

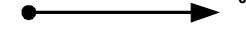
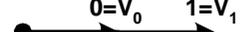
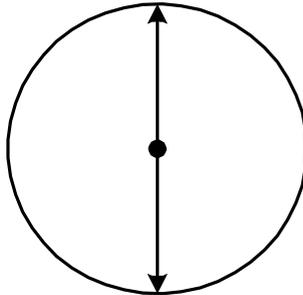
SISTEMI DIGITALI DI TELECOMUNICAZIONI

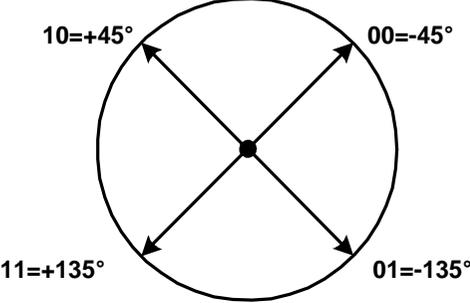
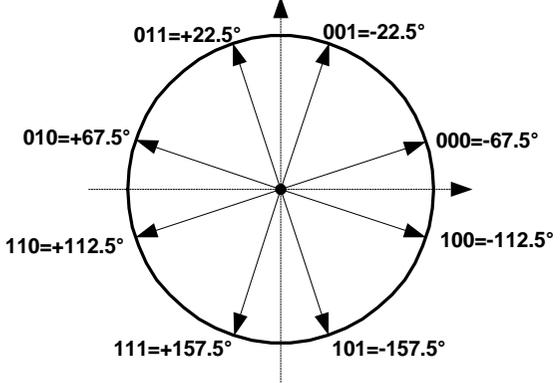
Trasmissioni su canale passa basso – CODICI DI LINEA

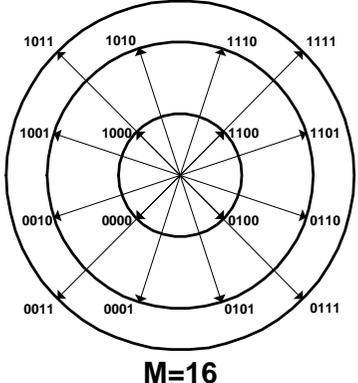
TIPO DI CODICE	CODICE DI LINEA	REGOLA DI CODIFICA	CARATTERISTICHE (ES. B=10MHZ)		IMPIEGO
Binario	NRZ (NonReturn to Zero)	alto e basso per t_{bit}	Valor medio	NON NULLO	<ul style="list-style-type: none"> ➤ <i>Trasmissioni su Fibra Ottica (preceduto da 5B-6B)</i> ➤ <i>LAN IEEE802.12 100VG AnyLan (metodo d'accesso a priorità di domanda) 100 Mbps su TP e FO (preceduto da 5B-6B)</i>
			f annullamento spettro = $1/\tau$	$f_{ck}=1/t_{bit}=1/T_{ck}$	
			f_0	$f_{ck}/2$	
			Contiene f_{ck}	NO	
			Capacità di Canale C	$1/t_{bit}=2f_0=2B=20Mbps$	
Binario	NRZI (NonReturn to Zero Inverted on one)	bit a 0 = nessuna transizione rispetto a simbolo precedente bit a 1 = sempre transizione rispetto a simbolo precedente	Valor medio	NON NULLO	<ul style="list-style-type: none"> ➤ <i>LAN ISO9314 FDDI (Fiber Distributed Data Interface; Metodo d'accesso a token; due anelli) 100Mbps su FO (preceduto da 4B-5B).</i> ➤ <i>LAN IEEE802.3 ETHERNET 100BaseF 100Mbps su FO (preceduto da 4B-5B).</i>
			f annullamento spettro = $1/\tau$	$f_{ck}=1/t_{bit}=1/T_{ck}$	
			f_0	$f_{ck}/2$	
			Contiene f_{ck}	NO	
			Capacità di Canale C	$1/t_{bit}=2f_0=2B=20Mbps$	
Binario	RZ (Return to Zero)	alto per $t_{bit}/2$	Valor medio	NON NULLO	<p>A parità di Banda disponibile presenta una Capacità di canale pari alla metà rispetto a NRZ e NRZI (a parità di Bit Rate occupa una banda doppia). Non utilizzato. Lo spettro trasmesso contiene f_{ck}. Per questo è ricavato da altro codice (es. AMI 50%) in linea per assicurare la sincronizzazione.</p>
			f annullamento spettro = $1/\tau$	$2f_{ck}=2/t_{bit}=2/T_{ck}$	
			f_0	f_{ck}	
			Contiene f_{ck}	SI	
			Capacità di Canale C	$1/t_{bit}=f_0=B=10Mbps$	
Binario	Manchester (Bifase)	sempre transizione al centro di t_{bit} bit a 0 = in fase con il clock bit a 1 = in opposizione di fase con il clock	Valor medio	NULLO	<ul style="list-style-type: none"> ➤ <i>LAN IEEE802.3 ETHERNET 10BaseT 10Mbps su TP</i> ➤ <i>LAN IEEE802.5 TOKEN RING (4 o 16 Mbps su cavo in rame STP o UTP)</i>
			f annullamento spettro = $1/\tau$	$2f_{ck}=2/t_{bit}=2/T_{ck}$	
			f_0	f_{ck}	
			Contiene f_{ck}	SI	
			Capacità di Canale C	$1/t_{bit}=f_0=B=10Mbps$	

