Titolo

Sistema di ricezione 18-40 GHz per la ricerca di interferenze con laboratorio mobile

R. Ambrosini, C. Bortolotti & M. Roma

Rapporto interno IRA 420/08

Indice:

- Laboratorio mobile per la ricerca di interferenze radio 4
- Sistema di ricezione 18-40 GHz 5
- Il nuovo sostegno d'antenna 9
- Caratteristiche del sistema 10
- Primi rilievi in banda 18-40 GHz 12
- Considerazioni finali 14
- Bibliografia 15
- Ringraziamenti 15

Allegati:

1. Caratteristiche antenna W.B. Horn ATM 180/442/KF
2. Caratteristiche amplificatore MITEQ JS42-18004000-45-5P-B1
3. Caratteristiche amplificatore MITEQ AMF-5F-18004000-60-8P
4. Caratteristiche cavi coassiali SHUNER Sucoflex 102 (400 - 6500 - 1000 mm)
5. Caratteristiche transizione RADIALL R127-753-000 F/F

Laboratorio mobile per la ricerca di interferenze radio

Presso il Centro Radioastronomico di Medicina BO, oltre ad un sistema fisso per il monitoraggio delle interferenze nelle bande radio assegnate al servizio di Radioastronomia, è operativo anche uno speciale mezzo mobile allestito per ricerca e localizzazione RFI.

Il veicolo che ospita il laboratorio è un furgone FIAT Ducato 14 - 2.5 TDI omologato come veicolo speciale, visibile in **Fig.1**. L'allestimento del mezzo per effettuare rilievi radio-elettrici comprende i seguenti dispositivi:

- palo telescopico con estensione elettro-pneumatica fino alla quota di 11 m, quale supporto di antenne e front-end dei sistemi riceventi in dotazione.
- generatore di tensione 220Vac tramite inverter sinusoidale (600 VA continui)
- analizzatore di spettro fino 26,5 GHz
- radio-ricevitore fino 2 GHz
- ricevitore GPS per localizzazione e triangolazioni
- ausili vari per misure e rilievi (PC portatile, accessori, etc.) .

Fino ad oggi la massima frequenza operativa era 18 GHz.

Fig.1 - Il veicolo per ricerca RFI (sistema ricevente 0,3-18 GHz)

L'espansione nell'utilizzo delle frequenze radio, per usi commerciali etc., di fatto ha innalzato le frequenze di lavoro dei ponti-radio, il cui valore ha ampiamente superato 20 GHz.
A seguito di ciò, per meglio tutelare le principali bande radioastronomiche comprese tra 22-24 GHz e 31-32 GHz (VLBI, radicali OH, Space Science, etc.), si è deciso di estendere la copertura in frequenza del sistema ricevente fino 40 GHz.

Sistema di ricezione 18-40 GHz

L'esigenza di ottenere una cifra di rumore complessivamente bassa, in relazione all'elevata perdita di inserzione dei cavi coassiali dovuta all'alta frequenza di lavoro, ha determinato la scelta progettuale di utilizzare n.2 amplificatori: il primo collegato direttamente sul connettore dell'antenna ed il secondo all'interno del vano furgone.

Per lo stesso motivo anche la lunghezza del cavo coassiale che porta il segnale dall'amplificatore in antenna fino al tetto del furgone è stata limitata a 6,5m.
Ciò non permette l'estensione completa di tutti gli stadi del palo telescopico, che può così essere innalzato limitatamente a 8,5m - invece di 11m.

Per la realizzazione del nuovo sistema ricevente, al fine di limitarne i costi, si è cercato di scegliere componenti per lo più commerciali.

Segue la lista dei dispositivi utilizzati.

- Antenna 20dB gain Horn 18-26,5 GHz – connettore SMA F – SAMA HRA-K-20
- Antenna 20dB gain Horn 26,5-40 GHz - connettore K F – SAMA HRA-KA-20
- Antenna W.B. Horn 18-40 GHz - connettore K F – ATM 180/442/KF
- Amplificatore 18-40 GHz - connettore K M/F – MITEQ JS42-18004000-45-5P-B1
- Amplificatore 18-40 GHz - connettore K M/F – MITEQ AMF-5F-18004000-60-8P
- Cavo coassiale con connettori K maschio – SHUNER Sucofex 102 – Lung. = 40cm
- Cavo coassiale con connett. K maschio – SHUNER Sucofex 102 – Lung. = 650cm
- Cavo coassiale con connett. K maschio – SHUNER Sucofex 102 – Lung. = 100cm
- Transizioni tipo K da pannello – F/F – RADIALL R127.753.000

Nella pagina seguente (**Fig.2**) viene riportato lo schema complessivo del sistema ricevente.

Gli amplificatori utilizzati richiedono una tensione di alimentazione di +15Vdc, fornita dallo stesso rack 19" che controlla il sistema ricevente 0,3-18 GHz.
Il collegamento elettrico avviene tramite appositi cavi sia all'esterno che all'interno del furgone.

La successiva **Fig.3** riporta lo schema completo di alimentazione in d.c.
Il commutatore rotante seleziona la banda di ricezione e provvede ad alimentare gli amplificatori interessati.

Seguono inoltre alcune immagini del furgone RFI attrezzato col nuovo sistema di ricezione 18-40 GHz (**Fig.4**).

