Unità di apprendimento 2

I codici digitali

HOEPLI Scuola.it

Unità di apprendimento 2

Lezione 1

Codici digitali pesati

In questa lezione impareremo:

- **la codifica dei caratteri**
- **i codici BCD e packed BCD**
- **il codice eccesso 3**
- **il codice Aiken**
- **i codici quinario e biquinario**
- **il codice 2 su 5**

Introduzione alla codifica dell'informazione

- Un calcolatore elettronico elabora esclusivamente numeri sotto forma di valori digitali
- Ogni dato deve essere trasformato in sequenze di segnali a due valori (binari).

Introduzione alla codifica dell'informazione

codice, alfabeto e stringa

- Si dice codice una regola che consente di rappresentare un dato insieme di simboli mediante un altro insieme di simboli.
- Si definisce alfabeto (e si indica con Σ) l'insieme finito di simboli (caratteri) distinti.
- Si definisce parola o stringa una sequenza finita di simboli (anche ripetuti) di quello stesso alfabeto

Alfabeti

- Alcuni alfabeti sono i seguenti:
  - unario U ={1}
  - binario B ={0, 1}
  - inglese I ={A, B, C, …, Z}
  - alfanumerico AB = {A, B, …, Z, 0, 1, …, 9}
  - caratteri giapponesi = { … }
  - caratteri arabi = { … }
- Le seguenti parole possono essere originate da alfabeti differenti:
  - 1111001101 è una parola di B o di AB
  - AB120C è una parola di AB
  - 1111111 è una parola di B o di U

Sistema Di Codifica

- Dato un Alfabeto A, composto di a simboli, un sistema di codifica è un metodo per rappresentare gli
  - a simboli di A tramite
  - b simboli di un altro alfabeto B

  stabilendo una corrispondenza biunivoca tra gli stessi

Sistema Di Codifica

ESEMPIO

Sia

A = { R; V; G; B } un alfabeto di quattro caratteri

B = { 0,1 } un alfabeto di due caratteri

Si vuole codificare la seguente stringa di A in B: B R R V B

Stabilisco una corrispondenza tra i simboli dell’alfabeto a e la loro posizione che codifico in numero binario, quindi:

$$R_A = 0_{10} = 00_B$$

$$V_A = 1_{10} = 01_B$$

$$G_A = 2_{10} = 10_B$$

$$B_A = 3_{10} = 11_B$$

Codici nella vita di ogni giorno

Tipo di codice	Modalità di costruzione
codice fiscale	algoritmo sui dati anagrafici
codice di avviamento postale	in base alla zona geografica
codice di matricola	progressivo generale
numero di targa	progressivo generale
partita IVA	in base alla tipologia e alla zona
numero di telefono	in base alla zona geografica e progressiva
codice sanitario	in base a un algoritmo

Lunghezza del codice e codice ridondante

CODICE BINARIO

Un codice binario è la codifica dei simboli di un alfabeto Σ mediante stringhe di bit.

- Se C è la cardinalità di Σ, il numero n di bit da utilizzare per codificare tutti i simboli di Σ con un codice binario deve essere tale che:

$$C \leq 2^n \qquad n \geq \log 2\,(C) = M$$

Lunghezza del codice e codice ridondante

- M è il minimo numero di bit necessario per codificare Σ
  - se $n = M$ il codice è non ridondante (usa il minimo numero di bit per codificare tutti i simboli di Σ)
  - se $n > M$ il codice è ridondante (usa più bit del necessario per codificare tutti i simboli di Σ)

Lunghezza del codice e codice ridondante

ESEMPIO

Alfabeto ={A,B,C,…,Z}
C =26 cardinalità
n>= $\log_2 26$ numero di bit
n >= 5
M = 5 minimo numero di bit

Alfabeto = {0,1,2,…,9}
C =10 cardinalità
n>= $\log_2 10$ numero di bit
n >= 4
M = 4 minimo numero di bit

La codifica di caratteri: codici ASCII e Unicode

- il codice ASCII (*American Standard Code for Information Interchange*) *è un codice a 7 bit*

	000	001	010	011	100	101	110	111
0000	NUL	DLE		0	@	P	°	p
0001	SOH	DC1	!	1	A	Q	a	q
0010	STX	DC2	"	2	B	R	b	r
0011	ETX	DC3	#	3	C	S	c	s
0100	EOT	DC4	$	4	D	T	d	t
0101	ENQ	NAK	%	5	E	U	e	u
0110	ACK	SYN	&	6	F	V	f	v
0111	BEL	ETB	'	7	G	W	g	w
1000	BS	CAN	(	8	H	X	h	x
1001	HT	EM	)	9	I	Y	i	w
1010	LF	SUB	*	:	J	Z	j	z
1011	VT	ESC	+	;	K	[	k	{
1100	FF	FS	,	<	L	\	l	|
1101	CR	GS	-	=	M	]	m	}
1110	SO	RS	.	>	N	^	n	~
1111	SI	US	/	?	O	_	o	DEL

La codifica di caratteri: codici ASCII e Unicode

Prova adesso!

