

Satelliti

Domenico Marini • 18CVS

Via A. De Gasperi 89 - Parco Merola
80059 Torre del Greco/NA

parte prima

Stazione downlink 10,5 GHz per Phase 3-D

IN QUESTI articoli verrà trattata la ricezione del downlink a 10,451 GHz di P-3D. Dopo un'analisi teorica seguiranno i criteri progettuali di una stazione terrena in grado di ricevere i segnali dallo spazio in funzione della loro intensità, polarizzazione, Doppler, problemi di tracking e stabilità di frequenza.

Passeremo poi alla scelta di converter facilmente duplicabili, disponibili in kit e di sicuro affidamento. Sceglieremo il valore opportuno di FI, di NF del preamplificatore e infine decideremo dell'antenna a polarizzazione circolare.

Questo lavoro (foto 1) va fatto prima del lancio di P-3D, previsto a primavera '97 e che porrà in orbita il più interessante transponder mai prima imbarcato su un satellite amatoriale. Uno cioè in banda X. Prepararsi dopo sarà tardi, perché il nostro tempo disponibile verrà dedicato al traffico sugli altri modi.

Questi articoli hanno due scopi modesti in quanto non diranno nulla di nuovo.

Il primo è informare gli OM già esperti nell'uso dei 10 GHz tropo, sui problemi che incontreranno ricevendo segnali dallo spazio. Essendo questi OM una folta schiera preparatissima nell'autocostruzione in MW, il fine è invogliarli al traffico satellitare in modo che siano loro a insegnarci qualcosa di tecnologico in banda X quasi sconosciuta a noi spaziali.

Il secondo obiettivo è di iniziare all'autocostruzione in MW i satellitari fermi da tempo sul commerciale in 70 cm e incoraggiare con qualcosa di facilmente duplicabile e provato quelli reduci da AO-13 in modo L a 1270 MHz e modo-S a 2400 MHz.

Essendo personalmente alla prima esperienza di autodidatta in 10 GHz, chiedo clemenza alla corte per le imprecisioni che accompagneranno inevitabilmente tutte le descrizioni.

Queste sono il racconto di un'esperienza condotta col consiglio di tanti OM già esperti in banda X, senza il cui contributo niente si sarebbe realizzato.

Come fare a cominciare

Nel concepire la stazione downlink a 10,5 GHz per P-3D, ho dovuto per forza documentarmi su tutto quanto pubblicato in materia su Radio Rivista, a partire da I4BER sul n. 8/74, fotocopando e realizzando un Compendium, passando per tutti gli autori in materia, arrivando fino ad oggi con I2SG. Stessa cosa ho fatto con Dubus e VHF Communications. Ho acquistato i tre volumi del "Microwave Handbook" di G3PRF, edito dalla RSGB, il "VHF/UHF Manual" di Jessop (RSGB), l'ottimo "UHF/Microwave Experimenter's Manual" della ARRL e tutti i Proceedings delle VHF Conference e Microwave Update della ARRL. Infine, con l'intento di carpire l'arte, ho lungamente telefonato a quella vasta schiera di amici microondisti che fanno cose egregie ma coi quali siamo isolati, loro nel tropo e noi nello spazio.

Studiando intensamente per vari mesi, ho preso gradualmente coscienza della mia incolmabile ignoranza, per l'impossibilità di digerire venti anni e passa di MW, in quanto per farci esperienza ci vorrebbe una vita. "Ma va là... non buttarti giù, ti sei perso troppo con la meccanica celeste, allora, accontentati di una infarinatura", mi suggeriva una voce..., "come quella che ti facevi al Liceo sui

Per te Sergio

Era usanza dei Vichinghi spingere nei fiordi una nave in fiamme cantando inni ai guerrieri caduti con valore. Oggi, 31 ottobre 1996, noi alle ore 16.30 UTC dell'orbita 6422, abbiamo dedicato a te la nostra nave spaziale più bella, OSCAR 13' che a giorni brucerà anch'essa nello spazio, e in molti abbiamo recitato in piedi queste parole: "Sergio... questo minuto di silenzio e raccoglimento in questo spazio profondo che ci unisce e non divide, è per ringraziarti di tutto lo spazio che ci hai dedicato su Radio Rivista combattendo con valore per essa e per il visto si stampi, fino all'ultimo istante di vita. In questo minuto così breve, il più lungo per noi, molti piangono".

Noi tutti

volumetti del Bignami che dicevano tutto in tre giorni, quanto basta a strappare un sei a ottobre rimanendo asino". E si hai proprio ragione, pensavo fra me e me, non è possibile lavorare via satellite a 10 GHz comprando un transverter, farsi fare un illuminatore e parlare. Sarebbe come pretendere di capire le cantiche della Divina Commedia vivendo in questo secolo senza aver studiato almeno tre giorni sul Bignami la storia del 300 e il "dolce stil novo" con Dante, Petrarca e Boccaccio. "E' proprio così, caro Domenico, anche se avrai la sapienza del promosso per il rotto delle cuffie, ti sarai fatto una cultura e avrai una memoria storica sull'evoluzione delle tecnologie in questa banda tanto sviluppata nel nostro paese, in cui nelle MW, mai così pochi pionieri fecero tanto per così molti". E pensando a questo prodigio, risentii la forza per continuare a studiare.

Il transponder a 10,5 GHz di P-3D

Come gli altri transponder, anche questo ha subito notevoli metamorfosi. Concepito nel 1988 da DF8CA come traslatore 2,4/10,5 GHz, fu poi affidato al gruppo Amsat-OH nel 1991, quando P-3D fu strutturato per funzionare con commutazione dei modi a matrice FI. Gli attuali responsabili del trasmettitore e dell'antenna sono docenti e studenti dell'Università di Helsinki, fra questi OH7JP, OH6DD e OH2AUG. Sullo stato di avanzamento dei lavori si è saputo poco, anche attraverso Amsat-Journal e Amsat-DL Journal che ne parla succintamente nei numeri 1/88, 2/91, 2/92, 3/93 e 1/94. DJ4ZC, più volte interpellato, non si è mai espresso in modo esplicito, ma ebbe a commentare con lo scrivente che se il TX a 10,5 GHz non fosse stato completato in tempo ciò avrebbe determinato conseguenze catastrofiche, data l'importanza sperimentale prevista su questa banda. Giacché il gruppo OH ha avuto alcune difficoltà essendo impegnato su due versioni, una da 16 W a GaAsFet e l'altra da 50 W con TWT, il BOD dell'Amsat ha deciso di affidare la costruzione di un secondo TX a un altro gruppo, approfittando del maggior tempo disponibile in seguito al fallito lancio di Ariane-5.

Un gruppo o l'altro dovrebbe così essere pronto prima del lancio, ora previsto a febbraio 1997. Speriamo.

Il nuovo gruppo è quello belga di ON4AOD e ON4ABP, scelto in quanto ha già realizzato brillantemente il transponder a 24 GHz, la cui filosofia circuitale e fattura dei moduli di volo, visibili su Dubus 3/95, evidenziando elevata professionalità e agganci tecnologici con l'industria del settore MW. E' quindi auspicabile che il downlink banda X venga davvero integrato.

E' da sottolineare con piacere che il maggior costo di 10.000 DM, gravato su Amsat-DL per l'approvvigionamento dei materiali, è stato

Satelliti

Tabella 2
Phase-3D Uplink

	146 MHz	435 MHz	1260 MHz	2400 MHz	(10,5 GHz)
T N (K)	1000	500	300	300	300
P Rx (23 dB)	-142 dBW	-145 dBW	-147 dBW	-147 dBW	-147 dBW
Sat Ant Gain	10 dBi	14 dBi	20 dBi	20 dBi	20 dBi
d (ii)	170 dB	179 dB	188 dB	194 dB	207 dB
ground-PEP	18 dBW	20 dBW	21 dBW	27 dBW	40 dBW
Example	10 W + 7 el cross-yagi or 50 W + 3 dBi	10 W + 10 el cross-yagi or 50 W + 3 dBi	5 W + Short backfire (40 cm Ø)	5 W + 60 cm parabolic antenna	3 W + 60 cm parabolic antenna

TN (K) = Temperatura equivalente di rumore del ricevitore del satellite espressa in kelvin (vedasi il formulario in R.R. 4/94, pag. 42, par. 5).

P Rx (23 dB) = Potenza di rumore del ricevitore del satellite espressa in decibel sotto il watt, affinché con la potenza trasmessa da terra in colonna (ground-PEP) e attraverso l'attenuazione della tratta Terra-Satellite data in colonna d (ii) il segnale all'uscita del ricevitore del satellite sia 23 dB sul rumore.

Sat Ant Gain = Guadagno dell'antenna del satellite in decibel sull'isotropa (dBi).

d (ii) = Attenuazione della tratta Terra-Satellite (dB), vedasi testo.

ground-PEP = Potenza che deve essere trasmessa da terra da un'antenna isotropica, espressa in decibel sul watt, affinché all'uscita del ricevitore del satellite il segnale sia 23 dB sul rumore.

Example: vedasi esempio nel testo.

sostenuto in notevole parte dall'ARI con un contributo straordinario di 4000 DM deciso nella riunione di Consiglio del 31 agosto e scaturito in seguito agli incontri del CD con DJ4ZC di cui a R.R. 8/95 pag. 44.

Anche l'antenna e la polarizzazione su P-3D è avvolta nel mistero e per quanto mi sia ingegnato a chiedere e indagare, non c'è niente di definitivo perché il costruttore del TX è anche quello dell'antenna. Per questo motivo ho chiesto notizie al "Satellite Manager" della DARC DF5DP incontrato su AO-13. La risposta dice: "Sono di ritorno dal VHF Meeting a Weinheim e ho incontrato Karl Meinzer DJ4ZC, così gli ho chiesto del problema polarizzazione a 10 GHz. Egli mi ha risposto che a 10 GHz il progetto prevede RHCP. Siccome non vogliono affrontare un progetto RHCP a 24 GHz, qui la polarizzazione sarà lineare. Egli mi ha detto che l'antenna dei 10 GHz è in costruzione sia presso il gruppo OH che in USA.

L'antenna 10 GHz dovrebbe essere RHCP, se non ci saranno problemi nella costruzione. Karl mi ha detto che non ci sono problemi ma che chiederà nei prossimi giorni".

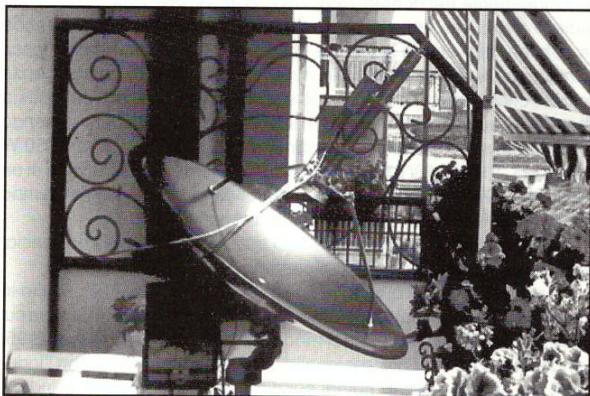


Foto 1 - La stazione a 10,5 GHz per P-3D, oggetto di descrizione nelle prossime puntate, durante le misure di "sun noise".

A causa di queste incertezze ho realizzato un illuminatore Chapparral RHCP e LHCP usato in 10 GHz EME che va bene per tutto, e anche se P-3D non andrà in banda X, potremo riciclarlo per la luna.

Criteri progettuali

Per via dei problemi legati all'effetto Doppler, già descritti su R.R. 7/96 pag. 24, è evidente che P-3D sarà utilizzabile in banda X solo intorno all'apogeo, alla massima distanza di 47.000 km dalla terra che, vista da questa distanza, sottende un angolo solido di 13,6°. Siccome il guadagno di antenna di P-3D a 10,5 GHz è stato scelto di proposito con G = 20 dBi (tabella 2), l'apertura del fascio BW (Beam Width) a -3dB è:

$$BW = 4 \arcsin(1/\sqrt{G}) \text{ dove } G = 10^{G_{dBi}/10} = 100 \text{ volte}$$

Sostituendo i valori, si ottiene $BW = 22,96^\circ$.