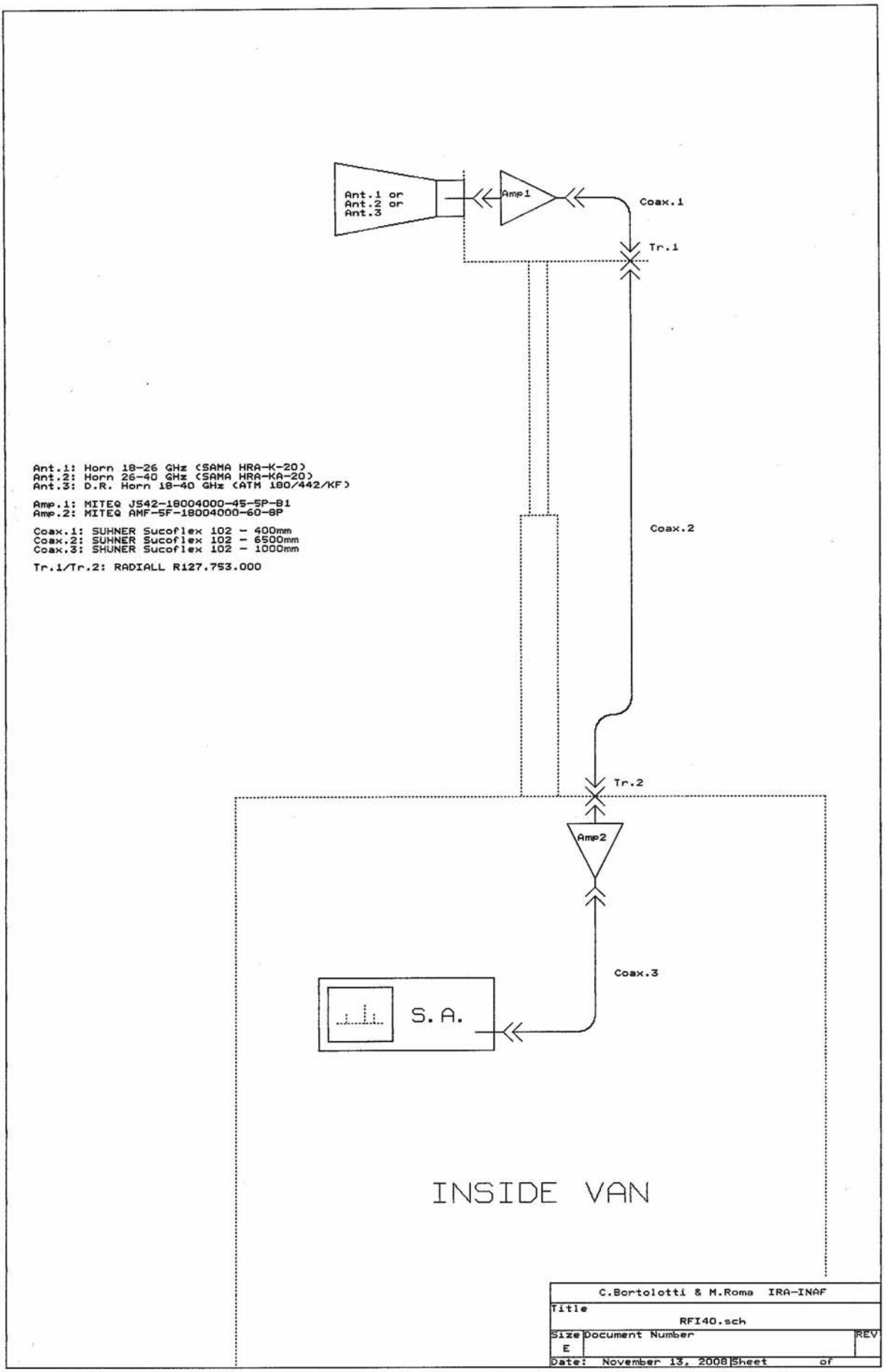


Fig.2 - Schema complessivo del sistema ricevente

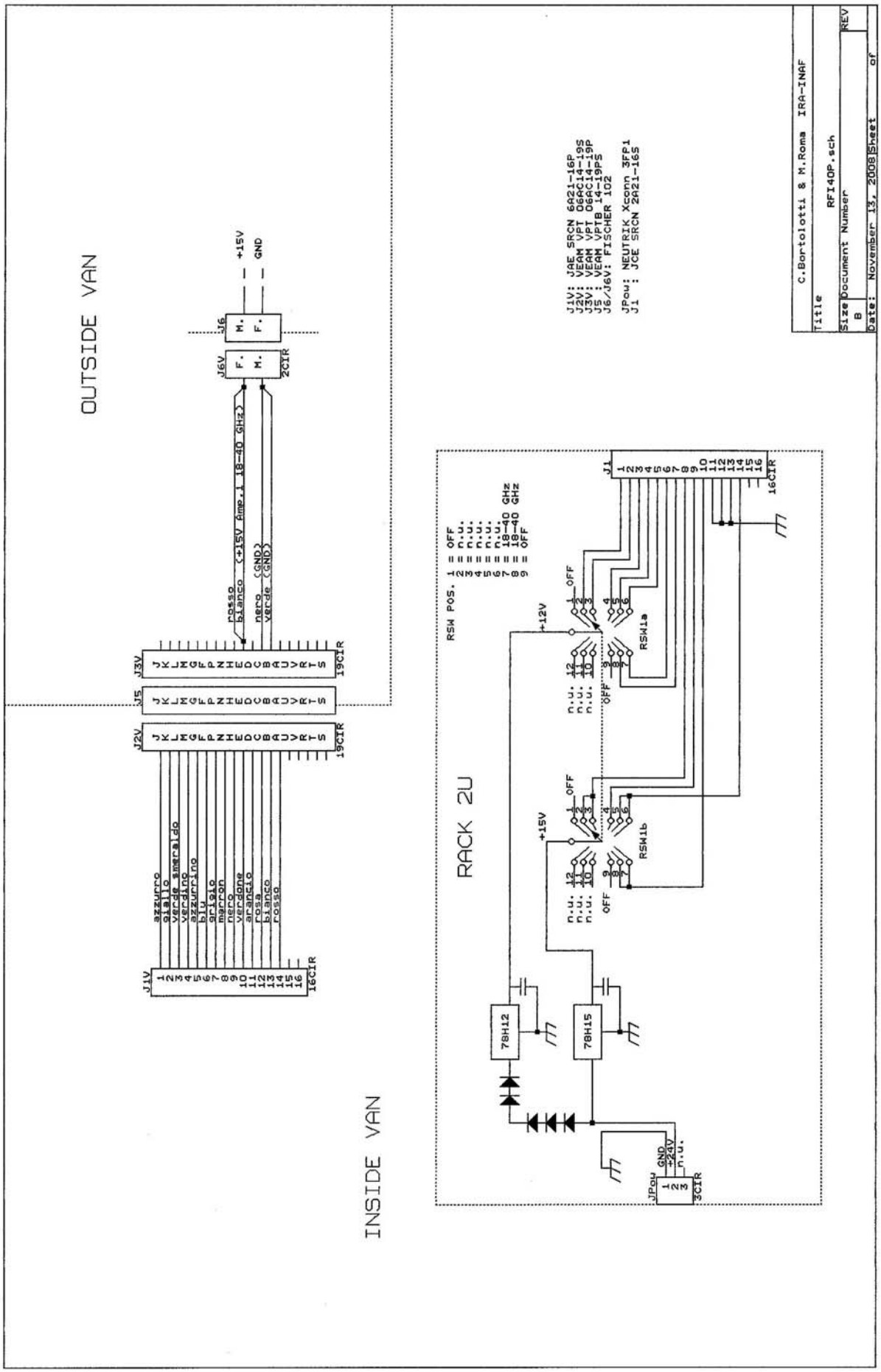


Fig.3 - Schema elettrico di alimentazione amplificatore esterno

Fig.4 – Il furgone attrezzato col nuovo sistema di ricezione 18-40 GHz

Il nuovo sostegno d'antenna

Per il fissaggio dell'antenna in cima al palo telescopico è stato realizzato un unico sostegno, sul quale fissare rapidamente uno degli Horn a disposizione.
Questo supporto è inoltre dotato di un dispositivo (manuale) per la rotazione in senso assiale dell'antenna, rendendo possibile la ricezione in polarizzazione orizzontale, verticale ed altre angolazioni intermedie.

Sotto tale sostegno, sulla flangia dello stadio immediatamente inferiore opportunamente bloccato per evitarne l'innalzamento, è stato fissato un piccolo pannello con la transizione K F/F ed il connettore per l'alimentazione d.c. dell'amplificatore in antenna.
Meccanicamente quindi il cavo coassiale n.2 e quello multipolare, relativamente pesanti, sono sorretti/vincolati a questo pannellino, evitando di forzare l'amplificatore e/o l'Horn.

Seguono alcune immagini dei particolari sopra menzionati (**Fig.5**).

Fig.5 – Il sostegno dell'Horn e quello dei cavi

Caratteristiche del sistema

Vengono riportate di seguito alcune tabelle dove si riassumono le principali caratteristiche dei dispositivi componenti la catena di ricezione, in funzione della frequenza di lavoro.

