

Le selettive radio DCS

di Mauro Olivero Pistoletto

1h 11MG

Da qualche tempo anche sugli apparati amatoriali è stato implementato il sistema **DCS** (Digital Code Squelch - detto anche CDCSS), un modo alternativo ed innovativo al classico sistema **CTCSS** (toni subaudio). Lo scopo, parimenti, è l'impegno in modo selettivo del canale radio. A causa della consistente carenza d'informazioni, grande è la confusione che si fa sulla differenza tra le due tecnologie. I libretti d'istruzioni allegati agli apparati non contribuiscono di certo a far chiarezza, limitandosi solo a notizie scarse ed approssimative. Il risultato è che tantissime persone si ritrovano tale opportunità nei loro apparecchi senza neanche sapere cos'è. Il classico "subtono" è semplicemente un'onda sinusoidale che si pone al di sotto della banda passante audio dei ricevitori.

Esso garantisce un accesso discriminante senza interferire con la conversazione. La trasmissione è perciò continua, in altre parole alla cessazione del tono subaudio la comunicazione si considera conclusa. La selettiva a subtoni è quindi **analogica**. Il DCS, al contrario, è una trasmissione di tipo **digitale** sincrona, quindi le varie codifiche si differenziano per mezzo del codice numerico utilizzato. Esse sono costituite da parole di 23 bit trasmesse in FSK alla velocità di 134,3 bit/s, con una deviazione di picco della portante radio che può andare dai $\pm 400 \div 800$ Hz

nel caso di canalizzazione a 25 kHz ai $\pm 200 \div 400$ Hz per la 12,5 kHz. La codifica pone le sue basi nei codici di Golay risalenti al 1949 i quali vantano interessanti caratteristiche matematiche. Uno dei punti di spicco è che riescono a correggere fino a tre errori nella sequenza corrotta ricevuta. Questo grazie alla presenza d'opportuni bit aggiuntivi detti di "parità". Sarebbe perciò anche possibile, in seguito a ricezioni disturbate e quindi con parole moderatamente errate, evitare che il ricevitore interpreti come sbagliata la sequenza ricevuta e conseguentemente interrompa la comunicazione. Esaminiamo la struttura di questa parola a 23 bit (fig. 1).

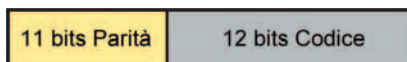


Fig. 1

Come si può vedere i bit di codice sono 12 mentre quelli di parità 11, per un totale di 23. Questo tipo di codici di Golay sono definiti tecnicamente (23 - 12). Ad un rapido calcolo si evince che le variabili a disposizione sarebbero ben 2^{12} ovvero 4096. Invece, nelle rare tabelle in circolazione, i codici DCS sono in genere 104, ovvero molti di meno. Questo è dovuto **parzialmente** al fatto che in realtà i tre bit più significativi del codice sono **bloccati** sulla sequenza binaria "100" per cui ne rimangono solo nove a disposizione. Tale scelta è dettata dalla necessità di trovare

1 0 0	0 0 0	1 0 0	1 1 1
4	0	4	7
fisso	variabile		
codice DCS			

Fig. 2

un compromesso tra velocità, capacità di calcolo e immagazzinamento dei dati nei microcontrollori degli apparati. Per motivi pratici, la numerazione dei codici segue lo schema ottale (fig. 2).

In base a tale sistema i bit sono divisi a gruppi di tre per cui la numerazione va da 0 a 7, la cifra successiva, non essendoci l'otto, sarà quindi 10. Da qui si prosegue fino a 17 per poi ritrovarsi 20 e così via (fig. 3).

Esaminiamo ora più in dettaglio la struttura del segnale (fig. 4).

A titolo d'esempio in tutto l'articolo è stato adottato il codice DCS 047 completo di parità, anche se realisticamente sarebbe 4047. D'ora in poi, per ricordare che il codice è composto anche da tale cifra, essa sarà riportata tra parentesi davanti agli altri tre numeri. Si noti che la cifra fissa "4" non è normalmente inserita nelle tabelle, ritenendola scontata per gli addetti ai lavori e inutile agli operatori. Ci si limita perciò alla rimanente porzione variabile. Nella convenzione DCS il sistema **FSK** modula la portante a radiofrequenza provocandone lo spostamento verso l'alto se si

