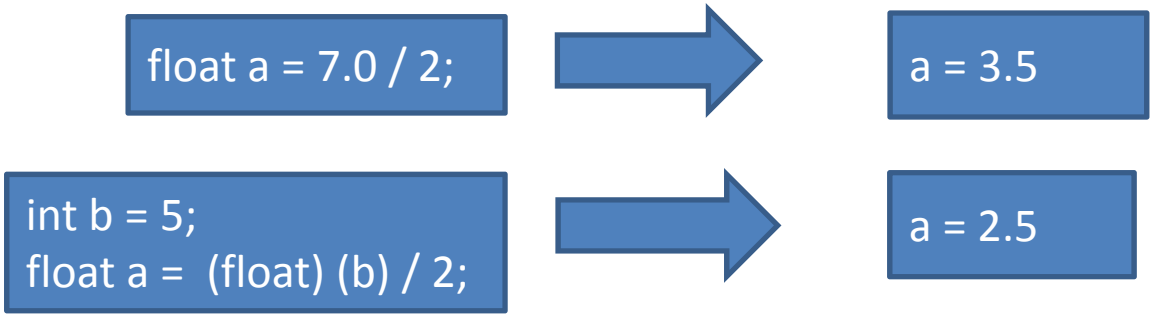
Nome	Sintaxe	Exemplo	Valor de c
Atribuição	a = b	c = 10;	10
Soma	a + b	c = 1+2;	3
Subtração	a - b	c = 3 – 4;	-1
Multiplicação	a * b	c = 3 * 2;	6
Divisão	a / b	c = 8 / 2;	4
Módulo (Resto da divisão)	a % b	c = 5 % 2	1
Incremento	a++	c =1; c++;	2
Decremento	b--	c = 1; c--;	0

Divisão de inteiro

- ATENÇÃO: A divisão de um número inteiro retorna um inteiro.



- Solução:



Operadores Aritméticos

Nome	Sintaxe	Equivalência	Exemplo	Valor de c
Atribuição por soma	a += b	a = a + b	c = 1; c += 2;	3
Atribuição por subtração	a -= b	a = a - b	c = 3; c -= 4;	-1
Atribuição por multiplicação	a *= b	a = a * b	c = 3; c *= 2;	6
Atribuição por divisão	a /= b	a = a / b	c = 8; c /= 2;	4
Atribuição por módulo	a % b	a = a % b	c = 5; c = %= 2	1

Operadores de Comparação

Nome	Sintaxe
Igual a	a == b
Diferente de	a != b
Maior que	a > b
Maior ou igual a	a >= b
Menor que	a < b
Menor ou igual a	a <= b

ATENÇÃO!
Não confundir o operador de igualdade (==) com o de atribuição (=)

A instrução "if (x = 10)" não é um erro de sintaxe, e portanto será compilada sem erro.

Operadores Lógicos

Nome	Sintaxe
Operador NOT	!a
Operador OR	a || b
Operador AND	a && b

Permitem a concatenação de expressões comparativas
EX:

```
if ( x == 5 || y > 34 )
{
    ....
}
```

Se x for igual a 5 ou
se y for maior que 34

```
if ( !(x > 10 && x < 20) )
{
    ....
}
```

Se x não estiver entre 10
e 20 (não inclusivo)

Operadores de Bit

Nome	Sintaxe	Exemplo	Valor de c
Operador NOT bit-a-bit	~a	a = 0b1100 c = ~a;	0b0011

Operador AND bit-a-bit	a & b	a = 0b1100;
		b = 0b1010;
		c = a&b;
			0b1000

Operador OR bit-a-bit	a | b	a = 0b1100;
		b = 0b1010;
		c = a|b;
			0b1110

Operador XOR bit-a-bit	a ^ b	a = 0b1100;
		b = 0b1010;
		c = a^b;
			0b0110

Deslocamento à esquerda (desloca b bits de a)	a << b	a = 0b010011; c = a << 2	0b001100
Deslocamento à direita (desloca b bits de a)	a >> b	a = 0b010011; c = a >> 2	0b000100

Instruções condicionais - if

Sintaxe

```
if ( condição )
{
   //conjunto de instruções 1
}
else
{
  //conjunto de instruções 2
}
```

- O conjunto de instruções 1 só é executado se a **condição** for satisfeita
- Se a **condição** não for satisfeita o conjunto de instruções 2 é executado
- O bloco **else{ ... }** pode ser omitido

Exemplo

```
if ( x % 2 == 0 )
{
    x_eh_par = 1;
}
else
{
    x_eh_par = 0;
}
```

Instruções condicionais - switch

- Instrução que avalia uma variável e executa diferentes conjuntos de instruções de acordo com seu valor.

