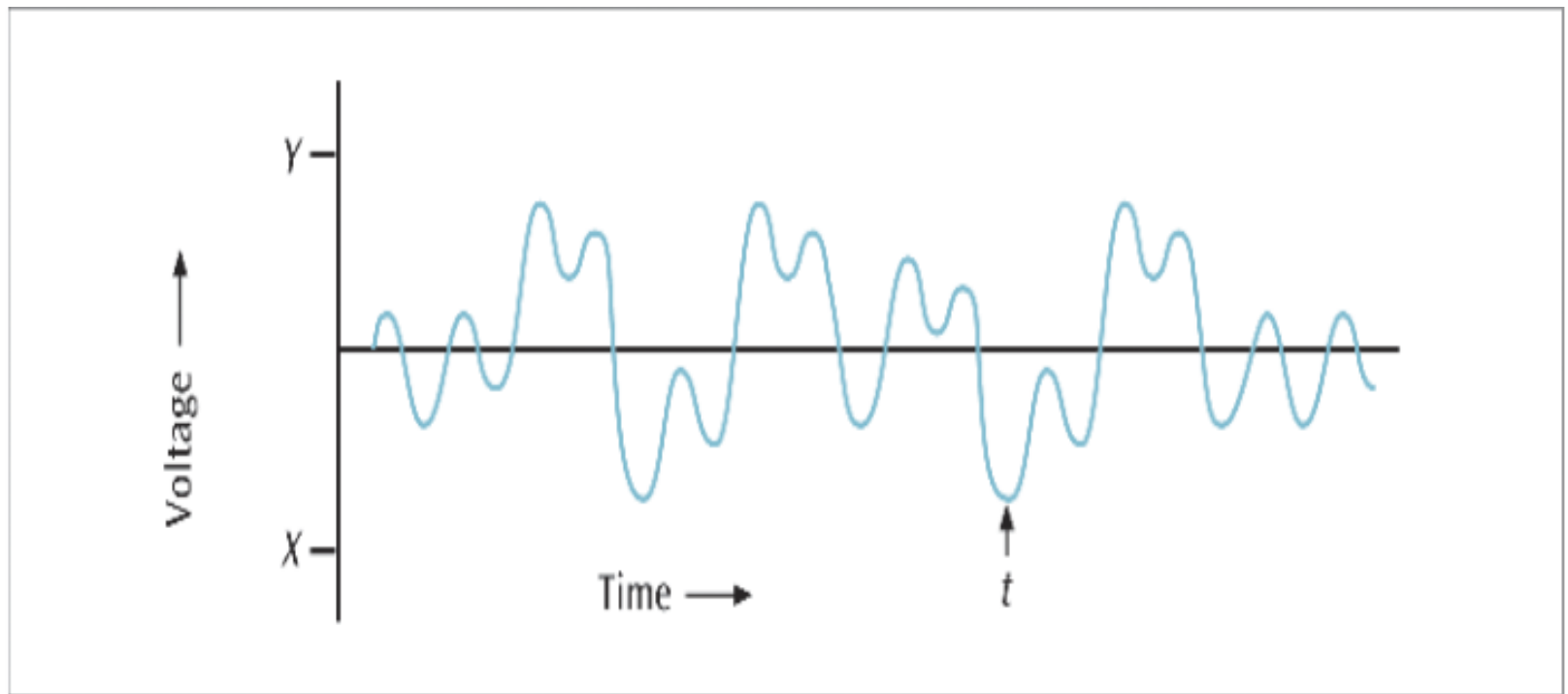


Segnale Analogico

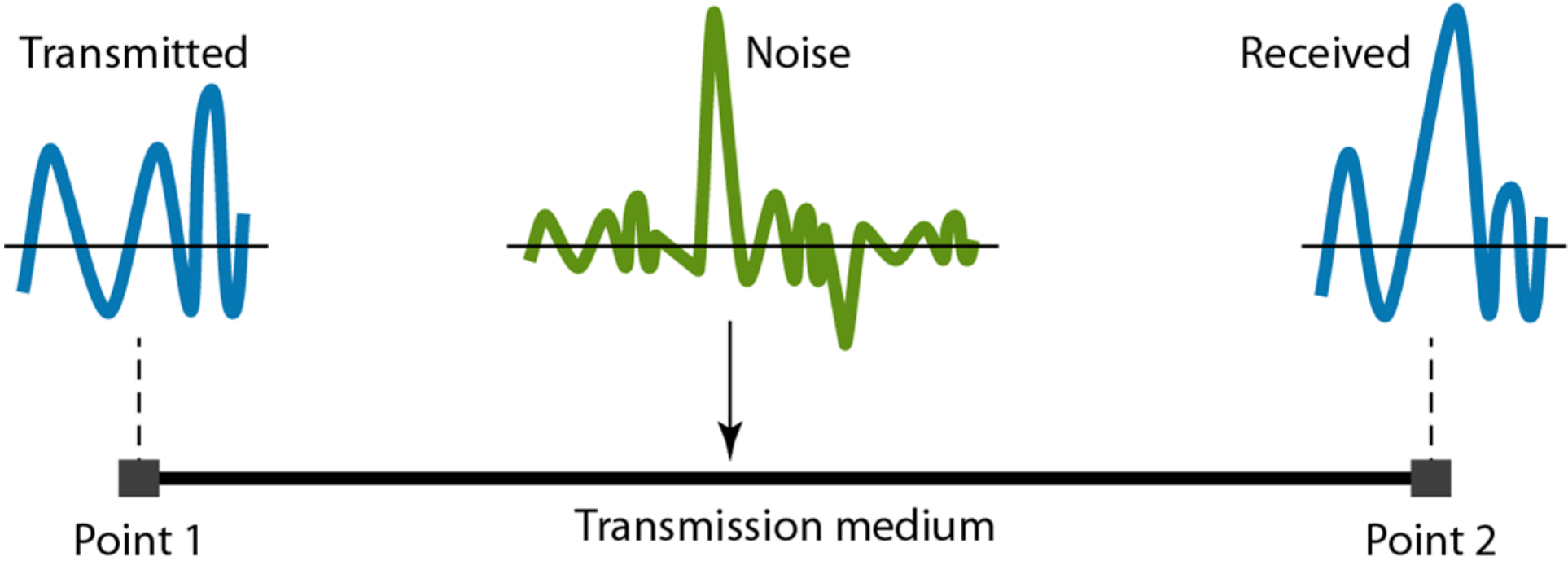
- Forma d'onda “continua”

Figure 2-1

A simple example of an analog waveform



Rumore

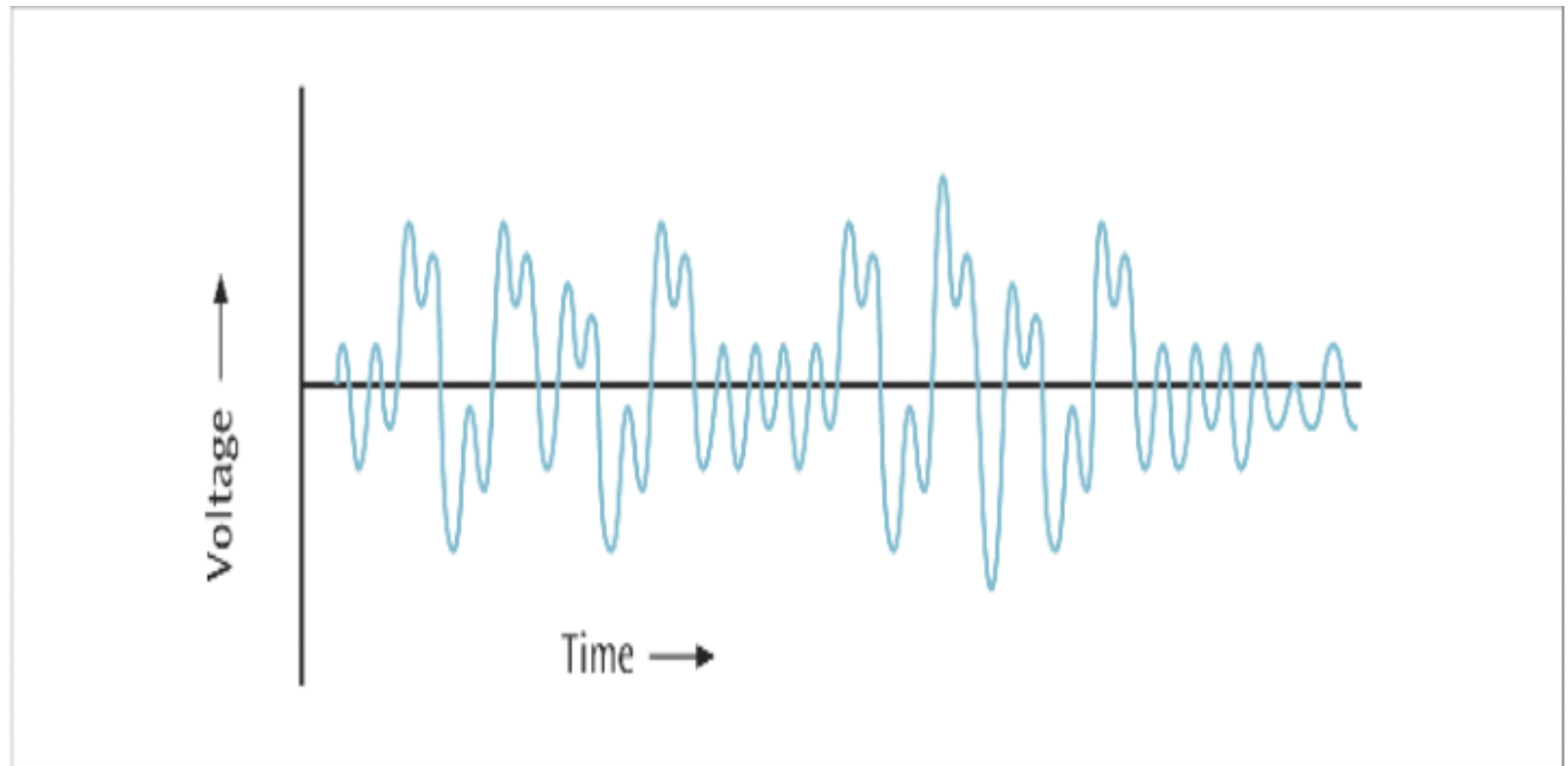


Segnale Analogico + Rumore

- Il rumore si sovrappone al segnale e lo altera, impossibile separare il segnale dal rumore

Figure 2-2

The waveform of a symphonic overture with noise

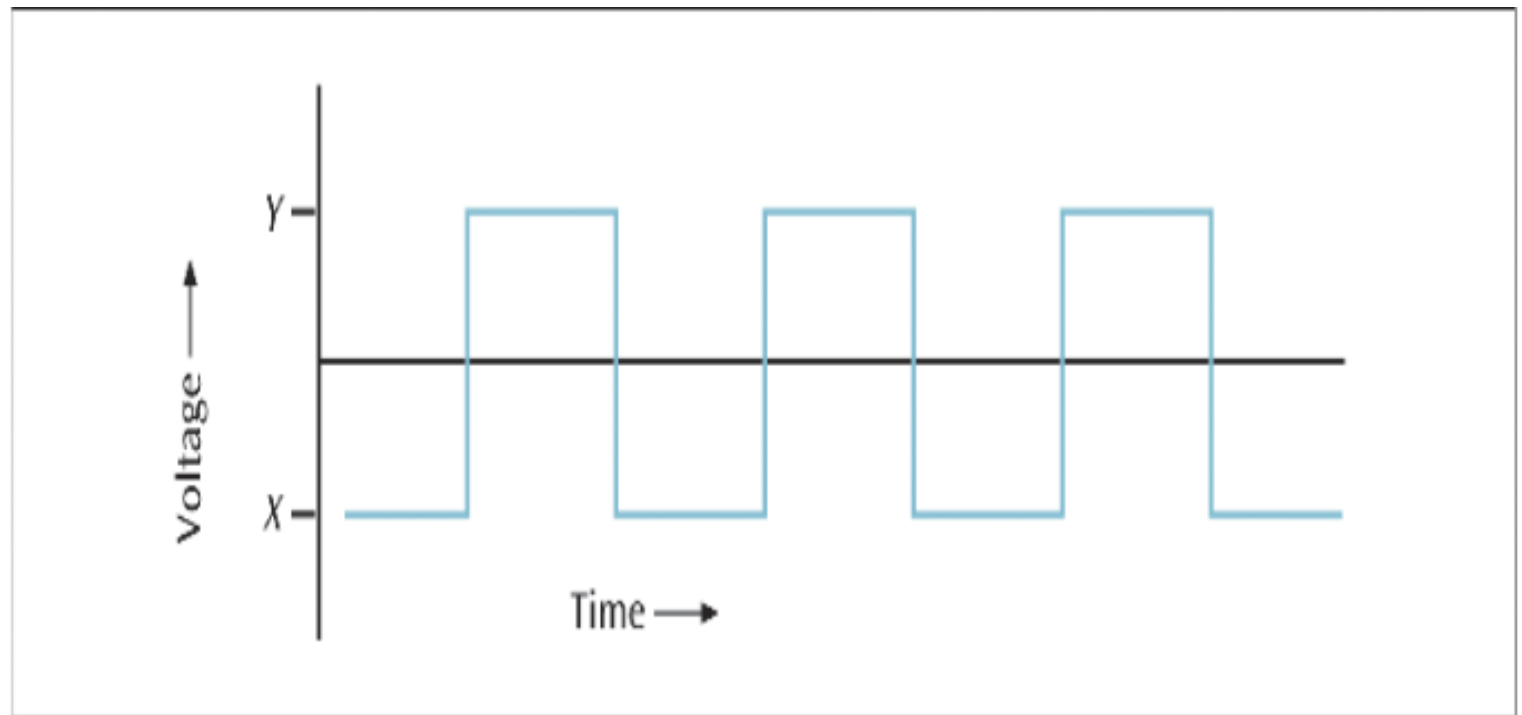


Segnale Digitale Ideale

- Segnale discreto, usualmente con 2 livelli, che rappresenta una sequenza di bit