ottale	
0 0 0	0
0 0 1	1
0 1 0	2
0 1 1	3
1 0 0	4
1 0 1	5
1 1 0	6
1 1 1	7

Fig. 3

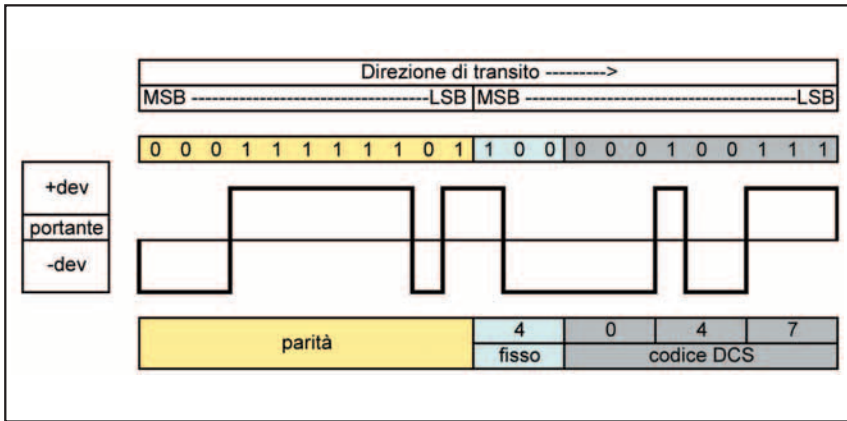
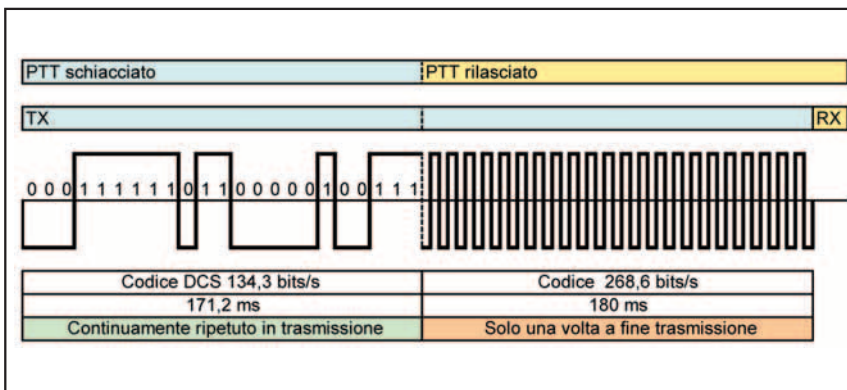


Fig. 4

tratta di un "1", viceversa per lo "0". La modalità utilizzata è **NRZ** (non return to zero), in cui la deviazione rimane positiva fino a che vi sono "uni" da trasmettere, negativa per gli "zeri". Ne consegue che il valore assegnato ai bit è **assoluto**, per cui se qualche dispositivo inverte il senso della deviazione (per es. ripetitori), i bit ricevuti saranno tutti negati e quindi la sequenza non riconosciuta. Per aggirare il problema le radio prevedono generalmente la possibilità di ricezioni e/o trasmissioni negate, in modo di mettersi al passo con il corrispondente qualora si verifici l'inconveniente suddetto.

Fig. 5



Vediamo come avviene la trasmissione (fig.5).

Durante tutta la pressione del PTT è continuamente irradiato il codice DCS con la parità e, al suo rilascio, si termina alla velocità di 268,6 bit/s con una sequenza di "0" ed "1". Questo indica la fine della comunicazione e sopprime il rumore di chiusura dello squelch. La trasmissione è perciò **continua**, esattamente come per i subtoni. Osservate ora la tabella dei 104 codici DCS standard (fig.6).

Prima colonna codice standard DCS 104 - Seconda colonna stesso codice invertito													
023	047	074	174	165	251	261	732	356	212	462	252	627	031
025	244	114	712	172	036	263	205	364	131	464	026	631	606
026	464	115	152	174	074	265	156	365	125	465	331	632	624
031	627	116	754	205	263	266	454	371	734	466	662	654	743
032	051	122	225	212	356	271	065	411	226	503	162	662	466
036	172	125	365	223	134	274	145	412	143	506	073	664	311
043	445	131	364	225	122	306	071	413	054	516	432	703	565
047	023	132	546	226	411	311	664	423	315	523	246	712	114
051	032	134	223	243	351	315	423	431	723	526	325	723	431
053	452	143	412	244	025	325	526	432	516	532	343	731	155
054	413	145	274	245	072	331	465	445	043	546	132	732	261
065	271	152	115	246	523	332	455	446	255	565	703	734	371
071	306	155	731	251	165	343	532	452	053	606	631	743	654
072	245	156	265	252	462	346	612	454	266	612	346	754	116
073	506	162	503	255	446	351	243	455	332	624	632		

