Modulo: Approfondimenti sul linguaggio C: operatori binari [P2_01]

Unità didattica: Operatori bitwise: esempi [2-AC]

Titolo: Esempi di applicazione degli operatori bitwise

Argomenti trattati:

- ✓ Visualizzazione degli 8 bit di una variabile di tipo char
- ✓ Moltiplicazione e divisione intera per 2 mediante operatori di shift
- ✓ Scambio del contenuto di due variabili senza variabile d'appoggio
- ✓ Uso di costanti ottali o esadecimali per azzerare parte di una variabile
- ✓ Uso di "maschere" per estrarre alcuni bit da una variabile

Prerequisiti richiesti: fondamenti del linguaggio C, operatori bitwise

(prof. M. Rizzardi)

Come visualizzare in C il contenuto di una variabile char?

```
#include <stdio.h>
void main()
{unsigned char C;
   C='z';
   printf("char = %c\tdec = %d\thex = %02x\n",C,C,C);
}
```

output char = z dec = 122 hex = 7a

printf("char = **%c**\tdec = **%d**\thex = **%02x**\n",C,C,C);

visualizza come carattere

visualizza in decimale

visualizza in esadecimale

come visualizzare in binario?

Esempio 1:

Come aggiungere all'output, mediante operatori bitwise, la visualizzazione degli 8 bit di un char?

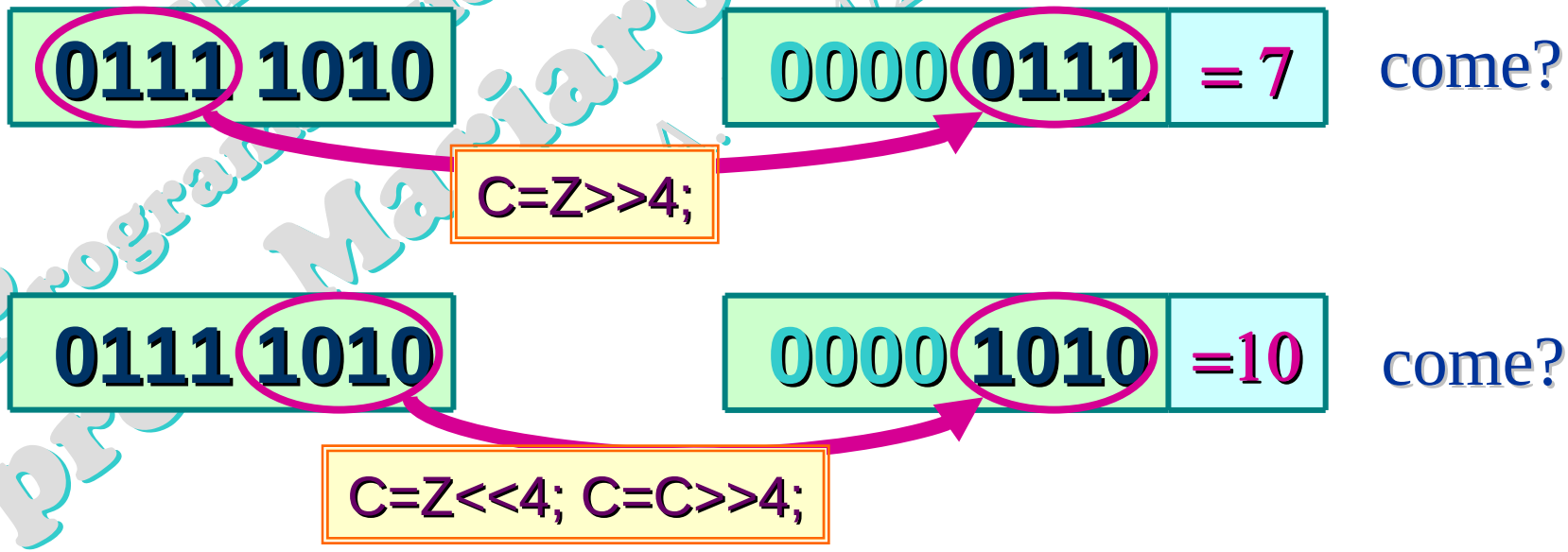
esempio Z='z';

