

Le macchine elementari per l'architettura - 2

Nuovo Corso di Calcolatori Elettronici I

Dipartimento di Informatica e Sistemistica
Università degli Studi di Napoli "Federico II"

DIS - Dipartimento di Informatica e Sistemistica - Università di Napoli



Supporti didattici

- Dispense:
 - » Cap1.pdf, par. 10 a 13

DIS - Dipartimento di Informatica e Sistemistica - Università di Napoli



Argomenti

- Richiami sulla codifica
- Rappresentazione Decodificata
- Decodificatore
- Codificatore
- Trascodificatore
- Comparatore
- MUX e DMUX indirizzabili
- Parità e Controlli

DIS - Dipartimento di Informatica e Sistemistica - Università di Napoli



Codifica delle informazioni

- *Rappresentazione* di informazioni appartenenti a un insieme finito D
- Funzione *iniettiva* dall'insieme D (*dominio*) a un insieme direttamente manipolabile R (*codominio*)

$$c : D \rightarrow R$$

$$|R| \geq |D|$$

- La funzione c è detta *codifica* o *rappresentazione* delle informazioni appartenenti a D

DIS - Dipartimento di Informatica e Sistemistica - Università di Napoli



Sul piano formale

- Alfabeto origine T : il dato da rappresentare appartiene ad un tipo $T = (x_1, \dots, x_n)$
- Alfabeto in codice E : il dato è rappresentato mediante dati di tipo $E = (a_1, \dots, a_k)$
- Tabella Codice C : la codifica di T mediante E è un'applicazione C , detta *tabella codice*, che trasforma ciascun elemento $x_i \in T$ in una stringa di lunghezza l_i di elementi $a_j \in E$, detta *parola codice*

DIS - Dipartimento di Informatica e Sistemistica - Università di Napoli



Codifica a lunghezza fissa

Se si pone $l_i = m = \text{costante}$ per tutti gli elementi di T , si ottiene una codifica a lunghezza fissa. In tal caso il codice è fissato facendo corrispondere a ciascun elemento $x_i \in T$ una delle k^m disposizioni con ripetizione dei k simboli di tipo E sugli m posti della stringa e quindi:

$$K^m \geq N$$

da cui

$$m = \lceil \log_k N \rceil$$

Per codificare un dato di cardinalità N mediante un alfabeto di k simboli è necessaria una stringa di lunghezza minima m

$l \geq m$

l lunghezza del codice

DIS - Dipartimento di Informatica e Sistemistica - Università di Napoli



Codifica a lunghezza fissa

Es. 1 : $T = (x_1, \dots, x_{20})$; $E = (0,1)$; $N = 20$; $k = 2$; $m = 5$;

| | | | |
|--------|--------|------|--------|
| X 1 | 00000 | X 5 | 10010 |
| X 2 | 01001 | X 6 | 00001 |
| X 3 | 01011 | X 7 | 01000 |
| X 4 | 01010 | X 8 | 01100 |
| | | X 20 | |

DIS - Dipartimento di Informatica e Sistemistica - Università di Napoli



Codifica a lunghezza fissa

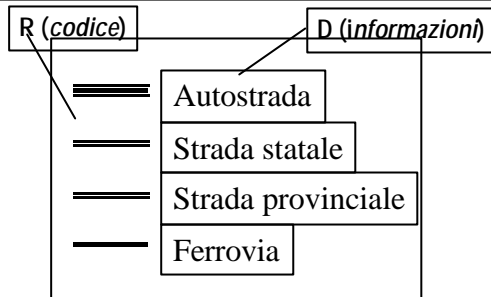
Es. 2 : $T = (a,b,c)$; $E = (0,1)$; $N = 3$; $k = 2$; $m = 2$

| | |
|---|----|
| a | 00 |
| b | 01 |
| c | 11 |

DIS - Dipartimento di Informatica e Sistemistica - Università di Napoli



Esempi Comuni



| | |
|-------------|-------|
| Agrigento | AG |
| Alessandria | AL |
| Ancona | AN |
| Aosta | AO |
| | |
| Viterbo | VT |

$$26^2 \geq 103$$

- » Altri esempi: Codice fiscale, Codice di avviamento postale
- » Come rappresentazione si può usare una sequenza (stringa) di m valori appartenenti a un insieme K :