ANTENNA	Horn 18-26,5 GHz	Horn 26,5-40 GHz	WB Horn 18-40 GHz
Gain Typ. (dB)	+20 (+24)	+20 (+24)	+14/19

Catena di amplificazione e trasmissione del segnale

18GHz
11/25/08

	Miteq JS 18-40 GHz	coax 0.4m +TR. Radiall	coax shuner 6.5mt	TR. Radiall	Miteq AMF 18-40 GHz	coax shuner 1mt	SA@18GHz (46dB>19.7	Cascade Total
NF (dB)	3.1	1	11.5	0.3	4	1.7	41	3.21
Gain (dB)	36.1	-1	-11.5	-0.3	33.5	-1.7	0	55.10
OIP3 (dBm)	8	100	100	100	9	100	100	7.25
Pout (dBm)	-83.9	-84.9	-96.4	-96.7	-63.2	-64.9	-64.9	
NF+ (dB)		0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.08	
OIP3+ (dB)	0.05	0.00	0.00	0.00	19.75	0.00		

Input Power (dBm) -120.00

Input IM (dBc)

Modulation: FM, Linear

S/N (dB, Required)		S/N (dB, Actual)	6.00	Input IP3 (dBm)	-47.85
		Sensitivity (dBm)	-126.00	Output IM Level (dBm)	-209.21
Losses (dB)	0	MDS (dBm)	-126.00	Output IM Level (dBc)	-144.31
System BW (MHz)	.03	Noise Temp (K)	316.72	SFDR (dB)	52.10
Source Temp (K)	290				

22GHz
11/25/08

	Miteq JS 18-40 GHz	coax 0.4m +TR. Radiall	coax shuner 6.5mt	TR. Radiall	Miteq AMF 18-40 GHz	coax shuner 1mt	S.A. @ 22GHz	Cascade Total
NF (dB)	2.8	1.1	12.5	0.3	3.1	1.9	46	3.02
Gain (dB)	36.4	-1.1	-12.5	-0.3	36	-1.9	0	56.60
OIP3 (dBm)	8	100	100	100	9	100	100	7.07
Pout (dBm)	-83.6	-84.7	-97.2	-97.5	-61.5	-63.4	-63.4	
NF+ (dB)		0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.19	
OIP3+ (dB)	0.03	0.00	0.00	0.00	21.13	0.00		

Input Power (dBm) -120.00

Input IM (dBc)

Modulation: FM, Linear

S/N (dB, Required)		S/N (dB, Actual)	6.19	Input IP3 (dBm)	-49.53
		Sensitivity (dBm)	-126.19	Output IM Level (dBm)	-204.33
Losses (dB)	0	MDS (dBm)	-126.19	Output IM Level (dBc)	-140.93
System BW (MHz)	.03	Noise Temp (K)	291.10	SFDR (dB)	51.10
Source Temp (K)	290				

26GHz
11/25/08

	Miteq JS 18-40 GHz	coax 0.4m +TR. Radiall	coax shuner 6.5mt	TR. Radiall	Miteq AMF 18-40 GHz	coax shuner 1mt	S.A. @ 26GHz	Cascade Total
NF (dB)	3.3	1.3	13.5	0.4	2.6	2.1	46	3.57
Gain (dB)	36.4	-1.3	-13.5	-0.4	36	-2.1	0	55.10
OIP3 (dBm)	8	100	100	100	9	100	100	6.85
Pout (dBm)	-83.6	-84.9	-98.4	-98.8	-62.8	-64.9	-64.9	
NF+ (dB)		0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.24	
OIP3+ (dB)	0.05	0.00	0.00	0.00	19.85	0.00		

Input Power (dBm) -120.00

Input IM (dBc)

Modulation: FM, Linear

S/N (dB, Required)		S/N (dB, Actual)	5.64	Input IP3 (dBm)	-48.25
		Sensitivity (dBm)	-125.64	Output IM Level (dBm)	-208.41
Losses (dB)	0	MDS (dBm)	-125.64	Output IM Level (dBc)	-143.51
System BW (MHz)	.03	Noise Temp (K)	369.62	SFDR (dB)	51.59
Source Temp (K)	290				

32GHz
11/25/08

	Miteq JS 18-40 GHz	coax 0.4m +TR. Radiall	coax shuner 6.5mt	TR. Radiall	Miteq AMF 18-40 GHz	coax shuner 1mt	S.A. @ 32GHz	Cascade Total
NF (dB)	3.2	1.4	15.5	0.4	2.7	2.4	46	3.90
Gain (dB)	36.8	-1.4	-15.5	-0.4	33.5	-2.4	0	50.60
OIP3 (dBm)	8	100	100	100	9	100	100	6.47
Pout (dBm)	-83.2	-84.6	-100.1	-100.5	-67.0	-69.4	-69.4	
NF+ (dB)		0.00	0.02	0.00	0.02	0.00	0.66	
OIP3+ (dB)	0.13	0.00	0.00	0.00	15.33	0.00		

Input Power (dBm) -120.00

Input IM (dBc)

Modulation: FM, Linear

S/N (dB, Required)		S/N (dB, Actual)	5.30	Input IP3 (dBm)	-44.13
		Sensitivity (dBm)	-125.30	Output IM Level (dBm)	-221.14
Losses (dB)	0	MDS (dBm)	-125.30	Output IM Level (dBc)	-151.74
System BW (MHz)	.03	Noise Temp (K)	422.45	SFDR (dB)	54.12
Source Temp (K)	290				

40GHz
11/25/08

	Miteq JS 18-40 GHz	coax 0.4m +TR. Radiall	coax shuner 6.5mt	TR. Radiall	Miteq AMF 18-40 GHz	coax shuner 1mt	S.A. @ 40GHz	Cascade Total
NF (dB)	3.2	1.6	18	0.5	3.1	2.7	46	5.40
Gain (dB)	35.6	-1.6	-18	-0.5	32	-2.7	0	44.80
OIP3 (dBm)	8	100	100	100	9	100	100	5.96
Pout (dBm)	-84.4	-86.0	-104.0	-104.5	-72.5	-75.2	-75.2	
NF+ (dB)		0.00	0.03	0.00	0.04	0.00	2.08	
OIP3+ (dB)	0.34	0.00	0.00	0.00	11.24	0.00		

Input Power (dBm) -120.00

Input IM (dBc)

Modulation: FM, Linear

S/N (dB, Required)		S/N (dB, Actual)	3.81	Input IP3 (dBm)	-38.84
		Sensitivity (dBm)	-123.81	Output IM Level (dBm)	-237.52
Losses (dB)	0	MDS (dBm)	-123.81	Output IM Level (dBc)	-162.32
System BW (MHz)	.03	Noise Temp (K)	714.79	SFDR (dB)	56.65
Source Temp (K)	290				

Primi rilievi in banda 18-40 GHz

Si riportano di seguito alcuni spettri rilevati mediante il nuovo sistema ricevente 18-40 GHz installato sul veicolo per ricerca interferenze, con l'utilizzo delle antenne Standard Gain Horn in polarizzazione 45°.

Per effettuare questi rilievi, alcuni dei quali a frequenza superiore 26,5 GHz, abbiamo provvisoriamente impiegato l'Analizzatore di Spettro HP-8564E in dotazione al laboratorio Microonde, con copertura fino 40 GHz.

Si precisa che le emissioni riportate nelle **Fig.6**, con caratteristica modulazione digitale, sono situate al di fuori delle bande riservate per osservazioni radio-astronomiche.