Come si vede, quasi tutta l'energia contenuta nel fascio è raccolta dalla terra. Supponiamo di trovarci sull'asse del fascio nelle migliori condizioni con Squint di 0°. La tabella 3 dice che il satellite trasmetterà con una potenza totale, dovuta alla somma di tutti gli utenti contenuti nella banda traslata, pari a +35 dBW pep. Questa potenza equivale a quella irradiata da un'antenna isotropica alimentata con la bellezza di $10^{35/10} = 3162$ W pep. Siccome il guadagno di antenna di P-3D è 20 dBi = 100 volte, si calcola subito che la massima potenza RF di uscita del traslatore è $3162/100 = 31,62$ W pep. La tabella 3 specifica che usando a terra una parabola Ø = 60 cm con G = 33 dBi, e avendo un sistema ricevente con $T_{sis} = 150$ K (kelvin), è possibile ricevere dal satellite a 50.000 km, un segnale con rapporto S/N = 0 dB, cioè col segnale uguale al rumore, e ciò se il satellite irradiasse isotropicamente una potenza pari a +1 dBW pep, come si legge appunto sulla riga PS 0 dB S/N in corrispondenza della colonna 10,5 GHz. Un rapporto S/N = 0 dB è equivalente a un rapporto S+N/N = 3 dB e la potenza di +1 dBW necessaria per ottenerlo equivale a $10^{1/10} = 1,26$ W pep di RF applicata all'antenna isotropica ipotizzata sul satellite, un'antenna ideale vista come un punto che irradia tutto intorno un campo uniforme con guadagno unitario, cioè di 0 dB.

Tabella 3
Phase 3D Downlink

	146 MHz	435 MHz	2400 MHz	(10,5 GHz)
PEP Sat	34 dBW	38 dBW	40 dBW	35 dBW
Ground Ant. Gain	8 dBi	10 dBi	20 dBi	33 dBi
Example	7 el cross-yagi	10 el cross-yagi	60 cm parabolic	60 cm parabolic
Ground Rx	1000 K	500 K	300 K	150 K
P N	-165 dBW	-168 dBW	-170 dBW	-173 dBW
P S 0dB S/N	-3 dBW	+1 dBW	+4 dBW	+1 dBW
S/N ≥	28 dB	27 dB	26 dB	24 dB

(nominal PEP Ben value > 20 dB)

PEP Sat = Potenza pep trasmessa dal satellite (dBW), ossia in decibel rispetto alla potenza di riferimento di 1 W irradiato da un'antenna isotropica.

Ground Antenna Gain = Guadagno dell'antenna terrena (dBi), ossia decibel rispetto all'antenna isotropica il cui guadagno si prende per riferimento di 0 dB. Il dipolo guadagna 2,14 dB, ovvero 1,63 volte rispetto all'antenna isotropica.

Ground RX = Temperatura equivalente di rumore del ricevitore terreno espressa in kelvin (K) (vedasi il formulario R.R. 4/94, pag. 42, par. 5) ed esempio nel testo.

PN = Power Noise, o noise floor, o soglia di rumore del ricevitore terreno collegato all'antenna, espressa in decibel sotto il watt (vedasi formulario R.R. 4/94, pag. 42, par. 5).

P S 0dB S/N = Power Satellite for 0 dB S/N, ovvero potenza trasmessa dal satellite in decibel rispetto al watt su antenna isotropica, affinché il segnale a terra sia allo stesso livello del noise floor PN.

Per altre considerazioni ci si riferisca all'esempio riportato nel testo.

Tabella 4
Bilancio della tratta Satellite-Terra (downlink a 10,5 GHz)

Potenza erogata dal traslatore per ogni tipico utente (1,26) W+1dBWi
Guadagno antenna del satellite+20 dB
Potenza EIRP trasmessa dal satellite per ogni utente+21dBWi
Attenuazione tratta Satellite-Terra a 10,5 GHz su 50.000 km (R.R. 3/95 pag. 46)-207 dB
Potenza in arrivo a terra su area di cattura isotropica $A = \lambda^2/4\pi$-186dBW
Guadagno dell'antenna terrena+33dB
Potenza del segnale in arrivo all'ingresso del ricevitore-153 dBW
Soglia di rumore del sistema ricevente-173 dBW
Rapporto S/N a terra+20 dB

Siccome l'antenna di P-3D guadagna 20 dBi = 100 volte in potenza, la potenza EIRP effettivamente irradiata dal satellite per ogni tipico utente equivale a $1,26 \times 100 = 126$ W pep, ovvero come se P-3D disponesse per ogni utente di 126 W pep di RF applicati a un'antenna isotropica. Siccome $10 \log_{10} 126 = +21$ dBWi, questa è la potenza EIRP del segnale che, utilizzando solo 1,26 W di RF del transponder, sarà ricevuto a terra con un rapporto S/N = 20 dB al picco in SSB.

Un segnale molto forte cioè, come dice la tabella 3 dell'Amsat-DL che poi andremo a verificare, ma è evidente: se con 1 dBWi ricevo con S/N = 0 dB, a parità di stazione terrena, con 21 dBWi riceverò con S/N = 20 dB, ossia $21 - 1 = 20$ dB in più, pari al guadagno di antenna.

La **tabella 3** dice anche che, affinché ciò si verifichi, il nostro ricevitore, con antenna collegata, deve avere una soglia di rumore proprio, o "noise floor", o PN (Power Noise), che vogliono dire tutti la stessa cosa, che abbia potenza di rumore pari a -173 dBW. In altri termini, un rumore proprio o soffio per intenderci, con potenza di 1 W attenuato di ben 173 dB, che vuol dire circa cinque miliardi di un miliardesimo di watt. Questa potenza di rumore, che sentiamo come soffio in cuffia quando non c'è segnale, è così piccola perché la dobbiamo immaginare come se fosse la potenza di rumore all'uscita del ricevitore in watt, ma divisa per il suo guadagno totale e che, riportata come segnale al suo ingresso, sia tale da produrre proprio il rumore, soffio, che noi sentiamo.

Tanto più questa potenza di rumore all'ingresso è piccola, a parità di rumore che sentiamo in cuffia, tanto più il ricevitore è sensibile. Paragone: in orario di punta con forte traffico o "noise floor" elevato non sentiamo la zanzara che invece ci dà fastidio di notte con "noise floor basso", come cioè se il nostro orecchio fosse divenuto più sensibile per mancanza di rumore di fondo.

Così un RX con noise floor di -170 dBW è meno sensibile di uno con -173 dBW. Se non è chiaro perché a numero più grosso corrisponde rumore minore, bisogna pensarci fintanto che chiaro lo diventi, ma è facile. Se un watt di rumore è attenuato di 173 dB, la potenza che resta sarà minore di quella che resterebbe se questo watt fosse attenuato solo di 170 dB. E' la potenza che resta che limita la sensibilità.

In tabella 3 abbiamo visto che la potenza totale pep erogabile dal transponder è 31,62 W pep di RF e che quella impegnata da un tipico utente è 1,26 W pep. Ne consegue che, nell'ipotesi in cui tutti gli utenti arrivino al satellite con lo stesso livello di segnale di uplink, il transponder può traslare contemporaneamente $31,62/1,26 = 25$ stazioni, tutte ricevibili contemporaneamente con un rapporto S/N = 20 dB al picco.

In effetti, con ogni probabilità, venticinque utenti non possono però trovarsi mai tutti in fase al picco SSB nello stesso istante del parlato e inoltre il contenuto energetico delle vocali è assai maggiore di quello delle consonanti. Provate a fare un vocalizio, un AAA...

cantato, cioè, guardando il wattmetro, e guardatelo invece facendo un SSS... sibilante. Se facciamo $10 \log_{10}$ del rapporto delle rispettive potenze dei nostri normali TX in SSB, vengono fuori circa 6 dB e oltre. Da studi fatti ne risulta che statisticamente, a parità di utenti, nel nostro caso venticinque, ognuno di questi potrà estrarre una potenza di picco maggiore di 1,26 W e che in pratica il valore S/N a terra, anziché 20 dB sarà ≥ 26 dB, come riportato appunto nella colonna S/N di tabella 3 calcolata da DJ4ZC.

Giacché 20 dB di S/N è un rapporto segnale/rumore molto alto e troppo buono per una normale ricezione amatoriale, e 10 dB sono già sufficienti, è possibile settare Leila (R.R. 8/95 pag. 47), affinché il transponder eroghi una potenza tipica inferiore a quella esemplificata di 1,26 W, facendo in modo che la limitazione avvenga per tutti quando la loro potenza uplink è bastante a ottenere un rapporto S/N medio di 12 dB per esempio.

Questo rapporto è assai soddisfacente per una buona intelligibilità. Se prima con 126 W pep, pari a +21 dBWi, arrivavo a terra con S/N = 20 dB, ora per arrivare con S/N = 12 dB ci vorranno 8 dB in meno e perciò basta una potenza di 13 dBWi = $10^{13/10} = 20$ W pep EIRP. Siccome il guadagno di antenna di P-3D è sempre 20 dBi = 100 volte, la potenza RF erogata dal traslatore per ogni utente si riduce a $20/100 = 0,2$ W pep. Giacché la potenza massima del transponder è 31,62 W pep, il numero di utenti traslabili con S/N = 12 dB sale a $31,62/0,2 = 158$ stazioni contemporanee su 250 kHz di banda per servizio analogico e 300 kHz di digitale. Queste stime sono grossolane e valgono se Leila farà il suo lavoro, ma danno un'idea abbastanza prossima al reale e dato l'enorme sviluppo dei 10 GHz, specie in Europa, questo affollamento di banda è verosimile.

La **tabella 3** dice che per ricevere con questo S/N, i nostri sforzi sul ricevitore devono essere mirati a ottenere un "noise-floor" di -173 dBW, pari a -143 dBm, ossia la potenza di rumore di 1 mW attenuata a 143 dB, come si usa manipolare nella pratica delle specifiche e/o misure. Siccome siamo in SSB, questa potenza deve essere su banda di 2400 Hz. La tabella 3 dice anche che questa soglia di rumore si ottiene se la temperatura equivalente di rumore "Ground RX", o T_{sis} del nostro sistema ricevente, antenna compresa, è 150 K. Consultando R.R. 4/94 pag. 42 paragrafo 5, e ricordando che $PN = KTB$, la verifica è semplice:

$$PN = 1,38 \times 10^{-23} \times 150 \times 2400 = 4,96 \times 10^{-18} \text{ W}$$

$$10 \log_{10} 4,96 \times 10^{-18} = -173 \text{ dBW} = -143 \text{ dBm}$$

I conti tornano, ma sappiamo che $T_{\text{sis}} = T_a + T_e$ dove T_a è la temperatura di antenna quando è rivolta in un punto poco rumoroso del cielo, o "cielo freddo" appunto, e quando i lobi parassiti che guardano verso terra a $T = 290$ K sono molto attenuati e prendono poco rumore. Avendo buona antenna, in queste condizioni si può contare su un $T_a = 30$ K a 10,5 GHz.

T_e è invece la temperatura equivalente di rumore totale del ricevitore, antenna esclusa, T_e è la "overall noise temperature" del ricevitore, che è legata alla sua cifra di rumore totale NF in dB o, come dicono gli americani, alla sua "overall noise figure". In altri termini T_e è la NF risultante che viene fuori dopo aver collegato in cascata il preamplificatore a 10,5 GHz, il convertitore a 10,5 GHz, il ricevitore dei 2 metri o in alternativa il convertitore 144/28 MHz (R.R. 4/94, pag. 42 paragrafo 6).

Ne consegue che se

$$T_{\text{sis}} = 150 \text{ K, sarà } T_e = T_{\text{sis}} - T_a = 150 - 30 = 120 \text{ K}$$

Siccome questo è il solo rumore proprio del ricevitore, dobbiamo convertire 120 K in cifra di rumore in dB per sapere cosa ci occorre fare. Rileggendo con pazienza R.R. 8/94 pag. 27, il fattore di rumore F è semplicemente:

$$F = (T_e/290) + 1 = (120/290) + 1 = 1,41 \text{ e quindi}$$

$$NF = 10 \log_{10} 1,41 = 1,5 \text{ dB}$$

Satelliti

Tale valore a 10,5 GHz è facilmente ottenibile oggi con un HEMT come front-end nel preamplificatore. Se colleghiamo opportunamente questo sistema a una parabola da 60 cm con $G = 33$ dBi, si potrà ricevere il downlink a 10,5 GHz con un S/N medio di 20 dB avendo un carico di circa 25 utenti, e con $S/N = 12$ dB aumentando gli utenti a circa 150. Tutto questo ragionamento è sintetizzato nel bilancio della tratta in **tabella 4**. Un sistema ricevente con queste prestazioni è del tutto normale oggi per qualunque microondista e se P-3D andrà bene in banda X, il successo a 10,5 GHz non potrà mancare.