$$|K^m| \geq |D|$$

DIS - Dipartimento di Informatica e Sistemistica - Università di Napoli



Codifica a lunghezza fissa

- **CODICE INCOMPLETO** : se $l = m$ ma N non è potenza di k , il codice viene detto incompleto e la differenza $k^m - N$ fornisce il numero di parole codice non assegnate, cioè non associate ad alcun elemento dell'alfabeto origine. (vedi es. 1, 2)
- **CODICE RIDONDANTE** : si ottiene per $l > m$ adoperando più caratteri dell'alfabeto in codice di quanto strettamente necessari.

Questi codici vengono utilizzati per rilevare ed eventualmente correggere errori dovuti ad alterazioni del dato.

CODICE RIDONDANTE → CODICE INCOMPLETO

DIS - Dipartimento di Informatica e Sistemistica - Università di Napoli



Codifica a lunghezza variabile

La lunghezza l_i del codice è funzione di ciascun elemento x_i :

$$l_i = f(x_i)$$

Proprietà fondamentale è quella che la (o le) parola più corta è individuata da un particolare codice che non si ritrova come sequenza iniziale in quelle più lunghe: è la lunghezza stessa che deve essere riconosciuta nel contesto della parola-codice.

L'uso di questo tipo di codifica è giustificato quando gli elementi del tipo T (alfabeto origine) non hanno tutti la stessa probabilità di occorrenza.

DIS - Dipartimento di Informatica e Sistemistica - Università di Napoli



Codifica a lunghezza variabile

Dato l'insieme

$$T = (x_1, \dots, x_n)$$

Dette

$$p_1, \dots, p_n$$

le probabilità di occorrenza (frequenza) dei rispettivi elementi di T

la lunghezza l_i viene scelta in modo da minimizzare la lunghezza media L_m del codice

$$L_m = \sum_{i=1, n} (p_i * l_i)$$

Effettuata la ricerca della n-pla di valori l_i che rende minima L_m si ottiene un codice a lunghezza variabile a minima ridondanza. Le medesime informazioni codificate con un codice a lunghezza fissa avrebbero richiesto un codice di lunghezza maggiore di L_m

DIS - Dipartimento di Informatica e Sistemistica - Università di Napoli



Codifica a lunghezza variabile

- Data la rappresentazione $c : D \rightarrow R$, l'insieme R può essere costituito da stringhe di lunghezza differente
- Esempio: Alfabeto Morse
- Esempio (stringhe di cifre da 0 a 3):

| Informazione | codice | Informazione | codice | Informazione | codice |
|--------------|--------|--------------|--------|--------------|--------|
| Casa | 0 | Banca | 32 | Andrea (C) | 3310 |
| Genitori | 1 | Paolo | 3300 | Andreani | 3311 |
| Segretaria | 2 | Anna | 3301 | Marocco | 3312 |
| Direttore | 30 | Mario | 3302 | Daita | 3313 |
| Taxi | 31 | Mario (C) | 3303 | Luchini | 3320 |

DIS - Dipartimento di Informatica e Sistemistica - Università di Napoli



Codifica a lunghezza variabile

- La corrispondenza viene decisa tenendo conto della frequenza con cui vengono usati i valori in D
- Vantaggi:
 - » Risparmio di spazio nella memorizzazione
 - » Risparmio di tempo nella trasmissione

DIS - Dipartimento di Informatica e Sistemistica - Università di Napoli



Rappresentazione di Codici mediante tabelle

$T = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ alfabeto origine

$E = (a_1, a_2, \dots, a_k)$ alfabeto destinazione

Es. Codice BCD

| | 3 | 2 | 1 | 0 |
|---|---|---|---|---|
| 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 |

Dato

Parola Codice

DIS - Dipartimento di Informatica e Sistemistica - Università di Napoli



Rappresentazione Decodificata

- Laddove il numero m di bit utilizzati per codificare un insieme di cardinalità N è pari ad N ($m=N$), ed ad ogni parola codice è associato un solo bit 1 otteniamo una rappresentazione *decodificata*.
- In questo modo il dato è codificato nel modo più semplice ma anche nel modo più costoso.