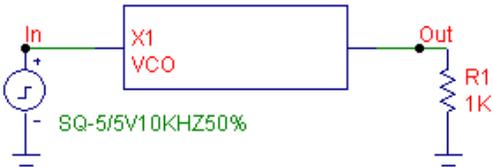
Binario	Bifase Differenziale	sempre transizione al centro di t_{bit} bit a 0 = in fase con transizione precedente bit a 1 = in opposizione di fase con transizione precedente	Valor medio	NULLO	➤ <i>TRASMISSIONE DATI CON DCE IN BANDA BASE (fino a 19200bps) SU LINEE DEDICATE</i>
			f annullamento spettro = $1/\tau$	$2f_{ck}=2/t_{bit}=2/T_{ck}$	
			f_0	f_{ck}	
			Contiene f_{ck}	SI	
			Capacità di Canale C	$1/t_{bit}=f_0=B=10Mbps$	
Pseudo ternario (ogni simbolo porta un solo bit)	MLT3 (MultiLevel Ternary-3)	bit a 0 = nessuna transizione bit a 1 = sempre transizione $0 \rightarrow +V, +V \rightarrow 0, 0 \rightarrow -V, -V \rightarrow 0$	Valor medio	NULLO	➤ <i>LAN IEEE802.3u FAST ETHERNET 100BaseT 100Mbps su TP (preceduto da 4B-5B)</i> ➤ <i>LAN ISO9314 FDDI 100Mbps su TP (preceduto da 4B-5B)</i>
			f annullamento spettro = $1/\tau$	$f_{ck}/2=1/2t_{bit}=2/T_{ck}$ ($f_{ck}, 3f_{ck}/2, 2f_{ck}, \dots$)	
			f_0	$f_{ck}/4$	
			Contiene f_{ck}	NO	
			Capacità di Canale C	$1/t_{bit}=4f_0=4B=40Mbps$	
Pseudo ternario (ogni simbolo porta un solo bit)	AMI (50%) (Alternate Mark Inversion)	bit a 0 = nessuna transizione bit a 1 = sempre transizione $0 \rightarrow +V \rightarrow 0, 0 \rightarrow -V \rightarrow 0$ alternate	Valor medio	NULLO	CONTROLLO DEGLI ERRORI (alternanza) In ricezione raddrizzatore a doppia semionda produce segnale RZ che permette la sincronizzazione. ➤ <i>Sistemi PCM (USA) (T0 64Kbps, T1 1544Kbps) Primary Rate ISDN over T1</i> AMI 100%: ➤ <i>ISDN USA da TE a NT1</i> ➤ <i>TRASMISSIONE DATI DCE IN BANDA BASE (64Kbit/sec) SU LINEE DEDICATE</i>
			f annullamento spettro = $1/\tau$	$f_{ck}=1/t_{bit}=1/T_{ck}$	
			f_0	$f_{ck}/2$	
			Contiene f_{ck}	NO	
			Capacità di Canale C	$1/t_{bit}=2f_0=2B=20Mbps$	
Pseudo ternario (ogni simbolo porta un solo bit)	HDB-3 (High Density Bipolar-3)	Uguale ad AMI ma mai più di 3 zeri consecutivi. 4 zeri consecutivi codificati 000V o B00V in modo da mantenere valor medio nullo. V = impulso che viola la regola dell'alternanza. B = impulso che rispetta la regola dell'alternanza. (vedi fig. 7.8 pag. 176)	Valor medio	NULLO	CONTROLLO DEGLI ERRORI (alternanza) In ricezione raddrizzatore a doppia semionda produce segnale RZ che permette la sincronizzazione. ➤ <i>Sistemi PCM (EUROPA) (E0 64Kbps, E1 2048Kbps)</i> ➤ <i>ISDN EUROPA da TE a NT1</i> ➤ <i>TRASMISSIONE DATI DCE IN BANDA BASE (2048Kbit/sec) SU LINEE DEDICATE</i>
			f annullamento spettro = $1/\tau$	$f_{ck}=1/t_{bit}=1/T_{ck}$	
			f_0	$f_{ck}/2$	
			Contiene f_{ck}	NO	
			Capacità di Canale C	$1/t_{bit}=2f_0=2B=20Mbps$	

