



Rapporti Tecnici INAF INAF Technical Reports

Number	90
Publication Year	2021
Acceptance in OA@INAF	2021-05-20T08:56:11Z
Title	Catena di distribuzione di LO1 per multifeed banda Q
Authors	SCALAMBRA, ALESSANDRO
Affiliation of first author	IRA Bologna
Handle	http://hdl.handle.net/20.500.12386/30960 ; http://dx.doi.org/10.20371/INAF/TechRep/90

Catena di distribuzione di LO1 per multifeed banda Q

Realizzazione di PCB splitter a 8 vie per la distribuzione del segnale LO (15.5-16GHz)
per 38 mixer di prima conversione del multifeed banda Q

Alessandro Scalambra

Revisore: Alessandro Orfei, Marco Poloni

24 Febbraio 2021

\

INDICE:

1) Progetto SP8Q

Tab 1.1 Lista componenti	pag. 3
Fig. 1.1 Distribuzione 38 canali OL1 per Qconv con 5 splitter attivi e uno passivo	pag. 4
Fig. 1.2 Distribuzione 38 canali OL1 per Qconv con 6 splitter attivi	pag. 4
Fig. 1.3 Disegno 3D del posizionamento delle 5 pcb SPOLQ	

2) Modifiche SP8_OL1MFQ

Fig. 2.1 Condensatori 0.56pF (solo su SMA in uscita)	pag. 5
Fig. 2.2 SP passivo con pista adattata sul bottom	pag. 5
Fig. 2.3 Taglio pista adattata per SP amp. posto sul top	pag. 5

3) Misure SP8_OL1MFQ

Fig. 3.1 Distribuzione con splitter n°8 porta 8 (passivo) collegata a splitter n°3 porta 4	pag. 6
Fig. 3.2 misure di guadagno con diverse tensioni, splitter n°8 porta 7 con splitter n°3 porta 4	pag. 7
Fig. 3.3 misure di guadagno con diverse tensioni, splitter n°1 porta 7 con splitter n°3 porta 4	pag. 8
Tab. Tab. 3.4 G e P1dB in funzione della tensione e consumo totale su 6 (o 5) splitter amp.	pag. 8

4) Misure dettagliate degli splitte

Fig. 4.1 Parametri S delle 8 porte del splitter n°8, quello scelto per essere SP0	pag. 9
Fig. 4.2 Parametri S delle 8 porte del SP n°9, splitter passivo spare	pag. 10
Fig. 4.3 Parametri S delle 8 porte del splitter n°1, quello scelto per essere SP1	pag. 11
Fig. 4.4 Parametri S delle 8 porte del splitter n°2, quello scelto per essere SP2	pag. 12
Fig. 4.5 Parametri S delle 8 porte del splitter n°3, quello scelto per essere SP3	pag. 13
Fig. 4.6 Parametri S delle 8 porte del SPamp n°4, quello scelto per essere SP4	pag. 14
Fig. 4.7 Parametri S delle 8 porte del SPamp n°5, quello scelto per essere SP5	pag. 15
Fig. 4.8 Parametri S delle 8 porte del SPamp n°6, spare o SP6 (non usare porta 8, 6 e 5)	pag. 16
Fig. 4.9 Parametri S delle 8 porte del splitter n°7, spare (non usare porta 5)	pag. 17
Tab. 4.1 Splitter passivi (in giallo) e attivi, da usare o spare	pag. 18

5) Conclusioni e misure finali, prima di collegare i Qconv

Tab. 5.1 completamento cablaggio, valori di potenza al Qconv	pag. 18
--	---------

1) Progetto SP8Q

E' stato progettato un piccolo splitter (SP) a 8 vie in circuito stampato per distribuire il segnale di oscillatore locale alla frequenza di 15.5-16GHz per i 38 mixer di prima conversione (Qconv) del multifeed banda Q (MFQ). Lo splitter, progettato con AWR, è ottenuto con piste adattate in maniera "interdigitale" (con *layer* di massa sopra e sotto) usando 4 Layer RG4003 con spessore 0.508mm. Non è necessario usare scatolini di schermatura poiché il segnale spifferato è sicuramente molto più basso di quello "che fa passare la porta LO verso quella IF del mixer. Questo splitter a 8 vie può essere configurato come:

- **SP, passivo** (senza amplificatori) con **G= -12dB**
- **SPamp, attivo** (con amplificatori) **G= +7dB**

Mettendo in cascata 1 pcb con altri 5 (vedi fig.1.1 e 1.2) si possono fornire 40 uscite, quelle non utilizzate devono essere caricate con 50Ω.

N	Valore	Formato	SP8 (-12dB)	SP8amp (+7dB)
R1	100 Ω	0201	SI	SI
R2	100 Ω	0201	SI	SI
R3	100 Ω	0201	SI	SI
R4	100 Ω	0201	SI	SI
R5	100 Ω	0201	SI	SI
R6	100 Ω	0201	SI	SI
R7	100 Ω	0201	SI	SI
C1	100 pF	0402	No	SI
C2	1000 pF	0402	No	SI
C3	1000000 pF	0402	No	SI
C4	100 pF	0402	No	SI
C5	1000 pF	0402	No	SI
C6	1000000 pF	0402	No	SI
C7	100 pF	0402	No	SI
C8	1000 pF	0402	No	SI
C9	1000000 pF	0402	No	SI
C10	100 pF	0402	No	SI
C11	1000 pF	0402	No	SI
C12	1000000 pF	0402	No	SI
L1	1nH	0402	predisposizione 5V Qconv	predisposizione 5V Qconv
L2	1nH	0402	predisposizione 5V Qconv	predisposizione 5V Qconv
A1	HMC451LC3		No	SI
A2	HMC451LC3		No	SI
C x8 pezzi	0.56pF	0201	Su ogni uscita verso massa	Su ogni uscita verso massa

Tab 1.1 Lista componenti

Le induttanze L1 e L2 sono da montarsi solo se si vuol portare l'alimentazione 5V ai Qconv con il solo cavo coassiale di collegamento LO. Tale predisposizione però, anche se funzionante, non verrà utilizzata.

Tutte le pcb saranno montate in parte calda dentro al criostato. Le zone critiche del circuito stampato in prossimità dei componenti attivi che dissipano un certo calore sono state "riempite di viaholes" per ottenere la miglior conduzione termica possibile. Le colonnine (di metallo) su cui è fissato il PCB porteranno fuori, in parte calda del Dewar, il poco calore dissipato.

Per non arrivare alla rottura dei dispositivi si raccomanda di **non alimentare** gli SP8amp con tensioni superiori a **5.5V** e con RF input power superiori a **+10dBm**.

Sapendo che il mixer attivo Qconv vuole in ingresso LO un segnale di +3dBm (da 2 a 6dBm) e che la catena di splitter perde circa -5dB (GSP8=-12, GSP8amp=+7dB) si determina il livello di potenza del generatore di segnali: ci si aspetta +8dBm (vedi fig. 1.1). Se il generatore di segnali non riesce a fornire tale potenza a 16GHz (perdite del cavo, ecc.) si può sempre sostituire il primo splitter con uno amplificato (SP6 al posto di SP0, fig. 1.2), in questo caso basterà fornire solo -11dBm.

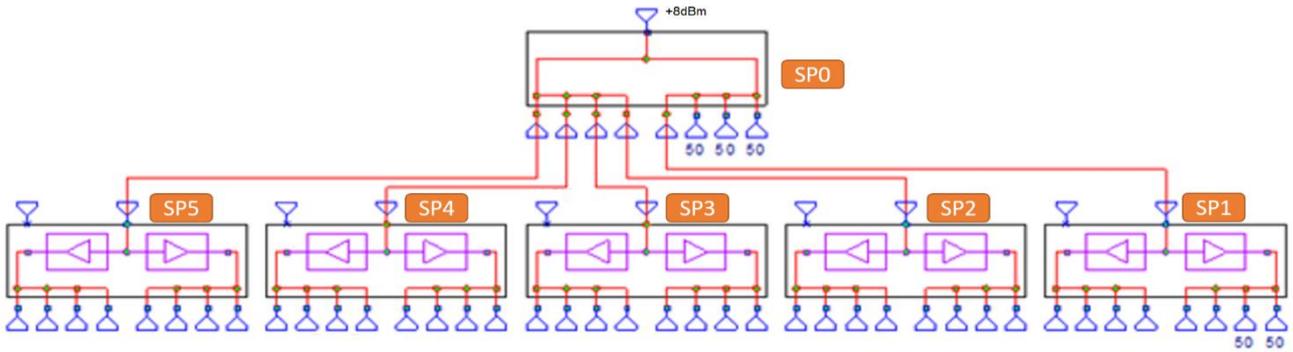


Fig. 1.1 Distribuzione 38 canali LO1 per Qconv con 5 splitter attivi e uno passivo

