



**P
A
R
M
A**

Sezione A.R.I. di Parma, Via
Argonne, 4 PARMA
Sito: <http://www.ariparma.it>
E-mail: info@ariparma.it

Tecnologie digitali per la Radio:
SDR Software Defined Radio
DRM Digital Radio Mondiale

a cura di: Fabrizio Restori, I4NKF

ARI – Associazione Radioamatori Italiani

- L' A.R.I., fondata nel 1927 da Ernesto Montù. Guglielmo Marconi è stato Presidente Onorario dell'A.R.I. dalla fondazione fino al 1937, anno della sua scomparsa.
- L'A.R.I. riunisce appassionati del modo della radio: i radioamatori
- I radioamatori possono usare apparati ricetrasmittenti su bande assegnate, a fronte di una Patente, che ne certifica la capacità tecnica e la conoscenza legislativa in merito. La licenza, rilasciata dal Ministero PT, è abbinata ad un nominativo internazionale, autorizza l'uso delle radio ricetrasmittenti in banda radiamatoriale
- L'uso degli apparati radio è consentito per sperimentazione in abito radioelettrico.

Perché Digitale

- Maggiore flessibilità
- Riutilizzo della banda
- Uso più facile
- Maggiori contenuti
- Facilmente modificabile

SDR vs DRM

■ SDR

- TX tradizionale
- Riceve le modulazioni classiche AM, FM, SSB, ..
- Demodula usando tecnologie digitali

■ DRM

- TX in modo digitale
- Modulazione digitale (BPSK, QAM, ...)
- Compressione dati
- Diversi canali 'dati' sulla stessa portante

Introduzione al Digitale

■ Mondo reale (analogico)

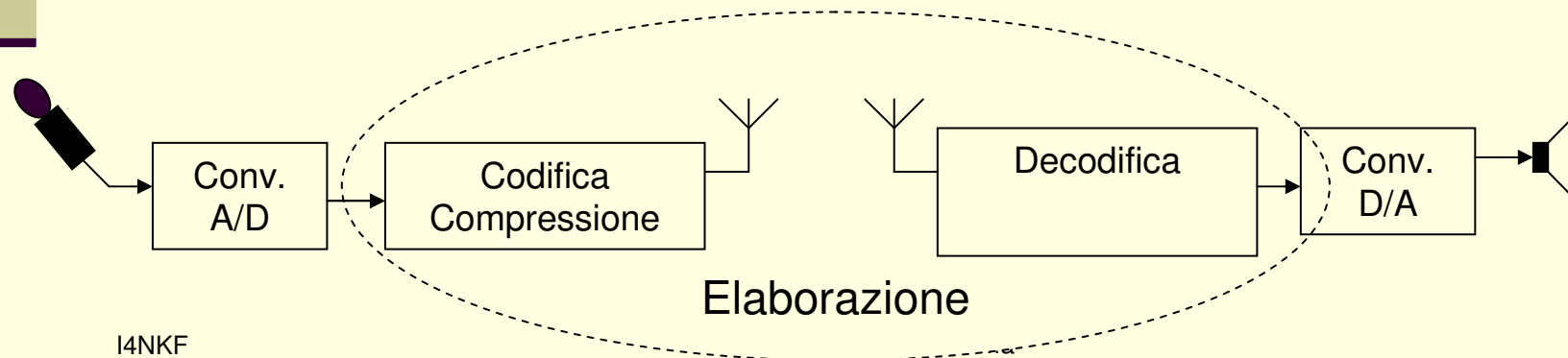
- I fenomeni fisici (suoni, immagini, ..) sono analogici
- Grandezze continue nel tempo e in ampiezza.
- Limitate in ampiezza.
- Elaborazione analogica continua nel tempo

■ Mondo digitale

- Le grandezze digitali sono ottenute da quelle analogiche con un processo di conversione
- La conversione 'Campiona' il segnale analogico (discontinuità nel tempo)
- Il campione ha ampiezze discrete
- Vengono introdotti errori ed approssimazioni

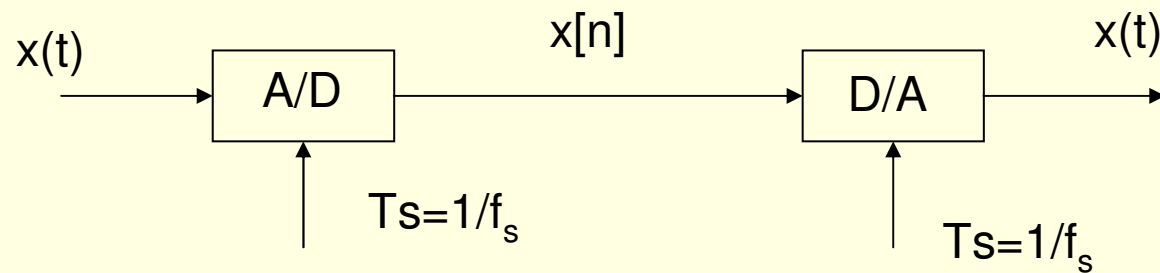
Introduzione al Digitale

- Campionamento: operazione di conversione da analogico a digitale
 - Conversione Analogico -> Digitale (AD)
 - Elaborazione
 - Conversione Digitale -> Analogico (DA)
- Quali sono le regole perché le conversioni / elaborazioni siano significative?