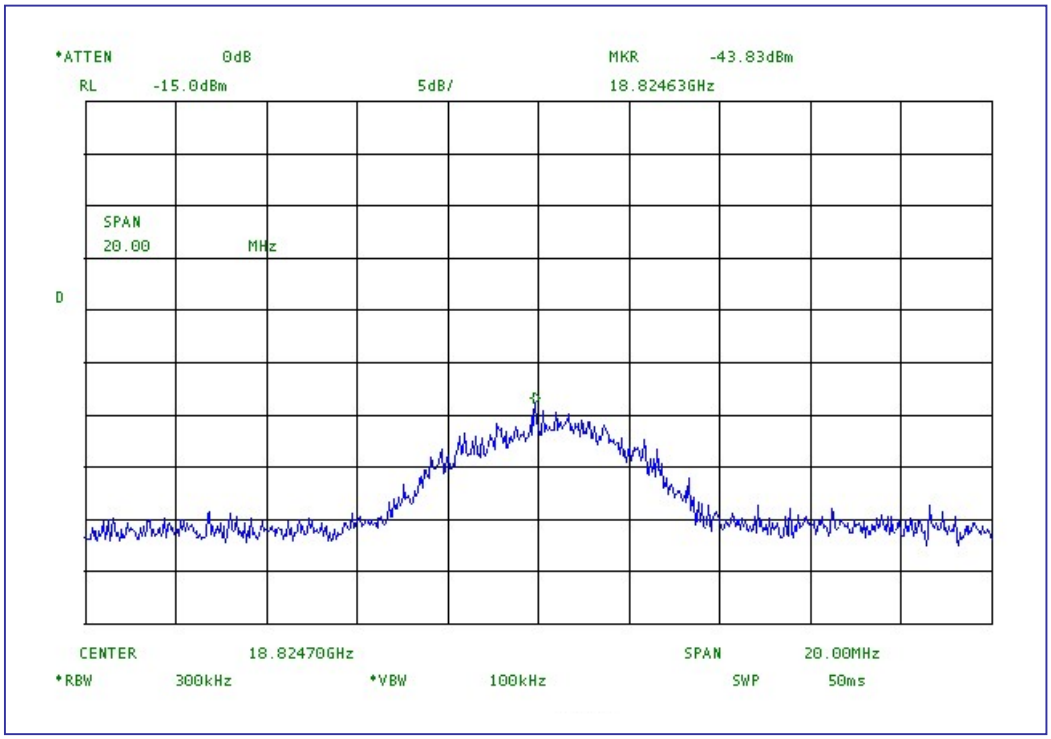


Fig.6a

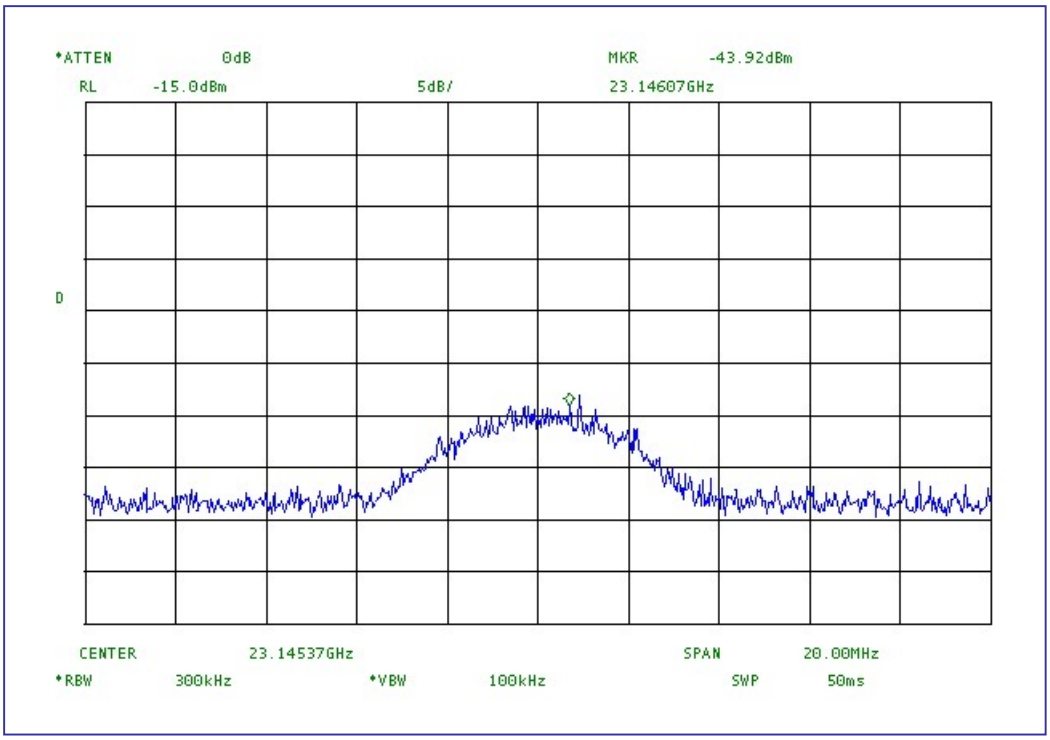

*ATTEN 0dB
MKR -43.92dBm
RL -15.0dBm
5dB/
23.14607GHz
D
CENTER 23.14537GHz
SPAN 20.00MHz
*RBW 300kHz
*VBW 100kHz
SWP 50ms

Fig.6b

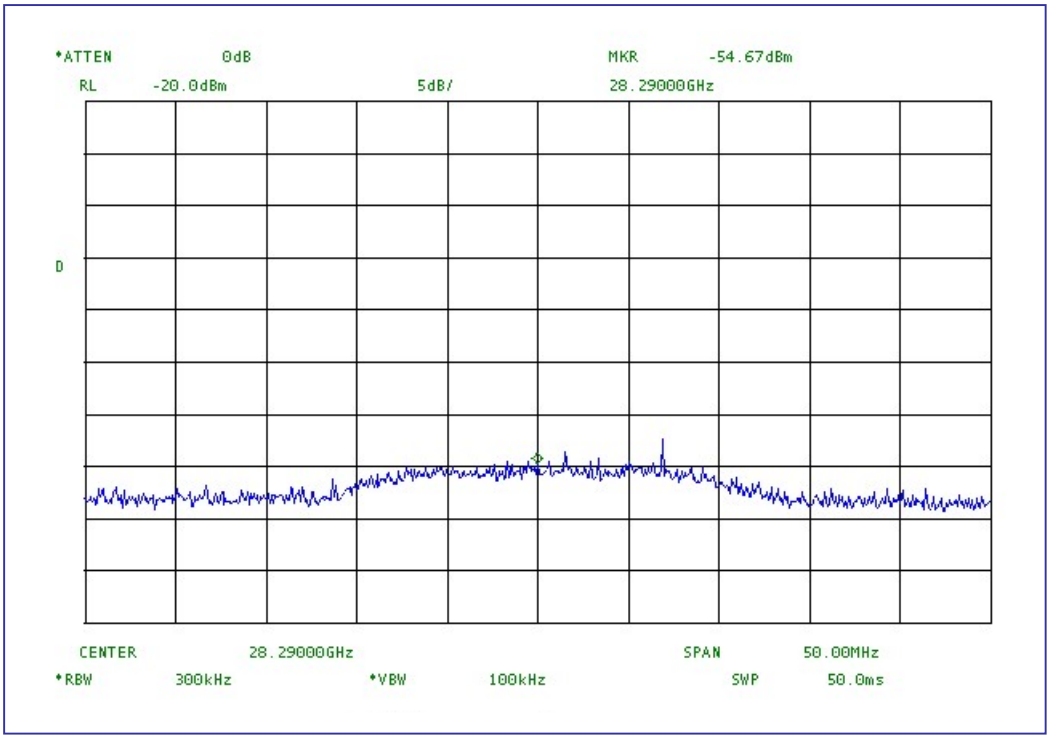

*ATTEN 0dB
MKR -54.67dBm
RL -20.0dBm
5dB/
28.29000GHz
D
CENTER 28.29000GHz
SPAN 50.00MHz
*RBW 300kHz
*VBW 100kHz
SWP 50.0ms