Figure 2-3

A simple example of a digital waveform

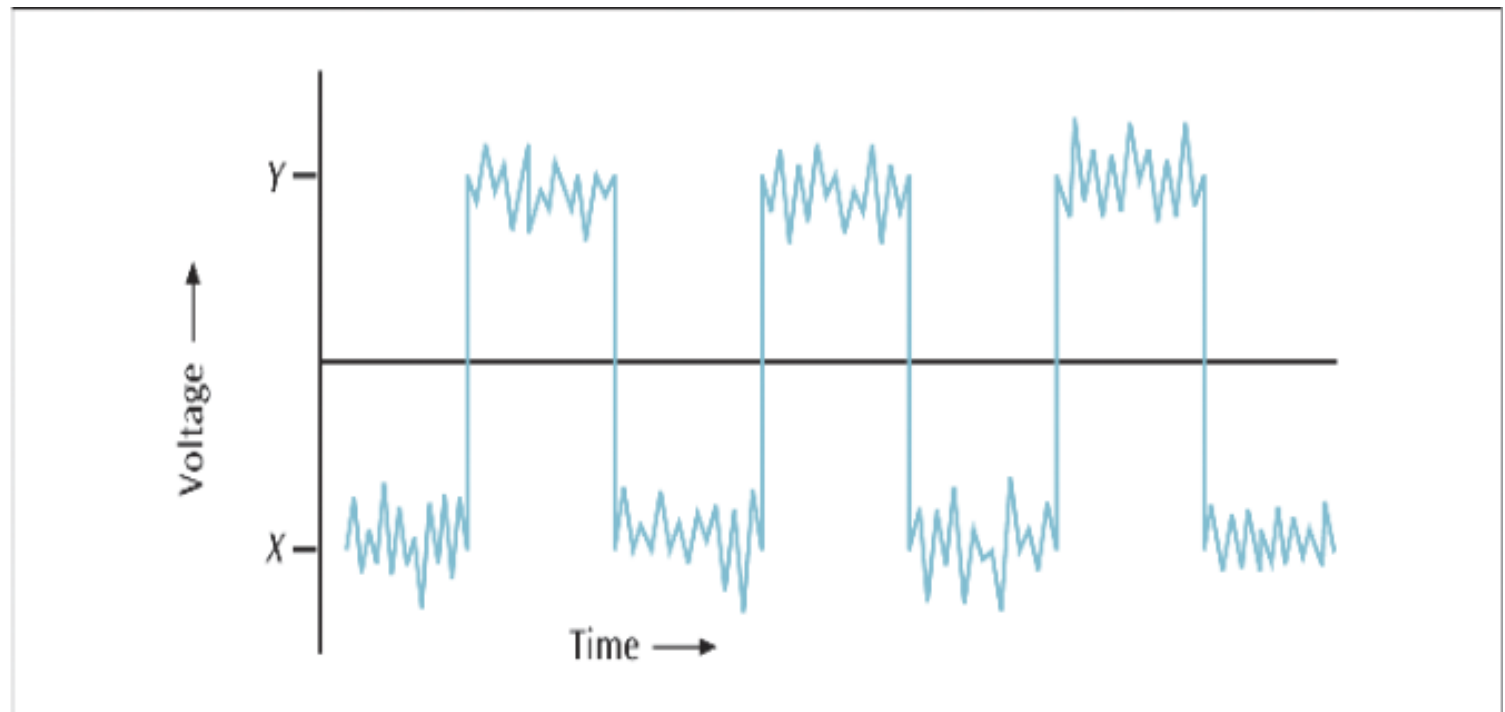


Segnale Digitale + Rumore

- E' possibile riconoscere più facilmente il segnale originario in quanto vi sono due valori ammissibili

Figure 2-4

A digital signal with some noise introduced

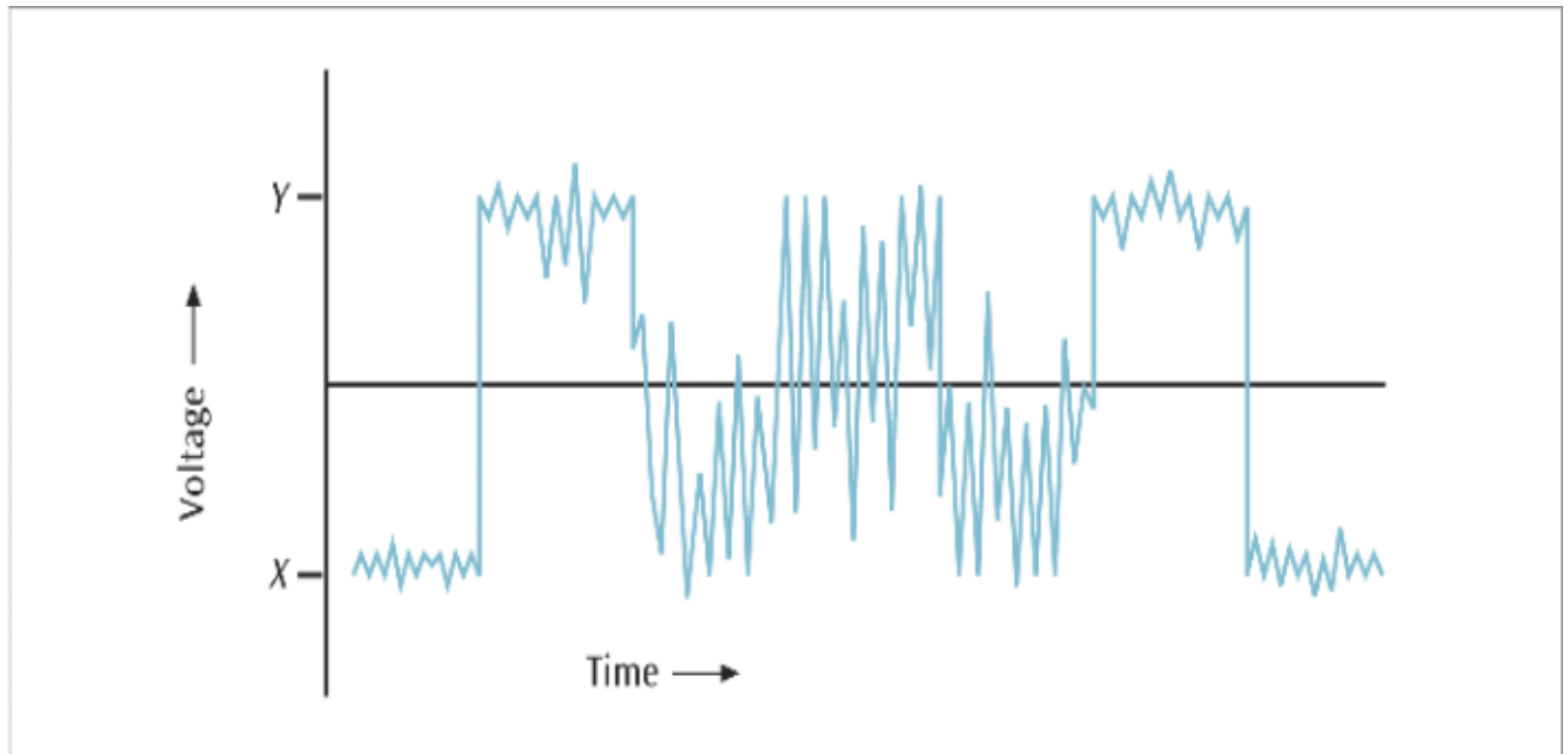


Segnale Digitale + sbalzo di alimentazione

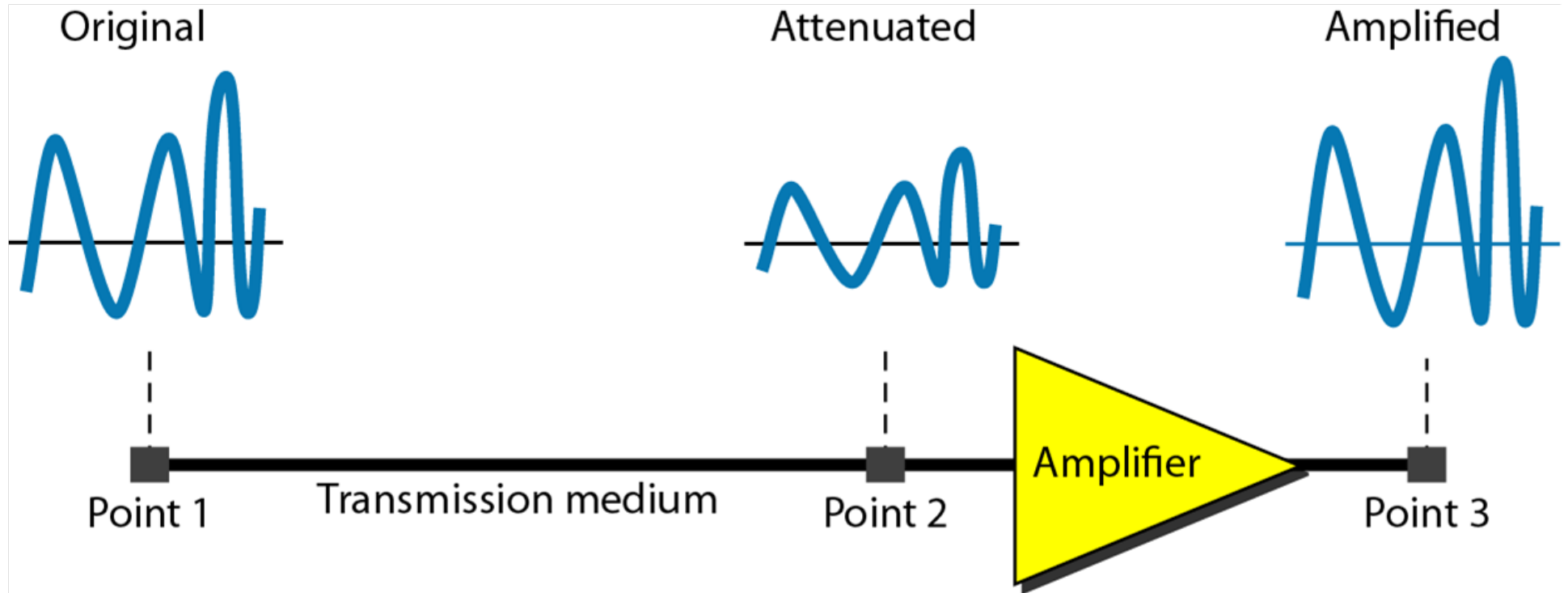
- Tuttavia sbalzi dell'alimentazione o rumori/disturbi particolarmente forti sono in grado di rendere il segnale inintelligibile