• Codice ASCII esteso

PRENDI CARTA E PENNA

Codifica le seguente scritta in codice ASCII esteso:

<paolo>	<@hoepli.it>

Decodifica le seguenti parole dal codice ASCII:

01100011 01101001 01000000 01101111 01011111 01101101 01000000 01110010 01100101

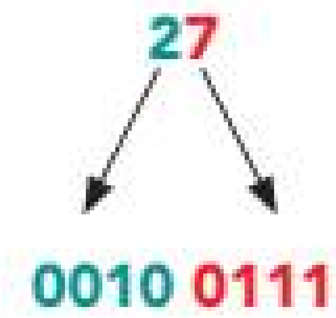
01101001 01101110 01100110 01101111 01110010 01101101 01100001 01110100 01101001 01100011 01100001

01010111 00100000 01101100 01100001 00100000 01110011 01110001 01110101 01101111 01101100 01100001

Il codice BCD
(Binary Coded Decimal)

Un sistema che ci permette di rappresentare esclusivamente le dieci cifre decimali è la codifica

Binary Coded Decimal(BCD)



Numero decimale	Numero BCD			
cifra/peso	8	4	2	1
0	0	0	0	0
1	0	0	0	1
2	0	0	1	0
3	0	0	1	1
4	0	1	0	0
5	0	1	0	1
6	0	1	1	0
7	0	1	1	1
8	1	0	0	0
9	1	0	0	1

Il codice BCD
(Binary Coded Decimal)

- Codifica in codice BCD il numero $(127)_{10} = (0001\ 0010\ 0111)_{BCD}$
- Codifica in codice BCD il numero $(379)_{10} = (0011\ 0111\ 1001)_{BCD}$

Non bisogna confondere il codice BCD con la codifica dei numeri nel sistema binario: i tre esempi riportati codificati in binario sono:

$27_{10} = 11011_2 = 0010\ 0111_{BCD}$

$127_{10} = 1111111_2 = 0001\ 0010\ 0111_{BCD}$

$379_{10} = 101111011_2 = 0011\ 0111\ 1001_{BCD}$

Il codice BCD codifica singolarmente ogni cifra, non l'insieme delle cifre: quindi solo le prime dieci configurazioni della codifica BCD coincidono con la codifica binaria.

Il codice BCD
(Binary Coded Decimal)

Somma e sottrazione

```
 5 +      0101 +
 8 =      1000 =
 ----     ------
13        1101
          0110 =
   -------------
   0001 0011
```

- occorre aggiungere

  $(6)_{10} = (0110)_{BCD}$

  ogni volta che viene superato il numero 9
- per evitare caratteri privi di significato è di sei posizioni.

Il codice BCD
(Binary Coded Decimal)

25 +	0010 0101 +	
5 =	0101 =	
30	0010 1010 +	1010 non ammesso
	0110 =	sommo il numero 6
	0011 0000	

Il codice BCD
(Binary Coded Decimal)

33 –	0011 0011 –	
4 =	0100 =	
29	0010 1111 –	1111 non ammesso
	0110 =	sottraggo il numero 6
	0010 1001	ottengo 29

Il codice Packed BCD (Binary Coded Decimal)

- nei personal computer i dati sono memorizzati a gruppi di 8 (byte)
- il codice BCD utilizza solo 4 bit
- Se mettiamo due cifre per byte si ottiene il packed BCD
- Aggiungiamo un anche un quartetto di bit per indicare il segno
  - 1100 per il segno +
  - 1101 per il segno –

COMPLEMENTO A N

COMPLEMENTO A N

Si dice complemento a N di un numero x il numero che si ottiene sottraendo da N il numero x.

Per esempio, in decimale, il complemento a 9 del numero 3 è il numero 9 – 3 = 6:

$C_9\,[3] = C_9\,[0011] = 1100 = (6)_{10}$

$C_9\,[7] = C_9\,[1101] = 0010 = (2)_{10}$

Il codice Aiken

- La principale caratteristica del codice Aiken sta nel fatto che è un codice autocomplementante, in altre parole il codice è tale per cui il complemento a 9 di ogni carattere si ottiene per semplice singola negazione di tutti i bit, come si deduce immediatamente dalla definizione di complemento ad uno.