DIS - Dipartimento di Informatica e Sistemistica - Università di Napoli



Codice BCD e Rappresentazione Decodificata

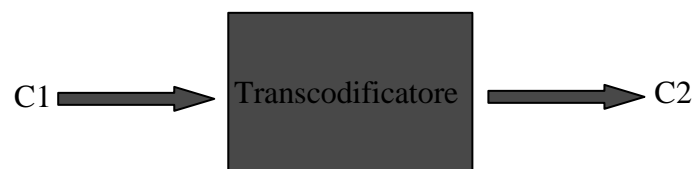
| Dato | Codice BCD (4 bit) | Codice Decodificato (10 bit) |
|------|-----------------------|---------------------------------|
| 0 | 0000 | 100000000 |
| 1 | 0001 | 010000000 |
| 2 | 0010 | 001000000 |
| 3 | 0011 | 000100000 |
| ... | ... | ... |
| ... | | |
| ... | | |
| 9 | 1001 | 000000001 |

DIS - Dipartimento di Informatica e Sistemistica - Università di Napoli



Transcodificatore

- In alcune circostanze si può verificare che lo stesso dato sia rappresentato mediante codici diversi.
- Detti C1 e C2 due codici definiti sullo stesso insieme (cioè costituito dallo stesso numero di parole codice), si dice **TRANSCODIFICATORE** una macchina che consente di associare a ciascuna parola del codice C1 la corrispondente parola del codice C2.
- Transcodificatore per visualizzatore a 7 segmenti.



DIS - Dipartimento di Informatica e Sistemistica - Università di Napoli



Transcodificatore per visualizzatore a 7 segmenti

- Uno degli indicatori visivi più comuni è l'*indicatore a 7 segmenti*.
- Ogni simbolo è formato da sette segmenti ognuno dei quali è un Led che può essere acceso da un segnale digitale.
- Un *BCD-To-Seven-Segment-Decoder* riceve in ingresso un simbolo decimale in BCD e genera l'appropriata uscita selezionando i segmenti che devono essere accesi per mostrare su display il simbolo decimale.



DIS - Dipartimento di Informatica e Sistemistica - Università di Napoli



Transcodificatore per visualizzatore a 7 segmenti

- Le 7 uscite le indichiamo con (a,b,c,d,e,f,g) selezionando i corrispondenti segmenti. Si hanno:
 - » 4 input: A B C D.
 - » 7 output: a b c d e f g.
- La tabella di verità sarà pertanto ⇒

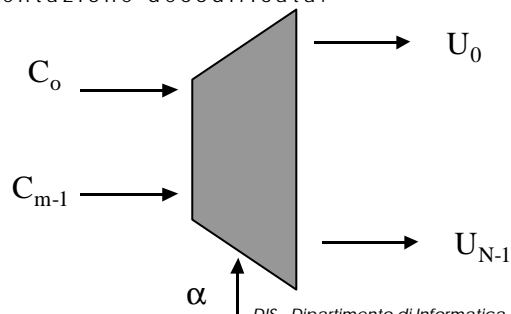
| BCD Input | | | | Seven-Segment Decoder | | | | | | |
|------------------|---|---|---|-----------------------|---|---|---|---|---|---|
| A | B | C | D | a | b | c | d | e | f | g |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| All other inputs | | | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

DIS - Dipartimento di Informatica e Sistemistica - Università di Napoli



Decodificatore (decoder)

- E' una macchina che trasforma un codice qualsiasi in uno decodificato.
- Un decodificatore è una macchina che riceve in ingresso una parola codice (C) ed ha in uscita n linee binarie (linee U_0, \dots, U_{N-1}) producendo $U_i = 1$ (in generale U_i attivo), se la parola codice in ingresso è quella associata a U_i . In questo modo si realizza la rappresentazione decodificata.