Figure 2-5

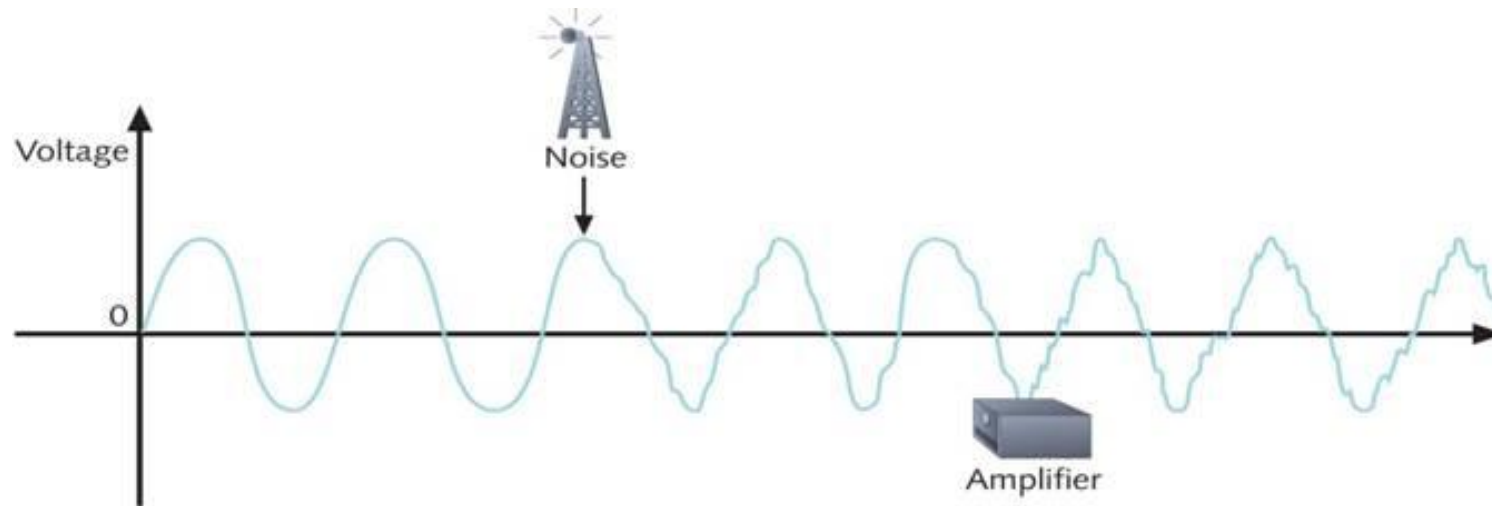
A digital waveform with noise so great that you can no longer recognize the original waveform



Attenuazione



Amplificazione segnale analogico

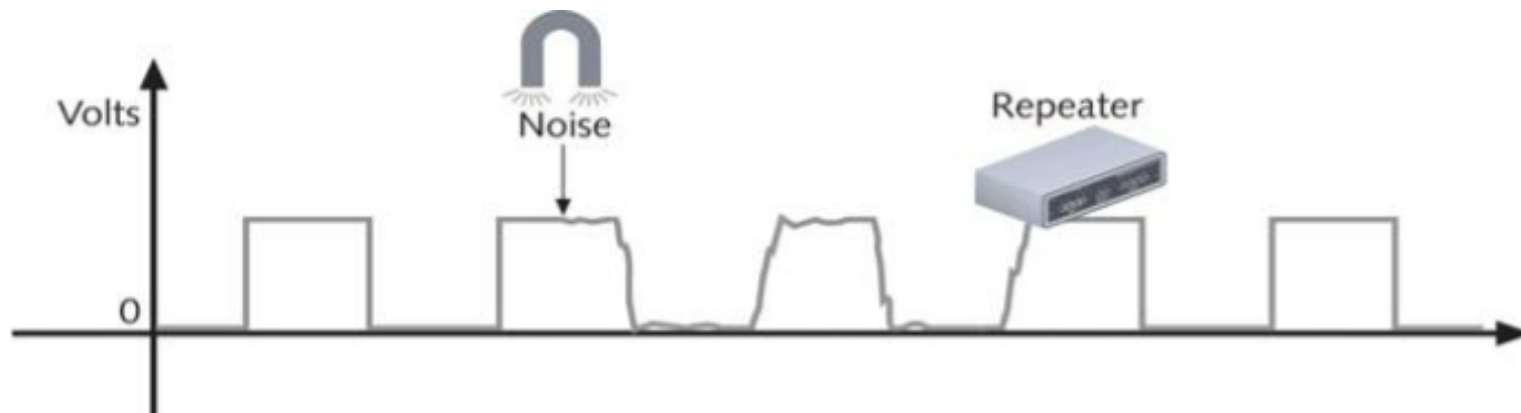


A causa dell'attenuazione, è necessario amplificare periodicamente il segnale per impedire che esso sia completamente sovrastato dal rumore.

Quando un segnale analogico distorto dal rumore viene amplificato però, vengono amplificate anche le distorsioni.

Le distorsioni sono ineliminabili e tendono ad accumularsi durante la trasmissione limitando la distanza alla quale il segnale può essere trasmesso in maniera da non essere eccessivamente alterato.

Rigenerazione segnale digitale



Al contrario del segnale analogico, il **segnale digitale può essere rigenerato**, ovvero è **possibile risalire alla sequenza di bit originaria** (anche grazie ad algoritmi di rilevamento e correzione degli errori) e **generare un “nuovo” segnale**.

Pertanto l'effetto del rumore può essere eliminato completamente permettendo di trasmettere il segnale inalterato su distanze molto maggiori del segnale analogico

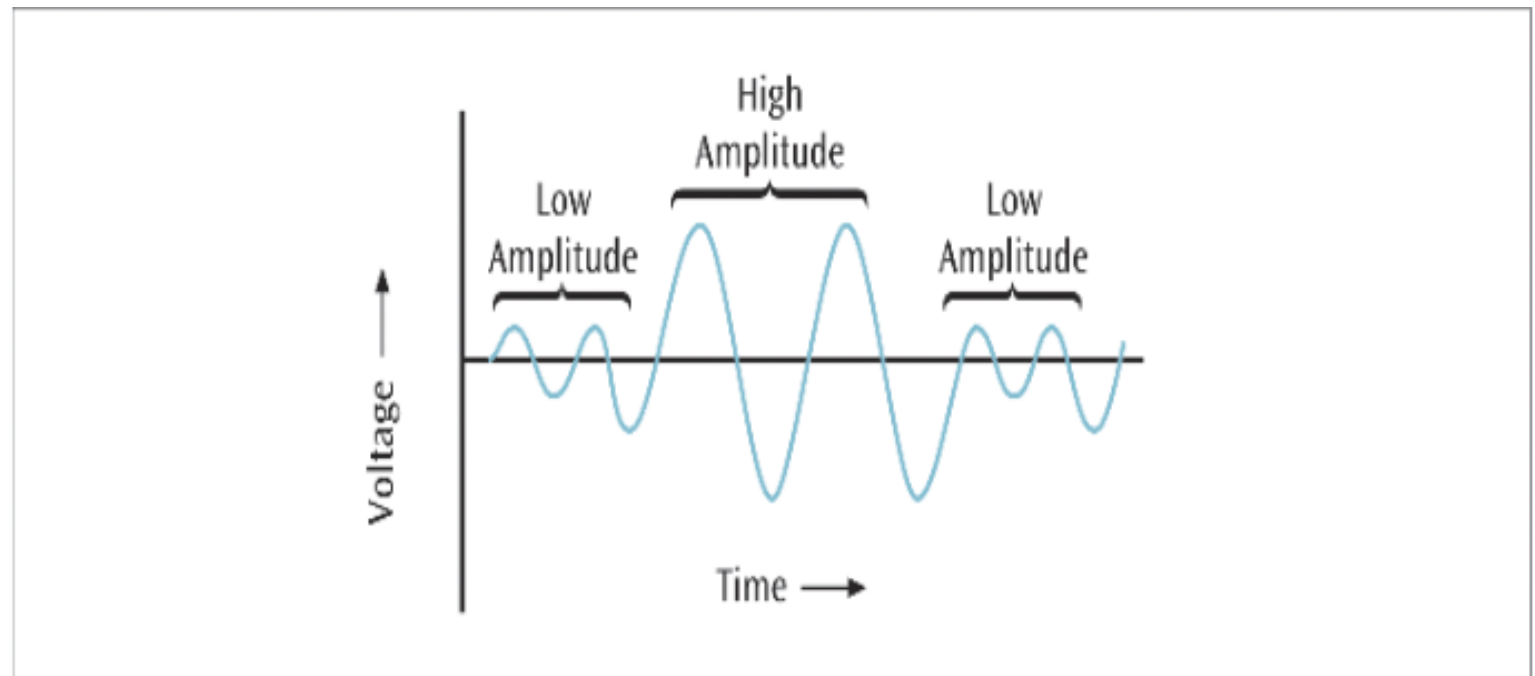
Caratteristiche dei Segnali

- Nei segnali è possibile variare 3 cose:
 - Ampiezza
 - Frequenza
 - Fase

Variazione dell'ampiezza

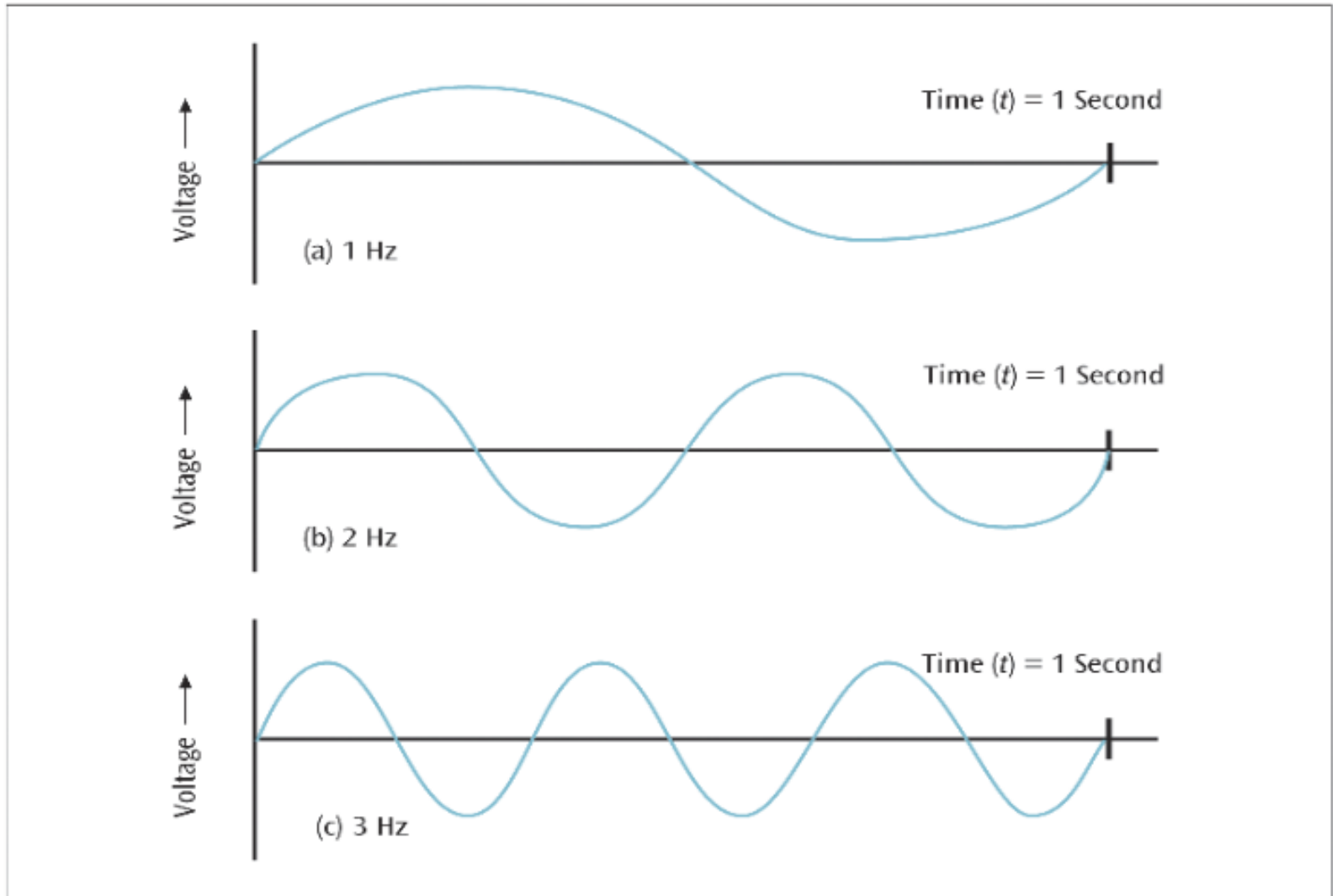
- Aumenta o diminuisce nel tempo l'intensità del segnale

Figure 2-6
A signal with two different amplitudes



Variazione della Frequenza di un'onda armonica

Figure 2-7
Three signals of 1 Hz, 2 Hz, and 3 Hz



Sviluppo in serie di Fourier

Sommando onde armoniche di ampiezza, frequenza e fase opportune posso approssimare qualsiasi forma d'onda.