Quaternario	2B/1Q (2Binary – 1Quaternary)	<table border="1"> <tr> <td>1 0</td> <td>+ V₀</td> <td>+ 2.5V</td> </tr> <tr> <td>1 1</td> <td>+ V₀/3</td> <td>+ 0.833V</td> </tr> <tr> <td>0 1</td> <td>- V₀/3</td> <td>- 0.833V</td> </tr> <tr> <td>0 0</td> <td>- V₀</td> <td>- 2.5V</td> </tr> </table> <p>(vedi fig. 7.9 pag. 177)</p>	1 0	+ V ₀	+ 2.5V	1 1	+ V ₀ /3	+ 0.833V	0 1	- V ₀ /3	- 0.833V	0 0	- V ₀	- 2.5V	Valor medio	NULLO	<p>Il bit rate (bit al secondo) è pari a due volte la velocità di modulazione (simboli al secondo=baud)</p> <p>➤ ISDN nel collegamento da utente a centrale locale.</p>
			1 0	+ V ₀	+ 2.5V												
			1 1	+ V ₀ /3	+ 0.833V												
			0 1	- V ₀ /3	- 0.833V												
			0 0	- V ₀	- 2.5V												
f annullamento spettro = 1/τ	$1/T_{SYM}=1/2t_{bit}=f_{ck}/2=1/2T_{ck}$																
f ₀	$1/2 T_{SYM} = 1/4t_{bit} = f_{ck}/4$																
Contiene f _{ck}	NO																
Capacità di Canale C	$1/t_{bit}=2/ T_{SYM} = 4f_0=4B=40Mbps$																
Multilivello	PAM-5 (Pulse Amplitude Modulation – 5)	<p>5 LIVELLI (-2, -1, 0, +1, +2). Il messaggio suddiviso in ottetti. Ognuno dei possibili 256 ottetti è associato ad una delle 4⁴ combinazioni possibili dei 4 simboli ognuno dei quali può assumere 4 valori di tensione.</p>	<p>Come prima ogni simbolo porta due bit.</p>		<p>Implementa una codifica di canale FEC per la correzione degli errori. Il quinto simbolo non utilizzato per la trasmissione dell'informazione introduce una ridondanza che consente di implementare il FEC. (pag. 177; FEC pag. 149)</p> <p>➤ LAN IEEE802.3ab GIGA-ETHERNET 1000BaseT 1Gbps su UTP 5e o superiori.</p>												

Trasmissioni su canale passa banda – MODULAZIONI DIGITALI				
TIPO DI MOD.	MODULAZIONE	COSTELLAZIONE	CARATTERISTICHE	IMPIEGO
Ampiezza	OOK (On Off Keying)	$0=0V$ $1=V_0$ 	Scarsa immunità al rumore Bassa Efficienza Spettrale $R = V_m$	OBSOLETA
Ampiezza	ASK (Amplitude Shift Keying)	$0=V_0$ $1=V_1$  $0=-V_0$ $1=+V_0$ 	Scarsa immunità al rumore Bassa Efficienza Spettrale. $R = V_m$	OBSOLETA
Ampiezza	4-ASK	$00=-3V_0$ $01=-V_0$ $11=+V_0$ $10=+3V_0$ 	Codifica di Canale in Banda Base a 4 livelli prima della Modulazione (es. 2B-1Q). Scarsissima immunità al rumore. Maggiore Efficienza Spettrale della 2-ASK ma comunque bassa. $R = 2 V_m$	INUTILIZZATA
Fase	2-PSK o BPSK (Phase Shift Keying o Binary PSK)		Medio alta immunità al rumore. Bassa Efficienza Spettrale. $R = V_m$	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Uplink per FDD (Frequency Division Duplex) dello Standard Europeo UMTS denominato UTRA (UMTS Terrestrial Radio Access) [1920÷1980MHz]