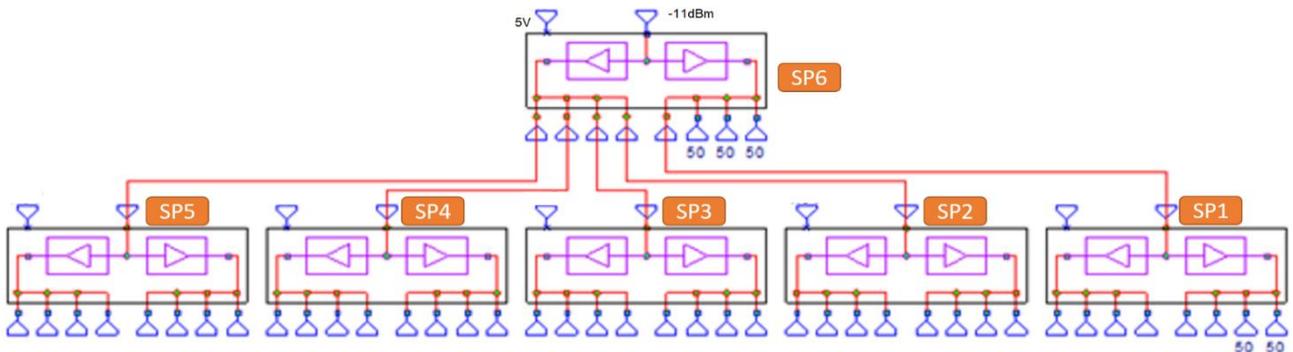


Fig 1.2 Distribuzione 38 canali LO1 per Qconv con 6 splitter attivi.

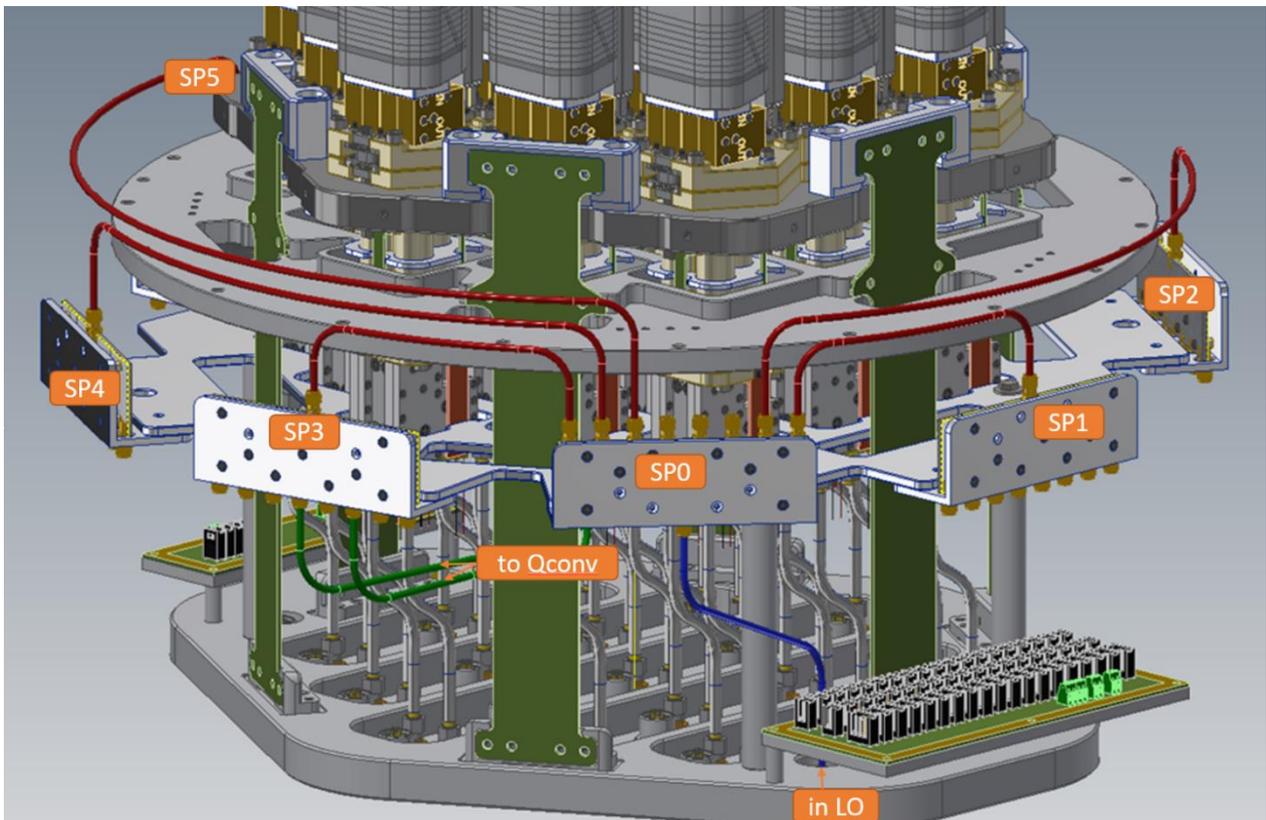


Fig 1.3 Disegno 3D del posizionamento delle 5 pcb SP8Q

La disposizione delle pcb dentro al Dewar è ormai ben definita; essendo necessari 38 canali, dei 40 canali disponibili si consiglia di terminare con 50Ω i due meno performanti.

2) Modifiche SP8_OL1MFQ

- Per utilizzare la versione amplificata, bisogna ricordarsi di asportare con il cutter la piccola pista "RF" posta sotto l'amplificatore sul layer bottom (vedi fig. 2.2 e 2.3).
- Per meglio adattare il segnale in uscita è stato necessario inserire su ogni uscita (pin centrale del connettore SMA) un piccolo condensatore (0.56pF formato 0201, vedi fig 2.1) sul bottom verso massa.
- L'uscita dell'amplificatore non è collegata al viahole della pista RF (piccolo errore di progettazione layout pcb), bisogna costruire una piccola pista con un filettino di rame.

Questi veniali imprevisti non compromettono l'utilizzo, le rimanenti 8 pcb saranno montate tenendo conto di quanto sopra descritto. Sono state montate 7 pcb "attiva" e due "passiva".

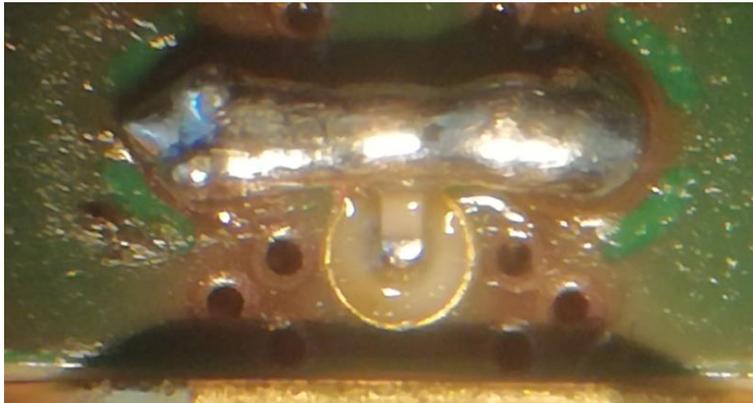


Fig. 2.1 Condensatori 0.56pF (solo su SMA in uscita)

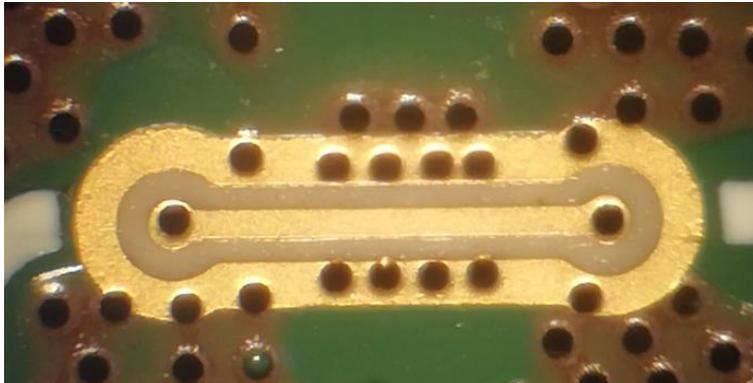


Fig. 2.2 SP passivo con pista adattata sul bottom

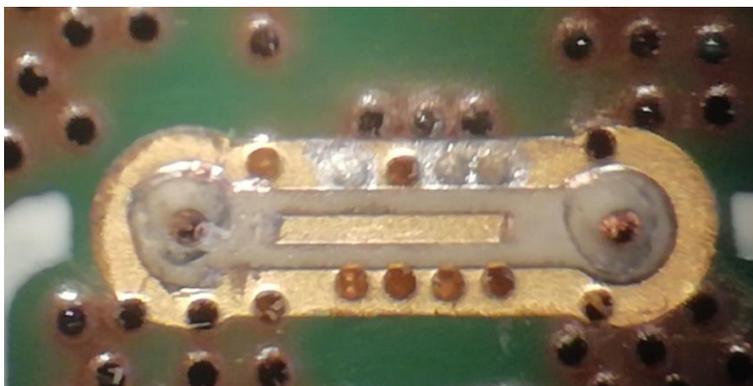


Fig. 2.3 Taglio pista adattata per SPamp posto sul top

3) *Misure delle due catene complete*

Fin dalle prime misure è emersa una certa dipendenza del guadagno in funzione della tensione di alimentazione, in controtendenza con quanto ci si aspetta. Più si abbassa l'alimentazione e più il guadagno sale a scapito però del punto di compressione.