'z' ⇒	$7A_{16}$	$0111\ 1010_2$

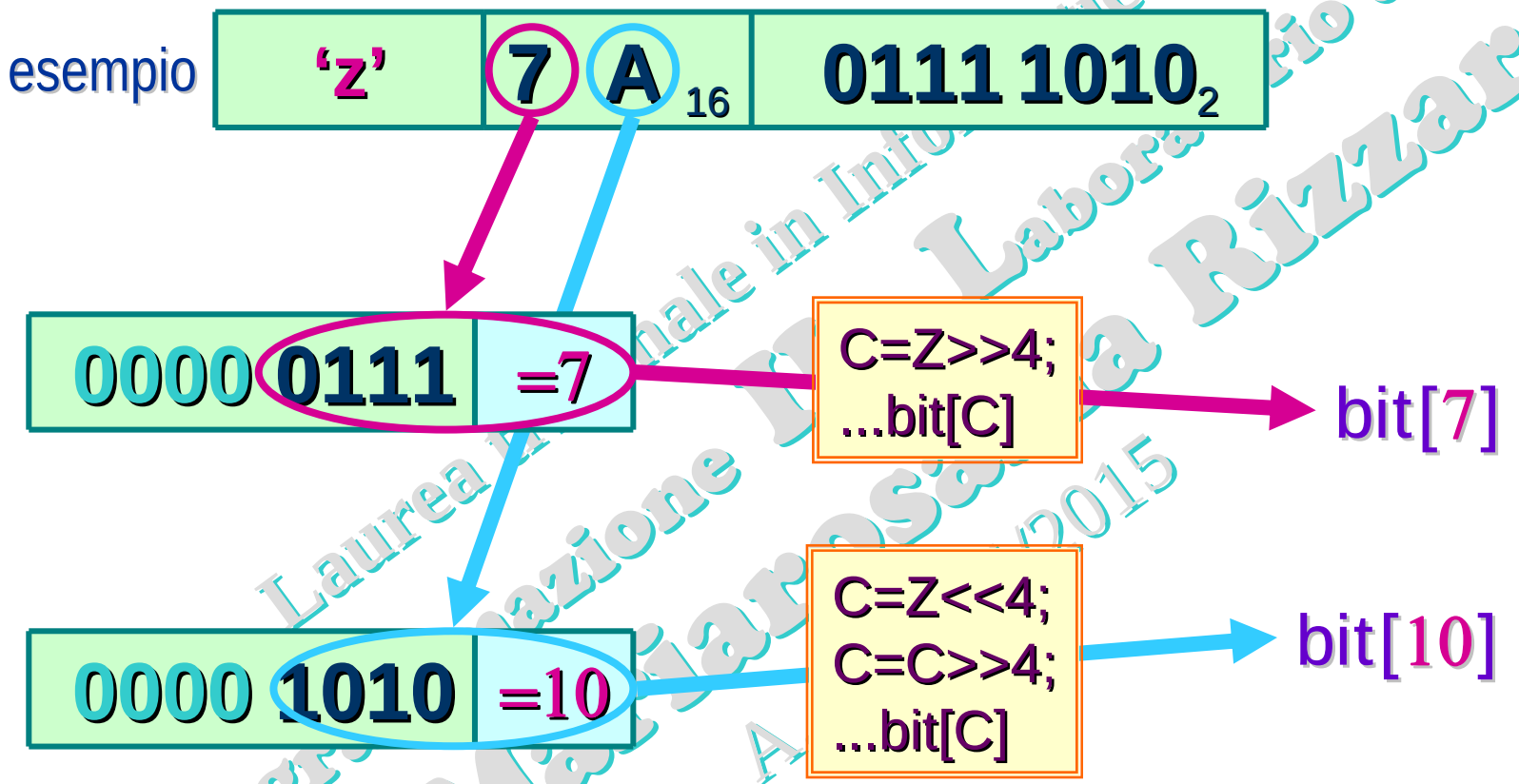
suggerimento:

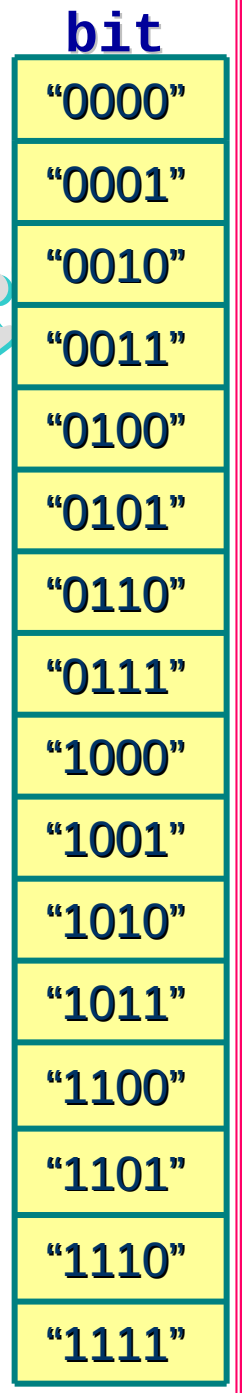
1. separare le singole cifre esadecimali (gruppo di 4 bit);
2. convertire il valore di ogni cifra nella stringa di bit corrispondente.