Fig. 6

Il significato dei colori sarà spiegato in seguito. Usando la numerazione ottale si può notare immediatamente la mancanza delle cifre otto e nove. Il codice, come visto, ha disponibili realmente solo nove bit fornendo quindi 2^9 combinazioni, in altre parole 512 varianti. Una considerevole discrepanza rispetto ai 104 normalmente citati. Come mai? Purtroppo il ricevitore non sa di preciso dove inizia la parola utile in quanto, tra le altre cose, potrebbe anche essere stata persa e poi ripresa per fading, oppure sganciata e riagganciata per disturbi. Questo implica che **non esiste** un riferimento temporale assoluto d'inizio e quindi può sincronizzare qualunque copia del segnale traslata nel tempo. Un'altra delle caratteristiche dei codici di Golay, è che tutte le 23 traslazioni possibili di codice più parità, generano altrettante sequenze ancora valide, anche se ovviamente non tut-

Fig. 7

parità	codice				
	4	0	4	7	
0 0 0 1 1 1 1 1 1 0 1 1 0 0 0 0 0 1 0 0 1 1 1					codice(4) 047
1 0 0 0 0 0 1 0 0 1 1 1 0 0 0 1 1 1 1 1 1 0 1					codice(4) 375
	4	3	7	5	
1 1 1 0 1 1 0 0 0 0 0 1 0 0 1 1 1 0 0 0 1 1 1					codice(4) 707
	4	7	0	7	

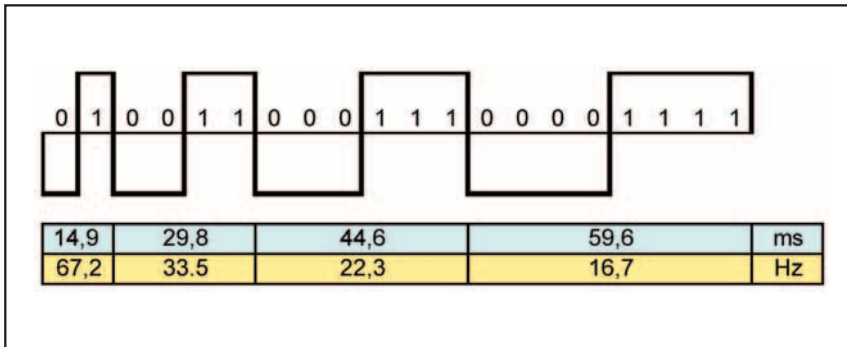


Fig. 8

te sono, nella nostra ottica, un valido codice DCS. Ne consegue che dai 512 codici teorici vanno radiati tutti quelli che, con queste caratteristiche, possono fornire ingannevoli agganci. Nel caso del codice (4)047 la problematica si verifica con (4)375 e (4)707.

Esaminiamo la relativa figura (fig.7). In blu vi è riportato il codice (4)047 e subito sotto il (4)375. Partendo dal primo bit della striscia grigia e scorrendo verso destra, si nota che la sequenza coincide perfettamente con il codice superiore azzurro. Arrivati all'estrema destra, basta proseguire dal primo bit a sinistra della striscia gialla e si constaterà che tutta la sequenza inferiore è la copia esatta di quella superiore, con la sola eccezione temporale. Ma, come già detto, il ricevitore non bada a questa differenza, per cui si sincronizzerebbe considerandolo un valido (4)047. Stesso discorso per la riga inferiore con il codice (4)707, ulteriormente traslato verso destra. Un altro ostacolo che limita ulteriormente i codici disponibili è la quantità di bit consecutivi di medesimo livello logico. Questo pone problemi, tra le altre cose, anche di banda passante qualora vi siano delle capacità sul circuito di transito del segnale. Anche se risulta un po' curioso ragionare in questi termini, una sequenza digitale di zeri ed uni determinano un segnale alternato di frequenza fondamentale variabile in funzione della contiguità dei bit d'eguale livello (fig.8).