Mettendo in cascata più splitter, come in fig. 1.2 e 1.3, sono state eseguite misure a banda larga per dare una panoramica dell'andamento del sistema completo in funzione dell'alimentazione.

Gli splitter passivi sono stati denominati come SP8 e SP9. SP8 diventerà "SP0" e SP9 sarà spare.

Gli splitter attivi sono stati denominati come SP1,2,3,4,5 il 6 e 7 sono spare. Se serve la configurazione con più guadagno si scelga il SP6 al posto di SP0.

Le porte e gli splitter per fare questa prima misura della catena sono stati presi a caso. Come vedremo in seguito il guadagno delle varie porte dei diversi splitter risultano essere simili. Il cavo "azzurro lungo" usato nella prova, rispecchia più o meno (in termini di attenuazione) i cavetti che si dovranno cablare dentro al Dewar.

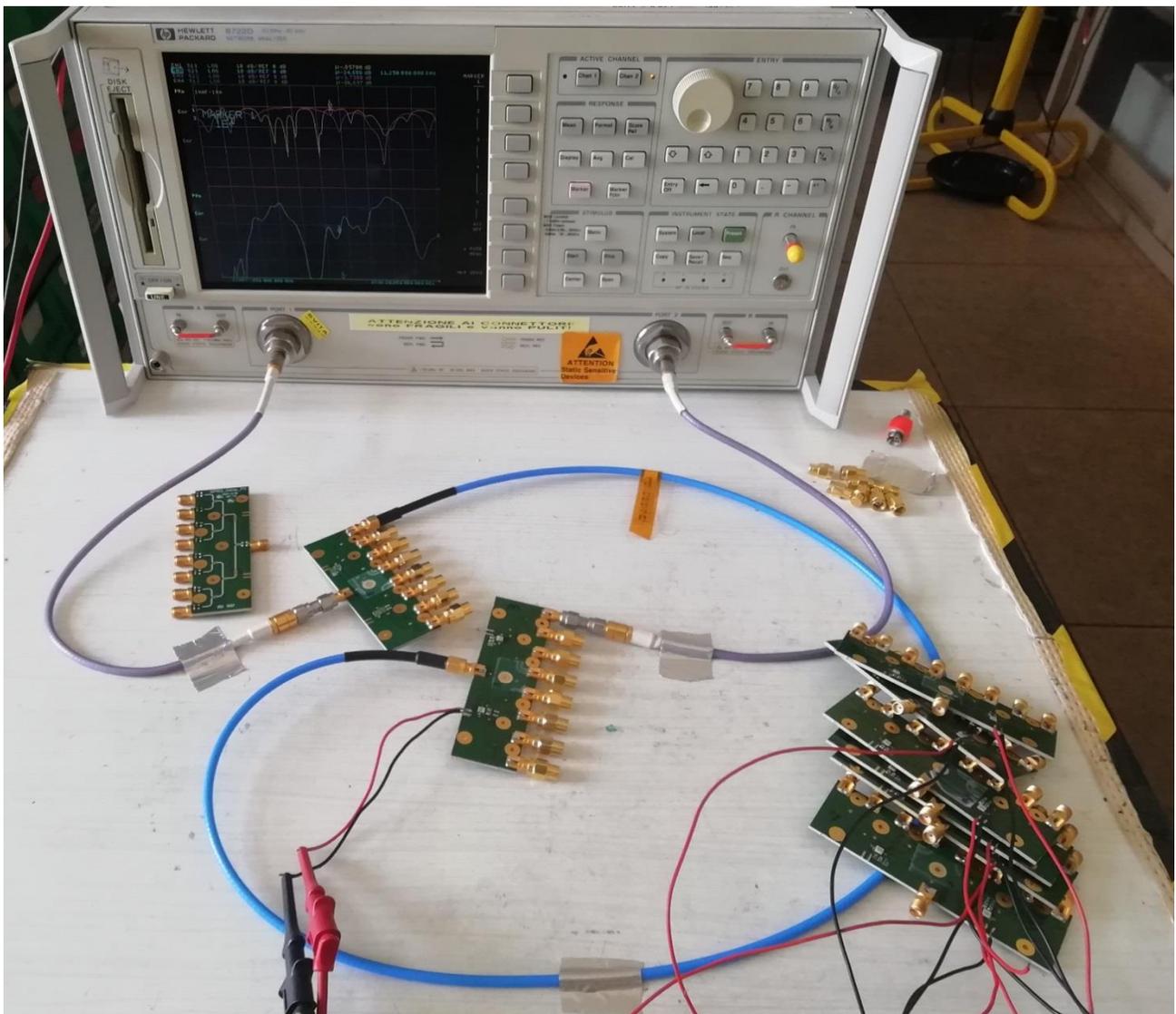
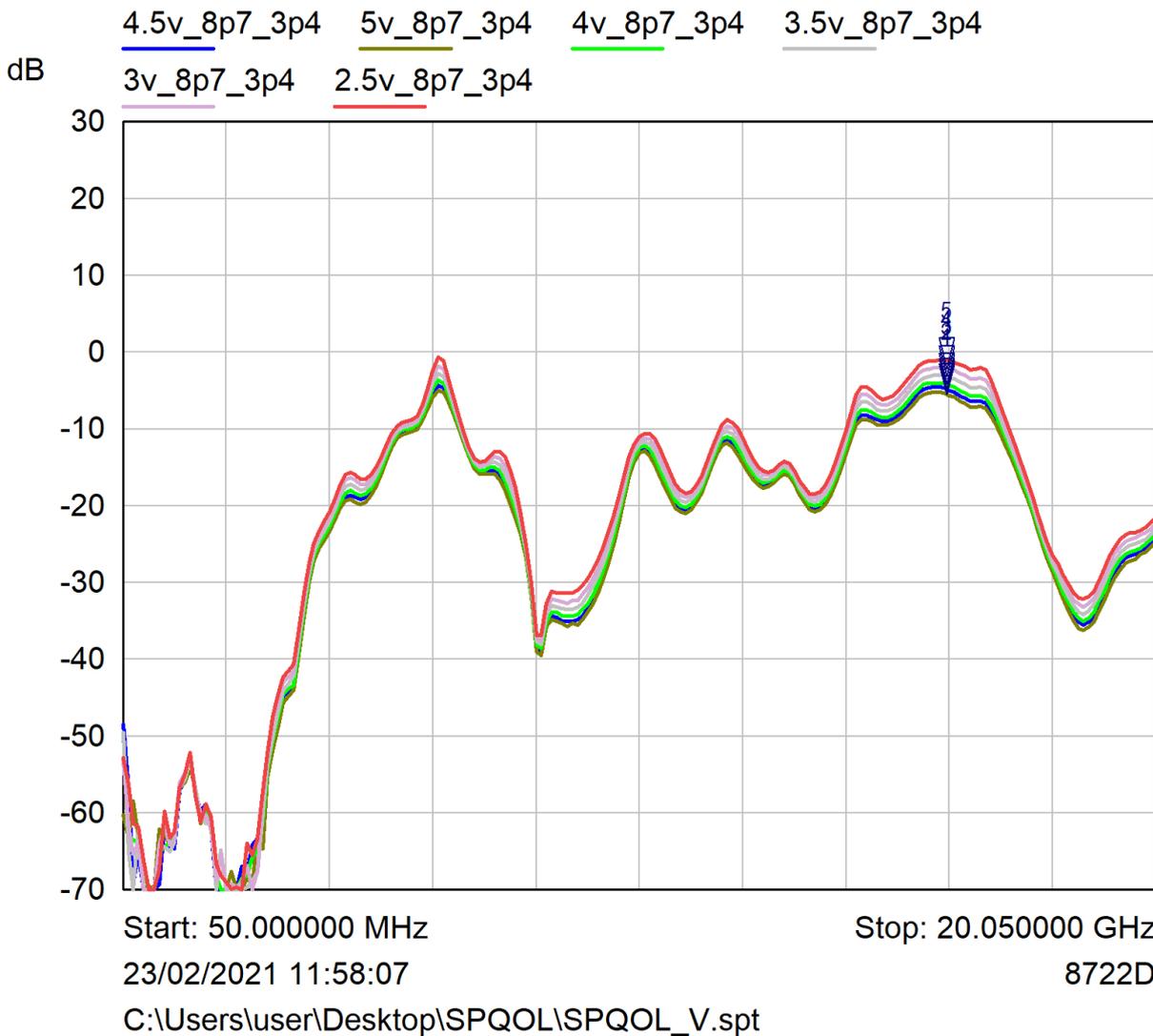


Fig 3.1 Distribuzione segnale LO con splitter n°8 porta 8 (passivo) collegata a splitter n°3 porta 4