- **Ad esempio**: C_9 [7] = C_9 [1101] = 0010 = $(2)_{10}$

Il codice Aiken

CODIFICA DELLE 10 CIFRE

Numero decimale	Numero Aiken			
cifra/peso	2	4	2	1
0	0	0	0	0
1	0	0	0	1
2	0	0	1	0
3	0	0	1	1
4	0	1	0	0
5	1	0	1	1
6	1	1	0	0
7	1	1	0	1
8	1	1	1	0
9	1	1	1	1

Il codice Aiken

Si vede che i numeri a coppie che sommati danno il numero 9

0	0000	9	1111
1	0001	8	1110
2	0010	7	1101
3	0011	6	1100
4	0100	5	1011

Il codice Aiken

Vediamo le codifiche con un solo bit di valore 1:

$b_3\ b_2\ b_1\ b_0$

0 0 0 1 = 1 ottenuto da un solo bit in posizione 0, cioè $2^0 = 1$

0 0 1 0 = 2 ottenuto da un solo bit in posizione 1, cioè $2^1 = 2$

0 1 0 0 = 4 ottenuto da un solo bit in posizione 2, cioè $2^2 = 4$

1 0 0 0 = 2 ha lo stesso peso del bit in posizione 1, cioè $2^1 = 2$: il valore di questa configurazione dovrebbe quindi essere 2, ma nella codifica esiste già una configurazione di valore 2 (0010) e quindi la codifica 1000 non è ammessa.

Come esempio convertiamo in decimale i seguenti numeri:

- 1011: sostituendo a ogni bit a 1 il corrispondente valore si ha 2 + 0 + 2 + 1 = 5
- 1110: sostituendo a ogni bit a 1 il corrispondente valore si ha 2 + 4 + 2 + 0 = 8
- 1111: essendo ogni bit al valore 1 otteniamo 2 + 4 + 2 + 1 = 9

Il codice Aiken

- Il codice Aiken è chiamato anche codice 2421 per il peso che hanno le diverse cifre nella formazione del numero:
  - le tre cifre meno significative hanno lo stesso peso del codice binario;
  - la più significativa ha peso 2, invece di avere il peso 8 del sistema posizionale

Il codice Aiken

- Il codice Aiken è chiamato anche codice 2421 per il peso che hanno le diverse cifre nella formazione del numero:
  - le tre cifre meno significative hanno lo stesso peso del codice binario;
  - la più significativa ha peso 2, invece di avere il peso 8 del sistema posizionale

Il codice Aiken

- Vediamo le codifiche con un solo bit di valore 1

b_3	b_2	b_1	b_0		
0	0	0	1	= 1	ottenuto da un solo bit in posizione 0, cioè $2^0 = 1$
0	0	1	0	= 2	ottenuto da un solo bit in posizione 1, cioè $2^1 = 2$
0	1	0	0	= 4	ottenuto da un solo bit in posizione 2, cioè $2^2 = 4$
1	0	0	0	= 2	ha lo stesso peso del bit in posizione 1, cioè $2^1 = 2$

- 1011: sostituendo a ogni bit a 1 il corrispondente valore si ha $2 + 0 + 2 + 1 = 5$
- 1110: sostituendo a ogni bit a 1 il corrispondente valore si ha $2 + 4 + 2 + 0 = 8$
- 1111: essendo ogni bit al valore 1 otteniamo $2 + 4 + 2 + 1 = 9$

I codici quinario

- Il codice quinario è un codice a lunghezza fissa di 4 bit con pesi 5-4-2-1,
- È in grado di codificare 5 + 4 + 2 + 1 + 1 = 13 simboli
- Si tratta quindi di un codice pesato e ridondante.

I codici quinario

a parte la colonna del bit di peso 5, le prime cinque configurazioni sono identiche ordinatamente alle cinque sottostanti.

nelle combinazioni da 5 a 9 in cui cambia solo MSB

Dec.	5421
0	0000
1	0001
2	0010
3	0011
4	0100
5	1000
6	1001
7	1010
8	1011
9	1100
—	—
10	1101
11	1110
12	1111

I codici biquinario

È un codice pesato in entrambi i gruppi peso 5-0 e 4-3-2-1-0.

