

Il transponder digitale dell'esperimento RUDAK

di Hanspeter Kuhlen - DK1YO

tratto da AMSAT-DL Journal N2 marzo/aprile 88
traduzione dal tedesco di Gottfried Mumelter IN3AXG e I8CVS

A bordo del nuovo satellite amatoriale OSCAR-13 si trova il numero più alto di transponder di concezioni più differenziate che, a bordo di un satellite, avremmo mai potuto desiderare.

Accanto ai due transponder lineari per Modo-B e Modo-L, già impiegati su OSCAR-10, ora vi sono inoltre a disposizione un transponder Modo-J ed uno Modo-S nonché, *"last but not least"*, un ripetitore rigenerativo per comunicazioni digitali d'amatore, oggetto di questa descrizione.

RUDAK è il nome di questo transponder con uplink in 24 cm e downlink in 70 cm.

Il transponder digitale RUDAK fa quasi parte integrante del transponder Modo-L, come si può vedere da fig. 1, e questo verrà illustrato in dettaglio, pur rimanendo nei limiti di una descrizione schema a blocchi.

Seguiamo anzitutto dal blocco ZF (media frequenza 10,7 MHz), la strada che compie il segnale verso la parte digitale del transponder, quella più scura di fig. 1.

Un particolare che dà subito all'occhio è l'oscillatore miscelatore a 19,7 MHz pilotato da un segnale sweep. Con l'aiuto della sua frequenza oscillatrice, che varia entro una certa banda, tutti i segnali che si trovano entro una banda passante di ± 7.5 kHz attorno alla frequenza nominale centrale, vengono traslati uno dopo l'altro sulla frequenza di 9 MHz nel filtro a quarzo (XF-9E) che segue il miscelatore. Di fatto, un generatore a dente di sega genera una tensione di aggancio che fa spazzolare il ricevitore nella sua banda passante in qua e in là alla ricerca del segnale.

Il ricevitore continua continuamente con un tempo di ripetizione pari a 120 millisecondi la presenza di segnali uplink (packets). In aggiunta al filtro a quarzo, un ulteriore miscelatore-oscillatore converte il segnale su una frequenza di 24 kHz. Infatti l'oscillatore a quarzo è a 9,024 MHz mentre il segnale in arrivo al miscelatore è a 9 MHz. Questo segnale a 24 kHz viene ora inviato a un demodulatore coerente. "Coerente" significa con fase esatta.

Per ottenere una demodulazione coerente è innanzitutto necessario ricostruire la portante soppressa del segnale in arrivo in PSK che costituisce i pacchetti. Per ottenere ciò si utilizza il principio che facendo la quadratura di un segnale modulato PSK, la portante appare di nuovo, mentre la modulazione (salti di fase di 180 gradi) scompare.

Sarà dunque necessario derivare una parte del segnale, duplicarla in frequenza, e portarla su un comparatore di fase che riceve un segnale di riferimento proveniente da un oscillatore pilotabile (VCO).