Introduzione al Digitale

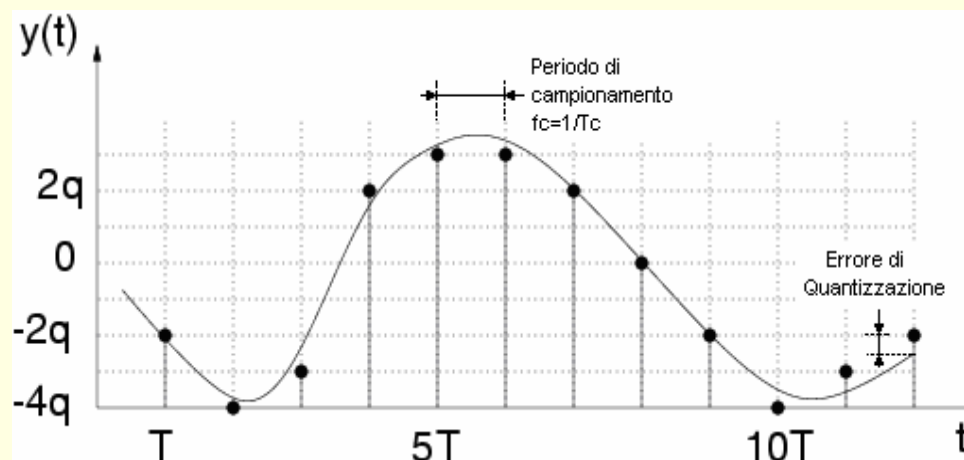
- Teorema del campionamento
 - Il teorema di Shannon - Nyquist fornisce le condizioni necessarie affinché un segnale dopo il campionamento possa nuovamente essere ritrasformato in analogico, tramite un convertitore D/A riottenendo il segnale di partenza.



Introduzione al Digitale

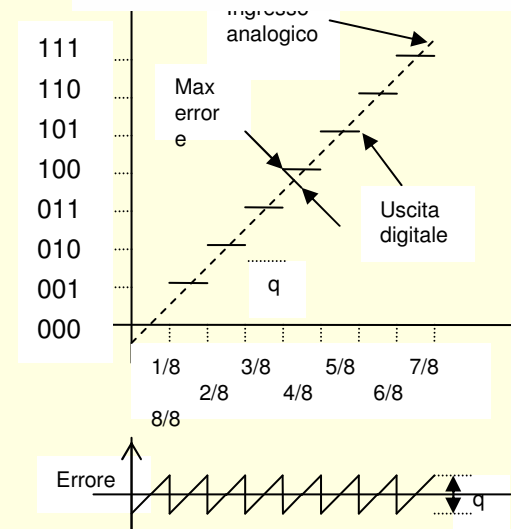
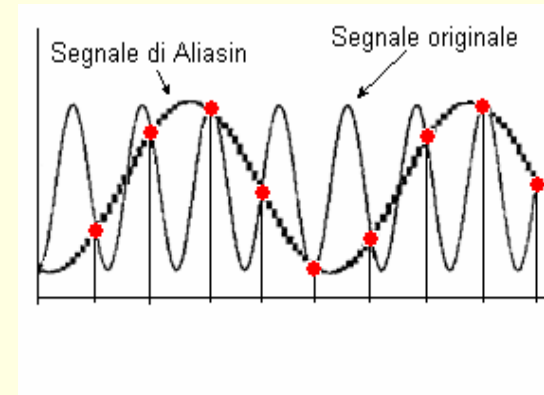
■ Regole fondamentali

- Occorre campionare almeno ad una frequenza doppia della massima frequenza da convertire
- La dinamica del segnale convertito dipende dal numero dei livelli di campionamento



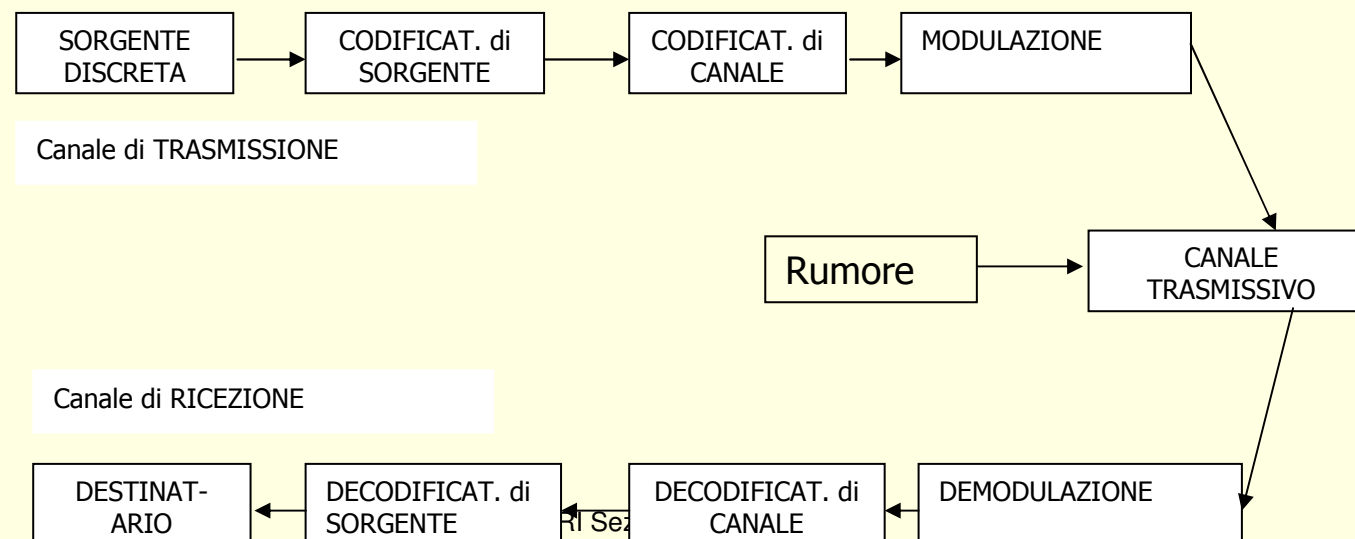
Introduzione al Digitale

- Campionare a frequenza inferiore a $2 \cdot f_{\max}$ causa aliasing
- La quantizzazione introduce un errore $1/2^n$ con n =numero di bit di risoluzione