Mkr	Trace	X-Axis	Value	Notes
1 ▾	5v_8p7_3p4	16.000000 GHz	-5.4780 dB	
2 ▾	4.5v_8p7_3p4	16.000000 GHz	-4.7998 dB	
3 ▾	4v_8p7_3p4	16.000000 GHz	-4.1767 dB	
4 ▾	3.5v_8p7_3p4	16.000000 GHz	-3.1789 dB	
5 ▾	3v_8p7_3p4	16.000000 GHz	-2.1853 dB	

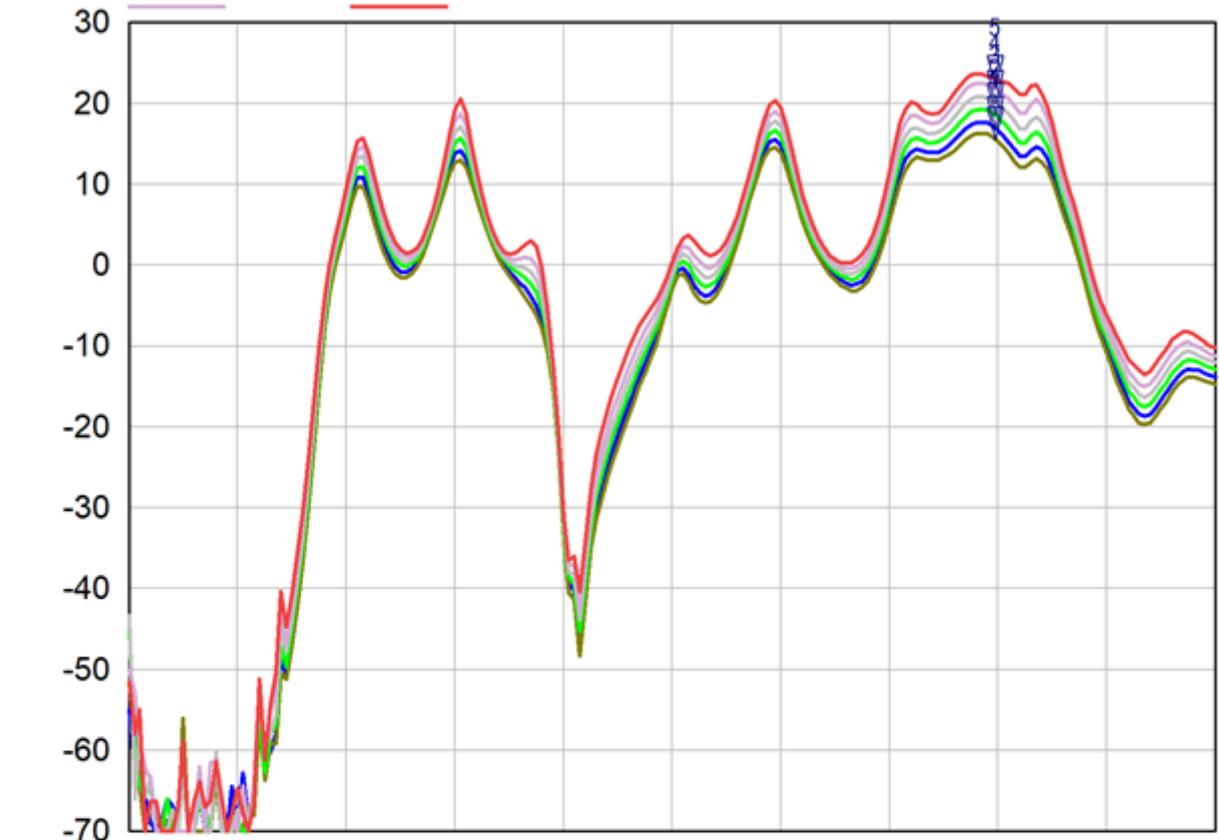
Fig 3.2 misure di guadagno con diverse tensioni, splitter n°8 (passivo) porta 7 con splitter n°3 (amp.) porta 4

L'assorbimento di corrente di uno splitter amplificato è abbastanza costante, a 4V assorbe 244mA mentre a 5V ne assorbe 250mA. Infatti, se si prende in considerazione la catena con 2 splitter amplificati in cascata ad elevato guadagno è possibile (utilizzando solo il network analyzer) fare misure di compressione 1dB in funzione delle diverse tensioni di alimentazione. La traccia rossa con 2,5V di fig. 3.3, viene subito scartata in quanto è "appiattita" risultando così già in compressione. Si consiglia di far funzionare la catena fra 4 e 5V, la tabella 3.4 che segue aiuterà a capire meglio il giusto compromesso: l'ultima colonna indica il consumo di potenza totale usando sei (oppure cinque) splitter amplificati.

SoftPlot +Plus+ Measurement Management Software

4.5v_1p7_3p4 5v_1p7_3p4 4v_1p7_3p4 3.5v_1p7_3p4

3v_1p7_3p4 2.5v_1p7_3p4



Start: 50.000000 MHz

Stop: 20.050000 GHz

24/02/2021 09:27:37

8722D

C:\Users\user\Desktop\SPQOL\SPQOL_V_2amp.spt

Mkr	Trace	X-Axis	Value	Notes
1 ▾	5v_1p7_3p4	16.000000 GHz	15.6053 dB	P1dB= 0dBm
2 ▾	4.5v_1p7_3p4	16.000000 GHz	16.9437 dB	P1dB= -3dBm
3 ▾	4v_1p7_3p4	16.000000 GHz	18.5227 dB	P1dB= -5dBm
4 ▾	3.5v_1p7_3p4	16.000000 GHz	20.1140 dB	P1dB= -9dBm
5 ▾	3v_1p7_3p4	16.000000 GHz	21.8286 dB	P1dB= -13dBm

Fig 3.3 misure di guadagno con diverse tensioni, splitter n°1 porta 7 con splitter n°3 porta 4

Alimentazione (V)	Gain (dB)	Pin per out +3dBm (dBm)	Pin per P1dB (dBm)	Margine dal punto P1dB (dB)	Potenza dissipata su 6 (o 5) SPamp
3	21.8	-17.8	-13	4.8	
3.5	20.1	-16.1	-9	7.1	
4	18.5	-14.5	-5	9.5	6 (5) W
4.5	16.9	-12.9	-3	9.9	6.75 (5.65) W
5	15.6	-11.6	0	11.6	7.5 (6.25) W

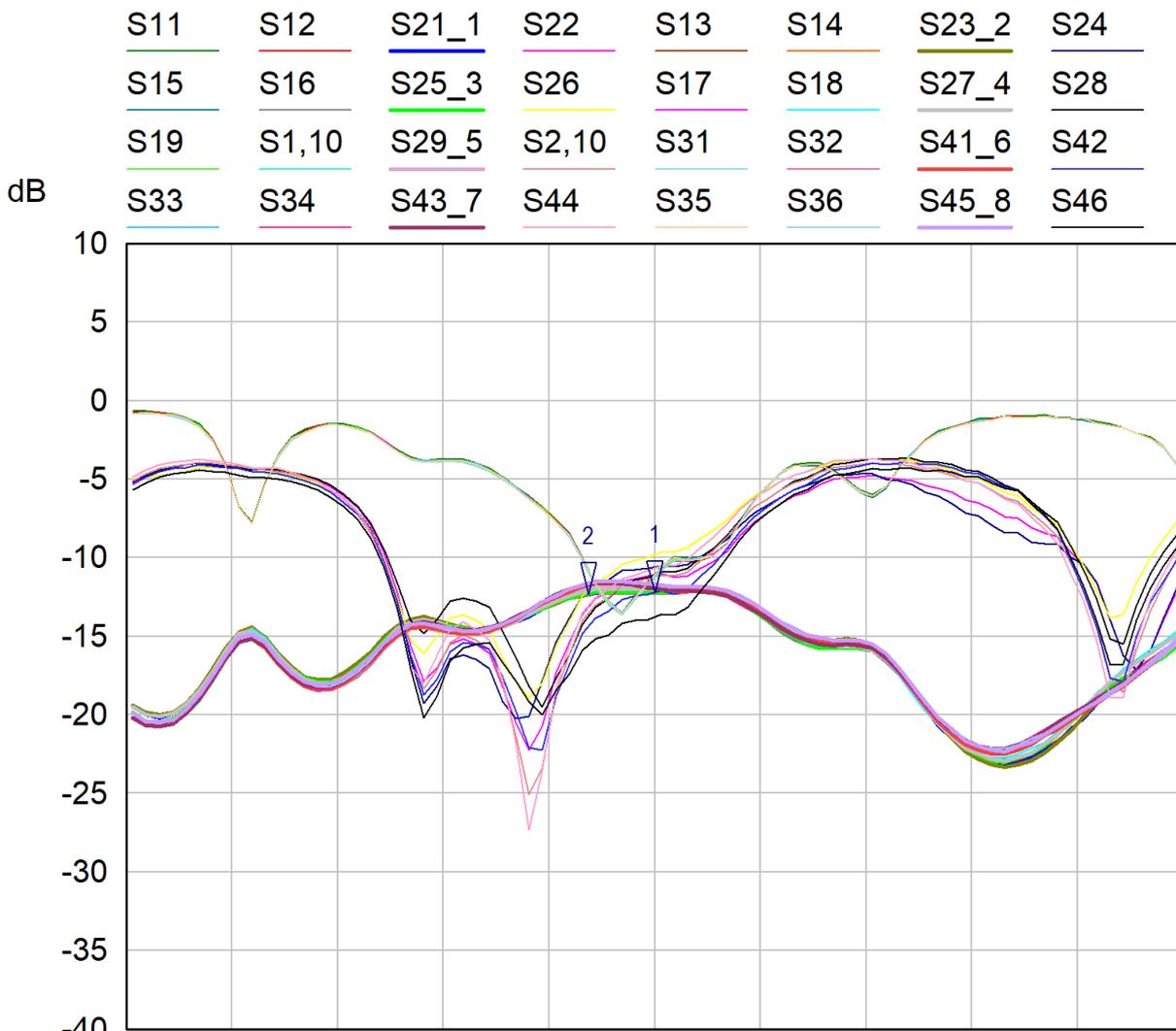
Tab. 3.4 G e P1dB in funzione della tensione e consumo totale su 6 (o 5) splitter amplificati