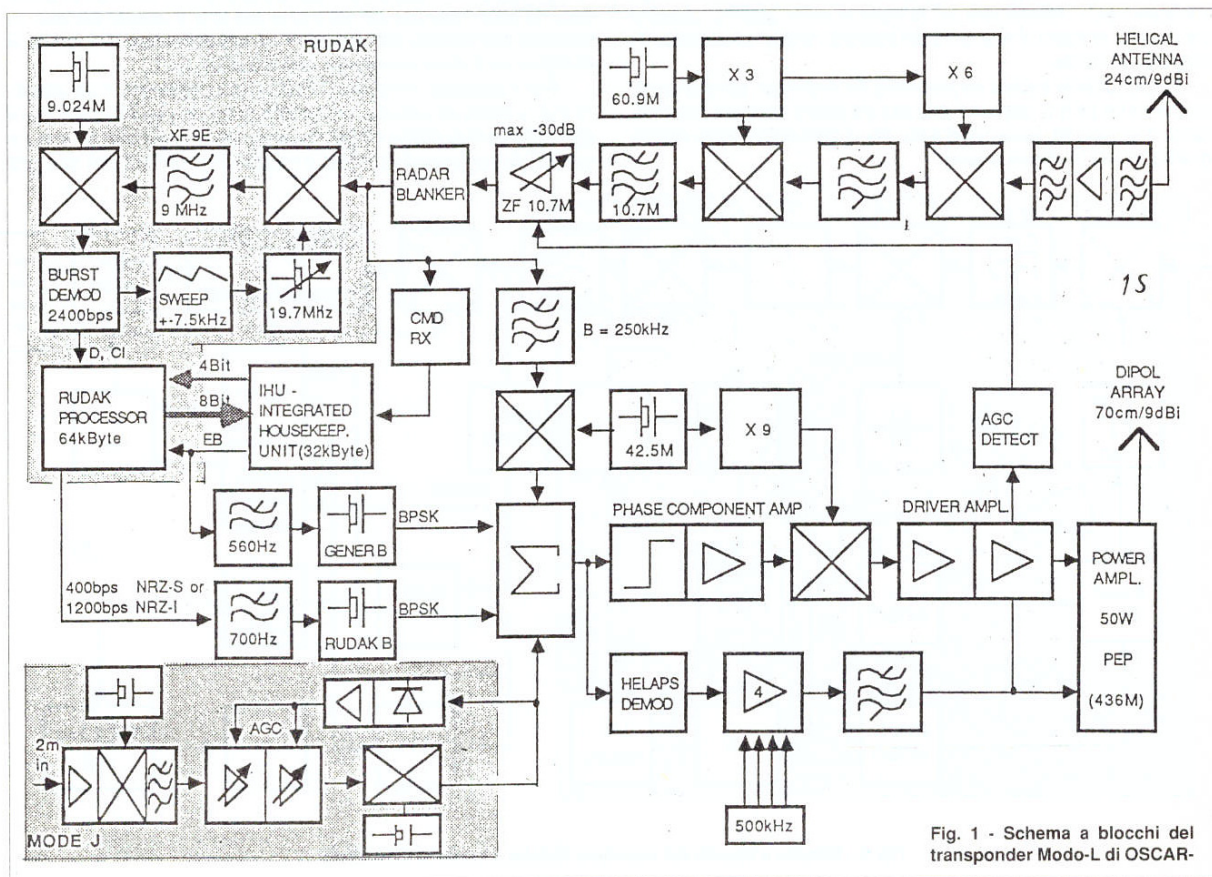


Fig. 1 - Schema a blocchi del transponder Modo-L di OSCAR-10.

Spazio nuova frontiera

Questo oscillatore viene tarato in modo da oscillare già sulla frequenza giusta. Il prodotto (tensione) del comparatore di fase viene portato come tensione pilota al VCO, dopo essere stato filtrato in un filtro passa basso. In questa maniera viene ottenuto un aggancio di fase fra segnale ricevuto e portante generata localmente (PLL).

In seguito, il segnale di uscita del VCO viene miscelato con il segnale di ingresso PSK e come uscita si ottengono i dati demodulati dal segnale stesso.

In questo caso i dati sono a frequenza di 2400 Hz, perché l'uplink ha una velocità di trasmissione dati corrispondente a 2400 bps (bit per secondo).

Com'è noto tutto è relativo e il processo qui descritto si svolge in maniera leggermente diversa nel demodulatore RUDAK.

Nella fig. 2 il ricevitore RUDAK appare in modo più dettagliato. Come si vede, l'oscillatore di riferimento locale del primo circuito di regolazione è fisso, mentre è il ricevitore che viene "mosso" nella ricerca del segnale di uplink a pacchetto. Detto in altri termini: l'oscillatore locale non rincorre il ricevitore, ma il ricevitore rincorre l'oscillatore locale con una velocità di ricerca di circa 120 millisecondi, dove il ricevitore spazzola la zona di ricerca di circa 15 KHz.