1. separare le singole cifre esadecimali;



2. convertire il valore di ogni cifra nella stringa di bit corrispondente;





3. usare il valore ottenuto direttamente come indice nell'array **bit** di stringhe;

versione semplificata

```
... void main()
{unsigned char bit[16][4]={ '0','0','0','0',   '0','0','0','1',   '0','0','1','0',   '0','0','1','1',
                            '0','1','0','0',   '0','1','0','1',   '0','1','1','0',   '0','1','1','1',
                            '1','0','0','0',   '1','0','0','1',   '1','0','1','0',   '1','0','1','1',
                            '1','1','0','0',   '1','1','0','1',   '1','1','1','0',   '1','1','1','1'};
 unsigned char C, dx, sx;
   C = 'z';
   sx=C>>4;
   dx=(C<<4); dx=dx>>4;
printf("char = %c\tdec = %d\thex = %02x\n",C,C,C);
printf("\t\tbin = %c%c%c%c  %c%c%c%c\n",bit[sx][0],bit[sx][1],bit[sx][2],bit[sx][3],
                                          bit[dx][0],bit[dx][1],bit[dx][2],bit[dx][3]);
}
```

output

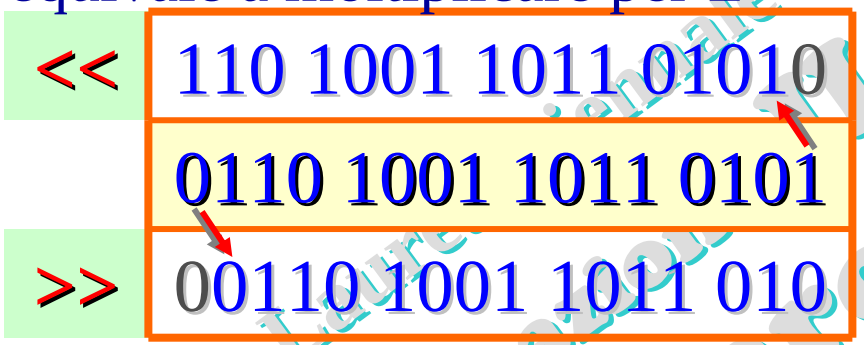
```
char = z     dec = 122       hex = 7a
             bin = 0111  1010
```

Esempio 2:

Gli operatori di shift (<<,>>) sono utili per descrivere l'effetto di moltiplicazioni o divisioni intere per 2 (base)

```
...
void main()
{ short n=11;
  printf("n >> 1 = %d\n",n>>1);
  printf("n >> 2 = %d\n",n>>2);
  printf("n >> 3 = %d\n",n>>3);
  printf("n << 1 = %d\n",n<<1);
  printf("n << 2 = %d\n",n<<2);
  printf("n << 3 = %d\n",n<<3);
}
```

equivale a moltiplicare per 2



equivale a dividere per 2

11 : 2 = 5 → n >> 1 = 5
11 : 4 = 2 → n >> 2 = 2
11 : 8 = 1 → n >> 3 = 1
11 × 2 = 22 → n << 1 = 22
11 × 4 = 44 → n << 2 = 44
11 × 8 = 88 → n << 3 = 88

Esempio 3:

Scambio del contenuto di due variabili senza variabile di appoggio

```
int x,y,temp;
x=…; y=…;
temp=x; x=y; y=temp;
```

swap di due variabili

Dalle proprietà di XOR: se **X** è un qualsiasi bit (cioè **X** ∈ {0, 1})

X ^ 1 = ~X (cioè **X^1** inverte **X**)

X ^ 0 = X (cioè **X^0** lascia **X** immutato)

si possono scambiare i valori di due variabili senza usarne una terza di appoggio.

```
int x,y;
x=…; y=…;
x=x^y;
y=x^y;
x=x^y;
```

x	0	0	0	0	0	1	1	0
y	1	0	1	1	1	0	1	0
x	1	0	1	1	1	1	0	0
y	0	0	0	0	0	1	1	0
x	1	0	1	1	1	0	1	0

Esempio 4:

Gli operatori bitwise possono servire per azzerare i bit meno significativi di una variabile qualunque sia la sua lunghezza

per azzerare gli ultimi 6 bit di **X**

```
char X; X=125;
X = X & 0300
```

1	1	1	1	1	1	0	1
1	1	0	0	0	0	0	0

… però la costante dipende dalla lunghezza di **X**

0	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0

```
short X; X=29125;
X = X & 0177700
```