DIS - Dipartimento di Informatica e Sistemistica - Università di Napoli

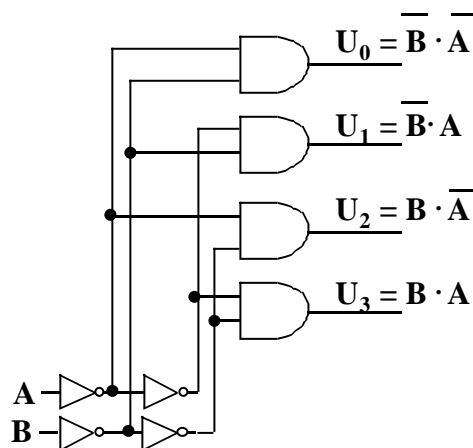


Sintesi della trascodifica da binario a 1 su N

Abbiamo un insieme sorgente di 4 elementi. Sono necessari 2 bit (A,B) per codificarlo. Nella rappresentazione decodificata servono invece 4 bit ($U_0 U_1 U_2 U_3$).

Esempio: Trascodifica 2:4

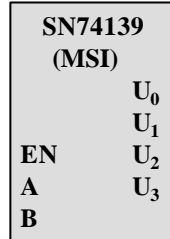
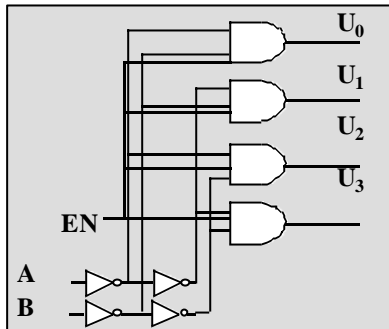
| B | A | U_0 | U_1 | U_2 | U_3 |
|---|---|-------|-------|-------|-------|
| 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |



DIS - Dipartimento di Informatica e Sistemistica - Università di Napoli



Il circuito integrato DECODER

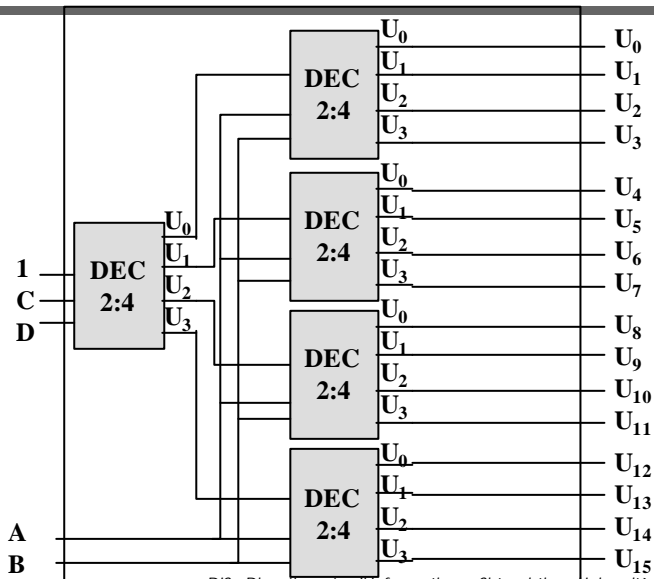


Quando EN=1 (segnale di abilitazione), vale 1 l'uscita il cui pedice, in decimale, corrisponde al numero binario in ingresso (A bit di minor peso)

DIS - Dipartimento di Informatica e Sistemistica - Università di Napoli



Composizione modulare di Decoder 4:16 utilizzando Decoder 2:4

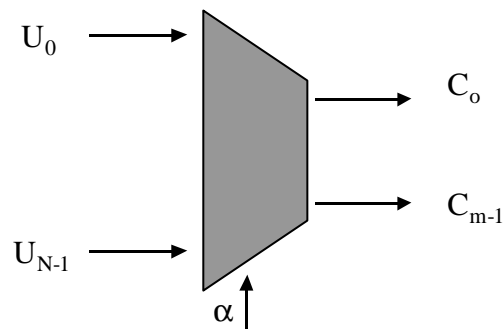


DIS - Dipartimento di Informatica e Sistemistica - Università di Napoli



Codificatore (Encoder)

- Un codificatore è una macchina che riceve in ingresso una rappresentazione decodificata (linee U_0, \dots, U_{N-1}) e fornisce in uscita la parola codice (C) associata a U_i se è $U_i=1$ (più in generale se U_i è attivo)

