

Modulazione digitale e DVB-T

Introduzione teorica

di Franco Perugini

Precedenti articoli, apparsi nei numeri 2, 3, 4, 5, 6 7-8 /2013, hanno presentato l'evoluzione del segnale televisivo dal primo bianco-nero all'avvento del digitale terrestre. Vogliamo ora estendere i concetti esposti trattando della modulazione digitale sia in forma più concettuale che pratica arrivando a proporre soluzioni operative in grado di trasmettere il DVB-T a scopo amatoriale. Tratteremo pertanto la modulazione digitale che consente di utilizzare al meglio il rapporto banda disponibile-quantità di informazione trasmessa con l'interessante prospettiva della prossima rivoluzione che porterà entro il 2022 a ridefinire gli standard costringendo ad un ulteriore cambio di apparecchio ricevente oppure a munirsi del decoder opportuno. I progressi fatti dalle tecniche di modulazione digitale o numerica (in effetti si vedrà che si operano calcoli sui numeri da cui il termine "numerico" è del tutto appropriato) consentono di aumentare la quantità di informazione per banda rendendo disponibile, a parità di canali video, circa 100 MHz dalle frequenze oggi utilizzate. Si ripete ciò che è già successo negli scorsi anni quando si è liberata una parte di UHF venduta a caro prezzo agli operatori della telefonia che hanno implementato canali per Internet veloce offrendo possibilità di streaming in tempo reale di contenuti multimediali. Gli aspetti della modulazione digitale che concorrono a questo ulteriore upgrade delle prestazioni comprendono tecniche di OFDM

(Orthogonal Frequency Digital Multiplexing) e modulazione QAM a 64 e 256 livelli per cui si cercherà di definire le problematiche in cui si opera con riferimento particolare agli aspetti di potenza necessaria per ottenere validi BER (Bit Error Rate) affiancati dal MER (Modulation Error Rate) che si riferisce specificatamente all'analisi dell'immagine della "costellazione" della modulazione, indispensabile strumento di indagine visto il tipo di modulazione digitale trattata.

DAL MONDO ANALOGICO AL DIGITALE. Modulazione BPSK e QPSK

La modulazione analogica in cui un segnale variando con continuità nel tempo modificava le caratteristiche di una portante RF che trasmetteva l'informazione, è definitivamente tramontato in quanto il passaggio a informazioni digitali consente possibilità operative e di ottimizzazione del rapporto banda trasmessa - quantità di dati assolutamente irraggiungibili in altro modo. La prima operazione che si compie è pertanto la conversione di un segnale da analogico a digitale tramite un convertitore AD. Deve essere definita una frequenza di campionamento che impone il tempo che intercorre fra un campione digitale e il successivo. La conversione è effettuata con una risoluzione in bit che è variabile da un minimo di 1bit/campionamento a (vedi audio di qualità) 24bit/ campionamento. Il segnale da trasmettere è così definito

da due parametri: frequenza di campionamento e risoluzione in bit. L'insieme dei due dati definisce i bit/secondo che devono essere trasmessi. Il teorema del campionamento stabilisce che per ricostruire una informazione campionata, il numero di campioni deve essere almeno doppio della più elevata frequenza contenuta nel segnale per cui, pensando di campionare la voce umana da 400Hz a 4000Hz, è necessaria almeno una frequenza di campionamento di 8kHz. Utilizzando una risoluzione di 8 bit (modesta anche per la sola voce umana) si devono pertanto trasmettere 64 kbit/s che nel tempo appariranno come una sequenza di 0 e 1 considerando di serializzare i dati ottenuti. L'informazione è pertanto una sequenza di livelli logici 0 e 1 che possono modulare una portante con tecniche via via più sofisticate man mano che si cercherà di rendere sempre più efficiente l'operazione.

La prima modulazione digitale praticamente utilizzata (ponti radio digitali terrestri) è stata la BPSK (Binary Phase Shift Keying) che consiste nell'invertire la fase della portante in funzione del valore del bit in ingresso (Fig. 1). Il bit 0 viene codificato -1V e il bit 1 viene codificato +1V ottenendo così l'inversione di fase di 180° fra i due bit 0 e 1 tramite un moltiplicatore analogico (modulatore) fra portante e modulazione. Introduciamo ora il modulatore I e Q che è alla base di tutte le tecniche di modulazione che si evolvono dalla BPSK. Come si vede dalla fig. 2 si dispone di due ca-