Non bisogna però illudersi nel tentare di migliorare il rapporto S/N aumentando il diametro del disco. Con 60 cm a 10,5 GHz il fascio a -3 dB è già stretto 3,5° e inseguire P-3D anche all'apogeo, dove si sposta di meno, impone già correzioni AZ/EL ogni 15 minuti circa e

farlo con rotori commerciali è impresa ardua. Inoltre, ogni sforzo di aumentare il G di antenna o abbassare T_e non consentirà di migliorare il rapporto S/N calcolato, perché la sensibilità di questo sistema ricevente verrà già limitata dal rumore aggiunto dal transponder.

La potenza di rumore propria del transponder verrà irradiata verso terra e con parabola di 60 cm e RX con NF = 1,5 dB questo rumore in più sarà perfettamente udibile nel momento in cui il transponder verrà acceso. Aumentando G e abbassando NF aumenterà solo l'indicazione dello S-meter, ma aumentando della stessa quantità sia il rumore che il segnale il loro rapporto resterà costante. Ergo... "Modus-S docet". E allora per arrivare più forte di tutti... aumento potenza uplink... e lì allora ti frega Leila.

(continua)

Belle stazioni di pionieri che ci fanno onore

L'OPERATORE è I2CN, ing. Danilo Briani. La foto è del 1934 e il nominativo I1KM gli fu rilasciato dal presidente dell'ARI ing. Ernesto Montù. Ho avuto il privilegio di conoscere I2CN il 7 ottobre 1978 durante il I Congresso Nazionale AMSAT-Italia a Varese e da allora egli, da buon maestro, è stato sempre vicino alle inesattezze che andavo scrivendo su Radio Rivista, correggendo e precisando concetti tecnici, fornendo consigli e soprattutto tramandando una memoria storica dell'ARI affinché questa non andasse perduta.

Noi satellitari gli siamo debitori dell'aiuto morale e materiale fornitoci quando è stato Consigliere Nazionale. Un esempio per tutti, i fondi ottenuti nel '79 per il primo Seminario Nazionale AMSAT-Italia. I2PZB e I4NGS ricordano certo quanto sgobbarono per una settimana sui banchi del Nautico di Torre del Greco.

Questa stazione autocostruita da I2CN, docente di radiotecnica all'Istituto Radiotecnico Beltrami di Milano, è ancora esistente, e sono certo che, in mano a lui, opportunamente rimo-



La stazione dell'allora giovanissimo ing. Danilo Briani I2CN col nominativo I1KM ricevuto dall'ing. Montù negli anni 1934-35.

dernata, potrebbe oggi ricevere gli RS in CW a 29,4 MHz. Un miracolo? Niente affatto, solo questione di montare qualche valvola moderna, nuove bobine e attaccarci la stessa antenna unifilare della foto.

Miracolo invece fu tutto quello che I2CN realizzò e scrisse sulla RTTY. A lui va riconosciuto molto dello sviluppo teorico-operativo RTTY in Italia, testimoniato dai suoi pionieristici articoli "RTTY nuova fiamma" pubblicati su Radio Rivista e dalle foto dei suoi montaggi, pubblicate sul manuale del radiotelescrivente del nostro sindaco I2AMC.

Grazie Danilo per questa foto che, vista con la lente di ingrandimento, desta insieme ammirazione e sgomento per così tanto allora si potesse fare con così poco.

18CVS

Notiziario tecnico-operativo

I5TDJ (R.R. 8/96 pag. 40) ebbe la felice idea di ordinare i componenti strategici per 10 kit del converter 2400-2402 MHz, progettato nei laboratori ARRL da Zac Lau, KH6CP/1. La descrizione è apparsa su QEX July '94 e sul volume "Mode-S the book" di Ed Krome, KA9LNV. Gli esemplari di I5TDJ, I5CTE, IW5BSF e IK5DGF sono già in esercizio su AO-13 modo BS. Trattandosi di filtri No-Tune, la messa a punto si limita al circuito di ingresso, allo OL e alla misura di NF e G. Si ottengono facilmente NF = 0,6 dB e G di conversione 30 dB. Dunque si monta nel fuoco senza preamplificatore. Tali prestazioni sono ottenibili con l'uso di componenti attivi moderni della NE e HP. Il PCB converter è in laminato Roger Duroid 5880 da 15 mils (0,38 mm) e vi sono impiegati un NE 32684 all'ingresso, due MMIC GaAs MGA 86576 della HP, un mixer doppio bilanciato a diodi SYM, 11 Mini-Circuit da +7 dBm di LO, un diodo HP-2835 a bassa soglia come quadruplicatore, due ATC da 50 pf 50 mil. Nel PCB LO, in G-10, sono montati un quarzo da 94 MHz di ADB, due comuni BFR-91, un MAR-6 e un MAR-3. Il resto dei componenti SMD per microonde di buona qualità è facilmente reperibile ovunque.

Realizzare un solo esemplare risulta costoso. In numero minimo di dieci pezzi l'acquisto del Duroid in USA e componenti HP, Mini-Circuit in Italia è vantaggioso. Giacché abbiamo le pellicole dei PCB a misure giuste e collaudate, il costo di tutto, componenti strategici e non, si aggira sulle 150.000 lire. Siccome via Oscar-13 ci sono altre richieste, queste vanno inviate a I5TDJ o a I8CVS.

Non occorre anticipo. Arrivati a dieci si farà l'ordine che prevede circa due mesi di "delivery time". I5TDJ ha portato il converter a Orvieto e molti lo avranno già visto. Facile, semplice, se ben montato funziona sempre, costa poco, è un invito alla auto-costruzione in MW. Un converter commerciale di prestazioni simili costa quattro volte di più. E con quale soddisfazione...?

ITAMSAT commemora Sergio I1ZCT

Per ricordare a tutti la figura e l'amicizia di Sergio I1ZCT, fin dall'inizio entusiasta sostenitore del progetto ITAMSAT, che con tante pagine su Radio Rivista ha sempre fatto sentire a tutti noi lo stimolo e l'appoggio suo personale e di tutta l'ARI, il gruppo di Comando di ITAMSAT ha programmato il computer di bordo in modo da trasmettere ogni minuto il seguente messaggio:

*"29 ottobre 1996 - A.R.I. mourns the great loss of Sergio Pesce I1ZCT, editor of Radio Rivista, and one of the strongest supporters of the ITAMSAT Project.
73 Sergio de ITAMSAT Team and A.R.I."*

*"29 ottobre 1996 - A.R.I. piange la grande perdita di Sergio Pesce I1ZCT, direttore di Radio Rivista, e uno dei più grandi sostenitori del Progetto ITAMSAT.
73 Sergio de ITAMSAT Team e A.R.I."*

Inoltre in corrispondenza del passaggio del satellite sull'Italia, durante la cerimonia funebre nella chiesa di Casalino (NO) ITAMSAT ha interrotto ogni trasmissione per un minuto, in una commossa partecipazione al dolore di tutti gli amici. *Alberto, I2KBD*

Stazione down-link 10,5 GHz per Phase-3D

Premessa

Intanto una cattiva notizia. Oscar-13 è ormai rientrato il 6 dicembre 1996 quando era sull'Atlantico. Dopo le notevoli difficoltà che tutti hanno avuto per cambiare giornalmente gli elementi kepleriani diramati dalla NASA e da G3RUH, gli ultimi QSO da me fatti in modo S sono del 23 novembre, orbita 6479 con I5TDJ, LU2DDU, LU8EBH, EB4GIA, tutti contemporaneamente a 2400.725 MHz. I segnali che ho anche registrato per ricordo erano fortissimi.

Il giorno successivo all'orbita 6481, AO-13 si era ormai guastato per sopraelevazione di temperatura dei pannelli, fusione delle antenne dei due metri al passaggio al perigeo intorno ai 110 km dell'orbita 6480. Ciò mi è stato confermato telefonicamente da DJ4ZC che però ha dato buone notizie su Phase-3D.

Il lancio non ha una data definitiva, ma avverrà sicuramente entro la primavera 97, forse dopo aprile, dice Karl. Tutti i transponder sono pronti, compreso quello in banda X, dunque a 10451 MHz. Il TX del gruppo finlandese è stato collaudato a Marburg con esito positivo. I trasmettitori sono due, il primo con TWT e 70 W pep. Il secondo di riserva è a GaAsFET di potenza, con 10 W pep. La polarizzazione dell'antenna è circolare destra (RHCP) e così anche le stazioni con polarizzazione lineare potranno usare le antenne esistenti per tropo con perdita di 3 dB. Chi ha fatto l'illuminatore RHCP si avvantaggia per minor QSB senza perdere i 3 dB. Visto che ora dobbiamo lavorare noi, prima di iniziare la descrizione della stazione down-link a 10,5 GHz, è necessario analizzare le prestazioni ottenibili usando con P-3D e ciò per evitare delusioni.

Quali saranno i punti di MA dell'orbita in cui il traslatore in banda X sarà acceso? Quali sono le frequenze up-link più adatte da usare col down-link a 10451 MHz e perché? Tutti questi dubbi possono essere chiariti analizzando come funziona un transponder lineare da satellite. Ciò è molto facile da capire e la chiave di tutto è digerire perché su alcuni satelliti come AO-10 i transponder sono invertenti e su altri come gli RS sono il contrario.

Perché su AO-10 (e AO-13) si trasmette in LSB e si riceve in USB mentre sugli RS si trasmette e riceve in USB? Ora ci spara un sacco di tangenti e cotangenti!... mi par di

sentire. Niente affatto, ci basta una calcolatrice che faccia solo addizioni e sottrazioni, come quelle che si trovano in omaggio nei fustini di detersivi. Compreso il trucco che giustifica l'uso di transponder invertenti su AO-10 (AO-13) e P-3D, sarà facile intuire su quali frequenze up-link ci converrà trasmettere ricevendo a 10451 MHz.

Sarà meglio trasmettere in 2 m o in 13 cm o in 6 cm? E se trasmetto in 70 cm cosa cambierà, e perché qualcosa può cambiare usando up-link a frequenze diverse, è l'oggetto di discussione di questa puntata facile facile che commenteremo poi in aria via AO-10, com'è uso fare da sempre per i nostri problemi, con la speranza che il vecchio regga fino al lancio di P-3D. Vecchio sei tu dirà qualcuno aprendo R.R. di gennaio quando leggerà del rientro di Oscar-13, ma la rivista deve informare anche l'OM sul pizzo di una montagna, senza e-mail e Internet, ma che traffica via satellite.

Come funziona un transponder lineare da satellite

Prima di fare un coro di "Per chi ci hai presi?" è bene arrivare fino in fondo. Non tutti i giovani users conoscono cose per altri arcinote. Come si vede in **fig. 1**, un transponder è costituito da un convertitore che serve a ricevere i segnali inviati da terra (up-link) e convertire la loro frequenza in una più bassa, chiamata media frequenza, da cui il nome di down-converter.

Perché si abbassa la frequenza? La media frequenza, o IF (Intermediate Frequen-

cy), consente lavorando a frequenza più bassa, di ottenere più facilmente la selettività di canale, ossia la capacità di separare i segnali desiderati da quelli indesiderati.

Ciò è più facile perché i filtri di media frequenza sono tanto più stretti e selettivi quanto più la loro frequenza è bassa. Ottenuta la selettività, bisogna inviare i segnali di media frequenza in un secondo convertitore che li porti a una frequenza più alta e perciò detto up-converter, che dopo opportuna amplificazione di potenza, li trasmette a terra (down-link) su frequenza diversa da quella ricevuta (**fig. 1**). In questo modo si potrà trasmettere verso il satellite su una frequenza up-link e ricevere contemporaneamente il nostro segnale trasmesso dal satellite ma traslato su frequenza diversa, detta down-link.