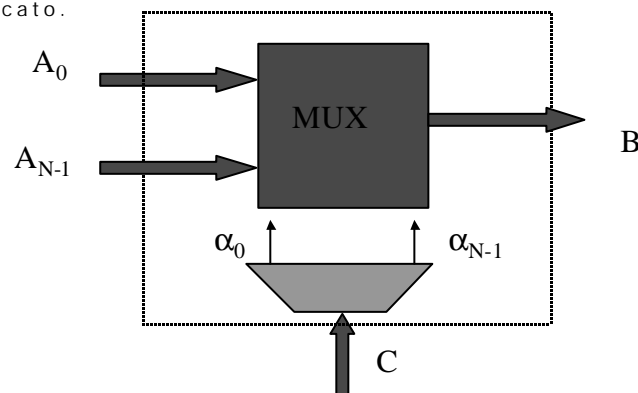


DIS - Dipartimento di Informatica e Sistemistica - Università di Napoli



Multiplexer Indirizzabile

- E' un Multiplexer a cui è associato un decodificatore le cui uscite sono collegate agli ingressi di selezione (segnali di abilitazione del ML). In questo modo la linea sorgente è individuata da un indirizzo (meno bit) e non da un codice decodificato.

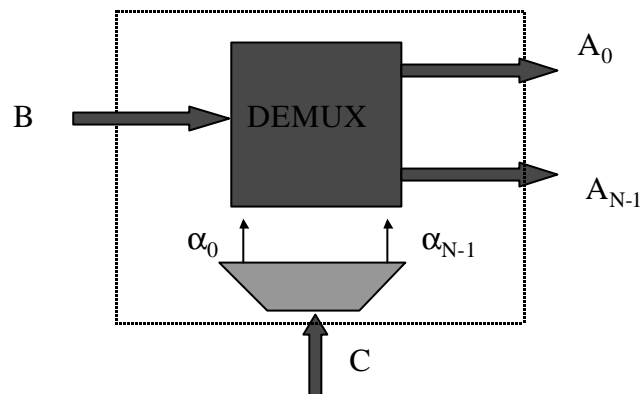


DIS - Dipartimento di Informatica e Sistemistica - Università di Napoli



Demultiplexer Indirizzabile

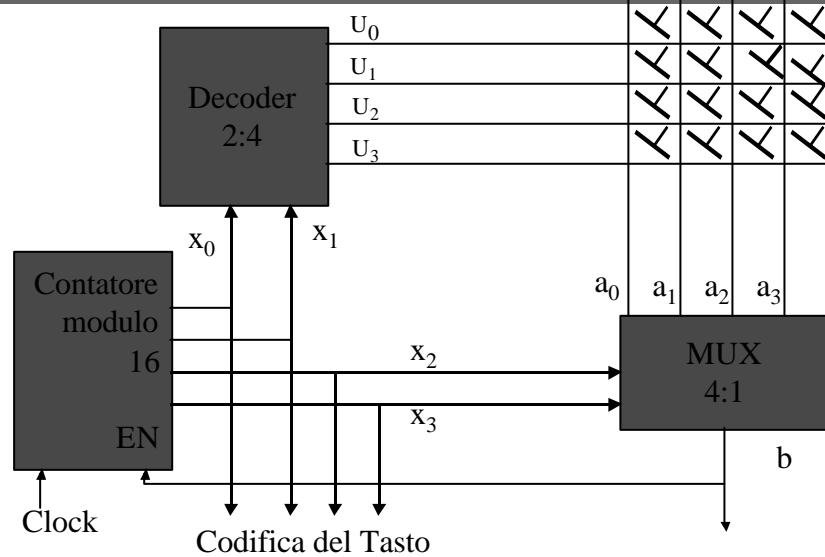
- E' un Demultiplexer i cui segnali di abilitazione sono collegati con le uscite di un decodificatore