Nel caso che si volesse modulare subito il beacon downlink su 435,677 MHz con questo segnale digitale uplink demodulato, si sarebbe raggiunta la forma più semplice di un transponder rigenerativo. Per rigenerativo si intende un processo che ricostruisce i bit 0 e i bit 1 all'arrivo e li ritrasmette perciò a terra privi del rumore insito nella tratta di uplink. Per fare ciò nel nostro caso, il segnale digitale scorre attraverso il processore RUDAK, un calcolatore liberamente programmabile con 36 kbyte di memoria, paragonabile a quella di un comune C-64.

A questo punto appare chiaro che nessun fruscio (noise) od altri influssi nocivi interessano più la tratta in salita (uplink), giacché tutti i bit che arrivano al ricevitore del satellite vengono ricostruiti nel computer di bordo.

Esiste tuttavia ancora un problema da superare, perché la decisione se un bit è 0 oppure 1 può essere giusta o errata, ma finalmente il singolo bit, qualunque esso sia, è disponibile nella stessa "qualità" come se fosse a terra.

La parte di rumore della tratta in su (uplink), in virtù della rigenerazione dei bit, non si fa sentire e non fa più parte della tratta in giù (downlink), cosa che invece si fa sentire notevolmente durante i QSO in SSB e CW nel transponder lineare.

In questo processo di rigenerazione dei bit consiste uno dei grandi vantaggi del collegamento con sistema digitale rigenerativo.

Dal fatto che a bordo del satellite è ora disponibile il segnale digitale che include i dati, è possibile adottare diversi provvedimenti per la correzione degli errori, come vedremo, giacché un bit 0 potrebbe essere ricevuto come 1 o viceversa.

Esistono molti accorgimenti per maneggiare il segnale. Accanto al vero e proprio Modo-digipeater (digital repeater), nel sistema RUDAK per esempio è previsto il cosiddetto Modo-ROBOT, un sistema che fu praticato in maniera semplificata per la prima volta sui satelliti amatoriali russi tipo RS. Usando il Robot, l'utente, dopo aver ricevuto una conferma individuale del collegamento avvenuto (ACKnowledge), riceve una informazione, per esempio, sulla posizione del satellite in quel momento, oppure il programma operativo dei transponder, oppure ancora fino a dieci unità di informazione standardizzate.

Se si guarda accuratamente il circuito del ricevitore RUDAK, appare un altro stadio e precisamente quello della rigenerazione, chiamato "BITCLOCK". Questo non è strettamente necessario in presenza di forti segnali, però sfrutta la piena energia dei singoli bit e migliora così la sensibilità di tutto il complesso.

A questo punto ogni bit in arrivo al ricevitore del satellite viene integrato per un tempo uguale alla durata di un bit. Questo processo di integrazione è comandato nel ritmo giusto dei bit proprio da un clock (BITTAKT).

L'integratore integra l'energia a disposizione di un bit in arrivo durante tutto il periodo del bit e solo alla fine di questo periodo, in funzione dell'energia accumulata in un condensatore, è in grado di decidere se è stato trasmesso uno 0 oppure un 1.

Più in dettaglio, l'impulso (TAKT) viene rigenerato in un ulteriore PLL e pilota un circuito cosiddetto "Integrate and Dump". Qui il segnale in arrivo carica bit per bit, secondo la posizione di fase, un condensatore in modo positivo o negativo in maniera che solo alla