Un segnale può quindi essere visto come "composto" da onde armoniche



• a square wave can be made by adding...



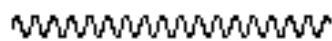
• the fundamental...



• minus $1/3$ of the third harmonic



• plus $1/5$ of the fifth harmonic...



• minus $1/7$ th of the 7th harmonic...



Animazione Fourier

- [Animazione edumedia fourier](#)
- [Applet](#)

Definizioni

- **Frequenza di un'onda armonica** – Numero di oscillazioni in un secondo (si misura in Hertz)
- **Spettro** – Intervallo di frequenze
- **Banda** – Differenza tra freq. max e min

Esempio: Voce

- In genere la voce:
 - È composta da “armoniche” la cui frequenza varia da 300 Hz a 3100 Hz
 - Lo **Spettro** dunque è pari **300 - 3100 Hz**
 - La **Banda** è pari a $3100 - 300 = \mathbf{2800\ Hz}$

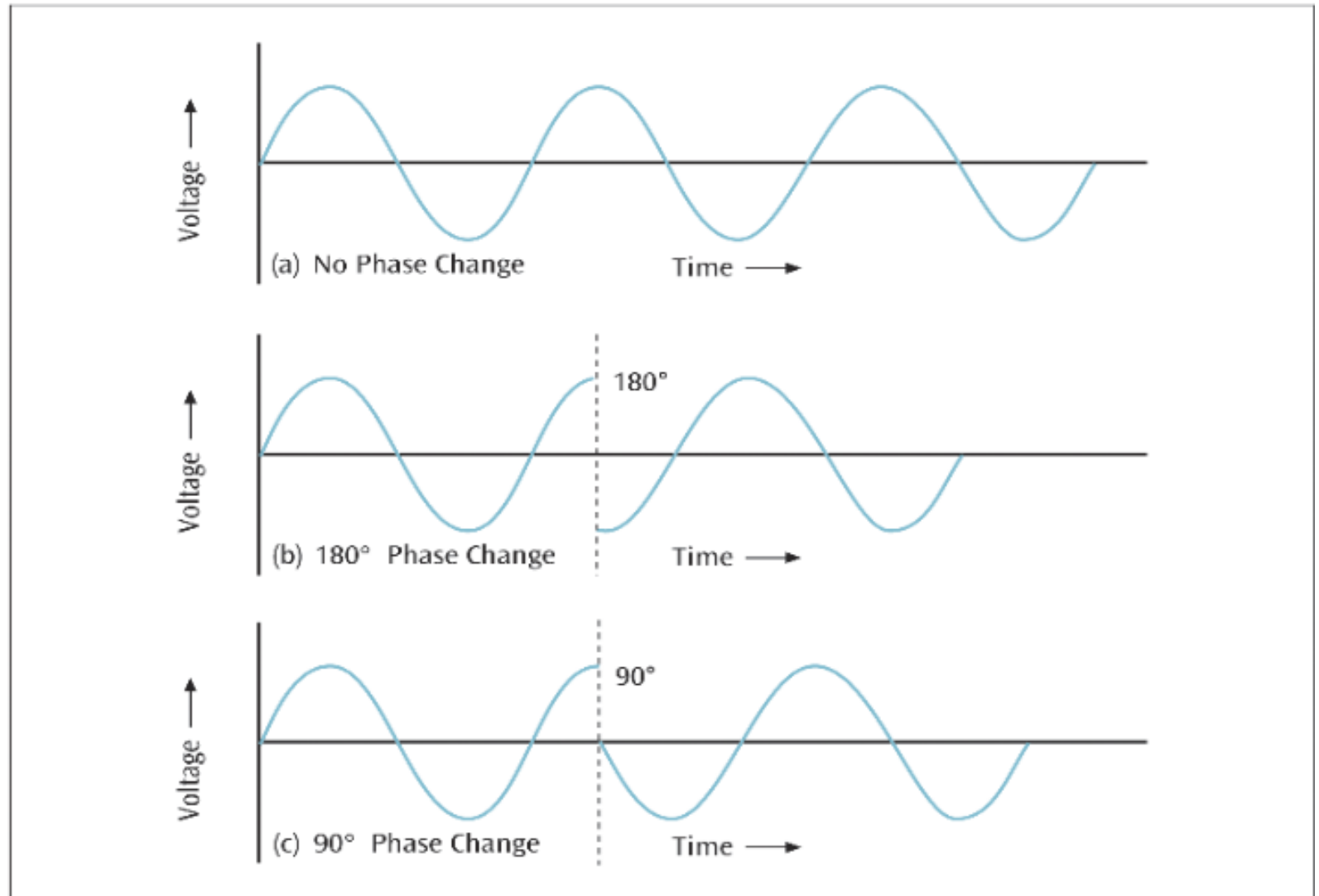
Fase

- La fase misura il “ritardo” dell’armonica
- E’ indicata da un angolo che varia da 0 a 360

Cambiamenti di fase

Figure 2-8

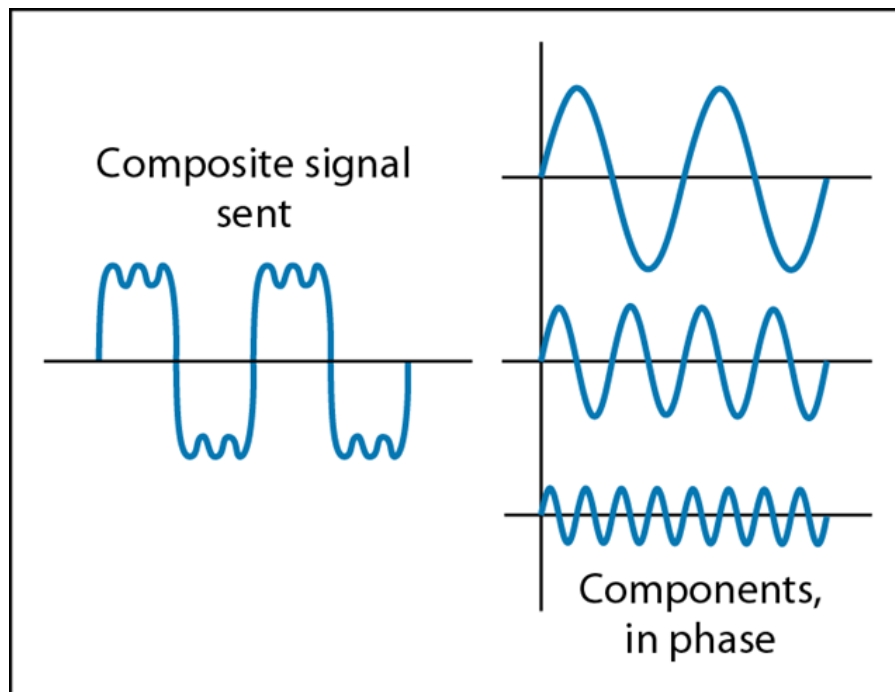
*A sine wave showing
(a) no phase change,
(b) a 180-degree phase
change, and (c) a
90-degree phase change*



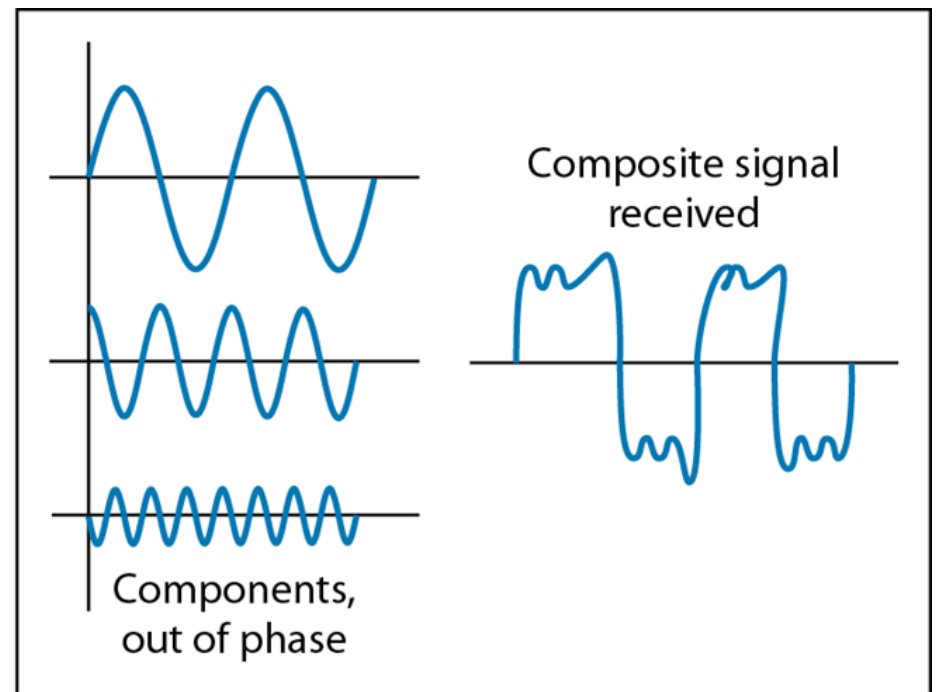
Distorsione dovuta allo sfasamento delle varie componenti armoniche del segnale

Le varie componenti armoniche di un segnale avendo frequenza diversa viaggiano a velocità diversa lungo il canale di comunicazione producendo la distorsione del segnale.

Questo è uno dei motivi per cui si ricorre all'operazione di modulazione.



At the sender

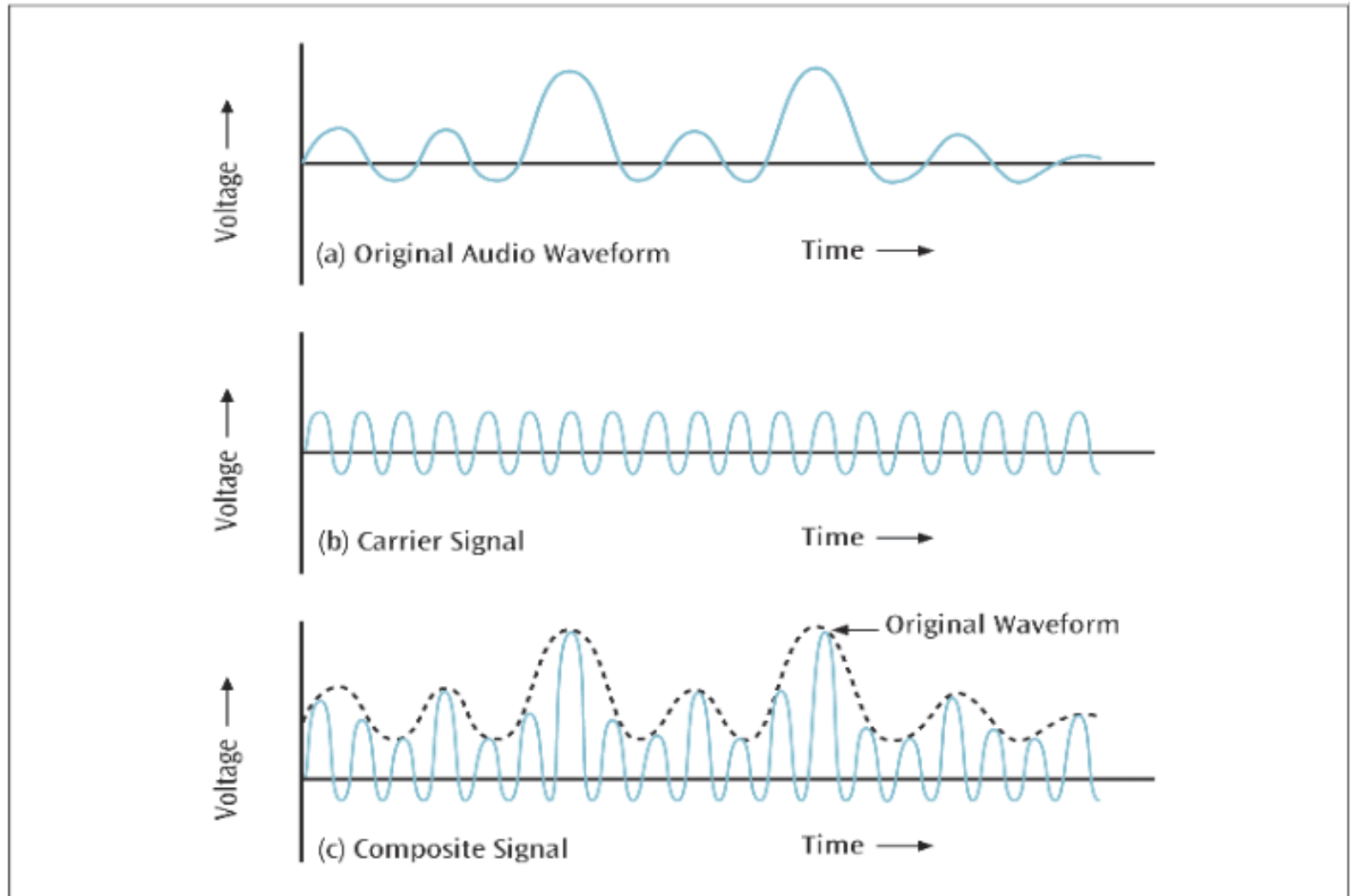


At the receiver

Portante “modulata” in ampiezza

Figure 2-11

An audio waveform modulated onto a carrier frequency using amplitude modulation



Effetto della modulazione...