E' abbastanza intuitivo che co-

dici molto bassi, con consistente presenza di zeri consecutivi, oppure molto alti, ricchi di uni, determineranno una caduta di questa frequenza. Ne consegue che anche queste sequenze sono da evitare. Ecco perché i codici partono dal (4)023 e terminano a (4)754 e non invece (4)000 e (4)777 (non cadete nella trappola di credere che terminano a (4)999, siamo nel sistema ottale, questa cifra non esiste!). Trasmettendo un ipotetico segnale di uni e zeri consecutivi a 134,3 bit/s, otteniamo una frequenza di 67,2Hz, in altre parole metà del bit rate ($134,3 \text{ bit/s} : 2$). Qualsiasi altra sequenza che non sia questa, farà inesorabilmente scendere tale valore. I codici rimanenti quindi, a seguito di quest'ulteriore epurazione, possono essere raggruppati in una tabella dal quale traspare che la frequenza minima è 11,19Hz (fig.9). Risulta peraltro evidente che, anche nella mi-

Fig. 9

Frequenza piu' bassa				
22,38Hz	16,78Hz	13,43Hz	11,19Hz	
Bits consecutivi uguali				
3	4	5	6	
212	114	205	043	023
243	115	226	053	025
246	122	261	054	026
252	125	343	065	031
255	131	466	071	032
266	132	565	072	036
311	134	606	073	
315	143	654	074	
325	145		116	
332	155		331	
346	156		371	
431	162		432	
	165		624	

gliore delle ipotesi, la frequenza risultante è comunque più bassa di qualsivoglia subtono e questo determina una differenza di tipo pratico nell'implementazione hardware. Mentre il tono subaudio è trasmesso con lo stesso sistema della BF, nel DCS è più vantaggioso modulare direttamente il quarzo di riferimento dell'integrato PLL (es. FT90R Yaesu). Potendo scegliere liberamente è chiaro che conviene adottare codici con frequenza minima alta, ad esempio quelle del gruppo 22,38 Hz. Una curiosità: considerato che la rappresentazione è ottale, e non decimale, i codici realmente mancanti fra (4)000 e (4)023 sono meno di 23 (per la precisione 19). Altra questione è quella del codice negato (più spesso definito non molto correttamente "invertito"). In questo frangente la tabella dei 104 codici standard riserva una sorpresa. Infatti, 52 di questi sono quelli per convenzione **normali** (caselle gialle in tabella), gli altri 52 sono gli stessi **negati** (caselle arancio). Per comodità, nelle colonne verdi, sono stati riportati tutti i codici negati del corrispondente a sinistra. Ovvio, che il negato di un negato...sarà nuovamente il codice normale. Per tale motivo nella tabella dei bit consecutivi sono stati riportati solo i 52 principali, quelli negati avranno ovviamente la stessa distribuzione dei bit, ma di segno opposto. Quesito: se tutti i codici contengono la cifra fissa di tre bit, in altre parole "100" (4 in ottale) che ovviamente non varia, com'è possibile avere un codice negato? Questo dovrebbe contenere comunque "011" (3 in ottale) e non sarebbe più un valido codice DCS standard. Vediamo con l'aiuto di una tabella (fig.10) com'è possibile, prendendo sempre il codice (4)047 al quale aggiungiamo il suo negato (4)023.

Per facilitare la lettura, in rosa è già stato rappresentato il codice (4)047 negato. Effettuando il confronto diretto con la casella inferiore del (4)023, si rimane un po' perplessi in quanto non sem-

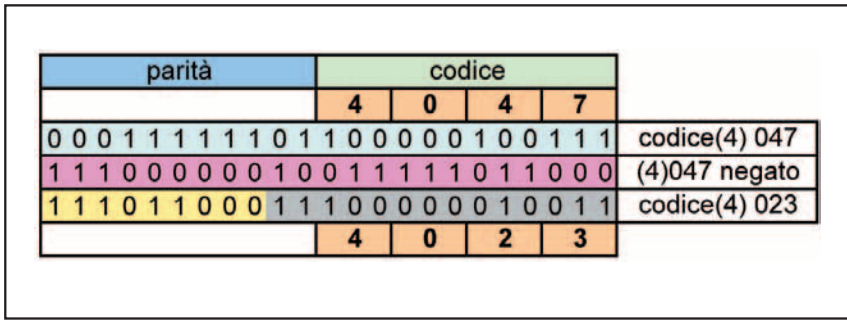


Fig. 10

bra proprio che uno sia la negazione dell'altro. Ancora una volta l'inghippo sta nel fatto che il ricevitore non sa riconoscere l'istante d'inizio per cui, come già trattato, si tratta di un'ennesima parola traslata nel tempo. Infatti basta confrontare l'ultima sequenza partendo dal primo bit a sinistra della striscia grigia fino al lato estremo destro per poi proseguire con la striscia gialla. E' facile constatare in quest'ottica la perfetta negazione. Ricordiamo sempre che tutte le 23 traslazioni possibili di un codice più parità, generano altrettante sequenze ancora valide come codici di Golay, anche se non tutte di tipo DCS. Fra queste possiamo trovare anche la sequenza negata di un altro codice.