Il Canale Trasmissivo

- La sorgente discreta è l'informazione da trasmettere in forma digitale, nella radiofonia proviene da un processo di conversione A/D
- I dati della sorgente devono essere codificati, generalmente compressi
- La Codifica di canale riorganizza i dati per migliorarne l'affidabilità attraverso meccanismi di rilevazione di errore (ARQ) o correzione di errore (FEC)
- La modulazione consente "l'inserimento" del dato digitale sul canale di trasmissione
- Il canale trasmissivo non è ideale: ha banda limitata ed è soggetto a rumore.



Codifica di sorgente

- Il segnale campionato deve essere codificato (e successivamente decodificato) opportunamente
- La codifica definisce i parametri di campionamento, come sono gestite le informazioni (es. stereofonia, colore, ecc.)
- Permette procedure di compressione

Codifica di Sorgente

- Codifiche comuni sono:
 - JPEG Joint Photographic Experts Group
 - MPEG Moving Photographic Experts Group
 - DivX;-) (Digital Video Interchange eXpress)
 - WMA (Windows Media Audio)
- Compressione
 - Conservativa e non conservativa (lossless e lossy)
 - lossy: comprimono i dati attraverso un processo con perdita d'informazione che sfrutta le ridondanze nell'utilizzo dei dati
 - lossless: comprimono i dati attraverso un processo senza perdita d'informazione che sfrutta le ridondanze nella codifica del dato

Codifica di Canale

- Mentre la codifica di sorgente, con la compressione, riduce la ridondanza del messaggio, la codifica di canale introduce una ridondanza 'controllata' che consente di rilevare e/o correggere errori introdotti dal canale di trasmissione
- ARQ, Automatic Repeat reQuest: si tratta di meccanismi che consentono di identificare l'errore (in fase di ricezione) e richiedere la trasmissione del 'pezzo' di messaggio corrotto (tipica funzionalità dei protocolli a finestra, come quelli delle reti).
- FEC, Forward Error Correction: sono meccanismi che consentono non solo la rilevazione dell'errore, ma anche la sua correzione.
- Tecniche di interleaving.

Modulazioni Digitali

- Si tratta di modulazioni dove il segnale modulante è un segnale binario
- Per modulare si possono modificare i tre parametri principali della portante: ampiezza, frequenza, fase o una combinazione dei tre

Modulazioni Digitali

Modulazione

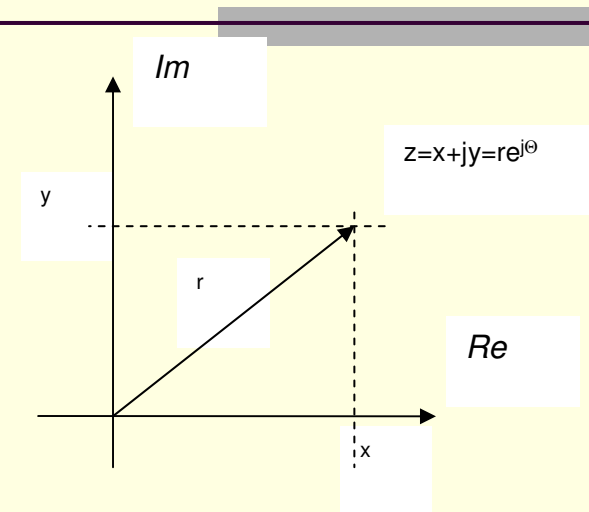
- OOK (On – Off Keying)
- FSK (Frequency Shift Key)
- BPSK (Bipolar PSK)
- n-PSK (Phase Shift Key)
- n-QAM (Quadrature Amplitude Modulation)
-