4) **Misure dettagliate dei singoli splitter**

Le misure sono state eseguite con network analyzer HP 8722 con calibrazione "full2port". Appaiono tutti i parametri S delle 8 porte di uscita dei vari splitter, passivi e amplificati. Le tracce in grassetto sono quelle di guadagno delle varie porte, dalla 1 alla 8. Esempio: S45_8 è la traccia di guadagno della porta8.

- **SP8 splitter passivo scelto per diventare SP0**

SoftPlot +Plus+ Measurement Management Software



Start: 12.000000 GHz

Stop: 20.000000 GHz

16/02/2021 10:30:34

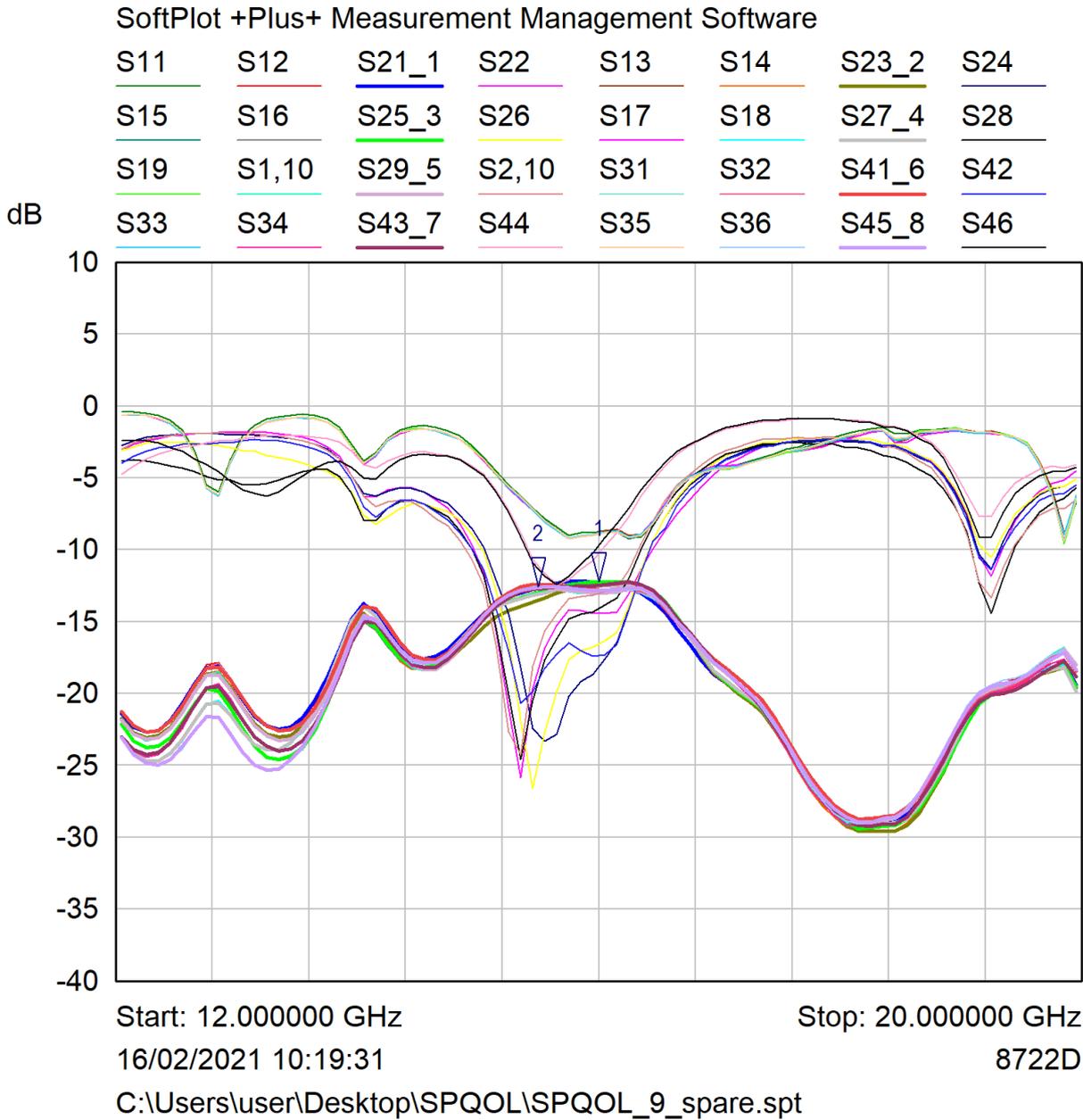
8722D

C:\Users\user\Desktop\SPQOL\SPQOL_8_0.spt

Mkr	Trace	X-Axis	Value	Notes
1 ▾	S21_1	16.000000 GHz	-12.2331 dB	
2 ▾	S21_1	15.500000 GHz	-12.2991 dB	

Fig. 4.1 Parametri S delle 8 porte del SP n°8, quello scelto per essere SP0

- SP9 splitter passivo che diventerà spare



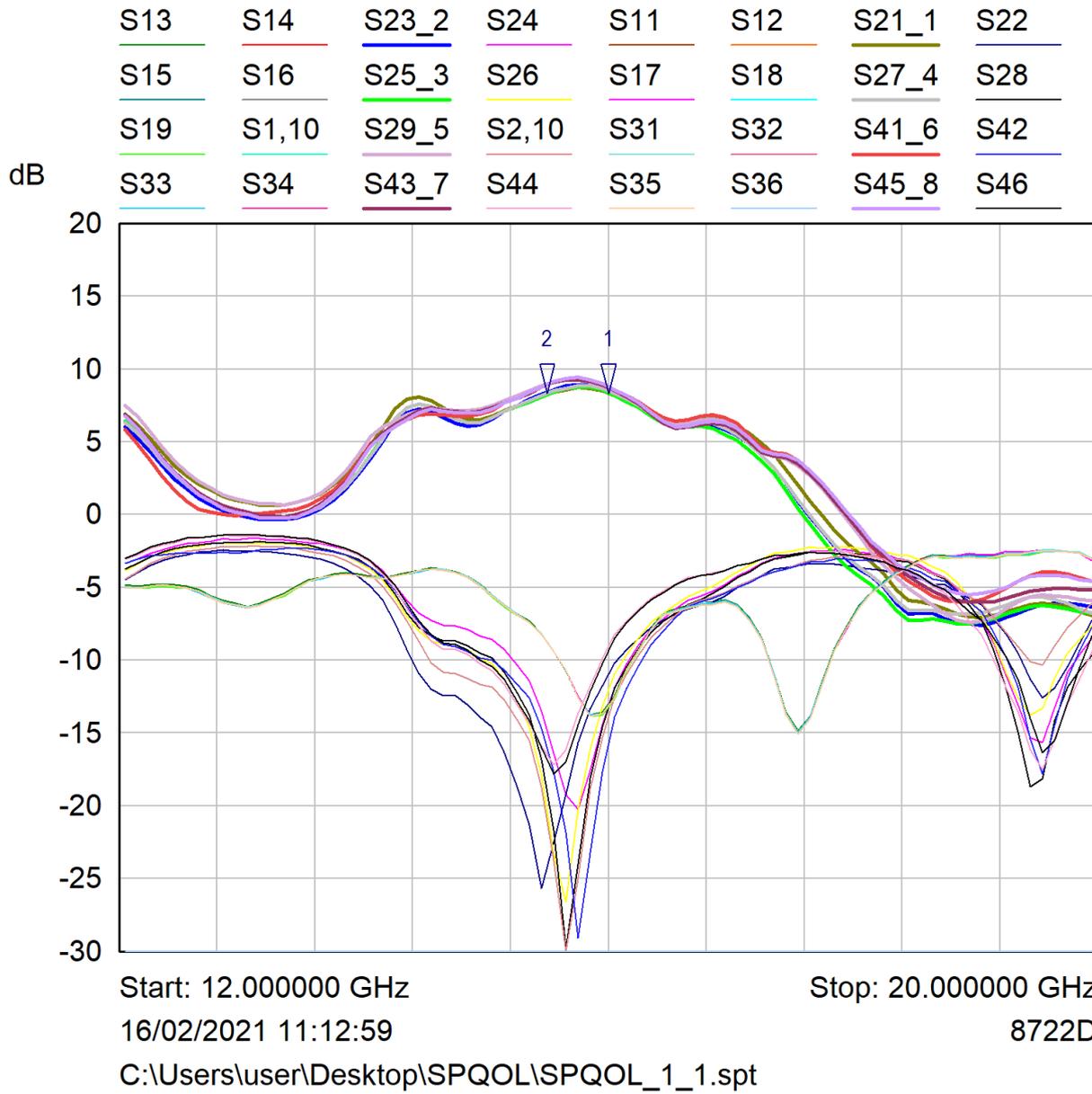
Mkr	Trace	X-Axis	Value	Notes
1 ▾	S21_1	16.000000 GHz	-12.2764 dB	
2 ▾	S21_1	15.500000 GHz	-12.6194 dB	

Fig. 4.2 Parametri S delle 8 porte del SP n°9, splitter passivo spare

Le misure che seguono dei dispositivi attivi sono ottenute tutte con alimentazione a 5V (guadagno inferiore).