Le tecniche per la rilevazione dell'errore e della correzione, permesse dalla parità, esulano dallo scopo di quest'articolo vista

la relativa lunghezza e complessità. Può comunque essere interessante osservare almeno come scaturisce quest'importante sequenza di parità. Nella forma più classica essa nasce dalla divisione (modulo due) del codice desiderato con un polinomio detto appunto di Golay:

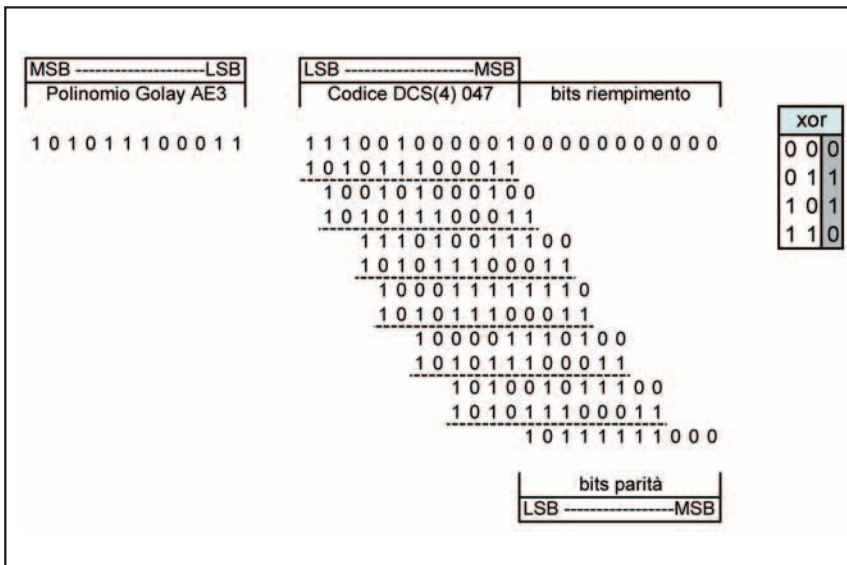
$$X^{11} + X^9 + X^7 + X^6 + X^5 + X + 1$$

ovvero AE3 in esadecimale
101011100011 in binario

Vediamo come si effettua la divisione modulo due con il codice d'esempio (fig. 11), in altre parole sempre (4)047:

Come prima operazione si aggiungono al codice 11 bit di valore "0", detti di riempimento, poi si prosegue come in figura, riportando ripetutamente il polinomio di Golay e facendo lo xor fra i bit di colonna. Quindi si abbassano gli zeri aggiunti come in

Fig. 11



una normale divisione. Questi ulteriori 11 bit sono necessari per ottenere alla fine una parità proprio di tale lunghezza. A calcolo concluso, il resto della divisione sarà la sequenza di parità cercata (si presti attenzione, in tutta la stesura, alla giusta posizione del bit più significativo - MSB- e quello meno significativo - LSB). A proposito di quest'ultima, si noti che nell'esempio essa risulta ribaltata alla fine del calcolo per cui va ripristinata la giusta sequenza. Esiste anche un altro modo, definito "corto", per il calcolo. Esso **tiene già conto** del fatto che tre bit sono bloccati a "100" e permette una soluzione didattica "grafica" (fig. 12).

Praticamente si prende il codice del quale si desidera sapere la parità e si riporta in tutte le righe, omettendo la scrittura dove vi sono le caselle rosse. Effettuata quest'operazione si farà semplicemente lo xor riga per riga fra i bit delle caselle bianche, riportando il risultato così com'è se la casella N è bianca, oppure negandolo se è blu. Tutto lì. Operativamente, per risparmiare memoria sugli apparati, è conveniente memorizzare solo il codice di tre cifre e calcolare invece la parità "sul momento", risparmiando memoria ROM.

Se volete fare delle prove personali per verificare il corretto apprendimento, basta scaricare da Internet il data sheets dell'IC FX828 della CML (www.datasheetarchive.com). Tale integrato, un vero gioiello, gestisce toni, subtoni e DCS con correzione d'errore. A pag.26 di queste in-

Fig. 12