Sintaxe

```
switch ( variável )
{
case valor_1 :
                    //conjunto de instruções 1
                     break;

case valor_2 :
                    //conjunto de instruções 2
                     break;
...

default:
                     //conjunto de instruções  default
}
```

- Se a **variável** apresentar o valor **valor_1** o conjunto de instruções 1 é executado
- Se a **variável** apresentar o valor **valor_2** o conjunto de instruções 2 é executado
- Podem ser definidos quantos casos forem necessários
- Se **variável** não apresentar nenhum dos valores definidos anteriormente, o conjunto de instruções **default** é executado (esse bloco é opcional).

Instruções condicionais - switch

Exemplo

```
switch ( x )
{
case  1 :
                    y = 10;
                    z = 5;
                    break;

case 2 :
                    y = 50;
                    z = 30;
                    break;

default:
                  y = z = 0;
}
```

Instruções de repetição- while

Sintaxe

```
while (condição de execução)
{
    bloco de repetição
}
```

- A instrução consiste dos seguintes passos:

1) É verificada a **condição de execução**. Se esta for atendida o passo 2 é executado. Senão, o loop é terminado.

2) As instruções contidas no **bloco de repetição** são executadas.

3) Volta-se ao passo 1.

Exemplo

```
int x = 1;
while( x < 10)
{
      x *= 2;
}
```

Instruções de repetição- for

Sintaxe

```
for ( inicialização; condição de execução ; fim de iteração )
{
   bloco de repetição
}
```

- A instrução consiste dos seguintes passos:

  1) São executadas as instruções contidas na **inicialização**.

  2) É verificada a **condição de execução**. Se esta for atendida o passo 3 é executado. Senão, o loop é terminado.

  3) As instruções contidas no **bloco de repetição** são executadas.

  4) As instruções de **fim de iteração** são executadas.

  5) Volta-se ao passo 2.

Instruções de repetição- for

Exemplo – Repetição de 10 iterações

```
int x;
for ( x = 0; x < 10; x++)
{
   k++;
}
```

- Os blocos de **inicialização** e **fim de iteração** podem conter mais de uma instrução. Elas devem ser separadas por vírgula.

Exemplo

```
int x, y;
for ( x = 0, y = 10  ;   x < 10  ;   x++, y+= 10)
{
   k += x * y;
}
```

Instruções para controle de loop

- break
  Termina o loop.

- continue
  Termina a iteração e executa a próxima (se a condição de execução for satisfeita).

Funções

- Bloco de código que executa uma determinada tarefa, e pode ser chamado em qualquer parte do programa.

- Podem receber parâmetros necessários para seu processamento.

- Podem retornar um valor.

Definindo uma Função

Sintaxe

```
tipo_de_retorno   nome_da_função ( lista de parâmetros )
{
   bloco de instruções
}
```

- Cada parâmetro é definido pela seguinte sintaxe:
  tipo nome_do_parâmetro
- Parâmetros são separados por vírgula.
- Se nenhum valor for retornado o tipo_de_retorno é void
- Para retornar um valor a instrução return seguida do valor a ser retornado deve ser utilizada.

Funções - Exemplos

Exemplo

```
int   soma ( int a, int b )
{
   return (a+b);
}
```

Exemplo

```
void   delay (  )
{
   int t;
   for(  t = 0; t < 1000 ;  t++ );
}
```

Chamando funções

Exemplo

```
void main()
{
    a = soma(1, 2);

}
```

Exemplo

```
void main()
{
   a = 5;
   b = 3;
   c = soma(a, b);
}
```

Exemplo

```
void main()
{
    delay();
}
```

Passagem de parâmetros por valor

- Na definição convencional de funções a passagem de parâmetros é por valor.

- Os parâmetros passados a uma função não são modificados por ela.

Exemplo

```
int   soma ( int a, int b )
{
   a += b;
   return a;
}

void main()
{
    int t = 10;
    int s;
    s = soma(t, 2);
}
```

Após a chamada da função soma, t tem o valor de 10.

Passagem de parâmetros por referência

Para as modificações feitas em parâmetros passados para uma função continuarem após o término da sua execução, deve-se utilizar a passagem de valor por referência, o que exige o uso de ponteiros.

Ponteiros

- Variáveis que guardam endereços de memória de outras variáveis.

- Sintaxe para a declaração:
  tipo *nome_do_ponteiro;

  Declara um ponteiro que aponta para uma variável do tipo especificado.

  Ex: int *ptr;

Ponteiros

- Para atribuir o endereço de uma variável a um ponteiro utiliza-se o operador &, o qual retorna o endereço de uma variável.

Exemplo

```
int a;
int *int_ptr;
int_ptr = &a;
```

O ponteiro **int_ptr** passa a guardar o endereço de **a**, ou seja, **int_ptr** passa a apontar para **a**;

Ponteiros

- Para acessar o valor de variáveis apontadas por um ponteiro utiliza-se o operador *.

Exemplo

```
int a, b;
int *int_ptr;
int_ptr = &a;
*int_ptr = 10;
b = *int_ptr + 10;
```

A variável **a** passa a ter o valor 10 e **b** o valor de 20.

Passagem de parâmetros por referência

- São utilizados ponteiros como parâmetros.