`X = X & ~077`	`X = X & ~0xff`	ling. *C*

azzera* gli ultimi 6 bit di **X**

costante ottale (inizia con 0)

azzera* gli ultimi 8 bit di **X**

costante esadecimale

*ora è indipendente dal tipo di **X**

Esempio 5:

Gli operatori bitwise possono servire per estrarre alcuni bit di una variabile

Proprietà: se **X** è un qualsiasi bit

$X \& 1 = X$ $\quad$ $X \& 0 = 0$

$X \mid 1 = 1$ $\quad$ $X \mid 0 = X$

$X \wedge 1 = \sim X$ $\quad$ $X \wedge 0 = X$

Gli operatori sui singoli bit sono utili quando si vogliano estrarre particolari bit (mediante l'uso di maschere) dal valore di una variabile

X	0110 1001 1011 0101	
& mask	0000 0000 1111 0000	240
=	0000 0000 1011 0000	

ling. C `if (X & 240)…`

$240_{10} = 2^7 + 2^6 + 2^5 + 2^4 = f0_{16}$

Come costruire in *C* una maschera per estrarre alcuni bit da una variabile?

Es. 6.1

maschera che consente (tramite un **&**) di estrarre i 5 bit meno significativi

<--- short --->

0000 0000 0001 1111

Come costruirla in *C*?

1 …tramite **costante decimale, ottale** oppure **esadecimale**

31 (dec) o **037** (oct) o **0x1f** (hex)

2 …tramite **potenze di 2** (con **pow( )** di <math.h>)

$11111_2 = 2^4+2^3+2^2+2^1+2^0 = 2^5-1$

3 …tramite **potenze di 2** senza **pow( )**

```
mask=1<<5;
mask=mask-1;
```

0000 0000 0000 0001
0000 0000 0010 0000
0000 0000 0001 1111

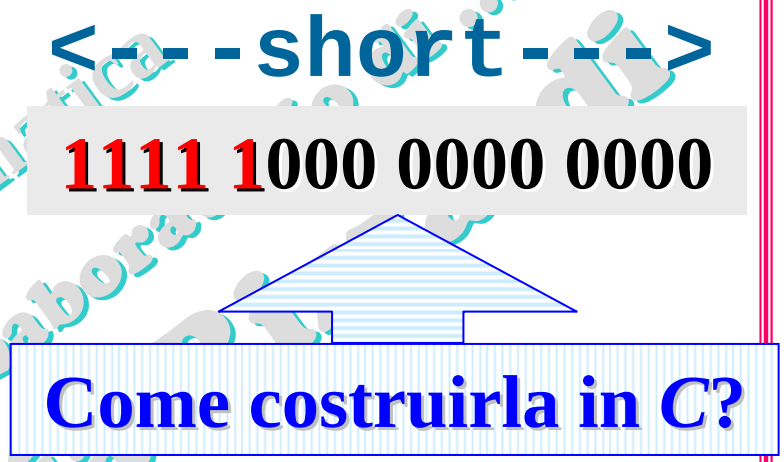
4 …tramite **ciclo for**

```
mask=0;
for (b=1;b<=5;b++) mask=mask<<1|1;
```

Come costruire in *C* una maschera per estrarre alcuni bit da una variabile?

Es. 6.2

maschera che consente (tramite un **&**) di estrarre i **5** bit più significativi



1 … si costruisce prima `mask` **0000 0000 0001 1111**

2 … si slittano i bit verso sinistra di **11** bit (16 – 5)

```
mask<<11;
```

… in generale, per spostare dall'estrema destra all'estrema sinistra `n` bit in una variabile di tipo `type`

```
mask<<(sizeof(type)*8-n);
```

perché ???

Laboratorio: visualizzare la rappresentazione binaria di un numero naturale mediante gli operatori bitwise.

```
#include <stdio.h>
#define n_len 16 // intero short
void bit_short(short n, unsigned char bit[n_len])
{short j;
 j=n_len-1;
 do  {bit[j--]=n&1; n=n>>1;
     } while (n != 0 && j>=0);
 if (j >= 0)
     {do  {bit[j--]=0;
           } while (j>=0);
     }
}
main()
{   short numero; unsigned char k, bit[n_len];
    printf("numero   = "); scanf("%d", &numero);
    bit_short(numero,bit);
    printf("in binario =");
    for (k=0; k<n_len; k++)
        (k%4 == 0) ? printf("  %1u",bit[k]) : printf("%1u",bit[k]);
}
```

```
numero     = 13
in binario = 0000 0000 0000 1101
```

```
numero     = 31005
in binario = 0111 1001 0001 1101
```

espressione condizionale in C

È possibile con una stessa funzione C visualizzare i bit di qualsiasi tipo?