- La “modulazione” ha l’effetto di spostare il segnale in **frequenza**
- Infatti io utilizzo un’armonica a frequenza più elevata del segnale che sto trasmettendo e ne vario l’**ampiezza** in maniera da riflettere le variazioni del **segnale**.

A che serve la modulazione...

- **La “traslazione” del segnale in frequenza** ha diversi scopi
- Quello principale è l’adattamento alle caratteristiche del mezzo per **evitare distorsioni, attenuazione e disturbi in banda**
- **Ragioni tecniche**, ad esempio:
 - **La dimensione delle antenne è collegata alla frequenza del segnale** da trasmettere/ricevere pertanto è necessario utilizzare frequenze elevate se voglio che l’antenna di un cellulare abbia le dimensioni di qualche millimetro/cm
- **Multiplexing**

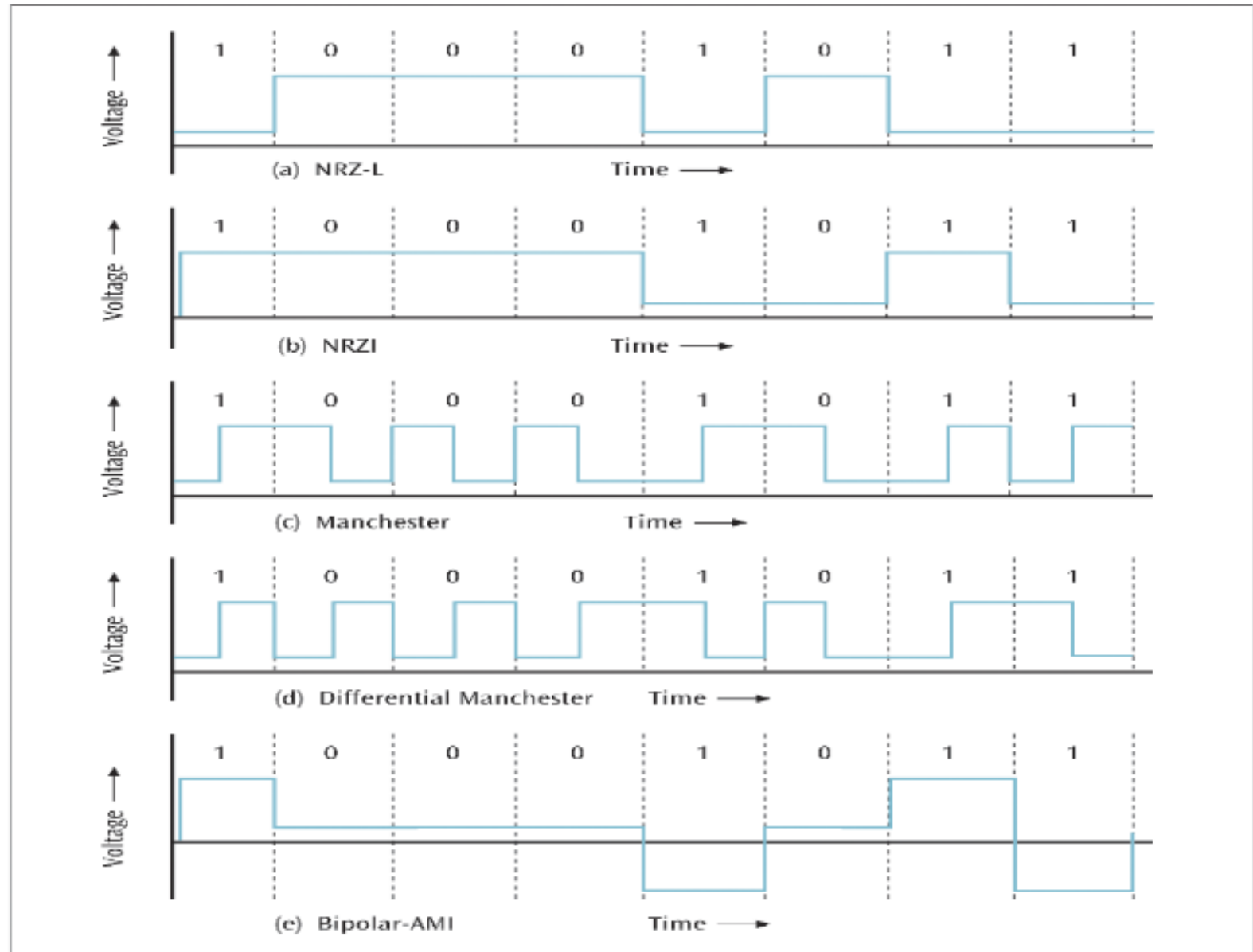
Multiplexing

- Se desidero trasmettere più segnali contemporaneamente sullo stesso canale di trasmissione
- ... “traslandoli” a frequenze differenti **evito che essi interferiscano l'un l'altro** (quello che avviene con le stazioni radio o con la TV analogica)

Vari modi di codificare una sequenza di bit in un segnale digitale

Figure 2-12

Examples of five digital encoding schemes

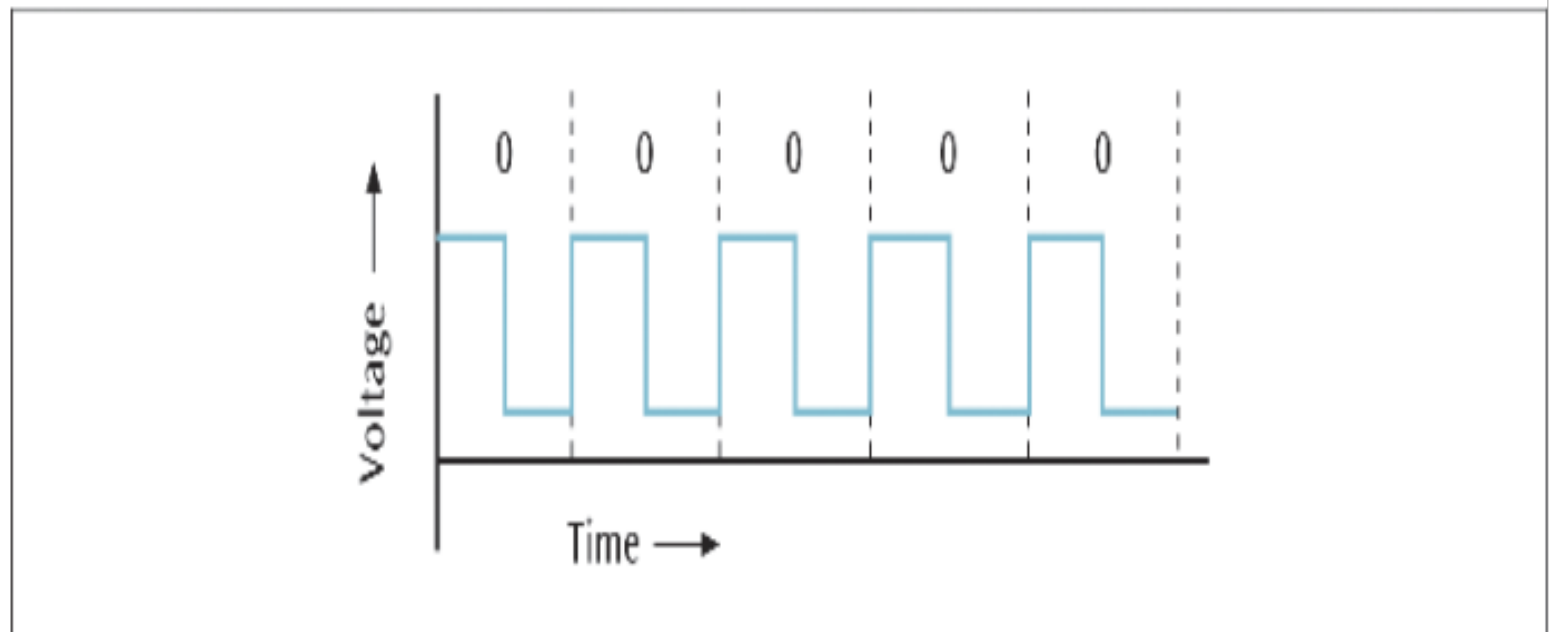


Codifica Manchester

- Bit codificati con delle transizioni:
 - 0 : alto - basso
 - 1 : basso - alto

Figure 2-13

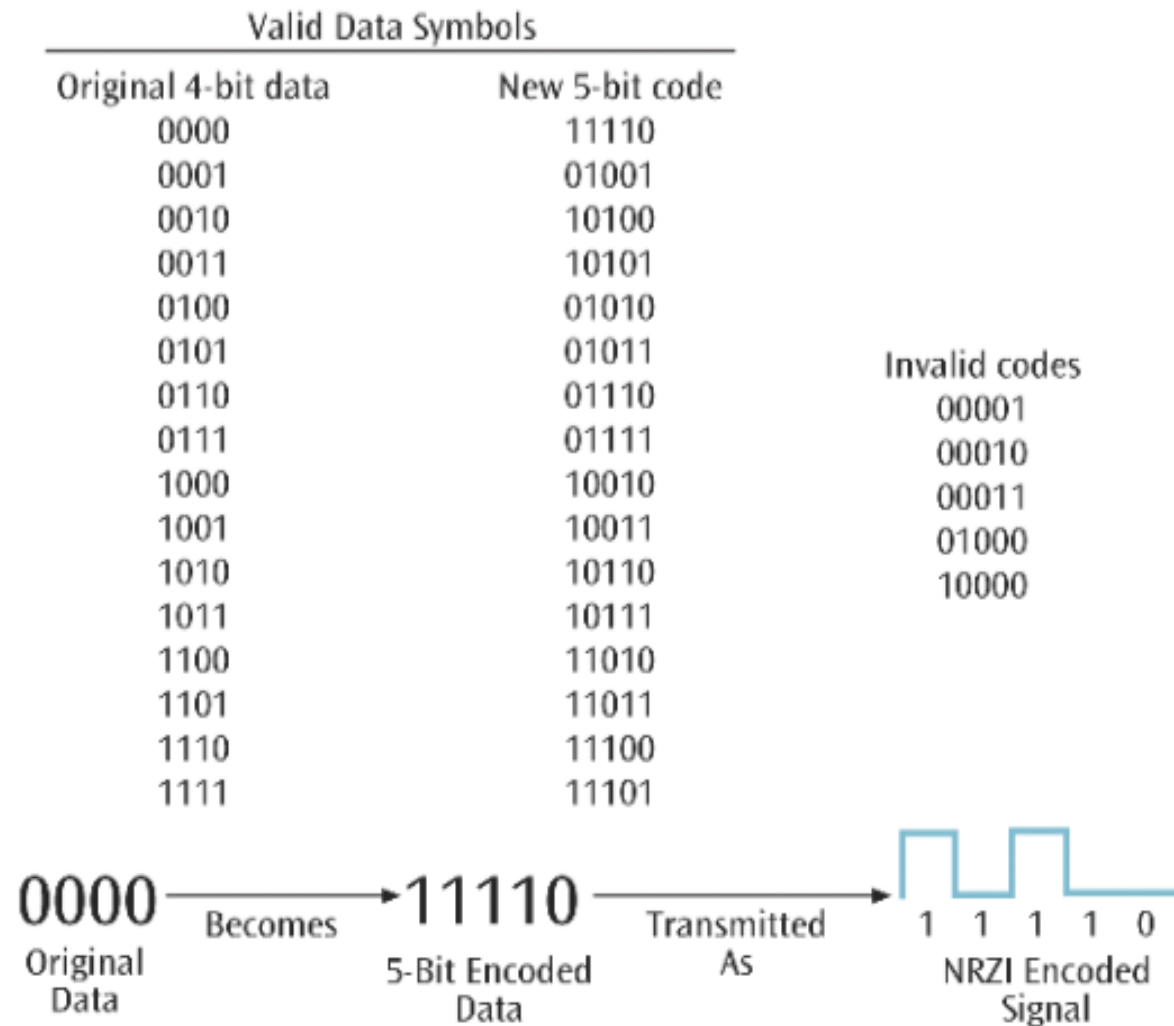
*Transmitting five
binary 0s using
differential Manchester
encoding*