Fig.6c

Considerazioni finali

Il nuovo sistema di ricezione 18-40 GHz impiega connettori tipo K, molto “delicati” e non adatti per uso in caso di pioggia. Per questo motivo, escludendo di operare in condizioni di maltempo, si è ritenuto di non dover realizzare sistemi di protezione per gli altri componenti impiegati in esterno (amplificatore d’antenna, cavi etc).
Si è invece intervenuto per migliorare il raffreddamento degli amplificatori Miteq, mediante l’applicazione di un idoneo dissipatore termico.

Si evidenzia che il sistema ricevente, non operando conversioni di frequenza tramite mixer ed OL, esclude la presenza di emissioni spurie e/o "birdies".

Durante i primi rilievi di test, i risultati più interessanti sono stati ottenuti con l’impiego degli Horn - 20dB Gain. Questo tipo d’antenna ha notevolmente migliorato la sensibilità del sistema ricevente e la risoluzione del puntamento.

Tutti i componenti del sistema, a causa delle ridotte dimensioni, della notevole precisione dei connettori e della loro relativa fragilità, sono da usare con molta cura.
Per facilitarne la corretta conservazione ed il trasporto, si è acquistata ed appositamente adattata una valigia, dove tutti questi dispositivi vengono riposti una volta utilizzati, come riportato dall’immagine seguente **(Fig.7)**.

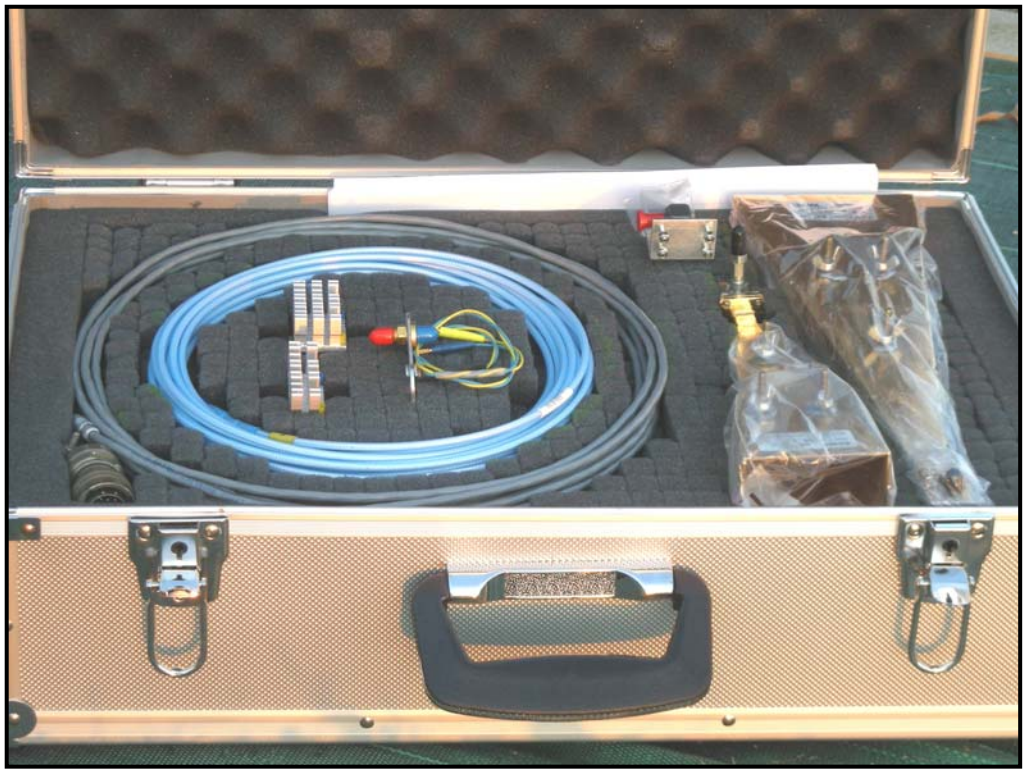


Fig.7 – La valigia contenente l’intero sistema ricevente 18-40 GHz

Bibliografia

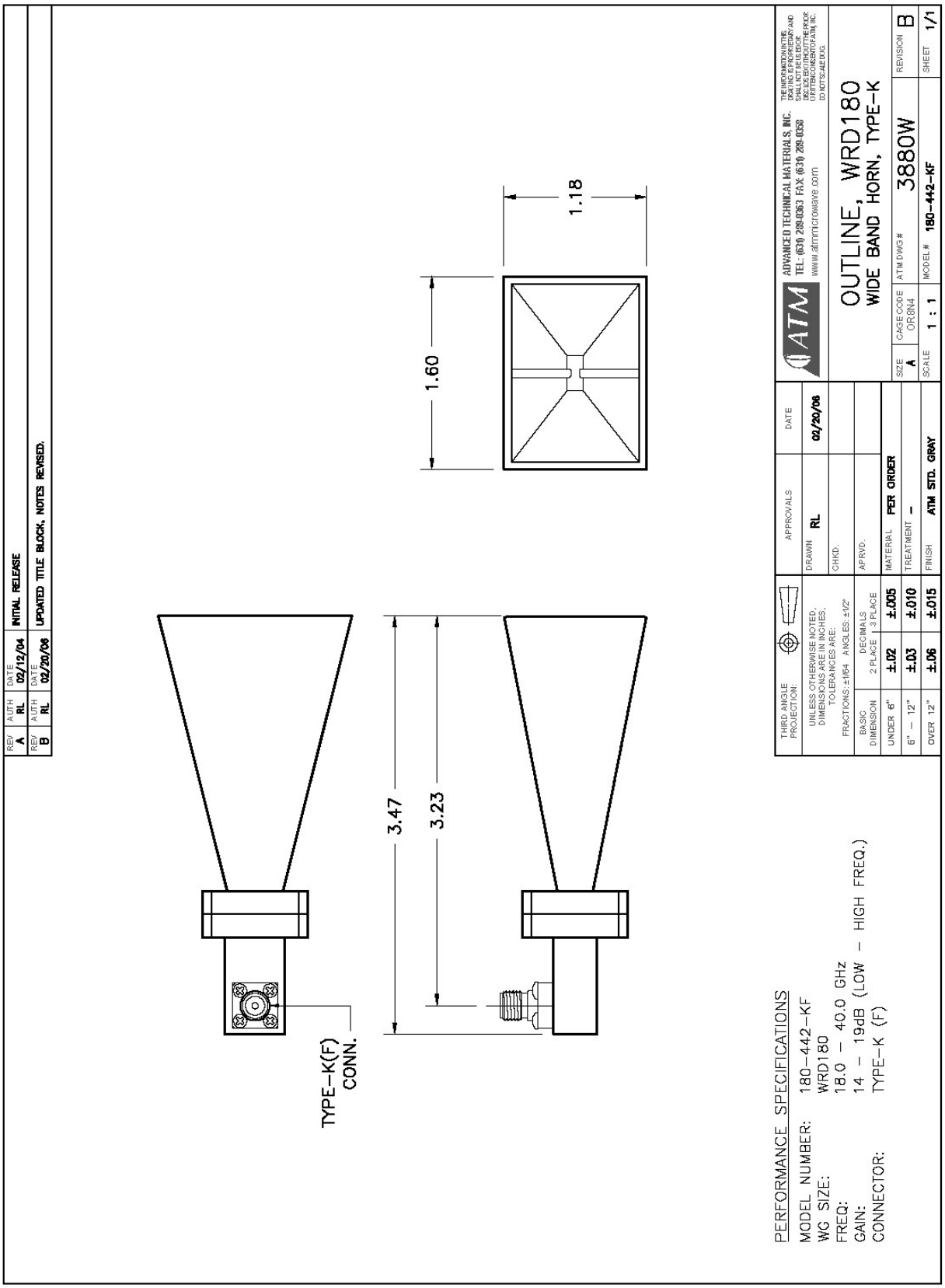
- C. Bortolotti & M. Roma
  NUOVO VEICOLO SPECIALE PER LA RICERCA DELLE INTERFERENZE NELLE BANDE RADIOASTRONOMICHE
  IRA 272/98