<p>Fase</p>	<p>4-PSK o QPSK (Phase Shift Keying o Quadrature PSK)</p>		<p>Medio alta immunità al rumore. Maggiore Efficienza Spettrale della 2-PSK ma comunque bassa. $R = 2 V_m$</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Downlink per FDD (Frequency Division Duplex) dello Standard Europeo UMTS denominato UTRA (UMTS Terrestrial Radio Access) [2110÷2170MHz] ➤ TDD (Time Division Duplex) dello Standard Europeo UMTS denominato UTRA (UMTS Terrestrial Radio Access) [1900÷1920MHz e 2010÷2025 MHz] ➤ DVB-S (Digital Video Broadcast – Satellite; TV digitale Satellitare) + correzione FEC
<p>Fase</p>	<p>8-PSK</p>		<p>Medio alta immunità al rumore. Maggiore Efficienza Spettrale della 4-PSK ma comunque relativamente bassa. $R = 3 V_m$</p>	<p>Utilizzata PRINCIPALMENTE nella forma Differenziale.</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Nella versione $3\pi/8$ shifted 8-PSK in EGPRS (Enhanced GPRS).
<p>Fase</p>	<p>DPSK (Differential Phase Shift Keying) 2-DPSK o DBPSK 4-DPSK o DQPSK 8-DPSK</p>	<p>La modulazione ad ogni bit (2-DPSK), dibit (4-DPSK) o tritbit (8-DPSK) è associato ad un salto della fase della portante rispetto alla fase precedente. Le associazioni tra bit, dibit e tritbit e sfasamenti possono essere quelle delle modulazioni PSK precedenti ma qui rappresentano un salto di fase rispetto alla fase della portante associata al bit, dibit o tritbit precedente.</p>	<p>Vedi sopra</p>	<p>DBPSK:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ WLAN Standard IEEE 802.11b o Wi-Fi (Wideband Fidelity) a 1Mbps. [2400MHz] <p>DQPSK:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Modem fonici V.22 (1200bps, 600baud) ➤ Modem fonici V.26 (2400bps, 1200baud)

				<ul style="list-style-type: none"> ➤ <i>WLAN Standard IEEE 802.11b o Wi-Fi (Wideband Fidelity) a 2Mbps, 5.5Mbps e 11Mbps. [2400MHz].</i> <p>8-DPSK:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ <i>Modem fonici V.27 (4800bps, 1600baud)</i> 																																																			
Mista Ampiezza - Fase	<p>M-QAM (Quadrature Amplitude Modulation)</p> <p>M=numero di simboli o stati ≥16</p>		<table border="1"> <thead> <tr> <th>BIN</th> <th>A</th> <th>FASE</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0000</td><td>A1</td><td>+135°</td></tr> <tr><td>1000</td><td>A1</td><td>+45°</td></tr> <tr><td>1100</td><td>A1</td><td>-45°</td></tr> <tr><td>0100</td><td>A1</td><td>-135°</td></tr> <tr><td>0110</td><td>A2</td><td>-112.5°</td></tr> <tr><td>0101</td><td>A2</td><td>-157.5°</td></tr> <tr><td>0001</td><td>A2</td><td>+157.5°</td></tr> <tr><td>0010</td><td>A2</td><td>+112.5°</td></tr> <tr><td>1001</td><td>A2</td><td>+67.5°</td></tr> <tr><td>1010</td><td>A2</td><td>+22.5°</td></tr> <tr><td>1110</td><td>A2</td><td>-22.5°</td></tr> <tr><td>1101</td><td>A2</td><td>-67.5°</td></tr> <tr><td>1111</td><td>A3</td><td>-45°</td></tr> <tr><td>1011</td><td>A3</td><td>+45°</td></tr> <tr><td>0011</td><td>A3</td><td>+135°</td></tr> <tr><td>0111</td><td>A3</td><td>-135°</td></tr> </tbody> </table> <p>Bassa immunità al rumore. Alta o altissima Efficienza Spettrale. Dipende dal valore di M. Con M=16 R =4 V_m</p>	BIN	A	FASE	0000	A1	+135°	1000	A1	+45°	1100	A1	-45°	0100	A1	-135°	0110	A2	-112.5°	0101	A2	-157.5°	0001	A2	+157.5°	0010	A2	+112.5°	1001	A2	+67.5°	1010	A2	+22.5°	1110	A2	-22.5°	1101	A2	-67.5°	1111	A3	-45°	1011	A3	+45°	0011	A3	+135°	0111	A3	-135°	<p>16-QAM:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ <i>Modem fonici V.29 e V32 (9600bps, 2400baud).</i> <p>16-QAM, 64-QAM, 128-QAM:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ <i>Ponti Radio a Microonde (f>1GHz) digitali.</i> <p>64-QAM</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ <i>DVB-C (Digital Video Broadcast – Coaxial; TV digitale su cavo coassiale).</i> <p>16-QAM e 64-QAM</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ <i>DVB-T (Digital Video Broadcast – Terrestrial; TV digitale Terrestre).</i>
BIN	A	FASE																																																					
0000	A1	+135°																																																					
1000	A1	+45°																																																					
1100	A1	-45°																																																					
0100	A1	-135°																																																					
0110	A2	-112.5°																																																					
0101	A2	-157.5°																																																					
0001	A2	+157.5°																																																					
0010	A2	+112.5°																																																					
1001	A2	+67.5°																																																					
1010	A2	+22.5°																																																					
1110	A2	-22.5°																																																					
1101	A2	-67.5°																																																					
1111	A3	-45°																																																					
1011	A3	+45°																																																					
0011	A3	+135°																																																					
0111	A3	-135°																																																					
Mista Ampiezza - Fase	<p>TCM (Trellis Coded Modulation = modulazione con codifica a traliccio)</p>	<p>È una M-QAM cui si antepone una codifica di canale di tipo FEC per migliorare l'immunità al rumore. Ciò permette di aumentare gli stati della codifica di canale a 256 o 512.</p>	<p>Media immunità al rumore. Altissima Efficienza Spettrale. Con M=256 R =8 V_m Con M=512 R =9 V_m (occorre però considerare la FEC)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ <i>Modem fonici V.32bis e V33 (14400bps, 2400baud), V34 (28800bps, 3200baud), V34+ e V90 in TX (33600bps, 3500baud)</i> ➤ <i>Ponti Radio a Microonde (f>1GHz) digitali.</i> ➤ <i>ADSL: in ognuna delle sottobande in cui viene suddivisa la banda complessiva tramite la tecnica di modulazione DTM (Discrete Multi-Tone).</i> 																																																			