Parametro Modulato

- Ampiezza
- Frequenza
- Fase (ampiezza)
- Fase
- Fase e Ampiezza

Modulazioni Digitali

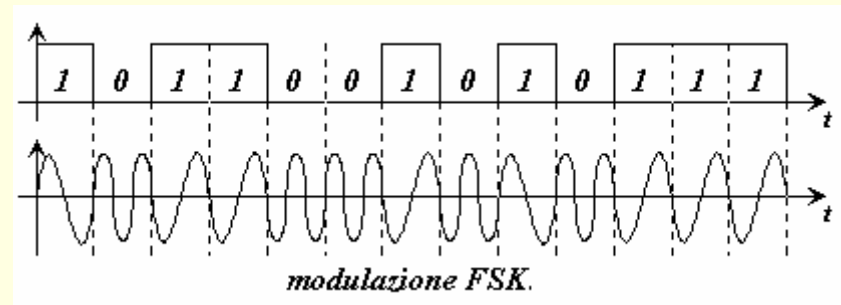
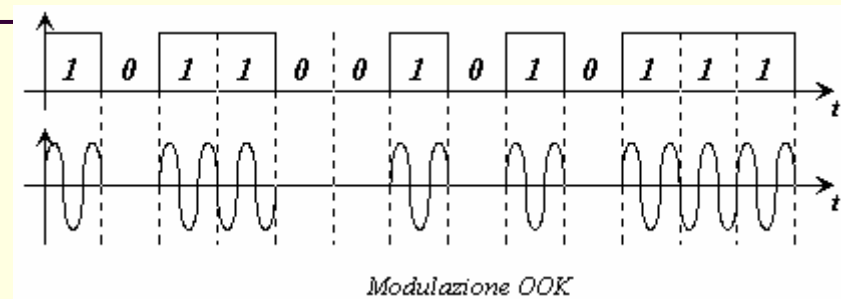
- Un segnale sinusoidale può essere pensato come un vettore che ruota ad una determinata velocità angolare
- Il vettore può essere rappresentato su un piano cartesiano o meglio con numeri complessi, evidenziando la fase e l'ampiezza del vettore.
- Utili sono le formule di Eulero
- Molte modulazioni possono essere rappresentate sul piano *Re - Im*



$$\begin{aligned} re^{j\Theta} &= r\cos\Theta + jr\sin\Theta \\ \cos\Theta &= (e^{j\Theta} + e^{-j\Theta})/2 \\ \sin\Theta &= (e^{j\Theta} - e^{-j\Theta})/2j \end{aligned}$$

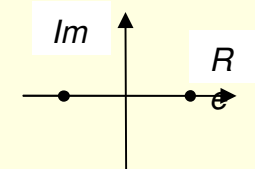
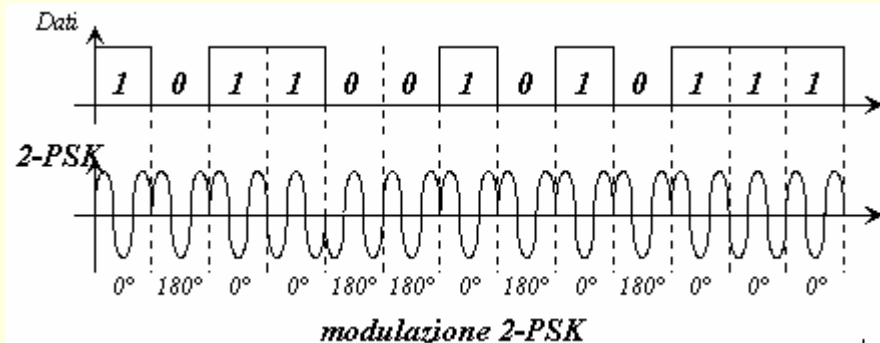
Modulazioni Digitali

- OOK L'ampiezza passa da un valore nullo (bit = 0) a un valore non nullo (bit = 1)
- FSK La frequenza cambia in funzione del valore binario

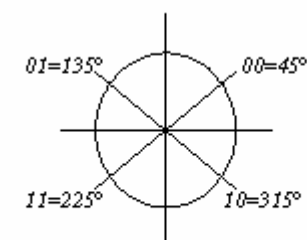


Modulazioni Digitali

■ PSK

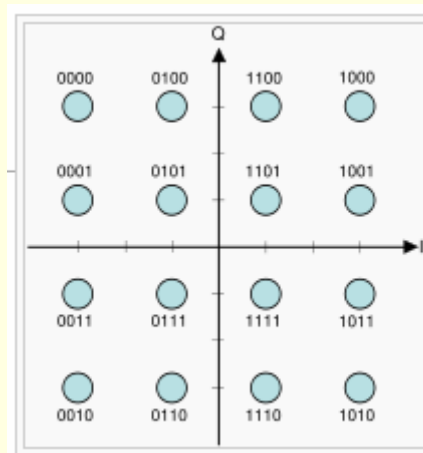


■ 4PSK



distribuzione delle fasi nella 4-PSK.

■ 16QAM



Canale trasmissivo

La massima frequenza di trasmissione [Nyquist, Hartley] su un canale senza rumore

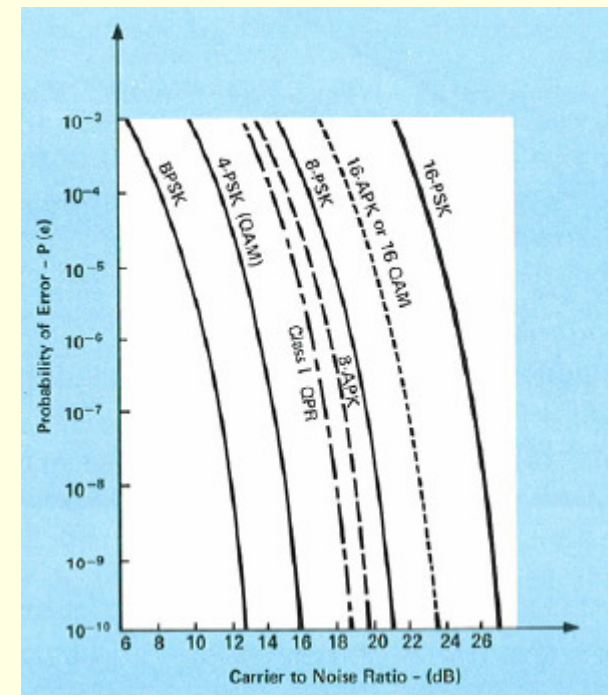
- $R_{\max} = 2 B \log_2 M$ [bit / secondo]
- M è il numero di livelli di ampiezza
- B = Banda del canale in Hz.