Ringraziamenti

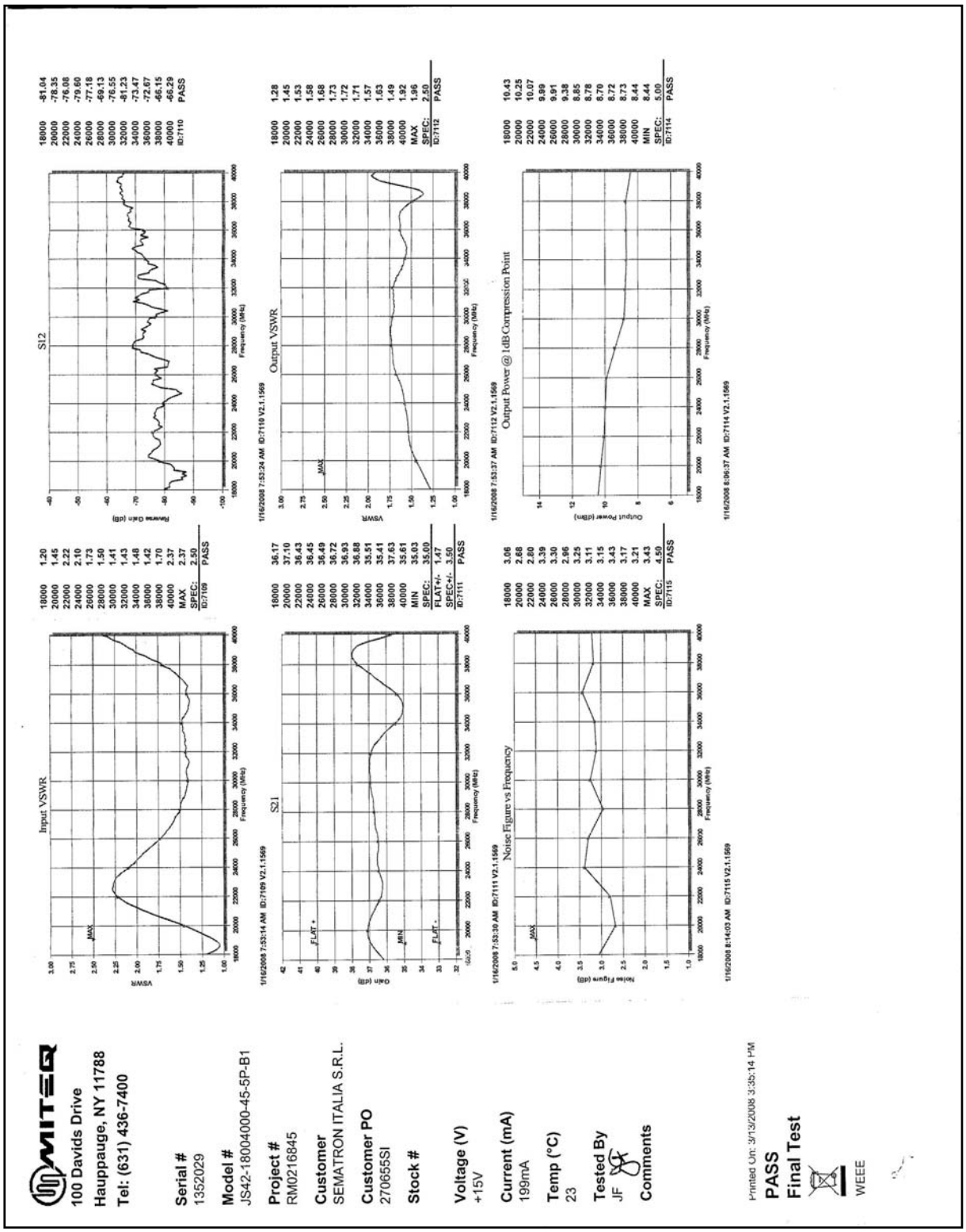
Si coglie l'occasione per ringraziare Sergio Mariotti per la preziosa collaborazione.

Seguono allegati:

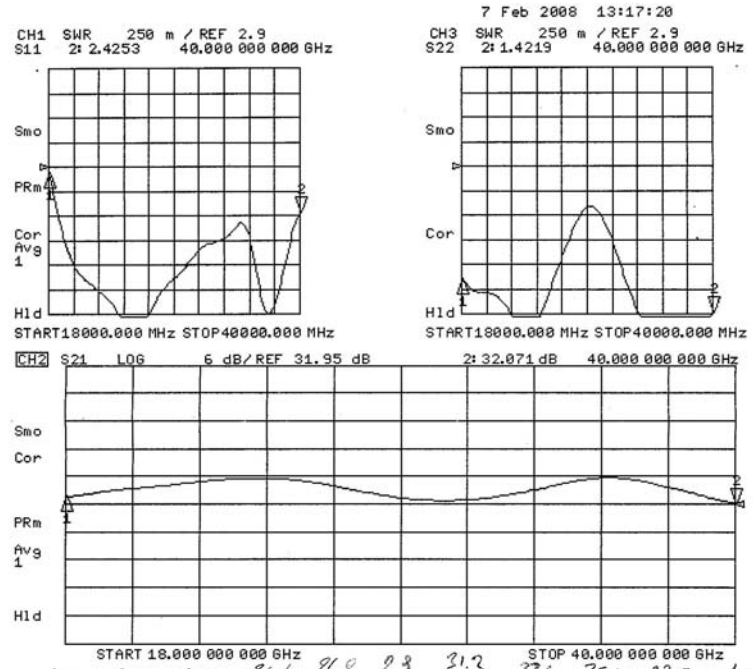
1. Caratteristiche antenna W.B. Horn ATM 180/442/KF
2. Caratteristiche amplificatore MITEQ JS42-18004000-45-5P-B1
3. Caratteristiche amplificatore MITEQ AMF-5F-18004000-60-8P
4. Caratteristiche cavi coassiali SHUNER Sucoflex 102 (400 - 6500 - 1000 mm)
5. Caratteristiche transizione RADIALL R127-753-000 F/F