Stabilito che bisogna convertire più in basso per ottenere selettività, facciamo un esempio cercando di illustrare ai più giovani il principio su cui funziona la conversione di frequenza e quindi la supereterodina.

Questo circuito nelle sue più sofisticate evoluzioni si usa da almeno settant'anni.

A che serve e come si fa la conversione di frequenza

Supponiamo di voler ricevere tutti i segnali in 70 cm e tutti contemporaneamente solo nella banda da 435,4 a 435,5 MHz, come fa il satellite per intenderci, escludendo però completamente tutti quelli sopra e sotto questa fetta di 100 kHz. Se amplificassimo a sufficienza questa banda interponen-

Tabella 1

P-3D: Spostamenti e variazioni di frequenza in hertz per intervalli diversi di MA							
Punti di MA	145 MHz	435 MHz	1270 MHz	2400 MHz	5668 MHz	10451 MHz	Doppler
40	-899	-2695	-7860	-14864	-35103	-64725	Spostamento in hertz per allontanamento
42	-879	-2636	-7690	-14544	-34347	-63331	
da 40 a 42	20	59	170	320	756	1394	Variazione in Hz/5 min
126	-65	-194	-565	-1068	-2521	-4649	Spostamento in hertz per allontanamento
128	-55	-165	-480	-908	-2143	-3951	
da 126 a 128	10	29	85	160	378	698	Variazione in Hz/5 min
163	288	865	2525	4776	11280	20800	Spostamento in hertz per avvicinamento
165	301	904	2638	4990	11784	21729	
da 163 a 165	13	39	113	214	504	929	Variazione in Hz/5 min

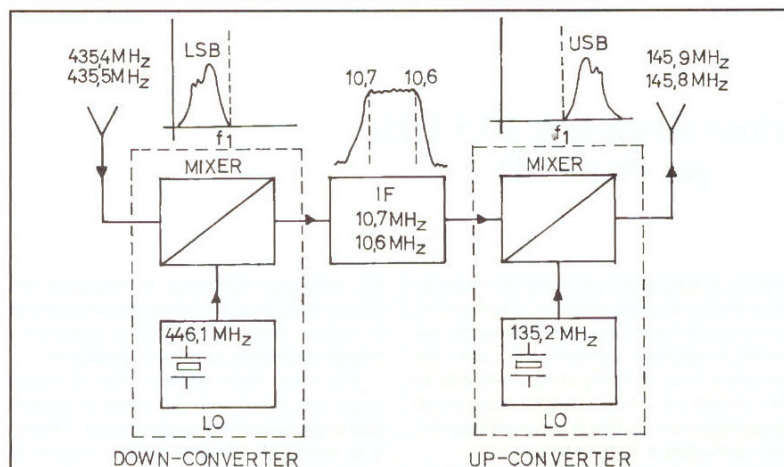


Fig. 1 • Transponder invertente. La frequenza di LO sul down-converter è più alta di IF del segnale da ricevere. $435,1 + 10,7 = 446,1$ MHz. Lo stesso risultato si otterrebbe facendo LO del down-converter più basso di IF rispetto al segnale da ricevere $435,4 - 10,6 = 424,8$ MHz ma LO dell'up converter deve essere più alto di IF rispetto al segnale da trasmettere. $145,9 + 10,6 = 156,5$ MHz. Il che è più semplice. In generale, su una catena di più conversioni, se un solo LO è più alto di IF rispetto al segnale da ricevere o trasmettere, le bande laterali si invertono. LSB diventa USB e viceversa.

do fra ogni stadio in 70 cm dei filtri LC ivi accordati, otterremmo certo dei segnali con un livello sufficientemente alto, che rivelati con un diodo sentiremmo in cuffia, ma la scarsa selettività di tutti questi circuiti LC accordati da 435,4 a 435,5 MHz farebbe arrivare al rivelatore tutti insieme i segnali compresi almeno fra 430 e 440 MHz, ossia 10 MHz, altro che 100 kHz.

Per rendere la finestra più stretta, convertiamo la banda da 435,4 a 435,5 MHz in una a frequenza più bassa, per esempio da 10,6 a 10,7 MHz (fig. 1) e mettiamoci un bel filtro passabanda a quarzo, largo giusto 100 kHz, e con fianchi ripidi a 10,6 e 10,7 MHz. Questo filtro, difficile da costruire a $435,4 + 435,5$ MHz, è facile da realizzare per $10,6 + 10,7$ MHz. Con questa conversione di frequenza, tutti i segnali sopra e sotto la banda desiderata in 70 cm non potranno più passare attraverso il filtro e la finestra sarà stretta solo i 100 kHz che desideriamo ricevere. Per convertire la banda da 435,4 a 435,5 MHz in una da 10,6 a 10,7 MHz bisogna inviarla all'ingresso di un mescolatore e iniettare in questo dispositivo anche il segnale di un oscillatore, che, essendo generato nel convertitore, prende il nome di oscillatore locale, abbreviato in LO (Local Oscillator). Senza approfondire tanto l'argomento, vediamo la cosa più importante che otteniamo all'uscita del mescolatore, la cui funzione è quella di convertire l'energia RF da una frequenza ad un'altra. Facciamo ad esempio questo LO a frequenza fissa di 424,8 MHz (fig. 1). Quando all'ingresso del mescolatore o mixer, arriva un segnale a 435,4 MHz, alla sua uscita si ottiene un altro segnale a $435,4 - 424,8 =$

10,6 MHz. Quando invece ne arriva un altro, anche contemporaneamente a 435,5 MHz, si ottiene $435,5 - 424,8 = 10,7$ MHz.

E' evidente che, se prendiamo l'uscita di media frequenza dopo il filtro a quarzo (fig. 1), e la inviamo all'ingresso di un ricevitore in grado di ricevere da 10,6 a 10,7 MHz, quando sintonizziamo questa banda riceveremo invece quella da 435,4 a 435,5 MHz, ma sopra e sotto di questa banda non sentiremo più nessun segnale ma solo rumore o soffio. Facile no? Sei un asino mi dirà qualcuno, anzi molti, perché ci sono anche molti altri segnali! Avete ragione... ma se parliamo anche di questi segnali sviamo tutti da dove dobbiamo arrivare.

La cosa più importante da osservare è che a frequenza più bassa in 70 cm, ossia a 435,4 MHz, corrisponde frequenza più bassa anche in media frequenza, ossia a 10,6 MHz e che alla più alta di 435,5 MHz corrisponde la più alta in IF a 10,7 MHz. Vediamo però se abbiamo mai pensato al resto che interessa il satellite.

Lo stesso fenomeno della conversione di frequenza della banda da 435,4 a 435,5 MHz a quella IF a $10,7 + 10,6$ MHz, avviene anche se facciamo l'oscillatore locale LO a frequenza più alta di quella da ricevere. Ciò è scomodo perché LO deve avere frequenza pari a quella che vogliamo ricevere, più quella di media frequenza. Di solito non si fa, ma a

volte ciò può essere utile. Vediamo cosa succede: se vogliamo ricevere la solita banda da 435,4 a 435,5 MHz, usiamo un LO a 446,1 MHz e rifacciamo i conti, e anzi facciamo fare a nostro figlio o nipote che va alle elementari. Quando arriva un segnale a 435,4 MHz otterremo una IF di $446,1 - 435,4 = 10,7$ MHz. Quando ne arriva un altro a 435,5 MHz otterremo $446,1 - 435,5 = 10,6$ MHz. E' venuta fuori una cosa nuova. Mentre con LO basso la banda da ricevere 435,4 a 435,5 era convertita a $10,6 + 10,7$ MHz, ora con LO alto la stessa banda è convertita invertita a $10,7 + 10,6$ MHz. A frequenza più alta da ricevere corrisponde frequenza più bassa in media frequenza e viceversa. Riassumendo:

LO = 424,8 MHz converte 435,4 a 435,5 in $10,6 + 10,7$ MHz

LO = 446,1 MHz converte 435,4 a 435,5 in $10,7 + 10,6$ MHz

Come si vede, con LO alto il convertitore è divenuto invertente. Per dare una idea di cosa succederebbe in pratica, mandiamo la IF all'ingresso di un ricevitore in grado di sintonizzare da 10,6 a 10,7 MHz. Se LO = 424,8 MHz spostando la sintonia del ricevitore dal basso all'alto (senso orario della manopola) riceviamo segnali dal basso all'alto in 70 cm. Se invece LO = 446,1 MHz, girando la manopola, sempre in senso orario, riceviamo segnali dall'alto verso il basso in 70 cm, come una specie di volo alla rovescia. Facile no?

Cosa provoca la conversione invertente

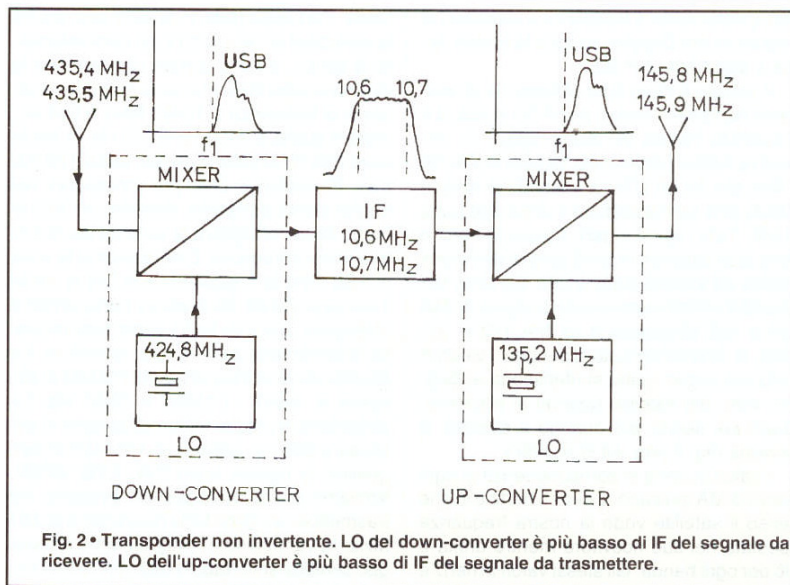
Rispolveriamo il libro del buon Nerio, I4NE che ci è servito per gli esami di patente. Se trasmettiamo in SSB, trasmettiamo una sola banda laterale, o quella superiore USB, o quella inferiore LSB. La portante e una delle due bande laterali sono sopprese. I4NE spiega il perché. La fig. 3a mostra un segnale in modulazione di ampiezza (AM) con la portante e le due bande laterali. La fig. 3c ci fa vedere un segnale USB (Upper Side Band) e la 3b un segnale LSB (Lower Side Band). Per quanto già detto, se trasmetto in USB e sono ricevuto in un convertitore con LO basso, cioè non invertente, la mia banda laterale superiore USB avrà tutte le sue frequenze componenti che, convertite in media frequenza, sono sempre più in alto della portante soppressa e quindi restano USB. La mia banda laterale superiore USB, ricevuta a

Tabella 2

Elementi kepleriani di Phase-3D stimati nel 1996 dopo 3° accensione motore Apogeo

Epoch time:	96260.25679106	Mean anomaly:	179.7634 deg
Inclination:	59.9968 deg	Mean motion:	1.52667827 rev/day
RA of node:	346.4301 deg	Decay rate:	1.45400 e -8 rev/day/day
Eccentricity:	0.6740242	Epoch rev:	2
Arg of perigee:	180.0725 deg		

Satelliti



435,4 MHz, resta USB anche in media frequenza a 10,6 MHz, come si vede nelle figg. 4a e 4b.

Se invece LO è alto, il convertitore è invertente e allora il mescolatore converte tutte le mie frequenze componenti la banda laterale superiore USB, rovesciandole verso il basso rispetto alla portante soppressa, trasformando un segnale USB in LSB. Se trasmetto in USB a 435,4 MHz, figg. 5a e 5b, questa banda laterale diventa LSB a 10,7 MHz, come ben sanno i vecchi OM autocostuttori di TX e RX in SSB negli anni '60. E' evidente che il transponder sarebbe invertente facendo LO più alto solo sull'up-converter, ma ciò, anche se più comodo, sarebbe meno immediato da comprendere.