Schema di codifica 4B/5B

Figure 2-14

The 4B/5B digital encoding scheme



Schema di codifica digitale 4B/5B

- Codifico una sequenza di 4bit con un'appropriata sequenza di 5 bit in maniera da non avere due zeri consecutivi
- Trasmetto questa sequenza di 5 bit con una codifica tipo NRZI

Trasmissione di segnali digitali attraverso segnali analogici

Tre Tecniche Principali:

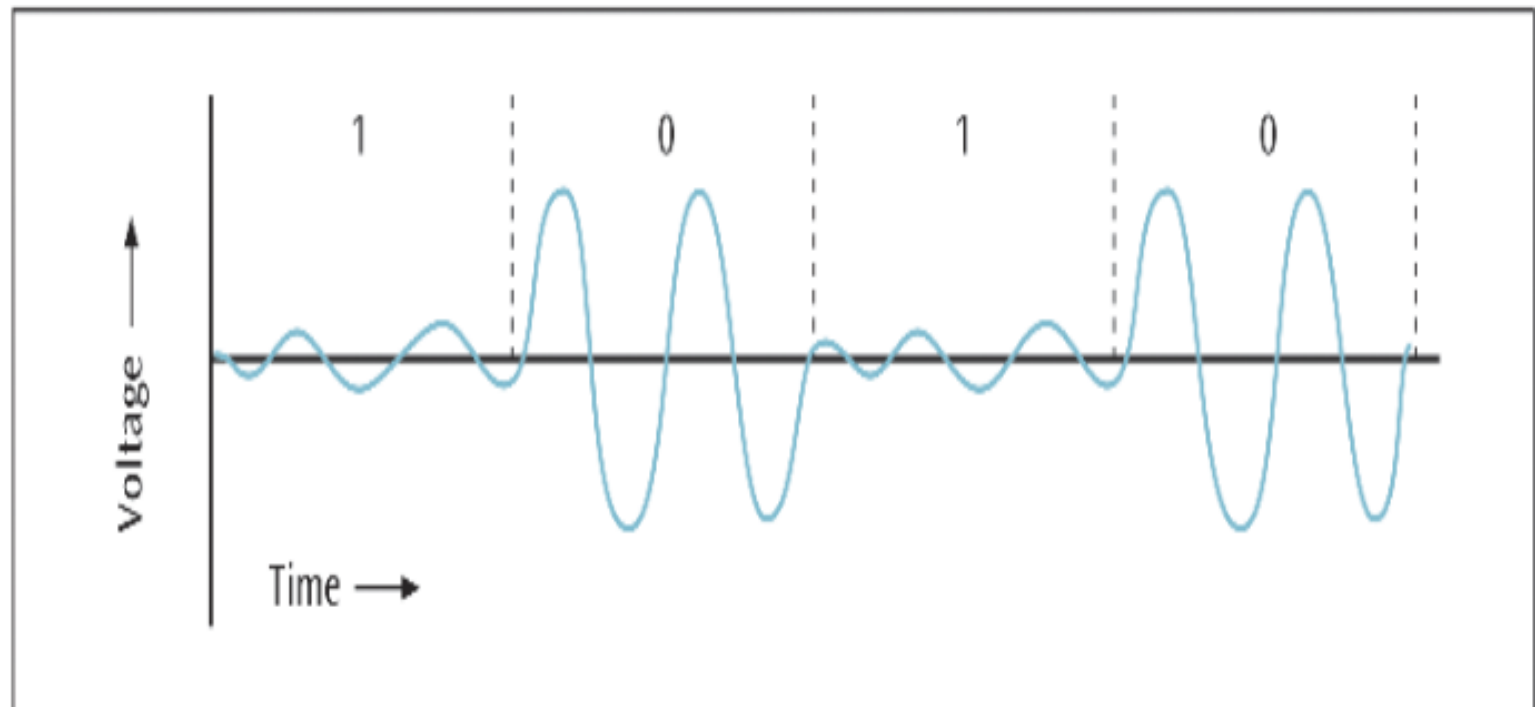
- Modulazione di ampiezza
- Modulazione di frequenza
- Modulazione di fase

Modulazione di ampiezza

- L'ampiezza della portante varia tra due valori diversi

Figure 2-15

Example of amplitude shift keying

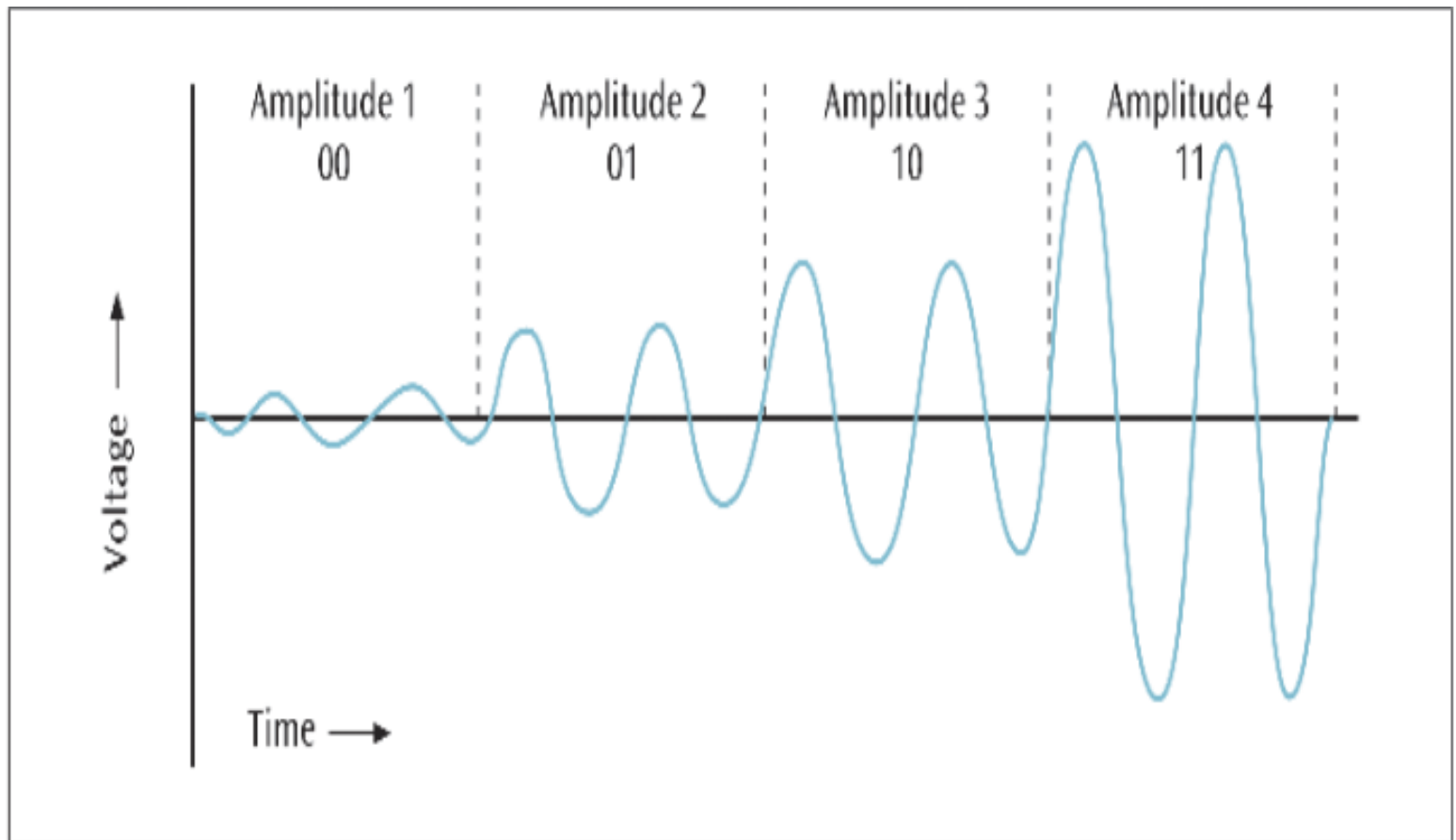


Modulazione di ampiezza con più livelli

- Se invece di 2 ho 4 livelli diversi (trasmetto due bit alla volta)

Figure 2-16

Amplitude shift keying using four different amplitude levels



Modulazione di ampiezza: livelli

Segnali a più livelli:

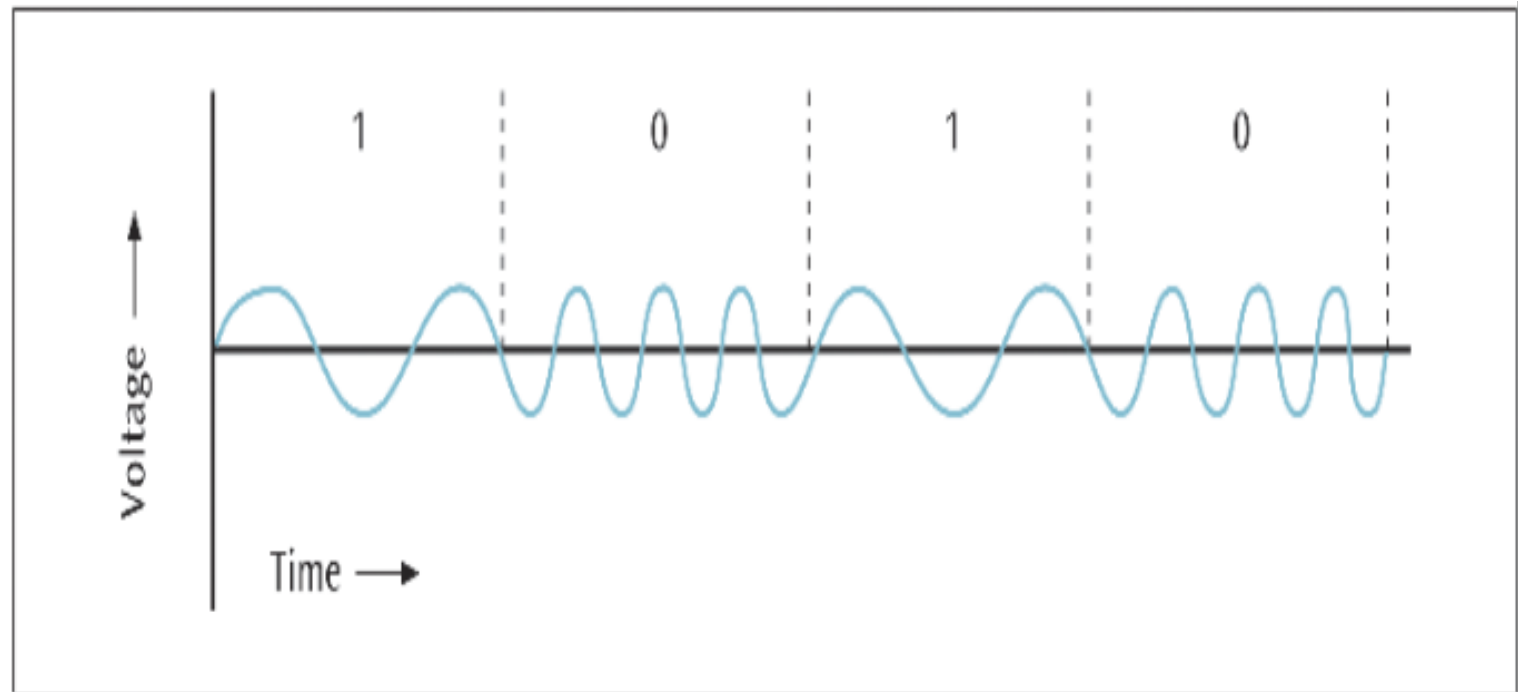
- 2 livelli : 1 bit (0,1)
- 4 livelli : 2 bit (00, 01, 10, 11)
- 8 livelli : 3 bit (000, 001, 010, 011, 100, 101, 110, 111)
- Il numero di livelli è sempre una potenza di 2
- In questo modo trasmetto più bit alla volta(ottenendo una maggiore velocità di trasmissione al prezzo di una minore tolleranza al rumore a parità di dinamica del segnale, in quanto la separazione tra due livelli successivi è minore)