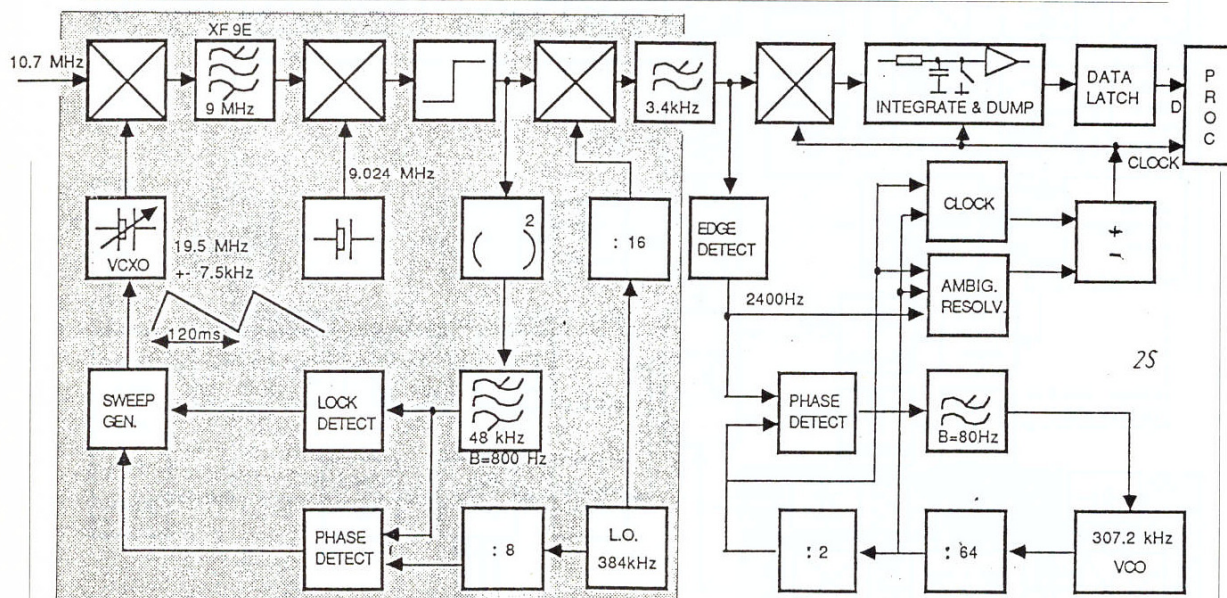


Fig. 2 - Schema a blocchi del ricevitore RUDAK a bordo di OSCAR-13

Spazio nuova frontiera

fine di ogni ciclo del bit può essere interpretato il valore raggiunto, se 0 oppure 1.

A questo punto il condensatore tramite cortocircuito effettuato da un transistor (Dump), può essere preparato (scaricato) per integrare il bit successivo.

Se l'idea della quadratura del segnale di ingresso (duplicazione) per la rigenerazione della portante era bella e semplice, essa ha purtroppo un neo.

Facendo la duplicazione del segnale, va persa la fase di riferimento, perché passando da 180° a 360° , i salti di fase danno lo stesso risultato come da 180° gradi a 0° ; e 0° , com'è noto, non sono più distinguibili da 360° .

Qui nasce la grande e semplice idea della codifica differenziale per eliminare gli errori di fase. Il mezzo più astuto consiste nell'adattare la convenzione che con la posizione di fase assoluta (che manca) rappresenta uno 0 oppure un 1, bensì la differenza fra il bit attuale e il bit precedente. In questo modo all'uscita di una porta OR-esclusivo avremo i dati, codificati in maniera inequivocabile a prescindere dalla fase assoluta della portante. Anche con questa codifica differenziale esiste la possibilità, tuttavia, di ricevere tutti i bit nello stato logico giusto, oppure tutti invertiti (ossia gli 0 come 1 e gli 1 come 0).

Per evitare questo inconveniente, una possibile soluzione sarebbe quella di trasmettere all'inizio di ogni trasmissione un certo bit campione o vettore di sincronismo, come sequenza di partenza, vettore noto al ricevitore e che poi nella logica del ricevitore può servire a scegliere la polarità giusta dei bit. Nel nostro caso però ciò non è una soluzione soddisfacente.

Per il sistema RUDAK è stato scelto un sistema di codifica dove il segnale di clock (TAKT) ed il segnale di informazione dati sono concatenati fra loro oppure esclusi.