DIS - Dipartimento di Informatica e Sistemistica - Università di Napoli



Una implementazione di una tastiera



DIS - Dipartimento di Informatica e Sistemistica - Università di Napoli



Implementazione di una tastiera

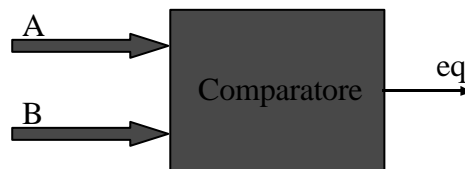
- Le 4 uscite del contatore sono usate per scorrere la matrice 4x4 dei tasti:
 - » i primi 2 bit costituiscono l'ingresso del decodificatore da cui uscirà una combinazione di 4 bit dove un solo bit è posto a 1 (tale bit identificherà la riga della matrice)
 - » Gli altri 2 bit sono invece gli ingressi del multiplexer e codificano la colonna da esaminare
- Se il tasto in corrispondenza della coppia (riga, colonna) esaminata è stato premuto, allora il multiplexer restituisce $b=1$. Contemporaneamente, la codifica del tasto (che corrisponde allo stato del contatore) è disponibile.
- Quando $b=1$ il conteggio viene fermato finché il tasto non viene rilasciato

DIS - Dipartimento di Informatica e Sistemistica - Università di Napoli



Comparatore

- Spesso accade che occorra confrontare due dati A e B in quanto l'unità di controllo dell'architettura deve proseguire con algoritmi differenti a seconda che i due dati siano eguali o diversi.
- *Il comparatore è una macchina che ha in ingresso due dati (A, B) ed in uscita un segnale booleano **eq** che è 1 se è $A=B$.*



DIS - Dipartimento di Informatica e Sistemistica - Università di Napoli



Parità e Controlli (1/2)

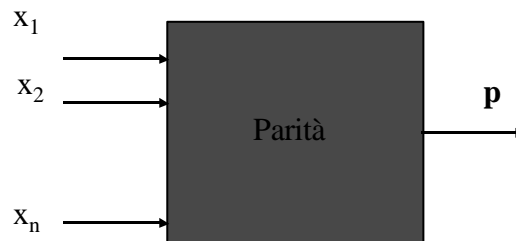
- Nel trasferimento di dati da una sorgente ad una destinazione si adoperano talora codici ridondanti al fine di potere effettuare controlli su eventuali errori.
- Il caso più semplice di controllo è quello del codice con singolo bit di parità: le parole-codice lecite hanno una parità prefissata di bit 1 (ad esempio un numero pari di bit 1).
- Sono necessarie, pertanto, macchine che determinano la parità (dispari o pari) dei bit 1 in una stringa
 - » sia al fine di determinare il bit di parità da aggiungere ad un codice non ridondante per renderlo ridondante e controllato;
 - » sia per determinare la parità complessiva del codice ridondante (cioè di quello che comprende anche il bit di parità) al fine di riconoscere eventuali errori.

DIS - Dipartimento di Informatica e Sistemistica - Università di Napoli



Parità e Controlli

- *Una rete di parità è una macchina che ha in ingresso n bit e che ne determina la parità, nel senso che, detta p la sua uscita, è $p=1$ se il numero di bit 1 dell'input è pari, $p=0$ se dispari (o viceversa)*

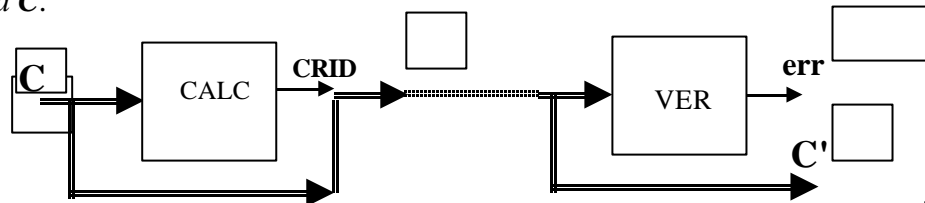


DIS - Dipartimento di Informatica e Sistemistica - Università di Napoli



Schema di Trasmissione con controllo di Parità

- In trasmissione il codice non ridondante C entra nel blocco **CALC**, una rete di parità che "calcola" il bit di parità.
- Il bit di parità viene aggiunto al codice C formando il codice ridondante **CRID**.
- In ricezione il codice ridondante viene inserito nel blocco **VER** che ne verifica la parità, fornendo un segnale di errore se la parità è scorretta.
- I bit costituenti la parte non ridondante del codice costituiscono quindi il codice C' che, se non è stato rilevato errore, è probabilmente eguale a C .



DIS - Dipartimento di Informatica e Sistemistica - Università di Napoli