Capacità del canale soggetto a rumore [Shannon]

- $C = B \cdot \log_2(1 + S/N)$
- C = capacità di canale in Bit/Sec
- B = Banda del canale in Hz
- S/N = Rapporto Segnale – Rumore

Modulazioni a confronto

- Le osservazioni di Nyquist portano a pensare che aumentando il numero di bit per simbolo permette di realizzare qualunque bitrate
- In realtà (Shannon) il rumore di canale rende difficoltoso (se non impossibile) distinguere i vari livelli di segnale (bisogna tenere in considerazione il rapporto S/N)

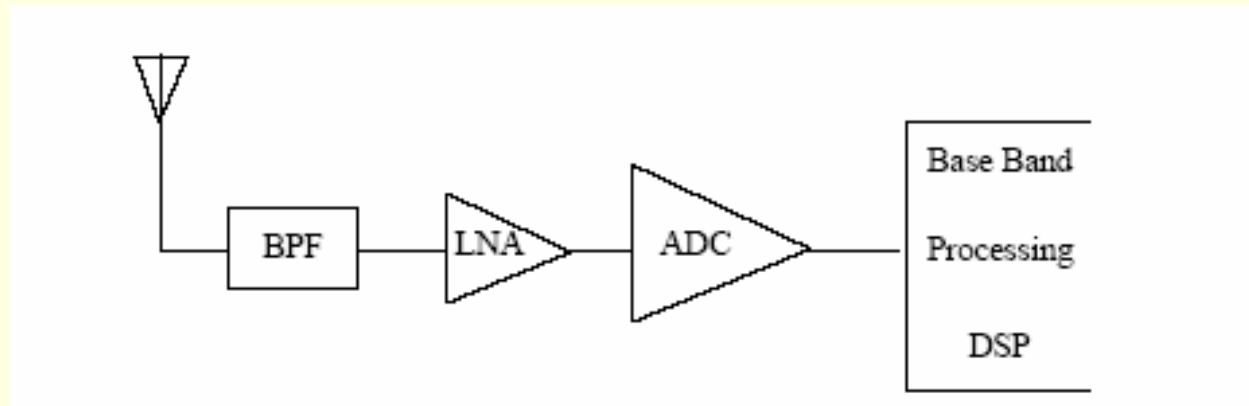


DSP

- Digital Signal Processing
- È l'elaborazione digitale dei segnali
- Tratta la teoria, gli algoritmi e i dispositivi specializzati nella elaborazione dei segnali
- La scheda audio del PC è un buon dispositivo DSP
- Il DRM e SDR usano spesso in PC e la sua scheda audio per l'elaborazione digitale dei segnali

SDR Software Defined Radio

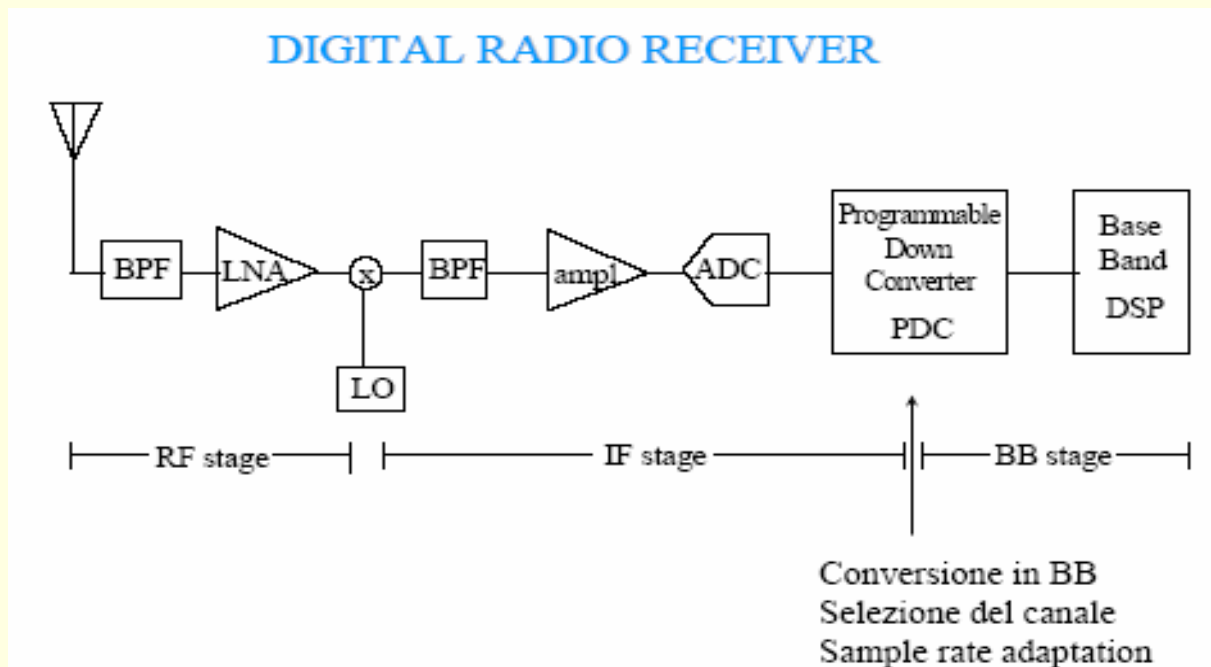
- In generale una tecnologia che introduce il mondo digitale nella radio
- Lo scopo è spostare, nei trasmettitori e ricevitori, il confine tra il mondo analogico e digitale sempre più verso la radio frequenza (RF) e favore del digitale