Exemplo

```
void   troca ( int *a, int *b )
{
   int aux = *a;
   *a = *b;
   *b = aux;
}

void main()
{
    int x = 10;
    int y = 20;
    troca( &x, &y);
}
```

Após a chamada da função troca, **x** tem o valor de 20 e **y** tem o valor de 10.

Strings - Arranjos de char

- Uma cadeia de caracteres, ou String, pode ser declarada e inicializada utilizando-se arranjos de char:

char String1[] = “exemplo”;

- O último caracter de uma String declarada desta forma é sempre ‘\0’.

- Portanto, **String1** é um arranjo de 8 elementos.

Strings - Ponteiros

- Também podem ser utilizados ponteiros para declarar e inicializar uma String:

  char *String2 = “exemplo”;

- O último caracter de **String2** também é ‘\0’.
- Os caracteres podem ser acessados com o operador **[]** ou ***.**

String - Ponteiros

- O 2º caracter, por exemplo, pode ser acessado das seguintes formas:

```
aux = String2[1];
aux  = *(String2+1);
```

- Utilizando-se ponteiros os valores da String não podem ser alterados.

Compilador ANSI-C

Small Device C Compiler

https://sourceforge.net/projects/sdcc/files/

Aspectos específicos de C no SDCC

Biblioteca at89x52

- É necessário incluir a biblioteca at89x52:
  #include <at89x52.h>

- Responsável por permitir o acesso a recursos do microcontrolador.

Acesso aos SFRs

- Os SFRs podem ser acessados diretamente pelos seus nomes (em letras maiúsculas).
- Seus bits são acessados acrescentando _n ao nome do SFR, onde **n** é a posição do bit

  Ex:

```
P1 = 0xA1;
P1_0 = 1;
P2_5 = 0;
TR1 = 1;
incoming_char = SBUF;
```

Definindo SFRs

- __sfr nome;

Exemplo

```
__sfr  PORTA2;
PORTA2 = P2;
PORTA2 = 0xA0;
```

- __sfr __at endereço nome;

Exemplo

```
__sfr __at  0x90  PORTA1;
PORTA1 = 0xFF;
```

Definindo bits de SFRs

- __bit nome;

Exemplo

```
__bit BIT2_1;
BIT2_1 = P2_1;
BIT2_1 = 0;
```

- __bit __at endereço nome;

Exemplo

```
__bit __at  0x95  BIT1_5;
BIT1_5 = 1;
```

Espaço de endereçamento

Declarando constantes na memória de programa

- Utiliza-se a palavra chave __code na declaração das constantes.

  Ex:

  ```
  __code unsigned char dado = 0x50;
  __code char frase[] = {‘t’, ’e’ , ’s’ , ’t’, ’e’};
  __code char *frase2 = “exemplo”;
  ```

Declarando constantes na memória de programa

- Strings podem ser gravadas na memória de programa utilizando-se a diretiva **#define**

  Ex:
  #define frase3 “exemplo”

  Assim, a String **“exemplo”** pode ser acessada através do nome **frase3** como se este fosse um ponteiro e, portanto, seus caracteres podem ser acessados através dos operadores [] e *.

  Ex:
  aux = *(frase3 + 3); //aux = ‘m’

Utilizando código Assembly

- Um trecho de código Assembly pode ser inserido em um código C. Para isso ele deve estar entre as palavras chaves __asm e __endasm;

Exemplo

```
void  delay_asm()
{
            __asm
            mov r0 #0xFF
00001$:   djnz r0, 00001$
            __endasm;
}
```

Os labels devem ter o formato **nnnnn$**, onde **nnnnn** é um número menor que 100, o que limita o número de labels por por função a 100.

Interrupções

- Para se definir uma função para tratar uma interrupção utiliza-se a seguinte sintaxe:

  void nome (void) __interrupt (prioridade)

Interrupção	Prioridade
External Interrupt 0	0
Timer 0 Interrupt	1
External Interrupt 1	2
Timer 1 Interrupt	3
UART Interrupt	4

Interrupções - Exemplo

Exemplo

```
void  recepcao_serial()  __interrupt(4)
{
    if(  RI )
   {
         RI = 0;
         incoming_char  = SBUF;
    }
 }
```

Variáveis volatile

ATENÇÃO:

Variáveis modificadas por rotinas de interrupção que são acessadas por outras partes do programa devem ser declaradas **volatile**.

Variáveis volatile - Exemplo

Exemplo

```
volatile unsigned char incoming_char = '\0';

void main
{
   while (incoming_char != 'E')
  {
     do_something();
  }
}

void  recepcao_serial()  __interrupt(4)
{
    if(  RI )
   {
         RI = 0;
         incoming_char  = SBUF;
    }
 }
```

Desabilitando Interrupções

- Utilizando a palavra-chave __critical as interrupções serão desativadas durante a execução de um bloco de código ou de uma função.

Exemplo

```
void  funcao_critica()  __critical
{
    ...
 }
```

Exemplo

```
__critical
{
   ....
}
```

FIM