Modulazione di frequenza

- Varia la frequenza della portante

Figure 2-17

*Simple example of
frequency shift keying*

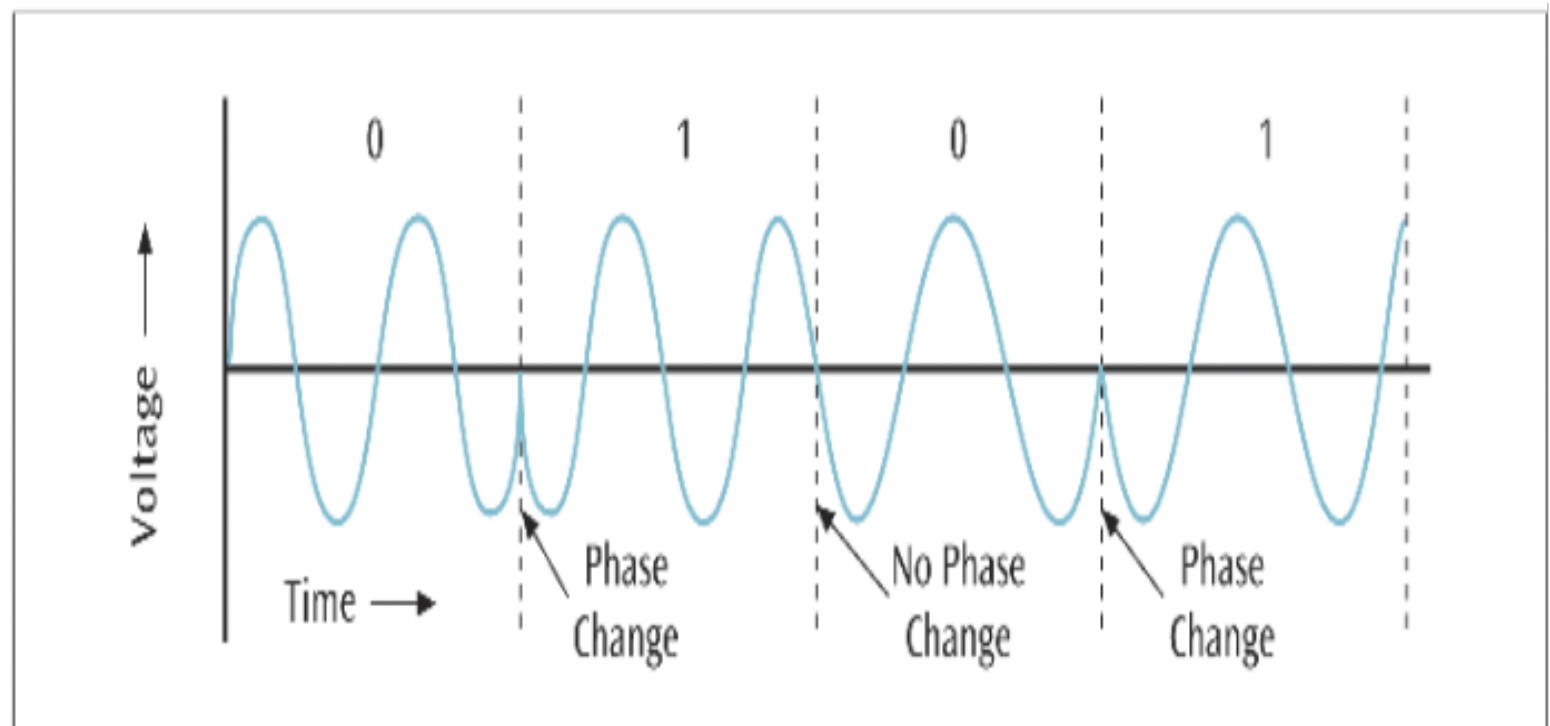


Modulazione di fase

- Vario la fase della portante

Figure 2-18

An example of simple phase shift keying of a sine wave



Modulazione di fase con 4 livelli

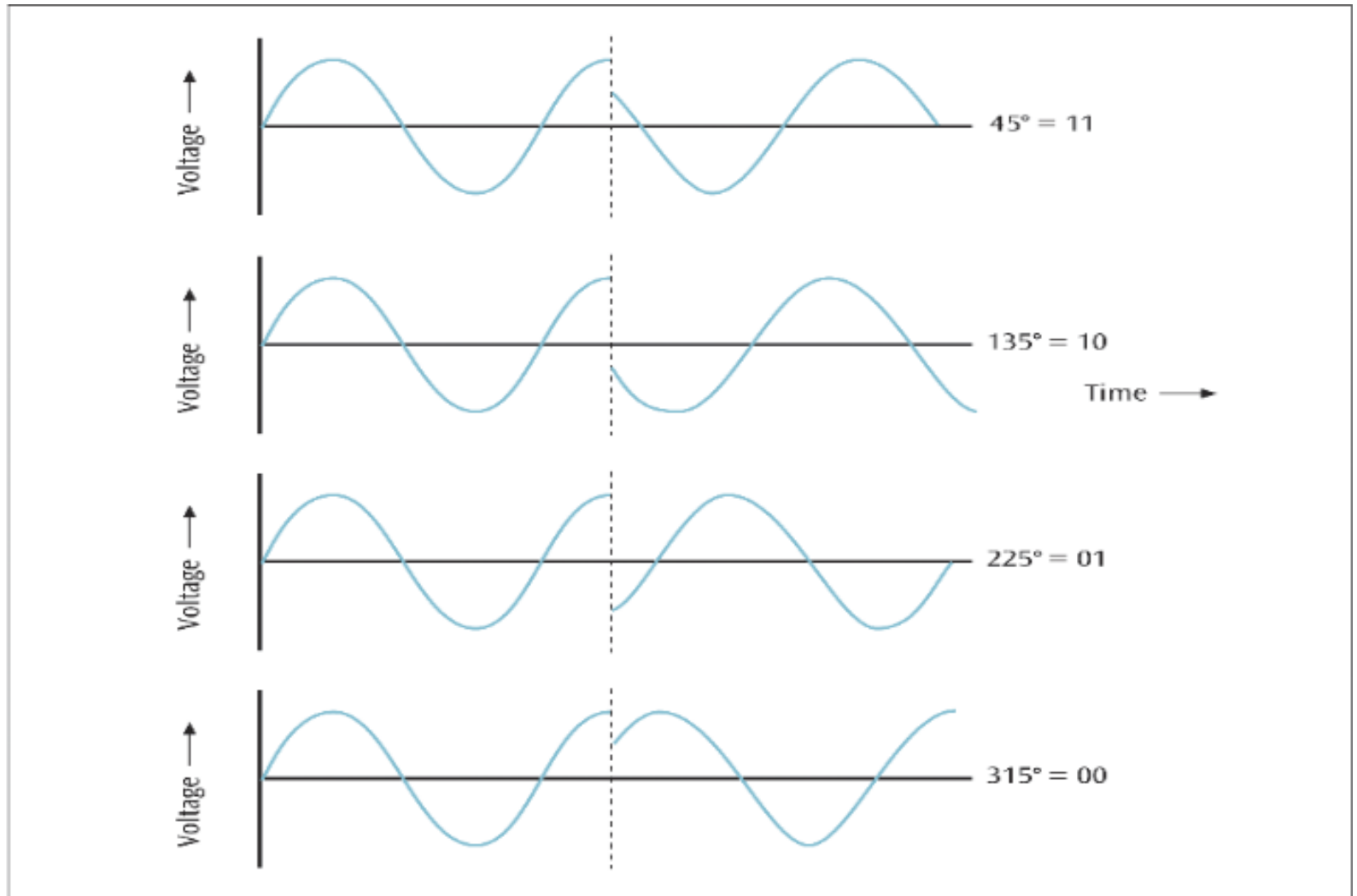
Quadrature Phase Shift Keying

- Vengono usate 4 fasi distinte:
 - 45°
 - 135°
 - 225°
 - 315°

Modulazione di fase a 4 livelli

Figure 2-19

Four phase angles of 45, 135, 225, and 315 degrees, as seen in quadrature phase shift keying



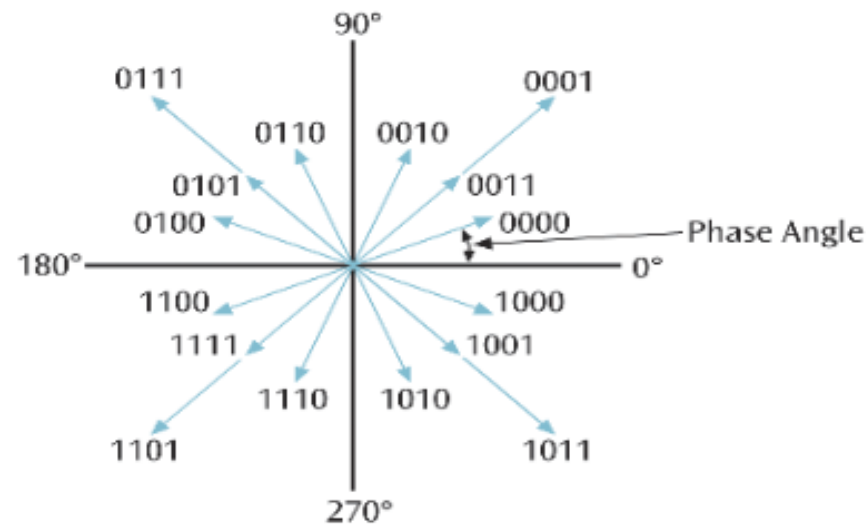
Soluzione mista: modulazione di ampiezza e di fase

- Quadrature Amplitude Modulation
 - 12 fasi e 2 ampiezze
 - Solo 4 fasi hanno due ampiezze differenti
 - Ho 16 combinazioni diverse 12×4

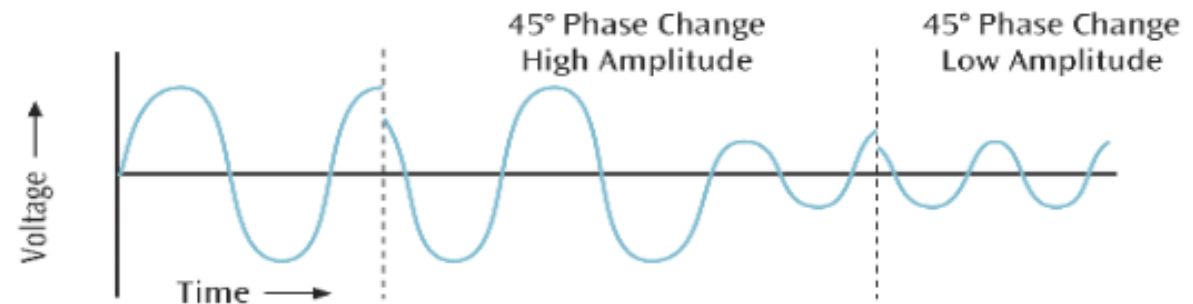
Modulazione di fase

Figure 2-20

Figure (a) shows 12 different phases, while Figure (b) shows a phase change with two different amplitudes



(a) Twelve Phase Angles



(b) A Phase Change with Two Amplitudes

Velocità di trasmissione

- Come posso aumentare la velocità di trasmissione?