Ricevitore Ideale

SDR Software Defined Radio

- Ricevitori attuali a singola o doppia conversione
 - Occorre ridurre le frequenze da campionare per poter usare convertitori AD e processori DSP attualmente disponibili a costi ragionevoli



SDR Software Defined Radio

- Ricevitore completo e integrato con parte ricevente, digitale e controlli integrati
- Ricevitore classico, separato dalla parte digitale che viene implementata con un PC



I4NKF



ARI Sezione di Parma

DRM Digital Radio Mondiale

- La Digital Radio Mondiale o DRM è l'unico sistema mondiale di trasmissione digitale non proprietario previsto per le onde corte, medie e lunghe ed in grado di utilizzare le stesse frequenze attualmente assegnate al servizio di radiodiffusione in modulazione di ampiezza (AM) nello spettro fino a 30 MHz.
- Il DRM venne alla luce durante un incontro a Parigi nel settembre del 1996, tra alcune delle più grandi emittenti e costruttori di apparati

Da Wikipedia

DRM Digital Radio Mondiale

- E' l'equivalente del digitale terrestre per il mondo della radio.
- Completamente standardizzato (ETSI, ITU) gli standard sono liberi, non proprietari.
- Frequenze fino a 30 MHz con occupazione di banda di 9 KHz (tipica per i ricevitori AM in once corte, ma anche a banda a 4,5 KHz e a 18KHz).
- L'evoluzione è il DRM+ (maggio 2006) che estende le frequenze fino a 120MHz.

DRM Digital Radio Mondiale

- Ha prestazioni paragonabili alle radio in FM
- Consente contenuti multipli: voce, immagini, contenuti HTML,
- Il segnale è completamente digitale

DRM Digital Radio Mondiale

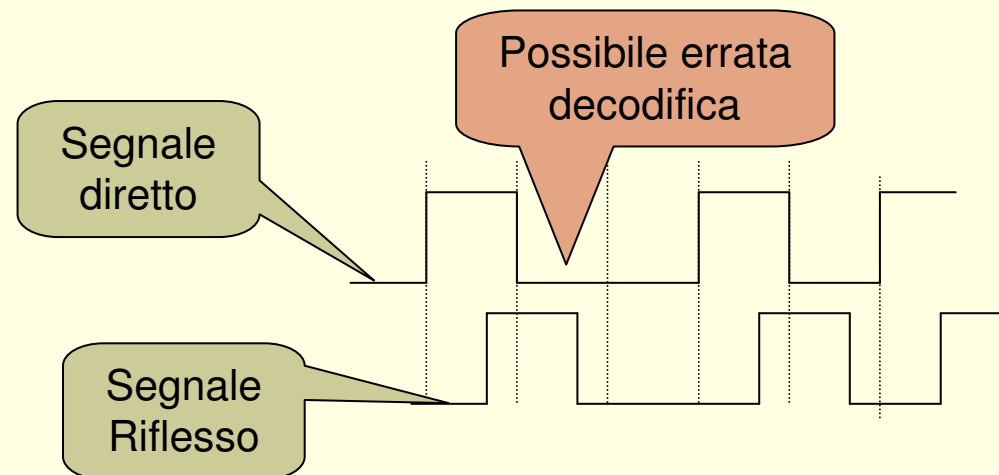
- Possono essere codificate trasmissioni fino da 8 fino a 72 Kb/S
 - In funzione della banda e da parametri definibili come: robustezza (nei confronti degli errori, quindi con migliori algoritmi di correzione d'errore), Potenza richiesta (coinvolge gli schemi di modulazione), Robustezza nei confronti della propagazione (multipath, doppler).
 - Vengono impiegati allo scopo diverse codifiche tutte della famiglia MPEG4
 - MPEG-4 HE-AAC (High Efficiency - Advanced Audio Coding). MPEG-4 CELP
 - MPEG-4 HVXC.

DRM Digital Radio Mondiale

- Usa una modulazione COFDM (Coded Orthogonal Frequency Division Multiplexing)
- La banda disponibile è suddivisa in sottobande, le frequenze delle sottobande sono fra loro ortogonali (indipendenti): 182 sottobande per il modo B
- Le sottobande sono modulate con modulazione QAM (64, 16 o 4 QAM)

Problemi Digitali

- Le riflessioni e i cammini multipli del segnale RF comportano
 - Fading
 - Interferenza intersimbolica