A cosa ci serve il transponder invertente

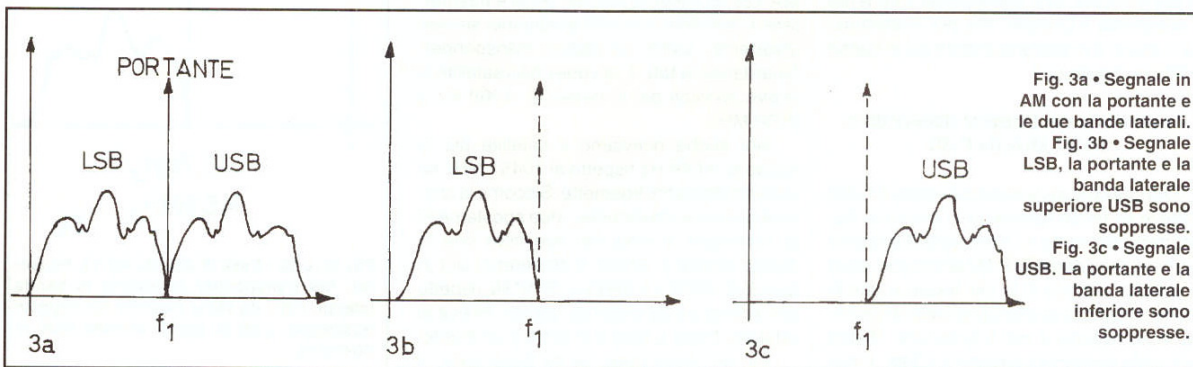
Studiando "Cos'è il Doppler" su R.R. 6/96, abbiamo visto che, durante l'avvicinamento del satellite, noi riceviamo un segnale a frequenza più alta di quella che il satellite

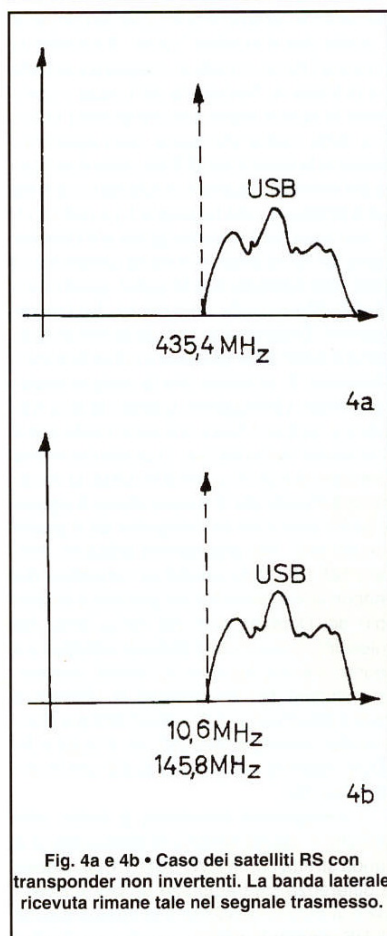
trasmette realmente. Anche il satellite però, avvicinandosi alla nostra stazione, ci riceve su frequenza più alta di quella su cui noi trasmettiamo realmente. A questo punto il lettore attento che ha seguito il discorso e lo vuole continuare è bene che si fermi qui per riprendere dopo aver letto "Cos'è il Doppler", spiegato coi disegni senza le formule e in modo intuitivo. Andiamo avanti: se il transponder non è invertente, saremo traslati con lo stesso spostamento e variazione di frequenza che il satellite "vede" sul nostro segnale. Se cioè si avvicina ci trasla più in alto e se si allontana ci trasla più in basso. Nella ricezione a terra lo spostamento e la variazione di frequenza che noi "vediamo" in un certo intervallo di tempo, ha lo stesso andamento che vede il satellite. Il satellite si avvicina? Bene, ci vede più in alto. Noi altrettanto. Siccome i due spostamenti e variazioni nel tempo hanno lo stesso segno (+) si sommano uno all'altro. La ricezione risulta dunque complicata e richiede frequenti correzioni. Se invece il transponder è invertente, il nostro segnale viene traslato con spo-

stamento e variazioni di frequenza contrarie a quelle che il satellite "vede". Il satellite si avvicina? Bene, ci vede su frequenza più alta ma ci trasla su frequenza più bassa proprio come la nostra mano sinistra diventa la destra della nostra immagine nello specchio. Siccome la variazione di frequenza trasmessa dal satellite e quella ricevuta da noi a terra sono contrarie, una ha segno (-) e l'altra (+), le due variazioni si sottraggono e il Doppler totale da noi ricevuto è in parte compensato dalla differenza dei due Doppler, quello visto dal satellite e quello visto da noi. Ne consegue che il Doppler che resta dalla compensazione è facilmente gestibile e richiede minori correzioni. E' evidente che la compensazione è molto vantaggiosa quando le due frequenze up-link e down-link sono molto alte e soprattutto vicine fra loro. Quando riceviamo il beacon di AO-10 a 145,810 MHz, la variazione di frequenza che osserviamo è uguale a quella calcolata dal computer ed è giusto che sia così. Nel programma abbiamo caricato 145,810 MHz perché la frequenza del beacon viene generata sul satellite e risente solo del Doppler visto da noi a terra. Se volessimo conoscere il Doppler effettivo sui segnali traslati, ma solo sui nostri, dovremmo caricare nel programma la differenza delle frequenze up-link e down-link per transponder invertenti tipo AO-10, FO-29 e P-3D, e invece la somma per quelli non invertenti tipo RS.

Il transponder invertente è molto utile quando si usano sistemi di modulazione a banda stretta come CW, SSB, BPSK e dove la differenza fra frequenze up-link e down-link è la minore possibile. Ciò spiega perché gli RS, operanti a frequenze basse di 29 e 145 MHz, anche lontane fra loro, hanno transponder non invertenti.

Sugli RS si trasmette e riceve in USB e, siccome predomina il Doppler a 145 MHz, non fa molta differenza un Doppler totale dovuto alla somma o differenza fra frequenze up-link e down-link perché in entrambi i casi la compensazione manuale richiederebbe circa le stesse correzioni. A queste considerazioni fa eccezione il transponder modo-S di AO-13, che fu realizzato non





invertente per non renderlo più complesso. Purtroppo, trasmettendo in 435 MHz e ricevendo a 2400 MHz, i due Doppler si sommano. Il Doppler sul beacon a 2400, 661 MHz era infatti minore di quello sui segnali traslati. Su P-3D invece, essendo i transverter tutti invertenti, nel modo US trasmettendo a 435 MHz e ricevendo in 2400 MHz, il Doppler sul traslato sarà minore di quello sul beacon.

Ecco così spiegato perché quando trasmettiamo su AO-10 in modo-B tutto funziona alla rovescia. Con transponder invertente si compensa il Doppler, ma per riascoltarci più in alto in 2 m bisogna andare più in basso in 70 cm. Facile no?

Valutazione del Doppler ricevendo a 10451 MHz da P-3D

Ora che conosciamo i vari perché, è facile stabilire su quale frequenza ci converrà trasmettere ricevendo a 10451 MHz. Facciamo due conti considerando P-3D all'apogeo, dove la velocità orbitale è la più bassa e perciò anche la velocità di allontanamento e avvicinamento rispetto a noi è la minore. Siamo cioè nelle condizioni migliori. La **tab. 1** mo-

stra spostamento di frequenza e variazioni di frequenza per Doppler su tutte le bande up-link e down-link di P-3D.

Il calcolo è stato fatto utilizzando gli elementi kepleriani previsti per P-3D in **tab. 2** e simulando l'orbita 90 dell'ipotetico 12 novembre 1996 a partire dalle 16.00 UTC (AOS) e fino alle 24.00 UTC a intervalli di cinque minuti, che corrispondono a circa due punti di MA. Tutti i valori in **tab. 1** sono in hertz e sono stati calcolati in punti diversi dell'orbita ellittica ad elevata eccentricità. Da circa MA 40 a 42 in allontanamento dal perigeo, da MA 126 a 128 all'apogeo e da MA 163 a 165 circa, in riavvicinamento al perigeo. I valori in hertz col segno meno si riferiscono al Doppler visto dal satellite quando si allontana. Quelli col segno più quando il satellite si avvicina (fig. 5 pag. 44 R.R. 6/96).

I valori in hertz in corrispondenza di ogni punto di MA indicano di quanti hertz e in che senso il satellite vede la nostra frequenza spostata nel suo ricevitore mentre orbita e ciò per ogni banda. Gli stessi valori in hertz e lo stesso concetto vale per noi a terra, ossia di quanti hertz e in che senso il nostro ricevitore vede spostata l'effettiva frequenza del segnale trasmesso dal satellite mentre si avvicina o si allontana da noi. Quando c'è il segno meno bisogna sottrarre questi hertz alla frequenza da noi trasmessa e sapremo così la frequenza vista dal ricevitore del satellite. La cosa vale anche per noi a terra.

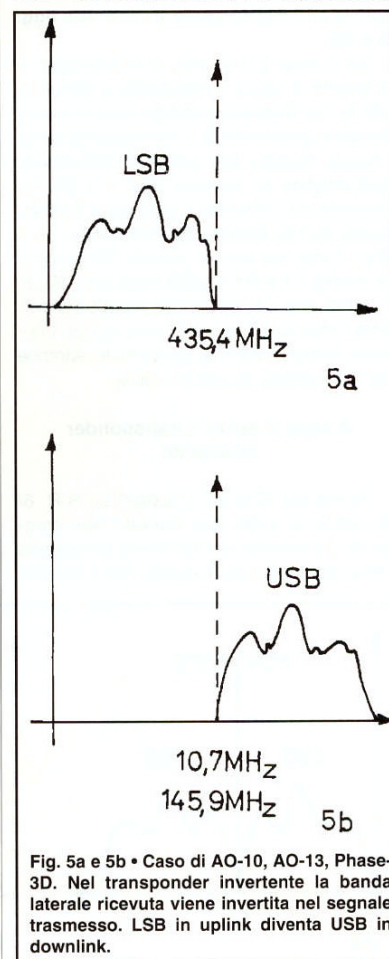
Quando c'è il segno meno bisogna sottrarre questi hertz alla frequenza trasmessa dal satellite per avere la frequenza vista dal nostro ricevitore. Lo stesso concetto vale se c'è il segno più, ma invece di sottrarre si somma. Tornando alla **tab. 1**, la differenza dei valori in hertz segnata fra due punti di MA indica con sufficiente approssimazione la variazione in hertz avuta nell'intervallo di tempo di cinque minuti e per ogni banda e in tre punti diversi dell'orbita. Facciamo un esempio per il down-link di nostro interesse, ossia quello a 10451 MHz.

A 10451 MHz la variazione di frequenza, ricevendo il segnale fra MA 126 e 128 all'apogeo, è 698 Hz in cinque minuti, ossia circa 140 Hz/min. Supponiamo di essere a MA 126, di ricevere a 10451 MHz e trasmettere a 2400 MHz e che il transponder sia non invertente, ossia un cattivo transponder. Guardando la **tab. 1**, si vede che il satellite ci riceve spostati più in basso di -1068 Hz a 2400 MHz.

Noi anche riceviamo il satellite più in basso di -4649 Hz rispetto ai 10451 MHz su cui effettivamente trasmette. Siccome la conversione è non invertente, i due spostamenti si sommano a terra nel ricevitore con lo stesso segno e perciò ci troveremo più in basso di $-4649 + (-1068) = -5717$ Hz rispetto allo stesso transponder se questo, invece di orbitare, fosse a terra o in cima a un monte.