Questo metodo viene denominato anche codifica "bifase".

Con questo sistema, il segnale trasmesso riceve sempre sufficienti cambi nella posizione di fase, sia nel centro del bit, come nel bordo del bit, indipendentemente dal contenuto dei dati trasmessi. Questi impulsi, al centro o al bordo del bit, vengono contati da una logica del ricevitore che sfrutta questa particolarità ed è così in ogni momento in grado di correggere la posizione di fase.

Se le condizioni della tratta terra-satellite sono stabili, ossia senza evanescenza (QSB), una volta acquisita la decisione di fase, questa non cambia e varia solo con l'influenza negativa della evanescenza (fading) nella ricezione del segnale.

Questa logica, che serve per risolvere l'ambiguità del segnale (oppure, in inglese, "Ambiguity resolver") viene sfruttata come principio per assicurare una elevata affidabilità di collegamento.

A terra è indispensabile controllare l'ambiguità del segnale ricevuto nella tratta downlink tramite la segnalazione di un led (Ambiguity).

Lo stato di conduzione di questo led - "off" oppure "on" - segnala se nulla ostacola una demodulazione esente da errori. Un lampeggiare del led, anche e specialmente con condizioni di segnali forti, è un indice di forti errori dovuti alla tratta in discesa (downlink).

Sia i dati che il clock (TAKT) sono ora a disposizione del processore RUDAK tramite un punto di intersezione intelligente ZS80 S10. Il processore RUDAK di OSCAR-13 dispone inoltre di diversi punti di interconnessione di colloquio con il calcolatore principale del satellite, lo IHU (Integrated Housekeeping Unit).

Questi punti di interconnessione consentono uno scambio di programmi e di dati fra i calcolatori RUDAK e IHU, come anche il comando di importanti funzioni. Il compito principale del processore RUDAK è di utilizzare il protocollo AX.25 (Packet Radio). In pratica il RUDAK si comporta come un digipeater solo che il suo segna-