È possibile con una stessa funzione *C* visualizzare i bit di qualsiasi tipo? **SI ! ...**

usare **union**

```
union word32bit {long  la;
                 short sa[2];
                 char  ca[4];
                } w;
```

… ma bisogna stabilire come sono allocati i byte della memoria per ciascun tipo di dato …

sono le stesse locazioni di memoria interpretate nei 3 tipi!

byte in memoria	char	short	long
indirizzo$_b$+3	Ca_3 0100 0100	Sa_1 + bit - 0100 0100	la + bit - 0100 0100
indirizzo$_b$+2	Ca_2 0100 0011	Sa_1 + bit - 0100 0011	la + bit - 0100 0011
indirizzo$_b$+1	Ca_1 0100 0010	Sa_0 + bit - 0100 0010	la + bit - 0100 0010
indirizzo$_{base}$	Ca_0 0100 0001	Sa_0 + bit - 0100 0001	la + bit - 0100 0001

```c
// estrae_bit.c - operatori bit a bit
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>   // per usare exit()
#include <math.h>     // eventualmente per usare pow(x,y)
#define MAX_LEN 32    // numero bit di intero long
void bit_show(short , char [], short []);
void main()
{short menu, bit[MAX_LEN], k; unsigned char len;
 union word32bit
 {   long  L;
     short S[2];
     char  C[4];
 } word;
 do
 {  puts("\n\n\nseleziona");
    puts("\n[0] uscita programma");
    puts("\n[1] rappresentazione binaria di intero char");
    puts("\n[2] rappresentazione binaria di intero short");
    puts("\n[3] rappresentazione binaria di intero long");
    fflush(stdin); scanf("%hd",&menu);
                                                    ...
```

```
switch( menu )
{     case 0 : exit(0);
      case 1 :
        len=sizeof(char);
        printf("immettere intero char  C ");
        fflush(stdin); scanf("%d",&(word.C[0]));
        puts("char  in decimale, esadecimale e binario");
        printf("C=%+10hd,  hex=%02x",word.C[0],word.C[0]);
        bit_show(sizeof(char),word.C,bit); break;
      case 2 :
        len=sizeof(short);
        printf("immettere intero short S "); // o S=pow(2,5);
        fflush(stdin); scanf("%hd",&(word.S[0]));
        puts("short in decimale, esadecimale e binario");
        printf("S=%+10hd,  hex=%04hx",word.S[0],word.S[0]);
        bit_show(sizeof(short),word.C,bit); break;
      case 3 :
        len=sizeof(long);
        printf("immettere intero long L "); // o L=pow(2,5);
        fflush(stdin); scanf("%ld",&(word.L));
        puts("long in decimale, esadecimale e binario");
        printf("L=%+10d, hex=%08lx",word.L,word.L);
        bit_show(sizeof(long),word.C,bit); break;
      default : exit(1);
}                                                    ...
```

```
 // visualizza i bit
 for (k=8*len-1; k>=0; k--)
     (k%4 == 0) ? printf("%1d ",bit[k]) : printf("%1d",bit[k]);
 } while (menu !=0);
}
//-------------------------------------------------
```

```
//-------------------------------------------------
void bit_show(short len, char ch[], short bit[MAX_LEN])
{      short j,jc; char c;
       for (j=0; j<MAX_LEN; j++) bit[j]=0;
       // estrae i bit
       for (jc=0; jc<len; jc++)
          { c=ch[jc];
            for (j=0;j<8; j++)
               { bit[j+8*jc]=c&1;
                 c=c>>1;
               }
          }
}
```

```
seleziona
[0] uscita programma
[1] rappresentazione binaria di intero char
[2] rappresentazione binaria di intero short
[3] rappresentazione binaria di intero long
1

immettere intero char  C 13
char  in decimale, esadecimale e binario
C=      +13,      hex=0d       0000 1101
```

Esercizi

1 Dopo aver estratto i bit da una variabile X intera (tipo char, short o long) calcolare il relativo valore intero dalla formula:

$$Val\_X = b_{n-1}2^{n-1} + \ldots + b_2 2^2 + b_1 2^1 + b_0 2^0$$

dove b è l'array dei bit di X. Confrontare il risultato con il valore della variabile X dichiarata una volta *signed* ed un'altra *unsigned*.

2 Scrivere una function *C* per estrarre dalla variabile intera A i k bit più significativi o meno significativi, dove A, k sono parametri di input usando: (1) una maschera; (2) l'operatore di shift (>> o <<) (3) prodotto o divisione per potenza di 2.