<p>Frequenza</p>	<p>FSK (Frequency Shift Keying)</p>	<p>È una modulazione FM però con modulante numerica. Si può quindi realizzare con:</p> 	<p>Alta immunità al rumore. Bassa Efficienza Spettrale.</p>	<p>Viene utilizzata nelle varianti MSK e GMSK</p>
<p>Frequenza</p>	<p>MSK (Minimum Shift Keying)</p>	<p>In una modulazione FSK quindi si ha il passaggio da uno stato all'altro e quindi da una frequenza all'altra del segnale modulato, quest'ultimo può avere una brusca variazione di fase non essendoci nessun vincolo tra le due frequenze ed il tempo di bit. Nelle trasmissioni radio questo può costituire un inconveniente, dal momento che provoca un allargamento dello spettro. L'MSK lega la deviazione in frequenza tra i due stati al tempo di bit; al termine del tempo di bit la fase del modulato subisce una variazione di $+90^\circ$ in corrispondenza di un 1 e -90° in corrispondenza di uno 0.</p>	<p>Alta immunità al rumore. Bassa Efficienza Spettrale ma comunque migliore della FSK.</p>	<p>Attualmente prioritariamente utilizzato nella variante GMSK</p>
<p>Frequenza</p>	<p>GMSK (Gaussian Minimum Shift Keying)</p>	<p>Variante della MSK nella quale si antepone al segnale modulante (numerico) un filtro con Diagramma di Bode del modulo di tipo gaussiano (a campana) per smorzare le brusche transizioni della modulante che altrimenti provocano significative componenti spettrali in alta frequenza. Il segnale modulato ha così uno spettro più compatto che non presenta componenti spettrali significative fuori banda e quindi non determina interferenze con canali adiacenti.</p>	<p>Alta immunità al rumore. Bassa Efficienza Spettrale ma comunque migliore della MSK.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ GSM (Global System for Mobile communications) ➤ GPRS (General Packet Radio Service) [GSM a commutazione di pacchetto IP]. <p>Nella variante GFSK (Gaussian Frequency Shift Keying):</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Bluetooth (sistema wireless a corto raggio 0.01÷10m) ➤ DECT (Digital Enhanced Cordless Telecommunication). Standard digitale per telefoni Cordless. Usa CODEC ADPCM a 32Kbit/sec.