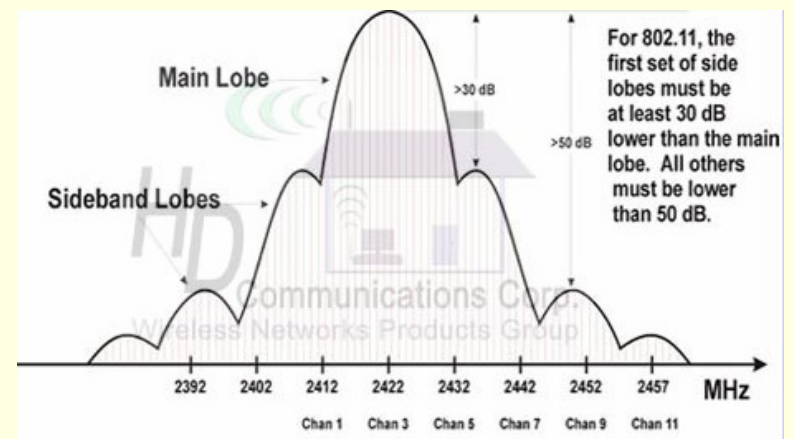
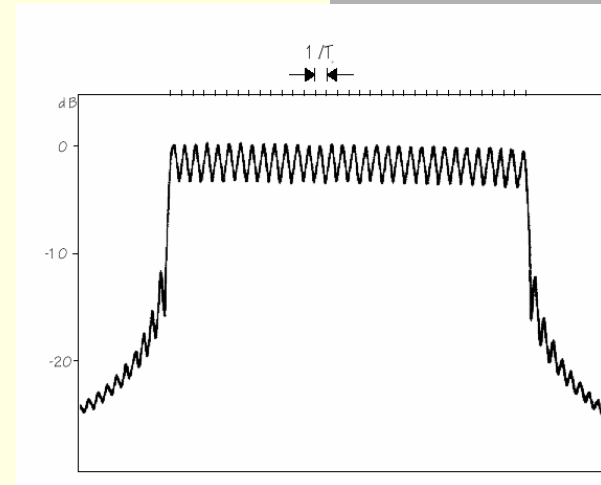
COFDM (Coded Orthogonal Frequency Division Multiplexing)

- Consiste nella suddivisione della banda trasmissiva in sottobande (canali)
- Le frequenze centrali di tali sottobande sono fra loro ortogonali, questo garantisce l'indipendenza delle sottobande e ne consente la sovrapposizione senza comprometterne la demodulazione

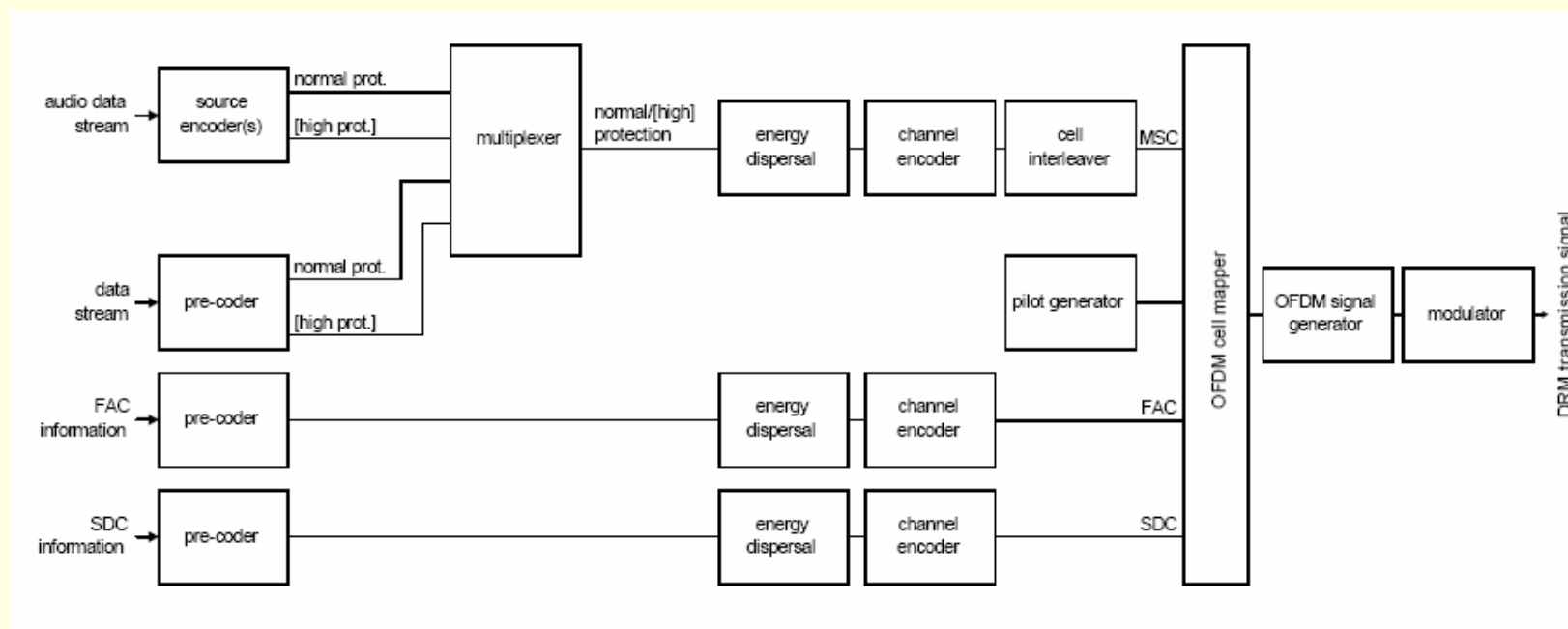


OFDM

- Uso efficiente dello spettro
- DRM
- DSSS (Wi-Fi)