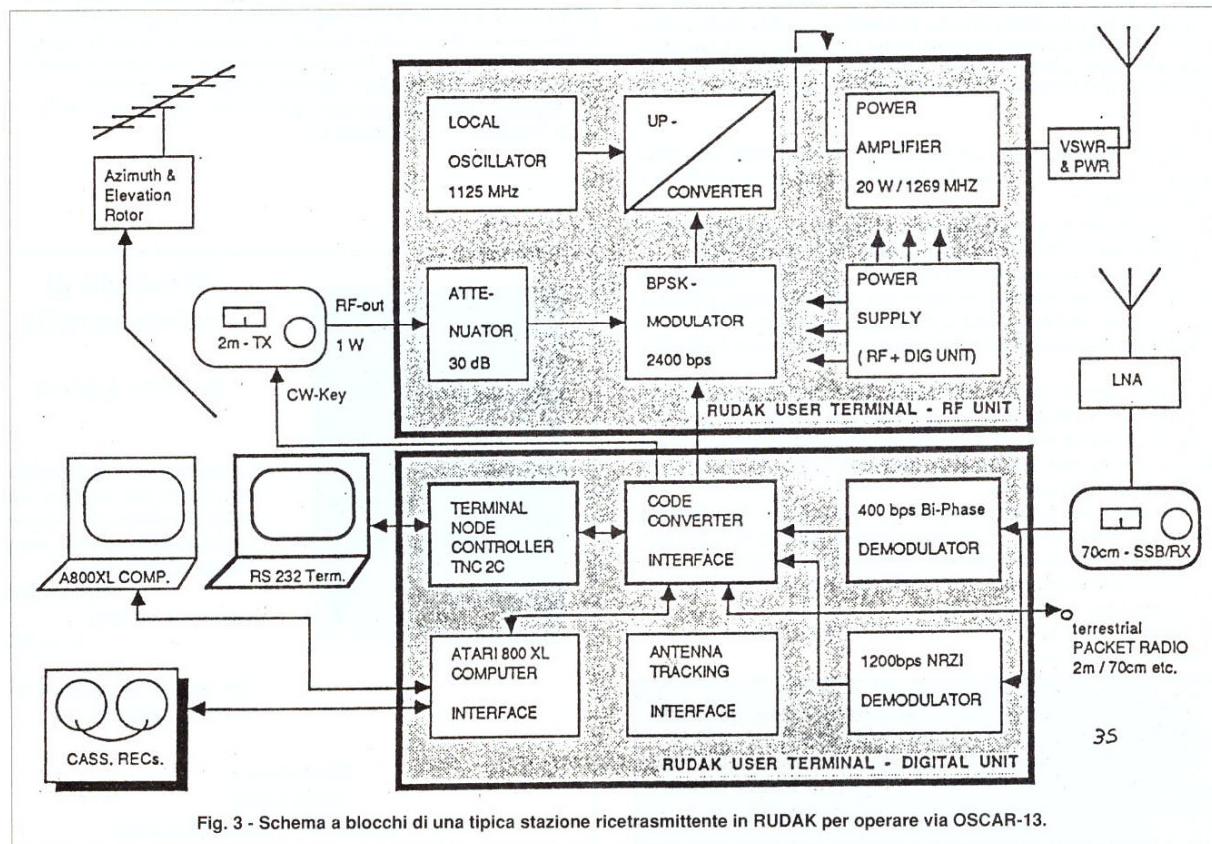


Fig. 3 - Schema a blocchi di una tipica stazione ricetrasmittente in RUDAK per operare via OSCAR-13.

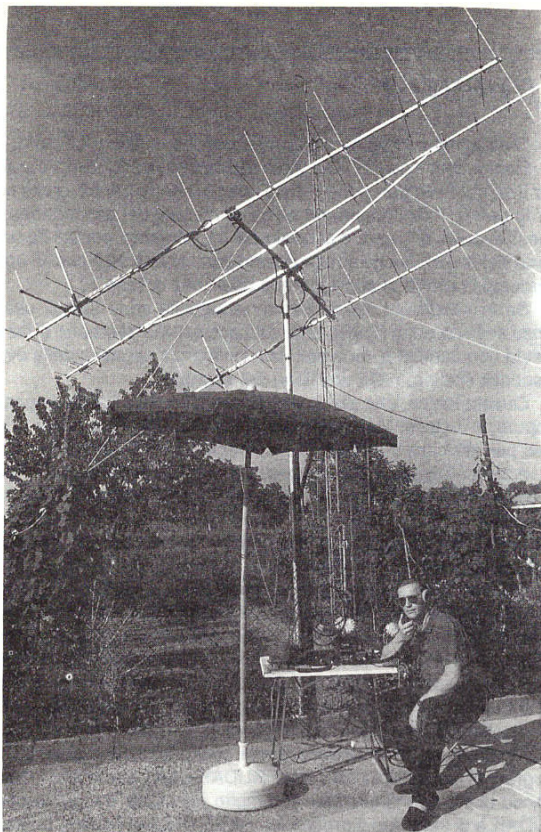


Foto 1 - IV3WLQ Gianni alla sua stazione per traffico via OSCAR sotto l'ombrellone nel giardino di casa. In ricezione usa due Tonna a dipoli incrociati 9 + 9 el. in fase. In uplink 70 cm ha 21 el. Tonna orizzontale. Apparecchiature: uplink FT 780 R Yaesu più lineare da 50 W; downlink due metri FT 290 R Yaesu. Più portatile di così... (e con buoni segnali).

le non viene usato come un segnale di "via" all'inizio del collegamento. Il segnale di chiamata definitivo non è, al momento, ancora stato deciso.