Questo tipo di codifica si dice ad autoverifica con conteggio fisso oppure a rilevazione d'errore: per ogni cifra trasmessa o elaborata viene effettuata una verifica per controllare che gli "1" presenti nella stringa siano due, uno per ciascun gruppo in cui sono ripartiti i 7 bit del codice (conteggio fisso); in caso contrario sarà rilevata una condizione di errore.

Dec.	50	43210
0	01	00001
1	01	00010
2	01	00100
3	01	01000
4	01	10000
5	10	00001
6	10	00010
7	10	00100
8	10	01000
9	10	10000

Il codice 2 su 5

- Simile al codice biquinario
- è indicato anche come 2/5
- è ridondante
- ha lunghezza fissa di 5 bit
- pesi 6-3-2-1-0
- il bit di peso nullo è utilizzato al fine di mantenere due bit a "1"

Dec.	63210
0	00110
1	00011
2	00101
3	01001
4	01010
5	01100
6	10001
7	10010
8	10100
9	11000

Il codice 2 su 5

- Sarebbe possibile rappresentare
  - 6 + 3 + 2 + 1 + 0 + 1 = 13 configurazioni
- per mantenere la condizione di due soli 1 in ogni stringa del codice si riducono a 10.

Dec.	63210
0	00110
1	00011
2	00101
3	01001
4	01010

La rappresentazione dello 0 è "anomala" in quanto, calcolando i pesi delle cifre a 1, dovrebbe avere come decodifica il numero 3: il codice 2/5 è quindi posizionale tranne per la codifica dello 0.

ESERCIZI

1 Quale tra i seguenti codici ha lunghezza fissa?

a. il codice fiscale
b. il codice di avviamento postale
c. il codice di matricola
d. la partita IVA
e. il numero di telefono
f. il codice sanitario

2 Il codice ASCII:

a. ha lunghezza 7 bit
b. ha lunghezza 8 bit
c. ha lunghezza 16 bit
d. ha lunghezza dipendente dalle applicazioni

3 Il codice Unicode: (indica l'affermazione errata)

a. è compatibile con il codice ASCII
b. ha lunghezza 16 byte
c. è utilizzato nel Web
d. non è stato ancora completamente definito

ESERCIZI

4 **A quale numero corrisponde la codifica BCD 00011000?**

a. 9
b. 11
c. 18
d. 24
e. nessuno dei precedenti

5 **A quale numero corrisponde la codifica Aiken 00101100?**

a. 26
b. 28
c. 32
d. 44
e. nessuno dei precedenti

ESERCIZI

6 A quale numero corrisponde la codifica quinario 01110001?

a. 26
b. 28
c. 32
d. 44
e. nessuno dei precedenti

7 A quale numero corrisponde la codifica biquinario 010001?

a. 2
b. 5
c. 11
d. 17
e. nessuno dei precedenti

8 A quale numero corrisponde la codifica 2 su 5 10001?

a. 2
b. 5
c. 6
d. 7
e. nessuno dei precedenti

ESERCIZI

2 Codifica i seguenti numeri in tutte le modalità conosciute.

Decimale	8421	Aiken	Quinario	2/5	Biquinario
5					
12					
21					
38					
69					

ESERCIZI

3 Esegui le seguenti operazioni BCD.

47 + ... +

12 = ... =

— ————————

59 ....

47 + ... +

23 = ... =

— ————————

70 ....

.... sommo

— ————————

70 ....

ESERCIZI

SOLUZIONE ES. 3

```
47 +    0100     0111  +
12 =    0001     0010  =
----    -------------------------
59      0101     1001        esatto! Ogni cifra < 9

47 +    0100     0111  +
23 =    0010     0011  =
----    -------------------------
70      0110     1010        errato dato che supera il 9!
                 0110        sommo 6
----  ------------------
70      0111     0000        esatto
```

ESERCIZI

ESERCIZIO 4

Esegui le seguenti operazioni BCD.

78 –	....	....	–
24 =	....	....	=
——	——————	——————	
14	....	....	–
22 –	....	....	–
4 =	....	....	=
——	——————	——————	
19	....	....	–
		....	= sottraggo
——	——————	——————	
	....	....	

ESERCIZI

SOLUZIONE ES. 4

```
     78 –   0111   1000 –
     24 =   0010 0100 =
  _____ ______________
     14     0101   0100 –    tutti ammessi


     22 –   0010   0010 –
      4 =          0100 =
  _____ ______________
     19     0010   1110      – 1110 non ammesso
                   0110      = sottraggo il numero 6
        ______________
            0001   1000 otteniamo 18
```