Fin qui poco male, se ne tiene conto e

basta. Purtroppo (**tab. 1**), si sommano anche le variazioni di frequenza in un certo intervallo di tempo, e sono queste che rendono la ricezione laboriosa. In cinque minuti la variazione di frequenza a 10451 MHz è 698 Hz, mentre quella a 2400 Hz è 160 Hz. In totale sono 858 Hz in cinque minuti, ossia 178 Hz/min. E' evidente che, pur trovandoci nel miglior punto dell'orbita, durante un QSO la mano deve correggere la sintonia del ricevitore in continuazione. Diversamente la voce in SSB diventa miagolante e in CW si perde il corrispondente. Se invece il transponder è invertente, come su P-3D, allora tutto migliora notevolmente perché tutto si sottrae. Lo spostamento di frequenza del traslato si abbassa a $-4649 - (-1068) = -3581$ Hz. La variazione in cinque minuti all'apogeo si abbassa a 538 Hz, ossia solo 108 Hz/min ben gestibili in narrow band CW, SSB, BPSK. Veniamo ora al vantaggio più evidente. Se trasmettiamo a 5568 MHz ricevendo a 10451 MHz, la variazione in cinque minuti all'apogeo sarebbe solo (**tab. 1**) $698 - 378 = 320$ Hz, ossia 64 Hz/min, che è quasi uno scherzo. Se invece trasmettiamo a 145 MHz, la situa-



zione peggiora di molto perché in cinque minuti dobbiamo girare la sintonia di $698 - 10 = 688$ Hz, ossia 138 Hz/min. Tutto ciò badiamo bene si verifica nelle condizioni migliori all'apogeo. Se invece fossimo da MA 40 a 42 e trasmettendo già su frequenza non disprezzabile di 2400 MHz avremmo uno spostamento di $-63331 - (-14544) = -48787$ Hz = -48,787 kHz. La variazione sarebbe di ben $1394 - 320 = 1074$ Hz in cinque minuti, ossia 215 Hz/min. Ciò renderebbe miagolante qualunque SSB con sovrapposizione di utenti fra loro lontani e che hanno Doppler diversi fra loro.

Conclusioni

Siccome i transponder di P-3D sono tutti invertenti, con l'ausilio di **tab. 1** si possono simulare tutti gli spostamenti e variazioni di frequenza dovuti all'effetto Doppler, ricevendo a 10451 MHz e trasmettendo su qualunque frequenza up-link prevista dalla commutazione dei modi a matrice riportata su R.R. 3/95 pag. 48. Sottraendo algebricamente fra loro i valori in Hz per qualunque delle frequenze scelte in up-link e down-link, è possibile calcolare il Doppler complessivo per qualunque modo e in tre punti diversi dell'orbita.

Ci accorgeremo subito che converrà trasmettere su frequenze le più alte possibili e che il traslatore a 10451 MHz potrà essere acceso solo per 10 o 15 punti di MA intorno all'apogeo e che qualunque altro punto dell'orbita renderebbe difficile ogni QSO con sistemi narrow-band.

Prima di imbarcarsi nell'impresa 10,5 GHz, bastano poche sottrazioni per evitare delusioni del tipo "Il transponder funziona per poco tempo" oppure "Se sapevo che trasmettendo in 2 m era uno schifo non ci spendevo una lira".

Questi problemi, oltre a quello del tracking, servono a dire che anche col satellite, la banda X è fatta poco per parlare e invece molto per sperimentare, per fortuna. Spero così che l'idea di rispolverare gli effetti della conversione di frequenza, e tutto sommato il ricevitore supereterodina, sia servita a farmi perdonare.

Per chi fa EME

Nel caso che l'esperimento MGS (Mars Global Surveyor) annunciato su R.R. 11/96 non fosse stato ancora effettuato, gli interessati troveranno una versione dimostrativa del programma FFTDSP su Internet all'indirizzo

<http://www.webcom.com/af9y>

Il programma con tutte le istruzioni si può acquistare con 37 dollari presso l'autore: Mike Cook, AF9Y, 501 E Cedar Canyon Road, Huntertown Indiana 46748, USA.

Stazione downlink a 10,5 GHz per Phase-3D

Il downlink in banda X

Il satellite Phase-3D userà i 10,5 GHz solo in downlink e le bande di frequenza che dovremo ricevere sono: (R.R. 3/95 pag. 48)
Analogico: 10451,025 - 10451,275 MHz; BW 250 kHz

Digitale: 10451,450 - 10451,750 MHz; BW 300 kHz

Beacon-1: 10451,000 MHz

Beacon-2: 10451,400 MHz

Dette bande sono comprese fra 10,45 e 10,50 GHz, dove in Italia i Servizi di Amatore e Amatore via satellite godono di statuto di Servizio Esclusivo, e quindi, in caso di interferenza, possiamo chiedere protezione (vedere G.U. n. 47 del 17 febbraio 1983, pag. 9, Approvazione del piano nazionale di ripartizione delle radiofrequenze).

Requisiti della stazione

La stazione downlink deve rispondere ai requisiti tecnici già pubblicati su R.R. 4/97 pag. 2 tab. 3 e R.R. 3/95 pag. 46, che qui riassumiamo.

Cifra di rumore totale del sistema NF=2 dB, pari a 170 kelvin (R.R. 4/94 pag. 42);

Guadagno antenna = 33 dBi, ottenibili con una parabola da 60 cm.

Polarizzazione: circolare destra RHCP, o lineare.

Come strutturare la stazione

Rispetto a una stazione per tropo il lavoro è semplificato perché bisogna solo ricevere dal satellite e quindi tutto assomiglia a quanto serve in un impianto per TV via satellite. Perciò basta un convertitore. In genere convertitori e transverter per 10 GHz hanno NF tipiche di 3 dB e quindi occorre un preamplificatore con NF di circa 1 dB con G=20 dB. Siccome i convertitori o i transverter sono scatole piuttosto voluminose non si possono montare nel fuoco di una parabola piccola 60 cm perché si creerebbe un bloccaggio (ombra) inaccettabile. Perciò conviene montare direttamente il preamplificatore nel fuoco, connettendolo all'illuminatore senza interporre cavetti che aumenterebbero la NF di un valore uguale alla loro attenuazione in dB.

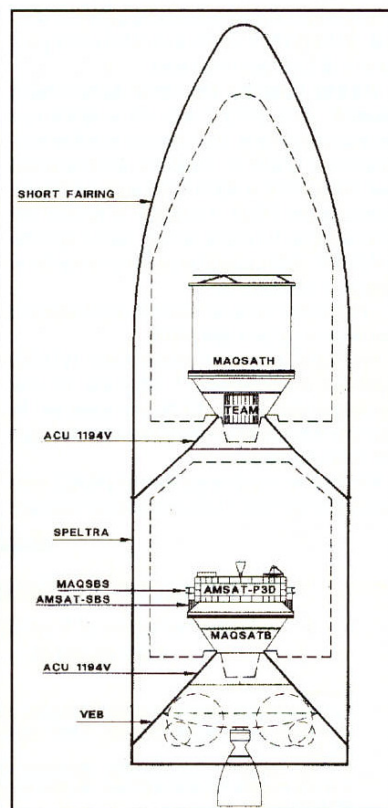
I preamplificatori, se comparati ai convertitori o transverter, sono molto più piccoli e quindi determinano un bloccaggio trascura-

bile. Di conseguenza il convertitore si può montare sul retro della parabola. Il cavo che collega l'uscita del preamplificatore nel fuoco con l'ingresso del converter sul retro dello specchio è lungo circa 1 metro e se del tipo UT-141 attenuerà circa 2 dB, connettori compresi. Ciò equivale a diminuire di 2 dB il guadagno del preamplificatore. Se G=20 dB circa, allora la NF totale del sistema non subisce aumenti apprezzabili rispetto alla NF del solo preamplificatore. Giacché il convertitore è montato sul retro della parabola, non occorrono cavi flessibili costosi e il semirigido UT-141 va bene.

Il satellite trasmetterà in RHCP e quindi a terra si potrebbe anche ricevere in polarizzazione lineare, usando il classico illuminatore backfire in guida d'onda impiegato normalmente in tropo. Tuttavia, la perdita sul segnale RHCP sarebbe di 3 dB. Ne consegue che l'uso di un illuminatore RHCP è preferibile, sia per diminuire il QSB, che per evitare perdite dovute a disadattamento di polarizzazione.

Abbiamo così inquadrato il problema nelle sue linee generali, e questo è diverso da quello di chi fa tropo e deve anche trasmettere. Il problema per noi è più semplice, ma la polarità che la banda X incontra col satellite impone che preamplificatori e convertitori siano facilmente realizzabili e duplicabili, costino poco e siano di sicuro e provato affidamento.

Chi ha poca esperienza in autocostruzione in MW, ha l'alternativa dell'acquisto del "pronto a funzionare", ma questa strada non è consigliabile perché l'acquirente inesperto si rifiuterebbe poi di smantellare per migliorare una scatola a lui sconosciuta. La paura di non riuscire a riparare, lo costringerebbe a rispedire i moduli al costruttore in caso di avaria. In conclusione, spenderebbe molto in acquisto e manutenzione, senza imparare nulla. Ciò che maggiormente preoccupa è che l'OM, che acquista quel poco che c'è disponibile di pronto sul mercato, non sarebbe mai stimolato ad attrezzarsi per autocostruire e imparare in microonde. In questo caso l'uso del satellite in banda X non gli sarebbe utile, perché le sue conoscenze radiotecniche non aumenterebbero apprezzabilmente ed egli avvertirebbe un notevole divario discorrendo in aria con la maggior parte di utenti del satellite che sono cultori di MW. Per questo motivo l'OM tenderebbe a trasformarsi ancor più da sperimentatore a comunicatore, diverrebbe cioè utente di ap-



Configurazione del carico satellizzabile Ariane-5, volo 02 di qualificazione per orbita GTO, previsto a settembre 1997. Amsat-P-3D, che pesa 550 kg, è chiuso nella capsula Speltra ed è montato sulla struttura SBS (Special Bearing Structure). Questo adattatore, fra lanciatore e satellite, è stato progettato dall'Amsat per interfacciare il lanciatore con futuri satelliti Amsat nella classe carichi secondari fra 500 e 1000 kg. Il sottostante MAQSATS è solo una zavorra da 1800 kg. La zavorra superiore MAQSATH porta attaccato il satellite Team da 350 kg con cinque esperimenti di Università europee coordinate da Estec. L'esperimento Apex (Ariane Payload Experiment) porta 3800 kg di zavorra contro 900 kg di carico utile. "Audaces Fortuna Iuvat"... Finger crossed! Anche quelle dei piedi.

I disegni e i dati sono tratti da "Reaching for the skies" dell'ESA n. 16, January 1977.

parecchiature radioelettriche acquistate, come se fosse un appassionato di "Alta fedeltà", che, avendo la musica per scopo primario, acquista e cambia le "scatole nere" senza bisogno di sapere cosa c'è dentro. Certo, anche il maestro Salvatore Accardo, nato qui a Torre del Greco, si rivolge a celebri maestri liutai se il suo Stradivari non gli sembra esprimere quello che Paganini voleva esaltare, ma noi radioamatori, permettemi il paragone, siamo i liutai della radio e dai liutai, per farci accordare la radio, non ci dobbiamo andare! "Siamo uomini o caporali" direbbe Totò.

La scelta delle apparecchiature

Uno sguardo all'autocostruzione in KIT sulla rivista Dubus ci consente di trovare il compromesso fra le profonde conoscenze del progettista in MW e il comprare cose già fatte, che poi derivano tutte da soluzioni economiche di quanto già realizzato da OM professionisti della RF in MW, autori di articoli su Dubus, QEX, VHF Conference Proceedings e Technical Symposium della ARRL. Il KIT consente al neofita di cominciare e imparare con la sicurezza del successo perché tali moduli sono stati già provati da un notevole numero di OM. I KIT infatti possono essere montati e messi a punto da chi abbia pazienza e una buona manualità senza bisogno degli approfondimenti tecnologici dei professionisti. In tal caso, se i KIT sono montati bene funzionano sempre e l'OM si sentirà gratificato come chi potrebbe illudersi di aver dato anche lui una pennellata all'opera di Monna Lisa. Il che, per cominciare ad aver fiducia in se stesso, non è poco.

Questi KIT vengono forniti con tutti i componenti necessari, alcuni dei quali, se acquistati in piccole quantità, sono talvolta molto difficili ed antieconomici da reperire. I KIT hanno il vantaggio di essere stati progettati per essere tarati e messi a punto con l'uso di strumentazione anche minima.