1. Uso **frequenze maggiori**

2. Utilizzo un **maggior numero di livelli**

In entrambi i casi il rumore è il problema principale

Codifica dei dati

- Tutti i dati per poter essere trasmessi devono essere convertiti in sequenze di bit
- Abbiamo visto che la luminosità e il colore di un'immagine può essere convertita in un valore numerico associato ad ogni pixel
- Lo stesso vale per i caratteri, es. Codice ASCII

ASCII

Figure 2-30

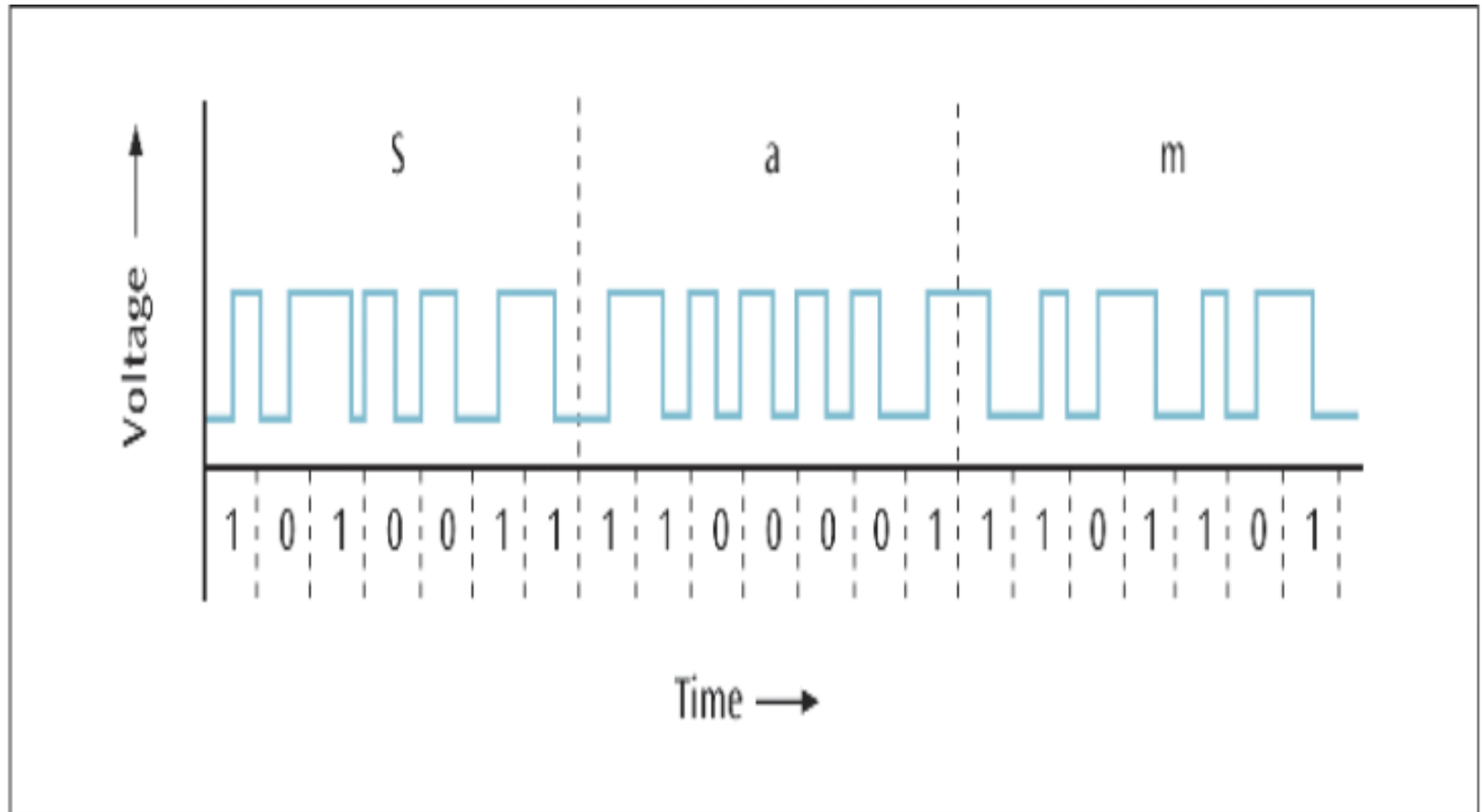
The ASCII character set

		High-Order Bits (7, 6, 5)							
		000	001	010	011	100	101	110	111
Low-Order Bits (4, 3, 2, 1)	0000	NUL	DLE	SPACE	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	y
	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

"Sam" codificato con Manchester

Figure 2-32

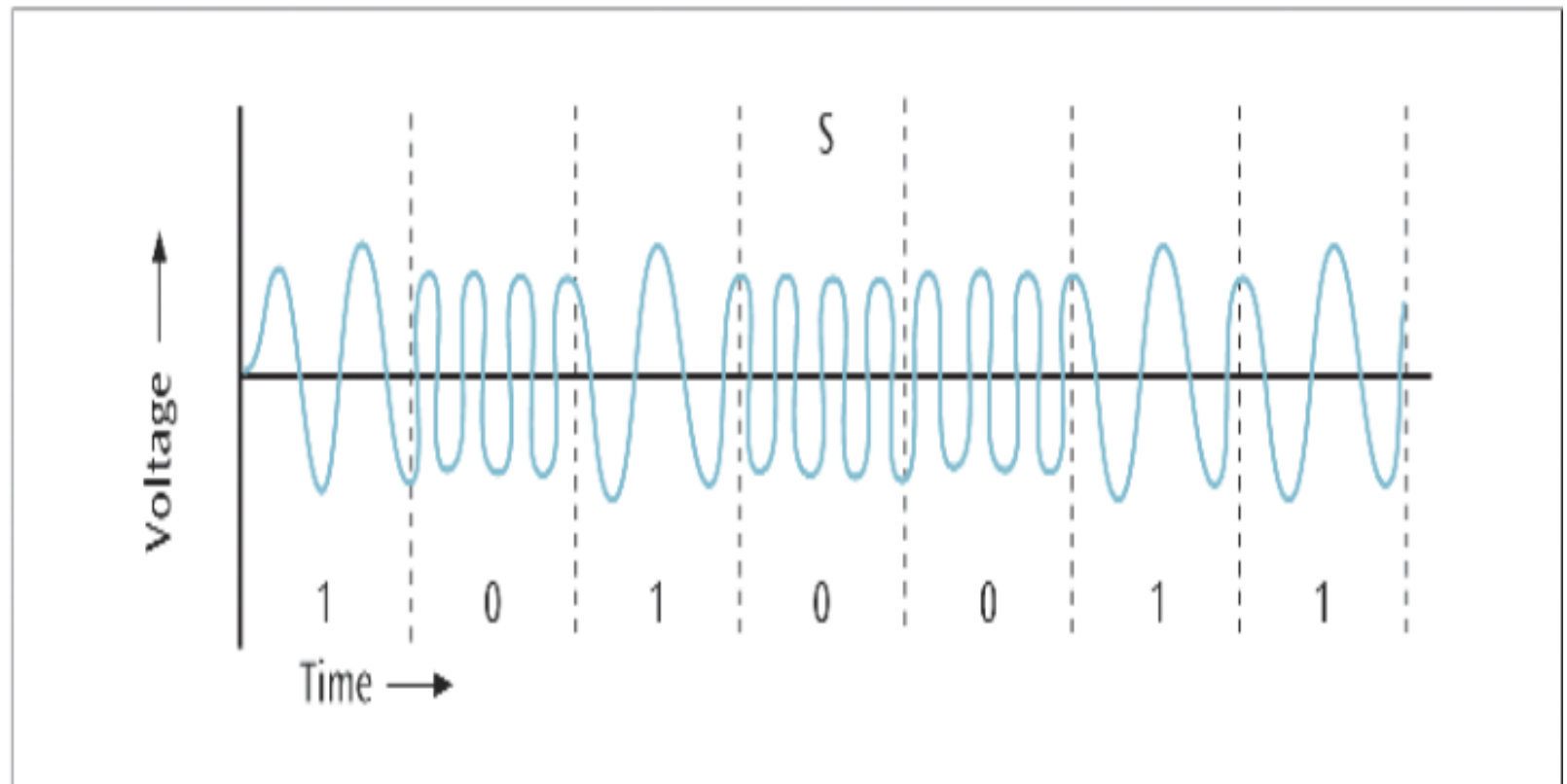
The first three letters of the message "Sam, what time is the meeting with accounting? Hannah" using differential Manchester encoding



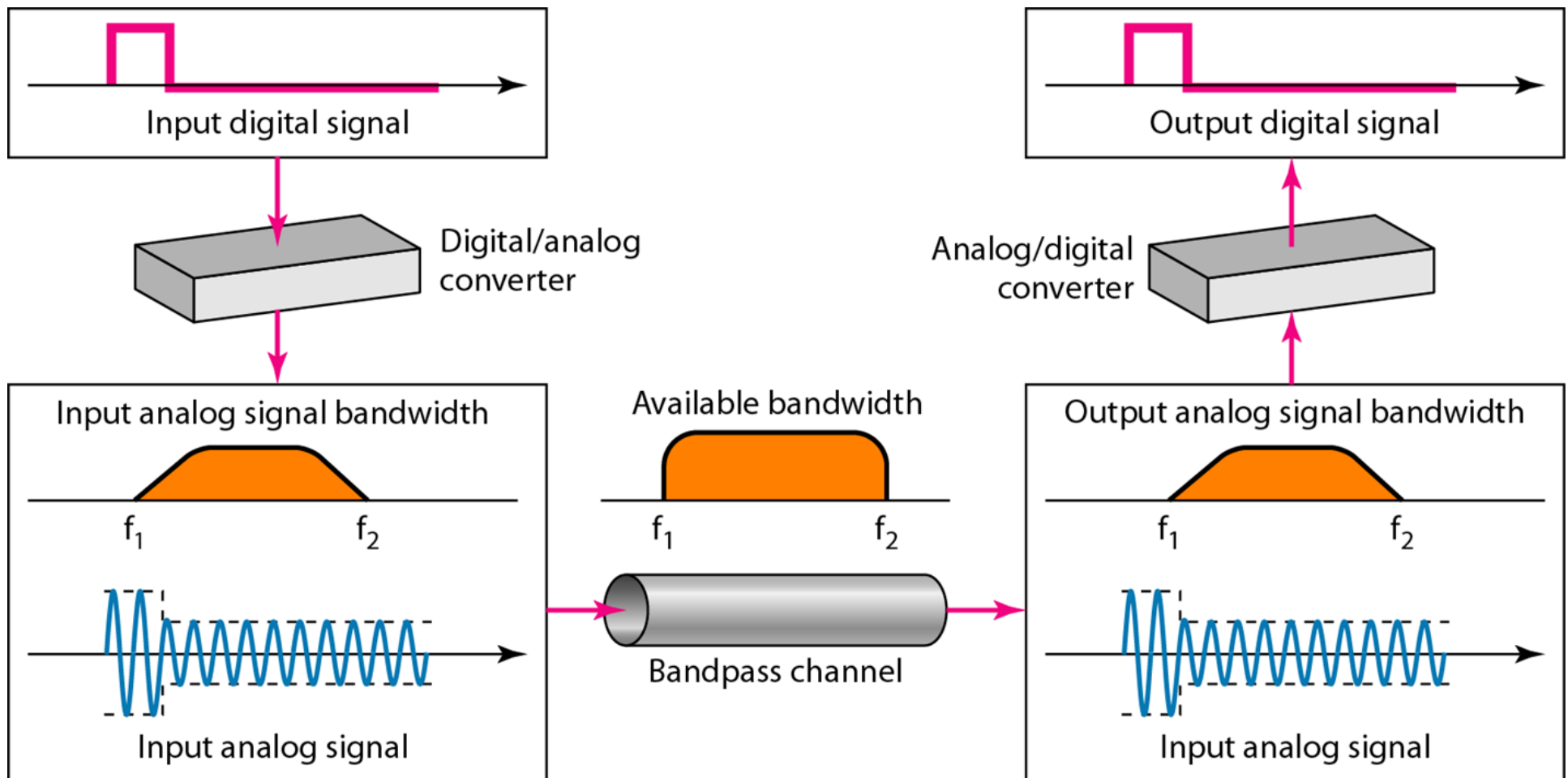
"Sam" codificato con modulazione di frequenza

Figure 2-33

The frequency modulated signal for the letter "S"



Trasmissione di un segnale digitale



Conversioni

Table 2-1

Five combinations of data and signals

Data	Signal	Common Conversion Technique	Common Devices	Common Systems
Analog	Analog	Amplitude modulation Frequency modulation	Radio tuner TV tuner	Telephone Cable TV Broadcast TV AM and FM Radio
Digital	Digital	NRZ-L NRZI Manchester Differential Manchester Bipolar-AMI 4B/5B	Digital encoder	Local area networks Telephone systems HDTV
Digital	Analog	Amplitude shift keying Frequency shift keying Phase shift keying	Modem	Dial-up Internet access DSL Cable modems
Analog	Digital	Pulse code modulation Delta modulation	Codec	Telephone systems Music systems
Analog or Digital	Analog	Spread spectrum technology	Spread spectrum encoder	Cordless telephones Wireless LANs