- **SPamp1** **splitter attivo scelto, diventerà SP1**

SoftPlot +Plus+ Measurement Management Software

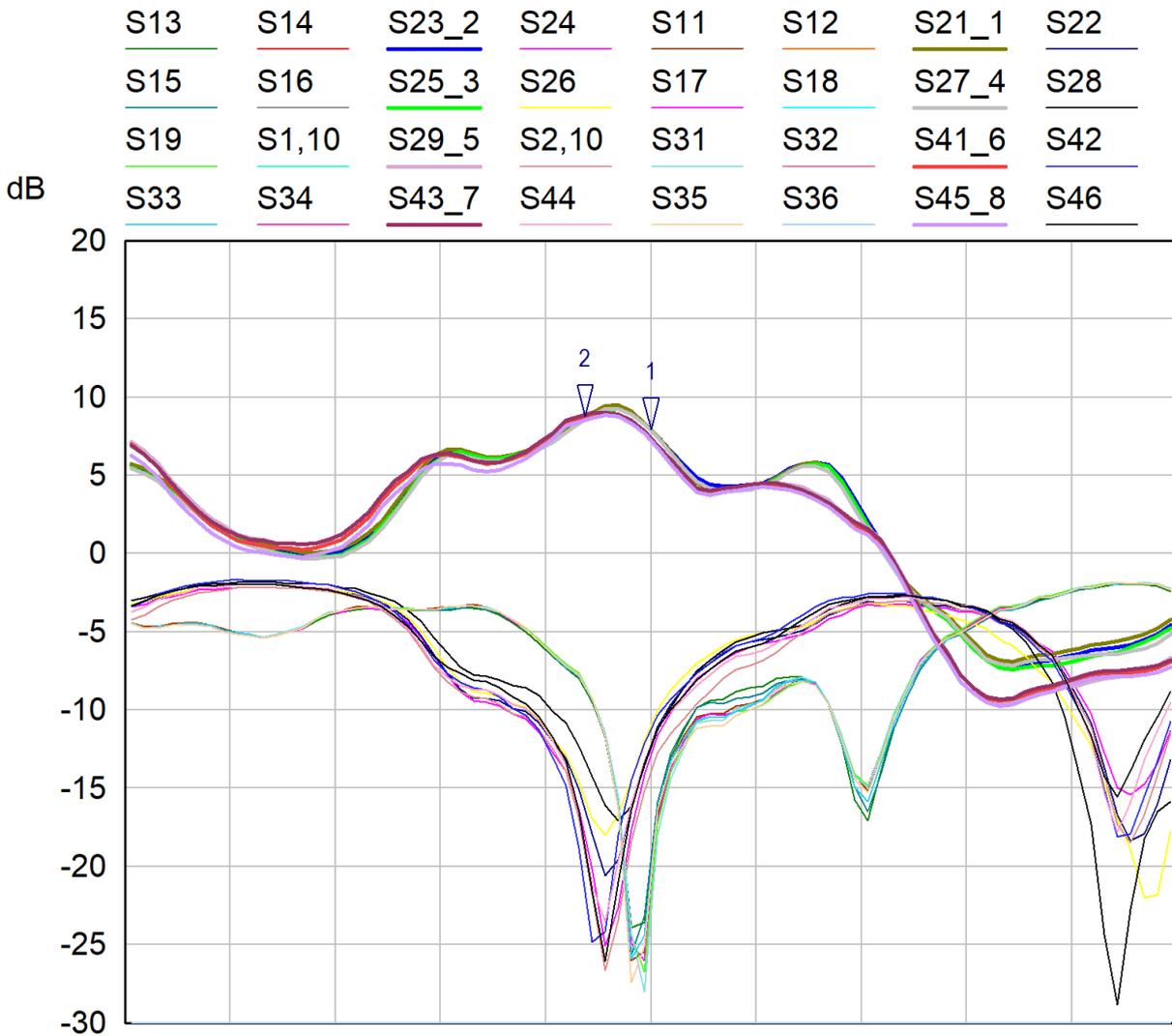


Mkr	Trace	X-Axis	Value	Notes
1 ▾	S21_1	16.000000 GHz	8.3353 dB	
2 ▾	S21_1	15.500000 GHz	8.2800 dB	

Fig. 4.3 Parametri S delle 8 porte del SPamp n°1, quello scelto per essere SP1

- SPamp2 splitter attivo scelto, diventerà SP2

SoftPlot +Plus+ Measurement Management Software



Start: 12.000000 GHz

Stop: 20.000000 GHz

16/02/2021 12:04:06

8722D

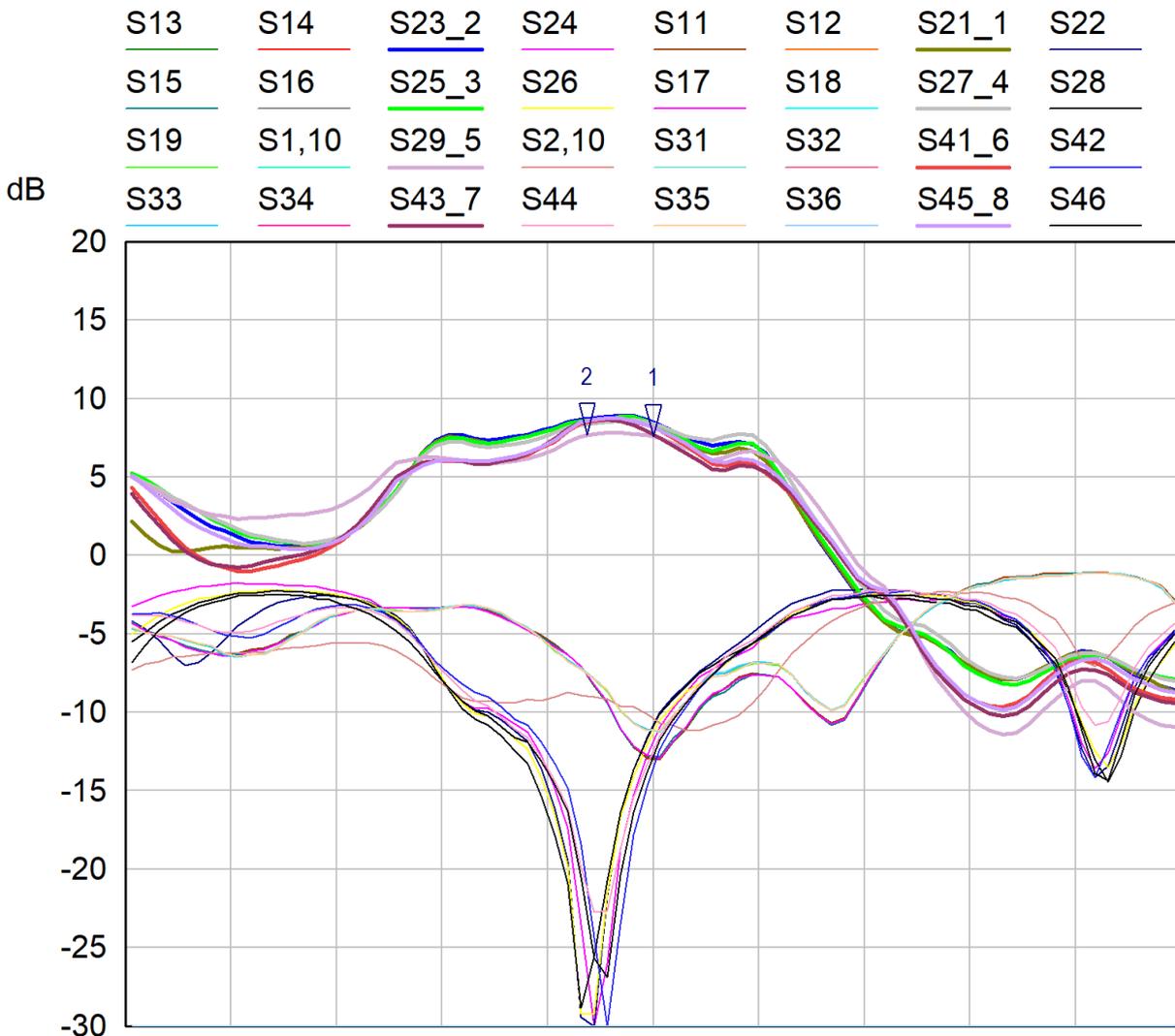
C:\Users\user\Desktop\SPQOL\SPQOL_2_2.spt

