

Outline

- Functional schemes
- **Scrambling**
- Alarms and alarm states
- Physical interfaces and line systems
- Regenerator
- Line Terminal Multiplexer and Add Drop Multiplexer
- Digital Cross Connect
- Radio relay equipment



Why Scrambling?

- the statistical properties of bit sequences transmitted by a digital multiplexer vary very much, depending on operation conditions
 - unequipped tributaries: $P(0) = 1$
 - alarmed tributaries: $P(0) = 0$
- clock recovery circuits would work in very different conditions, should they do directly on these signals (e.g., NRZ coding in optical systems)

What is Scrambling?

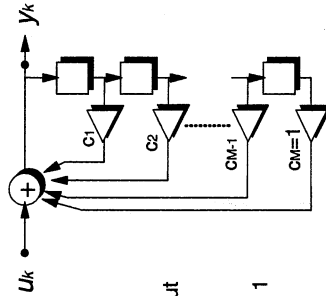
- equalization of statistics, on moments of both 1° and 2° order
 - ensure the same probability of "1" and "0" in the transmitted signal (equalize the average)
 - diminish the probability of long sequences of consecutive identical digits (CID) "111111111..." and "0000000000..." in the transmitted signal (whitening the autocorrelation and the power spectral density)
- two types of scramblers
 - basic self-synchronizing scrambler
 - additive scrambler



Basic Self-Synchronizing Scrambler

- basic self-synchronizing scrambler
 - 1 adder mod 2 (XOR)
 - M delay elements
 - M binary multipliers c_m ($c_M = 1$)
- the basic self-synchronizing descrambler is obtained by exchanging the input with the output
- defined by the characteristic polynomial

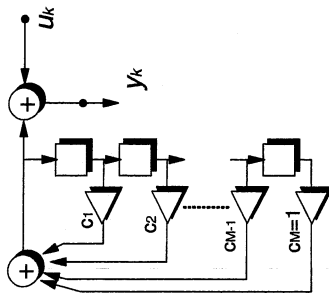
$$x^M + c_{M-1}x^{M-1} + c_{M-2}x^{M-2} + \dots + c_1x + 1$$



Additive Scrambler

- uses the basic self-synchronizing scrambler as *pseudo-random binary sequence (PRBS) generator*
- the *additive descrambler* is the same as the scrambler
 - adding twice the same binary sequence yields the original sequence
- this scrambler is *not* self-synchronizing!
- defined by the *characteristic polynomial*

$$X^M + C_{M-1}X^{M-1} + C_{M-2}X^{M-2} + \dots + C_1X + 1$$



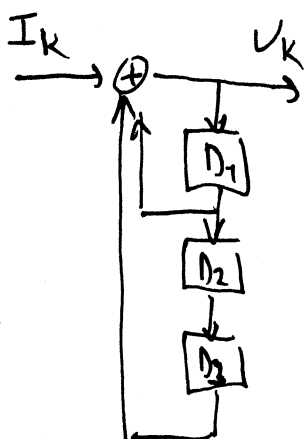
Scrambling in SDH Systems

- to avoid transmission of long sequences of *consecutive identical digits (CID)*
 - NRZ coding is used in SDH optical systems
- in the RST block, after having added the RSOH, the STM-N output signal is scrambled (first row of RSOH excluded) before line coding
 - additive scrambler with characteristic polynomial $x^7 + x^6 + 1$
 - reset to the "111111" status each STM-N frame on the first bit of the first byte after the first row of RSOH
 - the first row of RSOH is not scrambled to allow the descrambler to synchronize....
 - ...and therefore should not include long CID sequences in J0 and X bytes!

Domanda 2

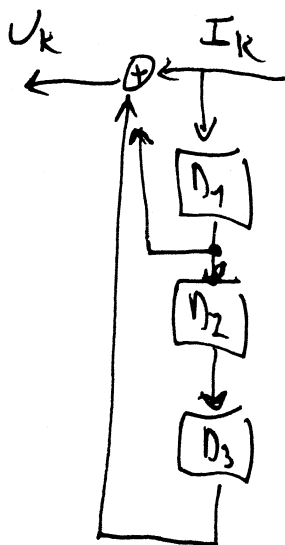
(svolgere su questo foglio) (6 punti)

- a) Si disegni lo schema di uno *scrambler autosincronizzante* avente polinomio caratteristico $1+x+x^3$. Si indichi la sequenza binaria in ingresso con $\{I_k\}$ e la sequenza binaria in uscita con $\{U_k\}$.
- b) Lo si inizializzi con tutti "0" negli elementi di ritardo D_i e lo si alimenti con una sequenza dati composta da tutti "1" in ingresso. Ricavare la sequenza restituita all'uscita, evidenziando la sua periodicità.
- c) Lo si inizializzi con la sequenza "100" negli elementi di ritardo, si scambi l'ingresso con l'uscita e lo si alimenti con la sequenza risultato della domanda precedente. Ricavare la sequenza restituita all'uscita.



Periodo K	I_k	D_{1k}	D_{2k}	D_{3k}	U_k
0	1	0	0	0	1
1	1	1	0	0	0
2	1	0	1	0	1
3	1	1	0	1	1
4	1	1	1	0	0
5	1	0	1	1	0
6	1	0	0	1	0
7	1	0	0	0	1
...