Allegato 1 – caratteristiche W.B. Horn ATM 180-442-KF



Allegato 2 – caratteristiche amplificatore MITEQ JS42-18004000-45-5P-B1



Project : MQ0160728

MITEQ

MITEQ, INC.
100 Davids Drive
Hauppauge, New York 11788-2086
Tel. : (631) 436-7400
FAX : (631) 436-7430

Int. Transfer : N/A

Customer P / N : N/A

Customer P. O. : 270655/SI

Model Number : AMF-5F-18004000-60-8P

Serial Number : 1352010

SPECIFICATIONS @ +23 °C

Frequency (GHz)	18.0-40.0
Gain (dB)	30.0 (dB) MIN
Gain Flatness (dB)	+/- 3.00 (dB) MAX
Δ Gain vs. Temp (dB)	N/A
VSWR: Input / Output	2.90:1 MAX
Noise ~~Temperature (K)~~ FIGURE (dB)	6.00 (dB) MAX
P_{OUT} @ 1 dB Comp (dBm)	+8.0 (dBm) MIN
Output IP3 (dBm)	N/A
Voltage (VDC)	+15 (VDC)
Current (mA)	200 (mA) NOM.
Operating Temp (°C)	23 °C
Outline Drawing	128061-5

TEST DATA (at +25°C)

Frequency (GHz)	Noise Figure (dB)	P_{out} @ 1 dB Comp (dBm)	Output IP3 (dBm)
18.0	3.94	9.0	N/A
20.0	3.58		
22.0	3.03		
24.0	2.68		
26.0	2.54		
28.0	2.62	9.6	
30.0	2.67		
32.0	2.63		
34.0	2.70		
36.0	2.83		
38.0	2.87		
40.0	3.02	8.4	

Measured Current : 121 mA

Maximum Input VSWR	Maximum Output VSWR
SEE ATT PLOT	SEE ATT PLOT

Tested By : William M. Trotta

Date : 02-07-08

Allegato 3 – caratteristiche amplificatore MITEQ AMF-5F-18004000-60-8P

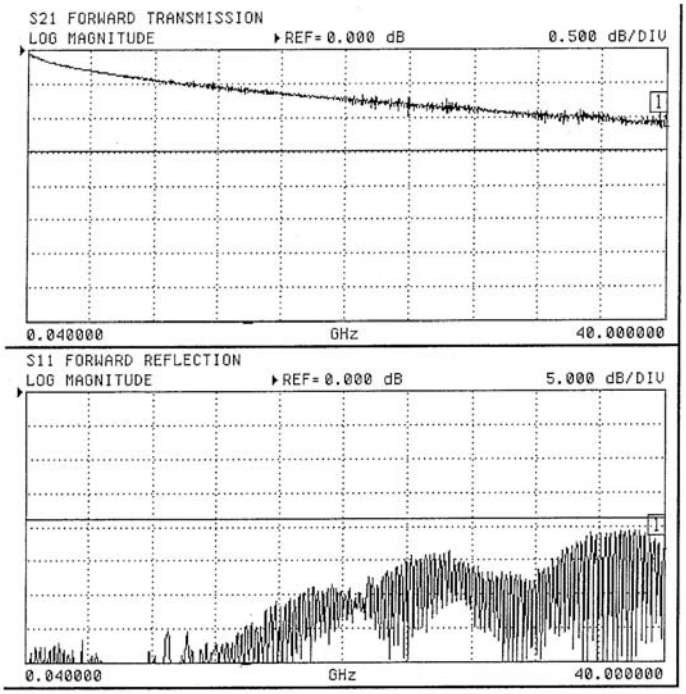
37269C

Specific Test Report

MODEL: SUCOFLEX 102 DATE: 01/15/2008 20:30 Page 1
DEVICE ID: SN 30116/2 OPERATOR: 4584/MM
PA625442 VK746580/2 2x11SK-252 ⌀00mm MEAS.P.801 TEMP.23GRAD

START:	0.040000 GHz	GATE START:	-	ERROR CORR:	12-TERM
STOP:	40.000000 GHz	GATE STOP:	-	AVERAGING:	1 PT
STEP:	0.049950 GHz	GATE:	-	IF BNDWDTH:	1 KHz
		WINDOW:	-		

	CH1	CH3
PARAMETER:	-S21-	-S11-
NORMALIZATION:	OFF	OFF
REFERENCE PLANE:	0.0000 mm	0.0000 mm
SMOOTHING:	0.0 PERCENT	0.0 PERCENT
DELAY APERTURE:	-	-



CH 1 - S21
REFERENCE PLANE
0.0000 mm

▶MARKER 1
40.000000 GHz
-1.171 dB

MARKER TO MAX
MARKER TO MIN

MARKER READOUT
FUNCTIONS

RF Technology
CH-9100 Herisau, Switzerland
Phone +41 (0)71 353 41 11
Fax +41 (0)71 353 45 90
info@hubersuhner.com
www.hubersuhner.com

Allegato 4a - caratteristiche cavo coassiale SHUNER Sucoflex 102 – 400mm

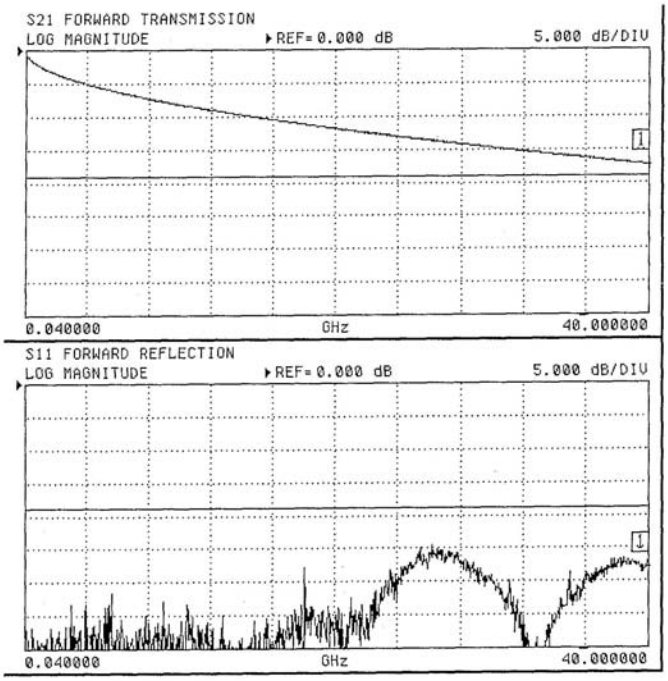
37269C

Specific Test Report

MODEL: SUCOFLEX 102 DATE: 01/15/2008 20:33 Page 1
DEVICE ID: SN 30100/2 OPERATOR: 4584/MM
PA625443 VK746580/5 2x11SK-252 6500mm MEAS.P.801 TEMP.23GRAD

START:	0.040000 GHz	GATE START:	-	ERROR CORR:	12-TERM
STOP:	40.000000 GHz	GATE STOP:	-	AVERAGING:	1 PT
STEP:	0.049950 GHz	GATE:	-	IF BNDWDTH:	1 KHz
		WINDOW:	-		