Mkr	Trace	X-Axis	Value	Notes
1 ▽	S21_1	16.000000 GHz	7.9216 dB	
2 ▽	S21_1	15.500000 GHz	8.7935 dB	

Fig. 4.4 Parametri S delle 8 porte del SPamp n°2, quello scelto per essere SP2

- SPamp3 splitter attivo, diventerà SP3

SoftPlot +Plus+ Measurement Management Software



Start: 12.000000 GHz Stop: 20.000000 GHz

16/02/2021 13:11:27

8722D

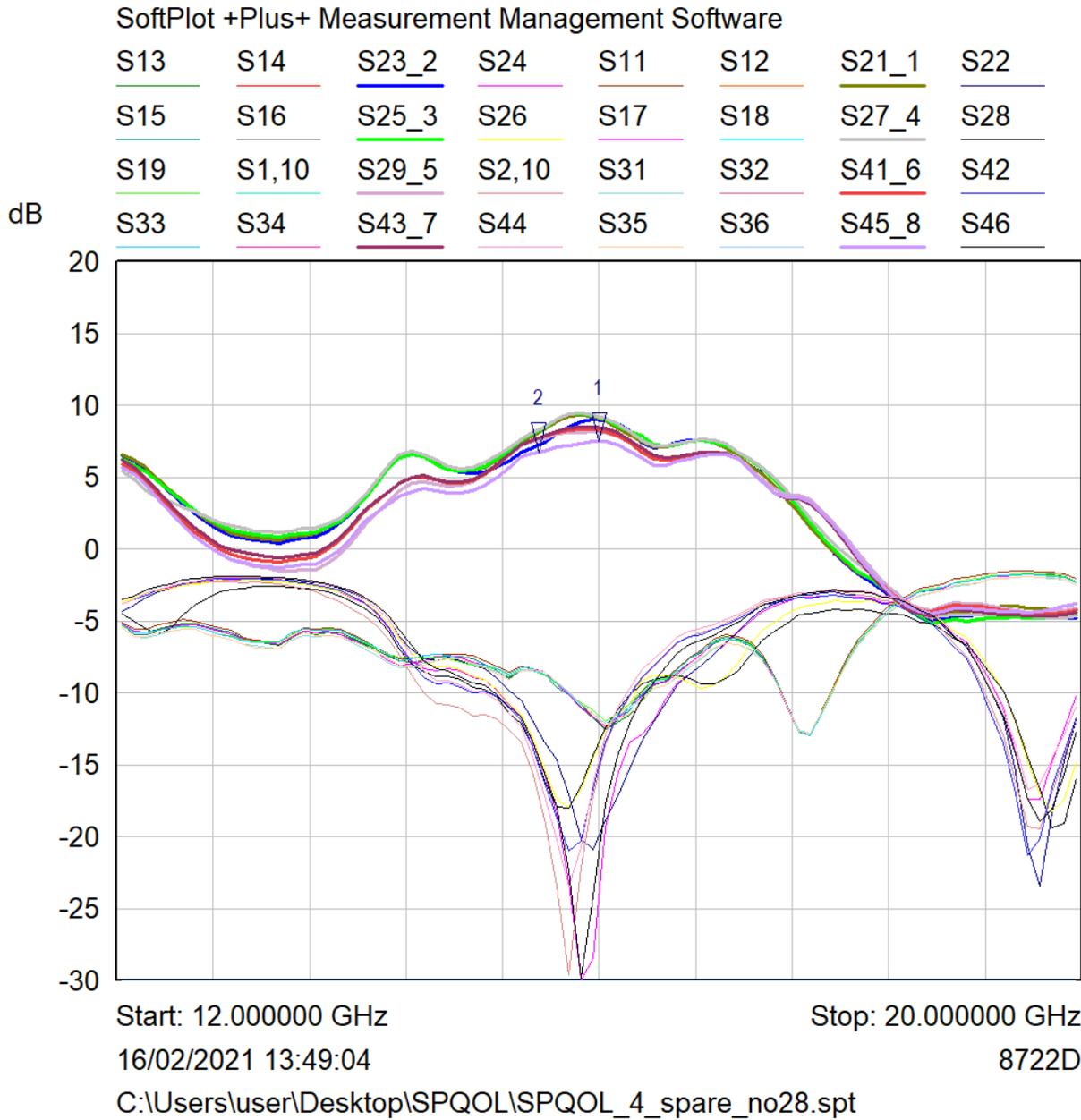
C:\Users\user\Desktop\SPQOL\SPQOL_3_3.spt

Mkr	Trace	X-Axis	Value	Notes
1 ▽	S29_5	16.000000 GHz	7.5621 dB	
2 ▽	S29_5	15.500000 GHz	7.6702 dB	

Fig. 4.5 Parametri S delle 8 porte del SPamp n°3, quello scelto per essere SP3

- **SPamp4** splitter attivo, diventerà SP4

In questo caso la porta 8 ha un basso guadagno, sarebbe bene non usarla e terminarla con 50ohm.

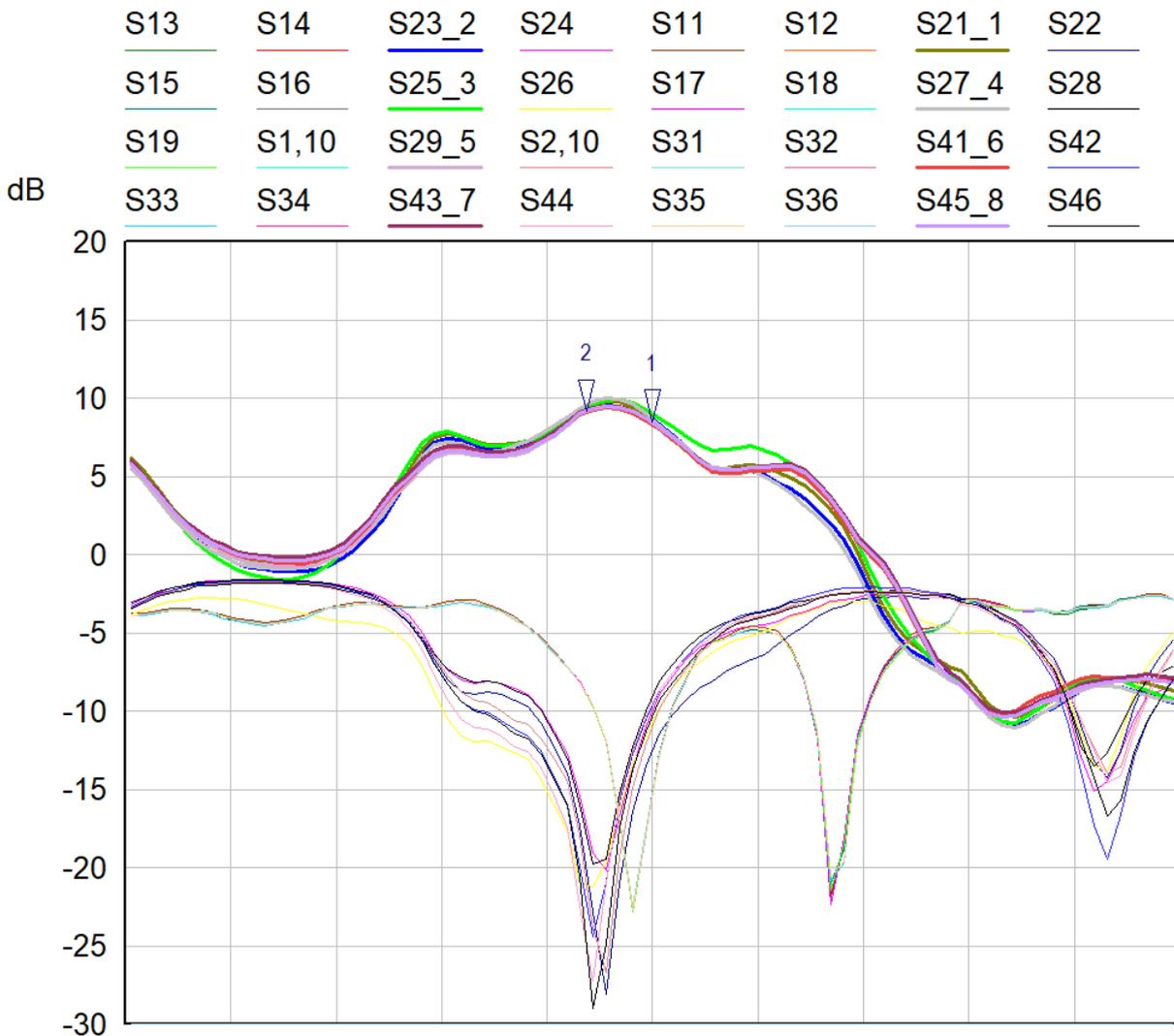


Mkr	Trace	X-Axis	Value	Notes
1 ▾	S45_8	16.000000 GHz	7.4791 dB	
2 ▾	S45_8	15.500000 GHz	6.7263 dB	