In confronto al normale servizio analogico sui transponder, in cui tutte le stazioni SSB e CW si distribuiscono la larghezza di banda totale, in modo che ognuno trasmette sulla "sua" frequenza, le stazioni di Packet Radio si dividono una frequenza sola, utilizzando però per una piccolissima parte del tempo. Ciò avviene solo quando per trasmettere per esempio una riga si preme il tasto Return.

Si dice che un disegno dice più di mille parole e perciò lasciamo le prossime cinquemila parole a chi interpreta nella giusta maniera gli schemi a blocchi. Questi schemi illustrano il transponder Modo-L, il ricevitore RUDAK e anche la configurazione di una possibile stazione utilizzatrice.

Il transponder presentato qui è opera del dottor Karl Meinzer DJ4ZC, di Werner Haas DJ7KQ e di Oscar Belzen DL4FA, che fanno parte del "Gruppo Digitale dell'Esperimento RUDAK".

A tutti da queste pagine va uno speciale ringraziamento per l'instancabile opera radioamatoriale.

Ulteriori informazioni sull'Esperimento RUDAK sono contenute nei seguenti articoli:

OM... per cortesia non trasmettete in simplex, né installate ponti ripetitori da 145,800 a 146,000 MHz e da 435,625 a 435,005 MHz. Su queste frequenze (riservate dalla IARU al "Servizio Satelliti Amatore"), operano OSCAR - 10, il recente OSCAR - 13, oltre ai satelliti UOSAT ed RS.

Spazio nuova frontiera

1) Dr. Karl Meinzer DJ4ZC, H. Kuhlen DK1YO "Formal Definition Meeting of the AMSAT RUDAK Experiment" Proceedings of the 4 th ARRL Computer and Networked Conference, San Francisco USA - 1985.

2) K. Breundorfer DF8GA, G.E. Turker WA5NV1 "RUDAK: A Status Report" AMSAT QEX59 Jan 1987.

3) H. Kuhlen DK1YO, D. Moe KE6MN/DJ0HC "The RUDAK Experiment" 73 Magazine August 1986.

4) Autori diversi nell'AMSAT-DL Journal, AMSAT-DL Holderstrauch 10, 3550 Marburg W. Germany.

5) "The Digital RUDAK Experiment of AMSAT-DL on Board OSCAR-P3C" Proceedings of the 6th ARRL Computer and Networking Conference, Redondo Beach, USA 1987.

Considerazioni generali di I8CVS

Il presente articolo tratta l'Esperimento RUDAK in modo generale ed è destinato a coloro che hanno le idee chiare su cosa sia la modulazione PSK, la codifica bifase, la codifica e la decodifica differenziale.

Per questo motivo si raccomanda a coloro che volessero interpretare quanto scritto fra le righe dell'articolo di andarsi a rileggere tutto quanto pubblicato da R.R. durante il 1977 in questa stessa rubrica "Spazio" sulla telemetria PSK di OSCAR-10 e della Phase III-C, dove questi concetti sono descritti nel dettaglio.

Chi volesse affrontare il problema del RUDAK, dovrà per forza realizzare un demodulatore PSK a 400 bps come quello già descritto su Radio Rivista, oltre ovviamente a realizzare tutto il resto appena accennato nello schema a blocchi del presente articolo.

Non crediamo che il commercio metta in cantiere una stazione RUDAK ready to work, e ognuno dovrà arrangiarsi in base alle conoscenze che si andrà facendo in materia di tecniche digitali. In ciò consiste ancora la vera sperimentazione che si può intraprendere in campo radiantistico facendo traffico via satellite.

Studiare, studiare e sempre studiare cose nuove che non si trovano firmando il solito assegno.



Manuale di radiotelegrafia

di Carlo Amorati

Come imparare la telegrafia, ed usarla nel migliore dei modi (assieme alle nozioni fondamentali per chi inizia l'attività radiantistica).

Lire 12.000

Corso in 2 cassette

L. 12.000

128 pagine corredato di foto, disegni e tabelle.

Richiedere a:

EDIRADIO

Via Scarlatti 31 - 20124 MILANO