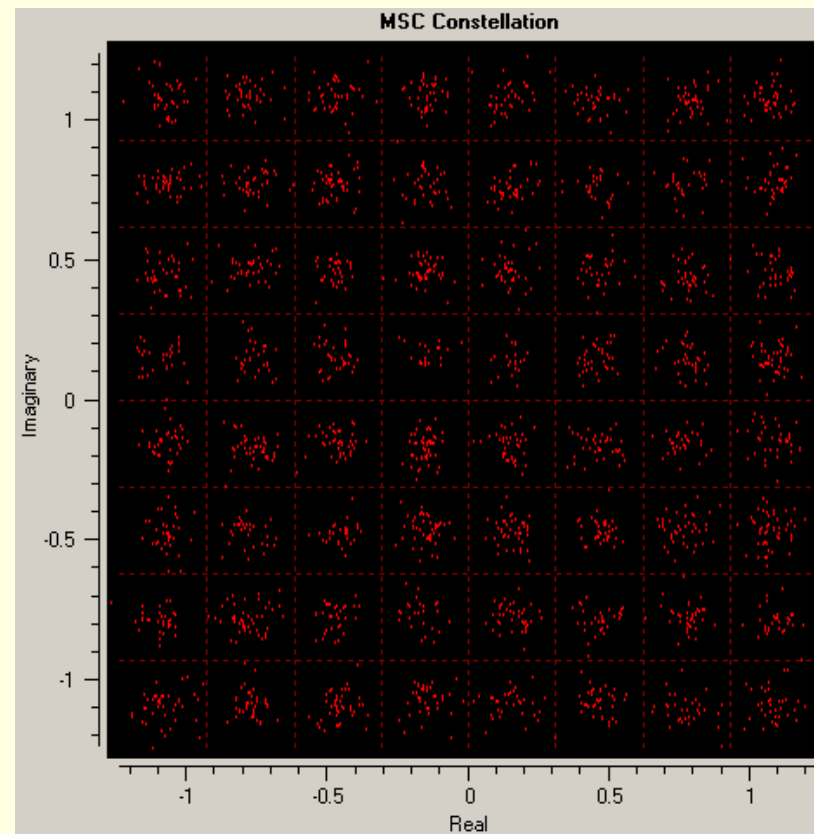
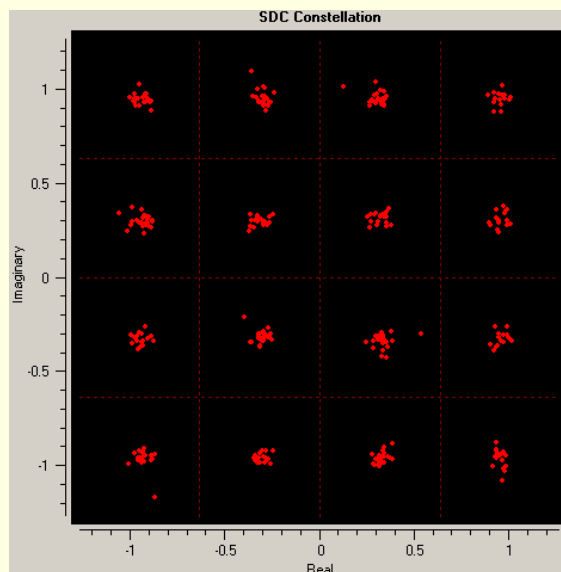
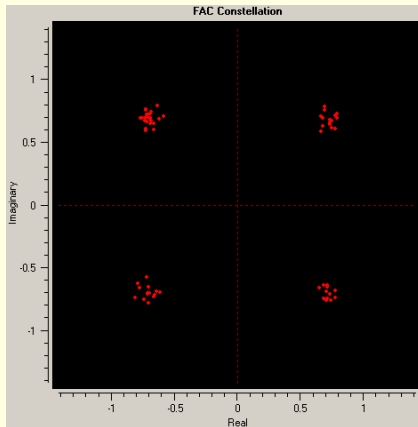
Trasmittitore DRM



DRM Le informazioni trasmesse

- Vengono trasmessi tre tipi di informazioni:
 - Canale di Servizio Principale (MSC): Trasporta l'informazione di programma ed i dati del segnale DRM. Il bit-rate lordo del MSC dipende dalla larghezza del canale utilizzato (cioè 9kHz o 10 kHz ecc.) e dal modo di trasmissione utilizzato (ammontare della protezione di canale ecc.). (64QAM)
 - Canale di Accesso Rapido (FAC): Contiene le informazioni necessarie ad individuare i servizi forniti col segnale DRM (dettagli sullo schema di codifica utilizzato, livello di correzione errori ecc.). (16QAM)
 - Canale di Descrizione del Servizio (SDC): Contiene informazioni per decodificare i servizi e per trovare frequenze alternative. (4QAM)

DRM Costellazione



Modi DRM

Mode	OFDM Carrier spacing (Hz)	Number of carriers (per Banda in KHz)				Symbol length (ms)	Guard interval length (ms)	Nb symbols per frame
		9	10	18	20			
A	41.66	204	228	412	460	26.66	2.66	15
B	46.88	182	206	366	410	26.66	5.33	15
C	68.18	*	138	*	280	20.00	5.33	20
D	107.14	*	88	*	178	16.66	7.33	24

Riferimenti

- <http://www.drm.org>
- <http://www.octave.org>
- http://it.wikipedia.org/wiki/Digital_Signal_Processor
- <http://www.dsptutor.freeuk.com/>
- <http://pc31.fausser.it/MODULAZIONE/MODULA.htm>
- <http://www.ariparma.it/ad.pdf>
- <http://www.ariparma.it/loopmw.htm>
- <http://www.b-kainka.de/drmrxfaq.htm>
- <http://nt.eit.uni-kl.de/forschung/diorama/>
- <http://drm.sourceforge.net/>
- <http://www.elektor-electronics.co.uk/magazines/2004/march/build-your-own-drm-receiver.56826.lynkx>
- <http://gnuradio.org>
- <http://www.ari.it/modi/>