Alcuni di questi KIT hanno riscosso una notevole popolarità e diffusione proprio in virtù del grosso numero di montaggi soddisfacenti, perché la rivista Dubus ne ha fatto descrizioni tecniche dettagliate sul funzionamento, montaggio e taratura. Le spiegazioni chiare e complete, passo per passo, con le misure da ottenere nei punti strategici del circuito, servono a incoraggiare chi, privo di esperienza tecnologica, vedrà la scatola crescere, prendere vita e cambiare colore, da nera che era, a un chiaro PCB parlante e interloquente.

I KIT descritti in questi ultimi anni su Dubus e che ormai sono divenuti popolari ovunque fra i cultori dei 10 GHz, sono opera di DB6NT, G3WDG, DF9LN e anche IOLVA, che, oltre a tecnologie avanzate, hanno fatto uso massiccio di componenti allo stato dell'arte, molto piccoli e compatti, impiegati nella telefonia cellulare.

A fianco di quella europea, esiste la tecnologia USA ad opera di WB5LUA, KK7B, N2CEI, KH6CP/1, largamente diffusa da QST, QEX e dai Proceedings della ARRL, che ha fatto nascere quella da noi chiamata familiarmente la DEM, ossia la Down East Microwave Inc., che fornisce tutti i KIT e componenti strategici per MW dai 50 MHz ai 10,4 GHz.

Le due tecnologie, europea e USA, sono notevolmente diversificate e talvolta, a seconda delle bande o applicazioni, l'una è preferibile all'altra.

Ora mi butto e... monto il KIT!

Attenzione!... E' evidente che la tecnologia di montaggio dei moderni componenti SMD richiede che l'autocostruttore, prima di comprare il KIT, si attrezzi (vedremo con cosa), per vedere bene, maneggiare e saldare i piccoli e delicati componenti SMD. Se uno si attrezza, continuerà poi a montare altri KIT e sperimentare affinando la manualità attraverso l'apprendimento dei trucchi del mestiere e si introdurrà gradualmente nel mondo degli iniziati senza accorgersene.

La spesa iniziale per le attrezzature lo farà quasi campare di rendita per molti anni, ma senza di queste non è possibile montare neppure un solo modulo.

Siccome oggi la tecnologia MW è tutta SMD, per evitare frustrazioni dovute a delusioni, prima di comprare il KIT bisogna munirsi degli appositi ferri del mestiere. I ferri diventano parte personale del radioamatore. Provate a vedere cosa vi succede a chiedere in prestito un apparente banale cacciavite per girare un certo trimmer particolare. Riceverete quasi certamente un paio di accidenti e un rifiuto.

Allora cosa scelgo per i 10,5 GHz?

Rivisitando quanto pubblicato su Dubus in questi ultimi cinque anni di profondi mutamenti tecnologici, che vedono l'impiego di HEMT e MMIC ad arseniuro di gallio, si vede che, per 10 GHz, DB6NT, Michael Kuhne, ha descritto un transverter la cui realizzazione non spaventa, è utilizzabile fino a 10,5 GHz, come si può vedere nei numeri 1/1991, 2/1991 e 3/1992 di Dubus.

Il transverter richiede un oscillatore LO esterno e il più adatto è quello di DF9LN.

Anche G3WDG, ben noto a chi fa EME a 10 GHz, ha pubblicato una serie di moduli componibili con cui realizzare un transverter, oppure solo un converter di ricezione, con o senza preamplificatore separato, oppure un beacon, com'è visibile su Dubus 3/93, 4/93, 1/94 e 2/94.

Su R.R. 9/94 e 3/95, I2SG ha descritto un interessante oscillatore locale utilizzabile per migliorare quello di DF9LN. Io l'ho realizzato e ne sono contento. Infine, IOLVA ha realizzato un efficiente preamplificatore a due stadi, con HEMT in ingresso e cavità passabanda in uscita, che presenta bassa NF, alto guadagno e selettività, com'è visibile su Dubus 3/94 e R.R. 1/94.

Nel commerciale, la SSB Electronic ha modificato il suo classico transverter a 10 GHz anche per la banda di P-3D. Si tratta di tre moduli separati. Un converter di ricezione, un transmit-converter e un OL comune separato. La IF è 144-146 MHz, ma, come vedremo, questa banda di conversione presenta alcuni inconvenienti. Molte ditte realizzano parabole di 60 cm in primo fuoco e offset a basso costo per TV via satellite.

Come e perché ho scelto così

Invece di un converter ho scelto un transverter e proprio il DB6NT. Perché mai un transverter se bisogna solo ricevere? Intanto il transverter si può ritardare per banda Tropo e riciclare. In KIT costa un terzo di un prodotto commerciale. Il transverter ha una potenza di 10 mW in uscita TX che risulta utile all'OM poco attrezzato strumentalmente per mettere a punto l'illuminatore della parabola.

Tranne quello di G3WDG, non esistono convertitori in KIT. La spesa per un convertitore è quasi uguale a quella di un transverter, perché l'oscillatore LO fino alla 24esima moltiplicazione del quarzo è comune a RX e TX. Il DB6NT ha buone prestazioni con NF = 3 dB, abbassabile usando un HEMT in ingresso (Dubus 2/91 pag. 17). Il guadagno è G=15 dB. Reiezione di immagine = 20 dB e potenza di uscita = 15 mW (da me ottenuti col PCB originale della Eisch).

La potenza di LO esterno a 2576 MHz (per P-3D) è di 10 mW, che si ottengono facilmente dal modulo LO di DF9LN, reperibile in KIT col DB6NT senza tanto impazzire.

Il DF9LN è molto piccolo e facile da tarare perché fino all'ultima moltiplicazione per 24 impiega filtri elicoidali Toko e Neosid e per cambiare l'accordo bisogna girare parecchio, anziché stare sul filo del rasoio come avviene con risonatori strip-line 1/4 d'onda accordabili con compensatore SKY verde da 5 pF che ha mandato al manicomio parecchi OM.

La IF del DB6NT è in banda 2 metri selezionabile, come vedremo, fra 144 e 148 MHz, a seconda delle esigenze. Con IF in 2 metri la reiezione di immagine è 20 dB. Questo valore è sufficiente per non degradare il rapporto S+N/N dovuto al rumore alla frequenza immagine. Alcuni transverter impiegano 432 MHz per migliorare la reiezione, ma quando via satellite si trasmette in 70 cm per ricevere in 3 cm, si corre il rischio di desensibilizzare il ricevitore di seconda conversione a 10 cm di distanza.

I moduli DB6NT e DF9LN in KIT sono facilmente acquistabili in Germania con carta di credito, vengono accettati ordini via telefonica o fax. Le spedizioni avvengono per via postale assicurate o via corriere. I KIT sono forniti con tutti i componenti, anche quelli più banali. Se un componente non è disponibile al momento, viene spedito certamente dopo pochi giorni e se qualcosa sembra diverso, in effetti non è sbagliato. Spesso i filtri Toko cambiano numero rispetto a quello della lista, ma sono equivalenti. Le istruzioni di montaggio sono tratte da Dubus e purtroppo sono in tedesco. Chi non conosce la lingua si procuri quelle in inglese da Dubus originale. Chi non conosce neppure l'inglese, abbia la pazienza di aspettare quelle che saranno pubblicate su R.R. Gli schemi, grazie a Dio, parlano tutte le lingue. Chi non conosce Dubus non sa cosa si perde, e se gli

interessano le microonde si metta in contatto con Tony, I2FUM, per fare l'abbonamento che, per il 1997, è di lire 38.000. Il direttore di Dubus è DJ9BV.

La taratura dei KIT richiede un minimo di strumentazione. Un buon tester analogico come ICE-780-R va bene. I tester digitali servono per misurare e non per tarare. Per questo ci vuole un capacimetro induttanzimetro come lo Zetamat-II di ADB. Se uno monta un condensatore chip sbagliato, per trovarlo sul PCB ci vuole la maga del film Ladi di Biciclette che disse al protagonista derubato della bici "Fio mio, o la ritrovi subito o nun la trovi più".

Per essere tranquilli sull'uscita per 24 del DF9LN ci vuole un buon frequenzimetro che vada possibilmente fino a 3 GHz. Uno fino a 12,5 GHz è troppo di lusso, e inoltre la moltiplicazione per quattro nell'interno del DB6NT è impossibile che venga per 3 o per 5 in quanto le viti sulla cavità non consentono accordi sbagliati (sarà detta la lunghezza).

Infine ci vuole un power meter. Il TPM-4 della SSB Electronic, fatto per gli OM, è abbastanza preciso. Ha tutto incorporato, misura da 0,3 mW a 100 mW in sei portate. Resiste a sberle di 1 W e non richiede sonde esterne. Ora si trovano power meter HP professionali a prezzi allettanti per gli OM.

Per l'ottimizzazione dell'uscita e della NF si approfitterà dell'analizzatore di spettro e del Panfi di un amico più attrezzato. Io sono andato da IOLVA perché la mia testina non era tarata a 10 GHz e così la ho calibrata sulla sua. Siccome tutto è relativo e non siamo lo NBS, mi sono fatto prestare anche quella di IW1ASJ. Siccome tutto questo traffico comporta discussioni e viaggi, il piacere di visitare l'amico è accompagnato dal vantaggio di rubargli un po' di mestiere. La presa di contatto con amici microondisti già esperti, darà modo al principiante di conoscere tanti strumenti e il modo di usarli.

Alcuni strumenti, come ad esempio l'ondametro ad assorbimento, che come dice I1TEX è l'analizzatore di spettro dell'OM povero ma intelligente, è facilmente costruibile da tutti (RSGB VHF/UHF Manual, pag. 10.39; VHF Communications 2/1975 pag. 90; R.R. 9/1966). Nessun strumento è antiquato e al momento opportuno serve sempre.

Oscillatore locale base di I2SG

E' stato pubblicato su R.R. 9/94 e 3/95. Ha il pregio di una notevole stabilità di frequenza (1×10^{-8}) e purezza spettrale, inoltre è termostato elettronicamente. Il quarzo va fatto tagliare per 60°C o 70°C. Le ditte raccomandabili sono KVG e Telequarz. Quest'ultima accetta ordini anche di un pezzo attraverso la Eisch Electronic. I componenti strategici come i BFT-95 e il PCB mi sono stati gentilmente forniti da I2SG. Il resto del materiale è tutto reperibile alla RS. L'uscita, alla

frequenza del quarzo, può essere usata come LO esterno per pilotare i moltiplicatori per 24 del modulo DF9LN, il cui quarzo può essere bypassato in modo indolore col taglio di una pista e senza dissaldarlo dal PCB. In tal modo il DF9LN resta impiegabile per gli scopi più modesti previsti dal circuito originale. I vantaggi che si ottengono sono limitati alla maggiore stabilità di frequenza. Il rumore di fase aumenta di 6 dB ad ogni moltiplicazione per 2 della frequenza, come detto da I2SG a pag. 26 di R.R. 9/94. Il DF9LN moltiplica la f del quarzo per 24 e quindi il phase noise dell'oscillatore I2SG viene deteriorato di circa 40 dB. Per questo motivo è mia intenzione realizzare l'oscillatore Master 5...8 GHz descritto da I2SG su R.R. 3/95 pag. 35. Per ora mi contento così ed è già molto meglio di prima, come dimostrato dalle misure di stabilità di frequenza fatte da IW1ASJ.

Preamplificatore 10 GHz di IOLVA

Fu descritto su R.R. 1/94 e successivamente su Dubus 3/94. Il KIT viene fornito dall'autore che ha realizzato versioni in scatola fresata o stagnola e anche prototipi in supporto di allumina. Personalmente ho realizzato la versione con PCB in Duroid 5870 e scatola di stagnola. Il preamplificatore monta un HEMT MGF 4317D in ingresso e un MGF 1303 al secondo stadio. I parametri tipici sono NF=1,3 dB e G=19 dB. Ho sostituito il 4317D con un HEMT 32584 ottenendo una completa stabilità sia staccando la testina del Panfi e attaccando l'illuminatore, che togliendo e rimettendo il coperchio lato componenti. Il vantaggio che rende pregevole questo preamplificatore rispetto ad altri pubblicati su Dubus da DB6NT, è l'uso di una cavità passabanda in uscita (la solita a bicchiere), che attenua di 20 dB il rumore alla frequenza immagine. Senza filtro il rumore arriverebbe all'ingresso del transverter. Se il rumore arriva sul transverter di DB6NT, ciò non crea problemi perché è già dotato di un filtro in cavità posto in ricezione prima del mixer.