Periodo
 $2^3 - 1 = 7$



Periodo K	I_k	D_{1k}	D_{2k}	D_{3k}	U_k
0	1	1	0	0	0
1	0	1	1	0	1
2	1	0	1	1	0
3	1	1	0	1	1
4	0	1	1	0	1
5	0	0	1	1	1
6	0	0	0	1	1
7	1	0	0	0	1
...

3 bit
 necessari
 perché il
 de-scrambler
 si
 autosincronizzi

Cognome e nome:

(stampatello)

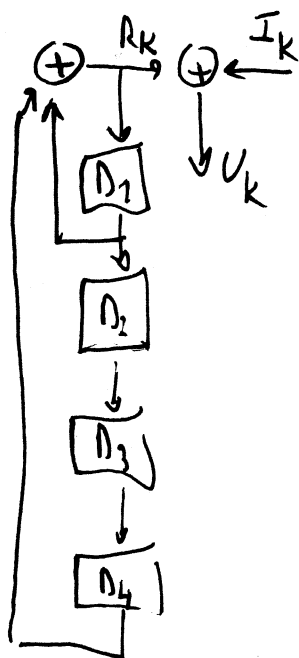
(firma leggibile)

Matricola:

Domanda 2

(svolgere su questo foglio e sul retro) (5 punti)

- a) Si disegni lo schema di uno *scrambler additivo* avente polinomio caratteristico $1+x+x^4$. Si indichi la sequenza binaria in ingresso con $\{I_k\}$, la sequenza binaria in uscita con $\{U_k\}$, la sequenza binaria pseudocasuale con $\{R_k\}$.
- b) Lo si inizializzi con "1" nel primo elemento di ritardo (D_1) e con "0" in tutti gli altri ($D_i, i>1$) e lo si alimenti con una sequenza dati composta da tutti "0" in ingresso. Ricavare la sequenza restituita all'uscita, evidenziando la sua periodicità.
- c) Disegnare lo schema del descrambler corrispondente. Si consideri questo descrambler nello stato "11" in D_1, D_2 e "0" in $D_i (i>2)$. Dire sotto quale condizione questo descrambler riproduce la sequenza originale in ingresso allo scrambler.

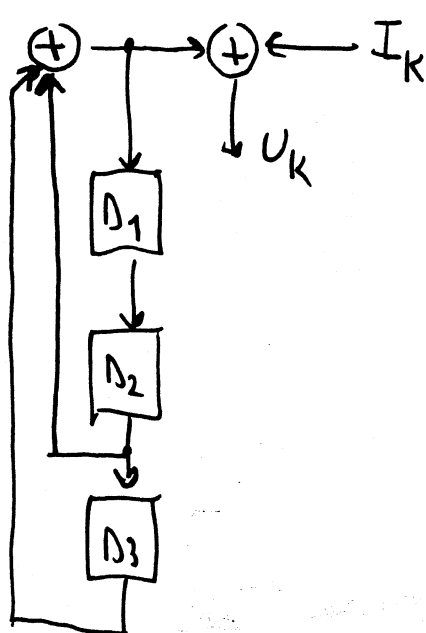
 $P=15$

$P_{mod} K$	I_k	D_{1k}	D_{2k}	D_{3k}	D_{4k}	R_k	U_k
0	0	1	0	0	0	1	idem $\{R_k\}$
1	0	1	1	0	0	1	
2	0	1	1	1	0	1	
3	0	1	1	1	1	0	
4	0	0	1	1	1	1	
5	0	1	0	1	1	0	
6	0	0	1	0	1	1	
7	0	1	0	1	0	1	
8	0	1	1	0	1	0	
9	0	0	1	1	0	0	
10	0	0	0	1	1	1	
11	0	1	0	0	1	0	
12	0	0	1	0	0	0	
13	0	0	0	1	0	0	
14	0	0	0	0	1	1	
15	0	1	0	0	0	1	

Domanda 3

(svolgere su questo foglio)
(6 punti)

- a) Si disegni lo schema di uno *scrambler additivo* avente polinomio caratteristico $1+x^2+x^3$.
- b) Lo si inizializzi con tutti "1" negli elementi di ritardo e lo si alimenti con una sequenza dati composta da tutti "1" in ingresso. Qual è la sequenza pseudo-casuale di bit che è sommata alla sequenza di dati? Qual è la sequenza di bit restituita all'uscita? Qual è il periodo delle due sequenze?



Ponti K	I_k	D_{1k}	D_{2k}	D_{3k}	R_k	U_k
0	1	1	1	1	0	1
1	1	0	1	1	0	1
2	1	0	0	1	1	0
3	1	1	0	0	0	1
4	1	0	1	0	1	0
5	1	1	0	1	1	0
6	1	1	1	0	1	0
7	1	1	1	1	0	1
8	1	:	:	:	:	:
9	1	:	:	:	:	:

U_k : sequenze binarie all'uscita

R_k : sequenze PRBS

Periodo: $2^3 - 1 = 7$