	CH1	CH3
PARAMETER:	-S21-	-S11-
NORMALIZATION:	OFF	OFF
REFERENCE PLANE:	0.0000 mm	0.0000 mm
SMOOTHING:	0.0 PERCENT	0.0 PERCENT
DELAY APERTURE:	-	-



CH 1 - S21
REFERENCE PLANE
0.0000 mm

MARKER 1
40.000000 GHz
-17.424 dB

MARKER TO MAX
MARKER TO MIN

MARKER READOUT
FUNCTIONS

RF Technology
CH-9100 Herisau, Switzerland
Phone +41 (0)71 353 41 11
Fax +41 (0)71 353 45 90
info@hubersuhner.com
www.hubersuhner.com

Allegato 4b - caratteristiche cavo coassiale SHUNER Sucoflex 102 – 6500mm

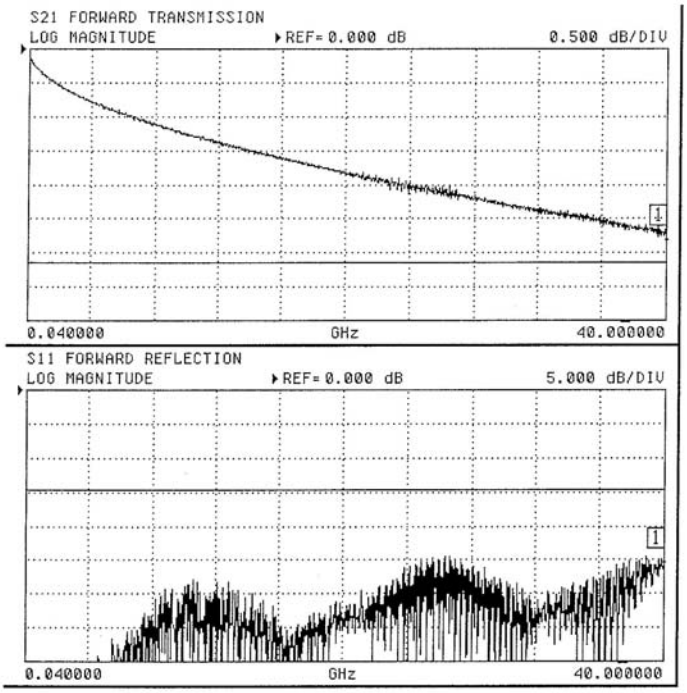
37269C

Specific Test Report

MODEL: SUCOFLEX 102 DATE: 01/14/2008 09:59 Page 1
DEVICE ID: SN 30076/2 OPERATOR: 4584/DM
PA625314 AC:22649803 2x11SK-252 1000mm MEAS.P.801 TEMP.23GRAD

START:	0.040000 GHz	GATE START:	-	ERROR CORR:	12-TERM
STOP:	40.000000 GHz	GATE STOP:	-	AVERAGING:	1 PT
STEP:	0.049950 GHz	GATE:	-	IF BNDWDTH:	1 KHz
		WINDOW:	-		

	CH1	CH3
PARAMETER:	-S21-	-S11-
NORMALIZATION:	OFF	OFF
REFERENCE PLANE:	0.0000 mm	0.0000 mm
SMOOTHING:	0.0 PERCENT	0.0 PERCENT
DELAY APERTURE:	-	-



CH 1 - S21
REFERENCE PLANE
0.0000 mm

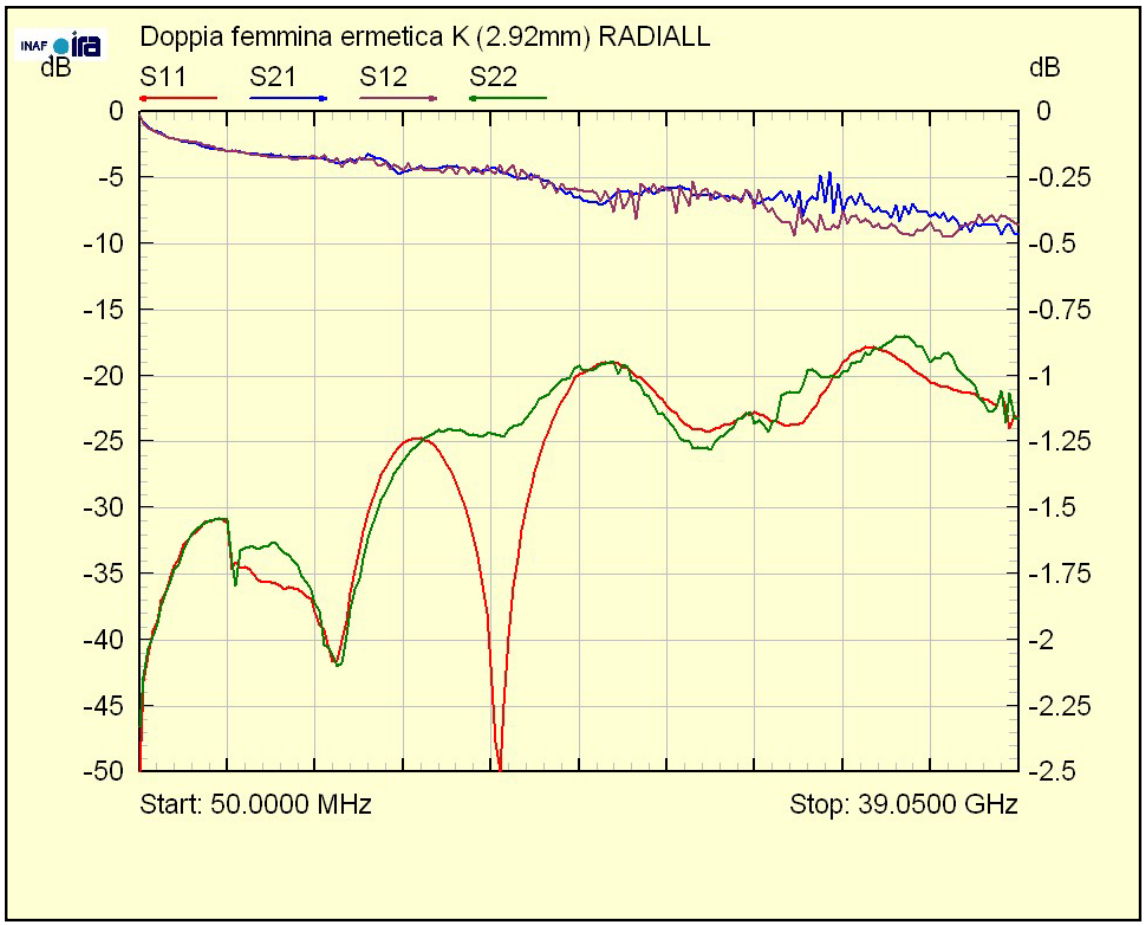
MARKER 1
40.000000 GHz
-2.825 dB

MARKER TO MAX
MARKER TO MIN

MARKER READOUT
FUNCTIONS

RF Technology
CH-9100 Herisau, Switzerland
Phone +41 (0)71 353 41 11
Fax +41 (0)71 353 45 90
info@hubersuhner.com
www.hubersuhner.com

Allegato 4c - caratteristiche cavo coassiale SHUNER Sucoflex 102 – 1000mm



Allegato 5 - caratteristiche transizione RADIALL R127-753-000 F/F