Fig. 4.6 Parametri S delle 8 porte del SPamp n°4, quello scelto per essere SP4

- SPamp5 splitter attivo, diventerà SP5

SoftPlot +Plus+ Measurement Management Software



Start: 12.000000 GHz

Stop: 20.000000 GHz

16/02/2021 14:30:23

8722D

C:\Users\user\Desktop\SPQOL\SPQOL_5_4.spt

Mkr	Trace	X-Axis	Value	Notes
1 ▾	S21_1	16.000000 GHz	8.4892 dB	
2 ▾	S21_1	15.500000 GHz	9.2352 dB	

Fig. 4.7 Parametri S delle 8 porte del SPamp n°5, quello scelto per essere SP5

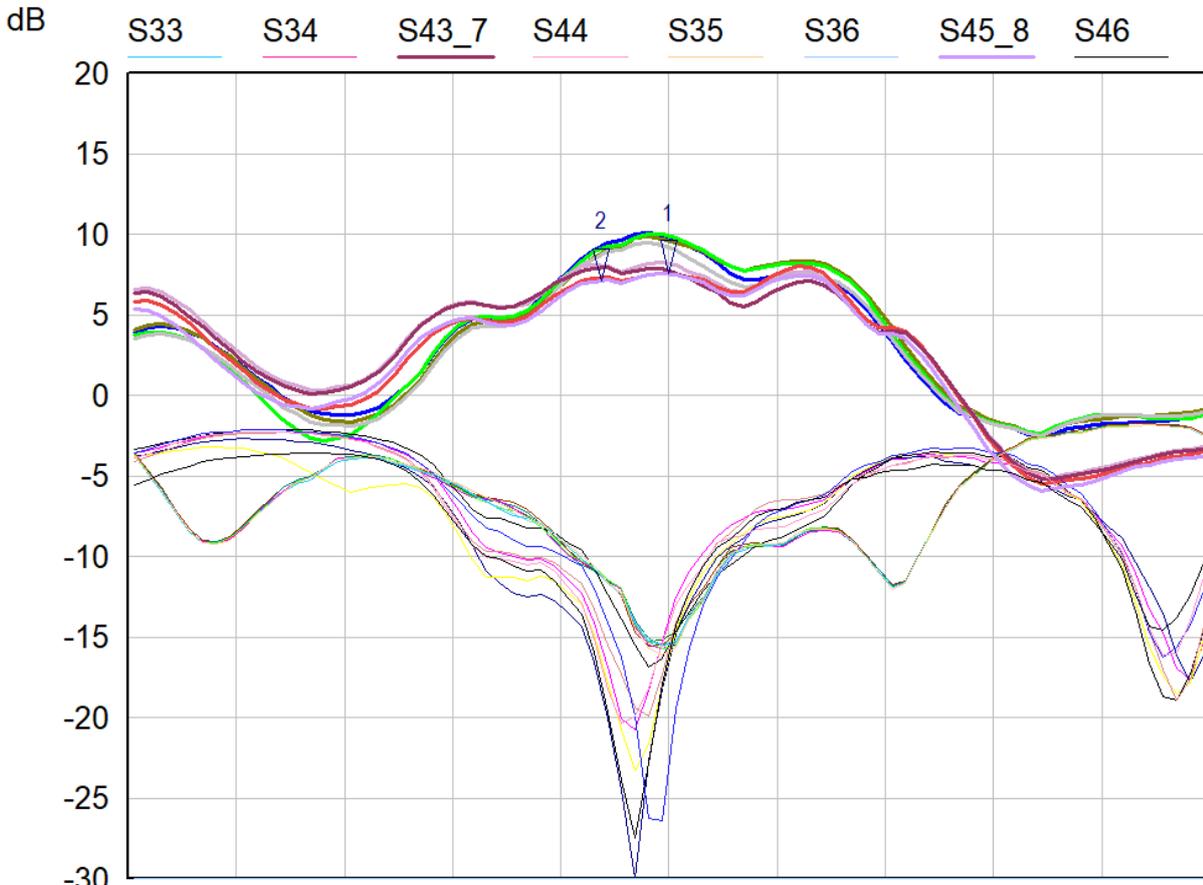
Gli splitter amplificati che seguono hanno caratteristiche un po' meno performanti.

- **SPamp6** **splitter attivo, spare o SP6 nella configurazione con più guadagno**

Questo splitter attivo è spare. Può però essere utilizzato come SP6 al posto di SP0 nella versione con più guadagno. In questo caso le porte n 6, 7 e 8, quelle con meno guadagno, dovranno essere caricate con 50ohm.

SoftPlot +Plus+ Measurement Management Software

S13	S14	S23_2	S24	S11	S12	S21_1	S22
S15	S16	S25_3	S26	S17	S18	S27_4	S28
S19	S1,10	S29_5	S2,10	S31	S32	S41_6	S42
S33	S34	S43_7	S44	S35	S36	S45_8	S46



Start: 12.000000 GHz Stop: 20.000000 GHz
 16/02/2021 14:47:39 8722D
 C:\Users\user\Desktop\SPQOL\SPQOL_6_5_no68.spt

Mkr	Trace	X-Axis	Value	Notes
1 ▾	S45_8	16.000000 GHz	7.5609 dB	
2 ▾	S45_8	15.500000 GHz	7.0815 dB	

Fig. 4.8 Parametri S delle 8 porte del SPamp n°6, spare o SP6 (non usare porta 8, 6 e 5)

La tabella 4.1 riassume i risultati ottenuti, sono elencati i valori minimi di guadagno.

LO1	S ₂₁ [dB]								
f [GHz]	SP0	SP1	SP2	SP3	SP4	SPp5	SPamp6	SPamp7	SP9
	<i>montato</i>	<i>montato</i>	<i>montato</i>	<i>montato</i>	<i>montato</i>	<i>montato</i>	<i>spare</i>	<i>spare</i>	<i>spare</i>
15.5	-12.3	8.3	8.8	7.7	6.7	9.2	7.1	7.3	-12.6
16	-12.2	8.3	7.9	7.6	7.5	8.5	7.6	6.3	-12.3

Tab. 4.1 Splitter passivi (in giallo) e attivi, da usare o spare

5) Conclusioni e misure finali, prima di collegare i Qconv

Le misure eseguite confermano la buona riuscita del distributore di segnale LO1 per il MFQ a 38 canali. La fase di montaggio e verifica di laboratorio è durata circa due settimane di lavoro. Si consiglia per i prossimi progetti, pur apparentemente semplici, di montare esternamente.

- La catena di distribuzione può essere alimentata fra 4 e 5V, a **4V risulta avere un miglior guadagno pur restando in specifica con la dinamica voluta, ovvero quasi 10 dB sotto il punto di compressione 1dB del segnale** (tab. 3.4). Si consiglia, se è possibile, di abbassare la tensione per aver una minore dissipazione e anche qualche dB in più di guadagno.
- Durante il cablaggio finale dentro il Dewar è bene accertarsi che il livello finale prima del connettore LO dei Qconv sia conforme a quanto richiesto, ovvero +3dBm. Prima di questo si deve avere la certezza che la configurazione "con meno guadagno" con G= -4dBm sia compatibile con il segnale fornito dal generatore di segnali.
- Il posizionamento di Fig 1.3 è puramente indicativo, tuttavia si consiglia (ma non è fondamentale) di usare SP5 (guadagno maggiore) per i collegamenti più lontani e terminare con 50ohm le uscite n°5 di SP3 e n°8 di SP4 (uscite con minor guadagno).

Per testare il cablaggio LO prima conversione dentro al Dewar si consiglia di fornire al bocchettone d'ingresso un segnale (dovrebbe essere sui +8dBm) capace di garantire almeno 2dBm (sono accettabili valori compresi fra 2 e 6dBm) a tutte le 38 uscite prima del Qconv. Vista la funzione di pilotaggio dei mixer non è necessario che siano esattamente tutti a 3dBm, non serve aggiungere attenuatori.

Stabilito questo valore si può completare la tabella 5.1 di seguito riportata.

Riportare i valori di potenza a 16GHz dopo il completamento del cablaggio (prima del Qconv).

LO (dBm) nel Dewar	Att.cavo (dB)	Out Synt (dBm)						
LCP								
RCP								
Ai Qconv	Out 1	Out 2	Out 3	Out 4	Out 5	Out 6	Out 7	Out 8
SP1								
SP2								
SP3								
SP4								
SP5								

Tab. 5.1 completamento cablaggio, valori di potenza al Qconv