Se il transverter o converter ha scarsa selettività in ingresso, allora un preamplificatore senza filtro in uscita può peggiorare il rapporto S+N/N del sistema, perché il rumore alla frequenza immagine arriva poco attenuato al mixer di ricezione e si somma a quello sulla frequenza del segnale desiderato, ossia del satellite. Siccome la reiezione di immagine del DB6NT è 20 dB e altrettanto quella del preamplificatore IOLVA, la reiezione totale sarà di ben 40 dB. L'unico preamplificatore che sia dotato di cavità in uscita, con caratteristiche comparabili a quello di IOLVA, è il G3WDG005 versione F pubblicato su Dubus 1/94 pag. 6. Purtroppo tutta la serie di moduli G3WDG, che permettono di comporre un transverter o un converter di ricezione o un transmit converter fino ad arrivare a un beacon, sono difficili da acquistare perché

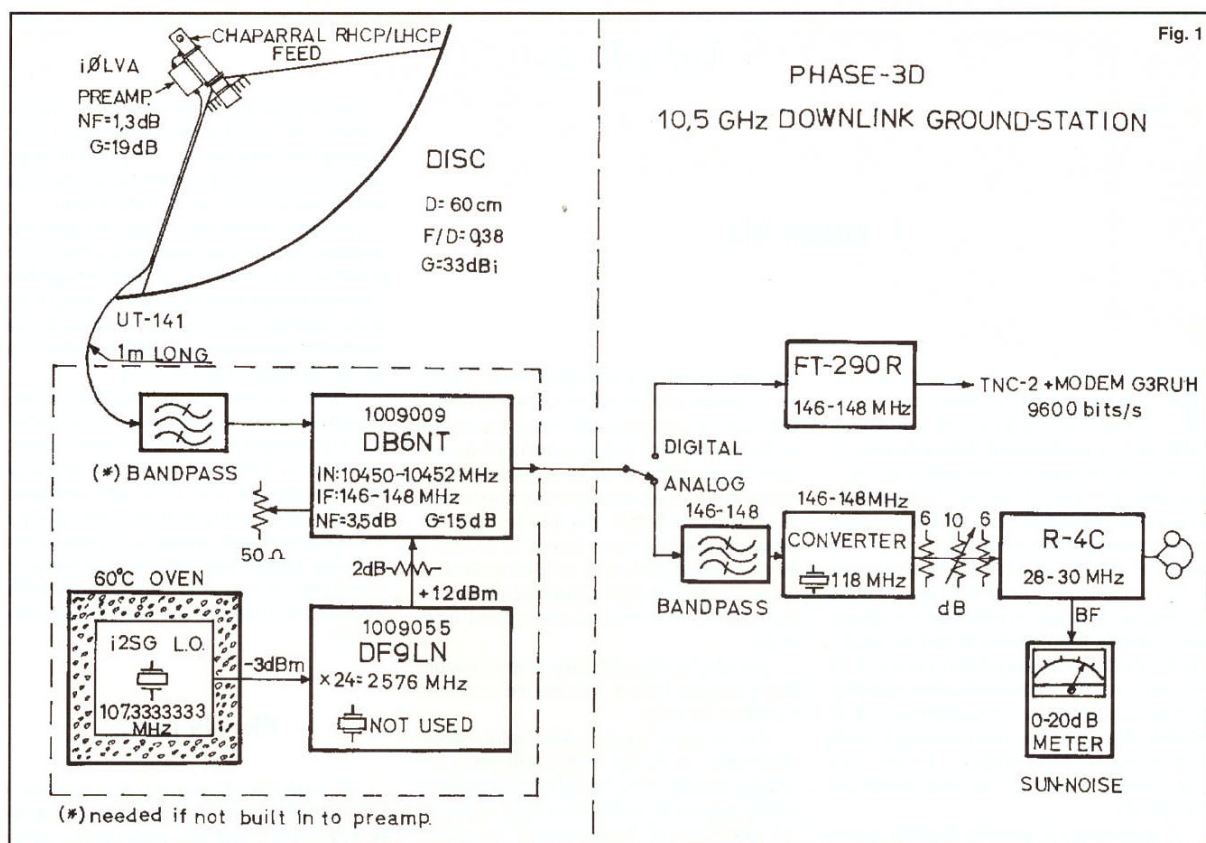
venduti in KIT da una ditta che opera in collaborazione con RSGB e non accetta carta VISA. Tutto il pregevole lavoro di G3WDG è descritto su Dubus 3/93, 4/93, 1/94 e 2/94. Chi non avesse problemi di trasferimento valuta può acquistare detti KIT presso: Microwave Committee Components Service, 314 A Newton Road, Rushden Northants NN 10 OSY, U.K.

Media frequenza IF, che valore e perché

Questa scelta è dettata da molti fattori interdipendenti. La banda da ricevere, 10451,025 - 10451,750 MHz, può essere convertita in un solo MHz IF che può essere 144 - 145 MHz, oppure 145 - 146 MHz. In entrambi i casi, la banda da ricevere sarebbe convertita in uno spettro IF che, nei grossi centri urbani ad alta densità OM, è troppo congestionato dai nostri stessi segnali, anche forti, e nel caso del Packet continui 24/24. Questi segnali potrebbero entrare direttamente nel ricevitore dei 2 metri (via calza cavo) e interferire i segnali del satellite. Inoltre, come descritto su R.R. 1/97, pag. 33, l'effetto Doppler fa anche abbassare la frequenza del Beacon-1 a 10451.000 MHz, che, in caso di conversione da 144 a 145 MHz, andrebbe a cadere nominalmente a 144 MHz, tendendo a spostarsi verso il basso, dove non tutti dispongono di ricevitori che coprono sotto le bande radiantistiche. In questo caso, il beacon non sarebbe più ricevibile. In caso di conversione da 145 a 146 MHz il beacon sarebbe convertito a 145 MHz e tenderebbe a spostarsi proprio nella fetta degli attuali beacon terrestri che prossimamente sarà occupata dal packet, secondo il nuovo Band Plan che andrà in vigore a luglio 97. Purtroppo per accaparrarsi le frequenze i BBS si stanno già spostando senza attendere lo spostamento dei beacon!

Se invece la conversione avviene fra 146-148 MHz, il pericolo di interferenza diretta in IF, da parte di altri Servizi, è molto minore. In Italia questa banda è concessa al Ministero degli Interni ma è poco utilizzata. Gli abusivi che la popolano, per ovvi motivi, non usano grandi potenze e antenne vistose. In più gli abusivi si sono accorti che il ROS delle antenne è più basso verso i 146 MHz, per cui il loro traffico si svolge in prevalenza da 146 a 146,5 MHz. Di conseguenza, se la conversione da 10451 a 10452 MHz avviene fra 147 e 148 MHz, si riceverà il satellite in uno spettro IF poco congestionato. Nel contempo il beacon a 10451,000 MHz cadrà a 147 MHz tendendo a scendere per Doppler negativo in una banda coperta da tutti gli RX e poco trafficata.

Sulla base di queste considerazioni, è stato deciso di convertire la banda 10450 - 10452 MHz in una IF da 146 a 148 MHz. Il satellite sarà perciò ricevuto sintonizzando il ricevitore dei 2 metri da 147 a 148 MHz.



Schema a blocchi (fig. 1)

L'antenna è una parabola in primo fuoco da 60 cm della P.R. Elettronica SAT con rapporto F/D = 0,38. E' in alluminio imbutito al tornio e fornita con un tripode molto robusto per sostenere illuminatori pesanti. L'illuminatore realizzato è del tipo Chaparral per TV via satellite, adatto per rapporti F/D da 0,30 a 0,45 (R.R. 4/94 pag. 69) ed ha due connettori SMA, uno per RHCP e l'altro per LHCP. I disegni mi sono stati forniti da DJ7FJ, I4BER, I4CHY, IØLVA. Siccome erano per 10368 MHz, li ho scalati a 10451 MHz ottimizzando il return loss in banda satelliti.

Il preamplificatore IØLVA è stato avvitato direttamente sul connettore SMA del lanciatore che irradia LHCP verso lo specchio e riceve da questo RHCP. La NF del preamplificatore IØLVA è risultata 1,33 dB con G=19 dB. La NF totale, preamplificatore più DB6NT, è circa 1,5 dB con un G di conversione di 33 dB. Il complesso è stato provato misurando il "sun noise", ossia il rapporto S+N/N che si ottiene misurando il rumore quando l'antenna è puntata sul sole e quando si sposta in una zona del cielo "fredda" poco rumorosa (R.R. 5/94 pag. 84 e R.R. 2/96 pag. 24). Le misure hanno dato un rapporto S+N/N = 3,8 dB. Questo valore, relazionato al flusso solare diramato dalla WWW nei giorni delle prove, è molto prossimo a quanto ottenibile dai calcoli, utilizzando la NF misurata e il G di antenna pari a 33 dBi. Il transverter DB6NT

è usato solo in ricezione e l'uscita TX è chiusa su una terminazione da 50 Ω . L'oscillatore locale LO I2SG impiega un quarzo da 107,3333333 in terza overtone risonanza serie tagliato per 60°C dalla Telequarz. L'oscillatore è chiuso in una scatola con pareti in vetronite ed isolato con pallini di polistirolo.

Questa scatola è a sua volta rinchiusa in un'altra più grande. L'intercapedine fra le due scatole è anch'essa riempita con pallini e listelli di polistirolo espanso. L'uscita a 107,3333333 MHz è stata regolata a -3 dBm = 0,5 mW, sufficienti a pilotare il modulo DF9LN che ha un ingresso per LO esterno, che si può utilizzare disattivando il quarzo originale interno col semplice taglio di una pista. Il segnale dell'oscillatore I2SG viene applicato sul source del FET U-310 che anziché da oscillatore funziona da buffer. Gli stadi successivi del DF9LN operano la moltiplicazione $107,3333333 \times 24 = 2576$ MHz con una potenza di uscita di 16 mW.

Il segnale a 2576 MHz viene applicato all'ingresso dello LO transverter DB6NT mediante un attenuatore da 2 dB che lo abbassa ai richiesti 10 mW. La successiva moltiplicazione per 4 avviene nello stesso DB6NT e quindi al suo mixer sono applicati $2576 \times 24 = 10304$ MHz.

La conversione di frequenza sarà: $10304 + 146 = 10450$ MHz; $10304 + 148 = 10452$ MHz.

Il downlink del satellite sarà perciò convertito fra 147 e 148 MHz. L'oscillatore LO

I2SG, il DF9LN e il DB6NT sono chiusi in una scatola stagna e montati sul retro della parabola. Il cavo di discesa IF 146-148 MHz può essere commutato, mediante un relè coax in stazione, su due apparecchi separati.

Il convertitore 146-148 MHz serve per la ricezione della banda X riservata all'analogico. Si tratta di un convertitore 144-146 MHz il cui quarzo a 116,0 MHz è stato sostituito con un altro a 118,0 MHz e ritardato per 146-148 MHz in modo da avere la conversione a 28-30 MHz sul mio Drake R4-C. In tal caso la banda $10451,025 + 10451,275$ MHz verrà convertita a $29,025 + 29,275$ MHz +/- Doppler... ed errore dei vari quarzi. Usare un RX, nato per HF, in analogico via satellite, offre vantaggi quali: AGC con varie costanti di tempo o escludibile, filtri commutabili a 2400 Hz per SSB e 500 Hz per CW, Passband Tuning, Notch, un efficientissimo Noise Blanking, poche manopole tutte utili e nessuna superflua.

Se il ricevitore viene dotato di tutte le circuiterie esterne per la misura del rumore (R.R. 5/94 pag. 84), si potranno fare tante misure per verificare l'efficienza dei sistemi ricevitori nelle varie bande VHF e superiori convertite a 28-30 MHz. Si potranno comparare fra loro preamplificatori e antenne senza avere la pretesa di dire quanto è, ma certamente di stabilire che una cosa è meglio e un'altra è peggio.

E ciò non è poco.

Continua.3