\

Distributore di OL1 per MFQ

PCB Splitter RF a 8 vie per la distribuire del segnale OL1 (15.5-16GHz) per 38 canali MFQ

Alessandro Scalambra, Sergio Mariotti
Referee: Alessandro Orfei

27 Agosto 2018

IRA 519/18

\

INDICE:

1) Progetto SP8Q

Fig 1.1 schematico SP8Q configurata con SP4+SP4amp pag. 3

Tab 1.2 Lista componenti pag. 3

Fig 1.3 Layer bottom, taglio pista quando si usa amp. pag. 4

Fig 1.4 Layer3, solo gnd pag. 4

Fig 1.5 Layer2, piste RF streepline pag. 4

Fig 1.6 Layer top, lato componenti pag. 4

2) Distribuzione 38 canali Qconv

Fig 2.1 Configurazione distribuzione 38 canali OL1 per Qconv con 5 splitter attivi e uno passivo pag. 5

Fig 2.2 Configurazione distribuzione 38 canali OL1 per Qconv con 6 splitter attivi pag. 5

3) Simulazione SP8_OL1MFQ

Fig 3.1 Simulazioni SP4+SP4amp pag. 6

4) Modifiche SP8_OL1MFQ

Fig. 4.1 Condensatori 0.56pF pag. 7

Fig. 4.2 Taglio pista per SPamp pag. 7

5) Misure SP8_OL1MFQ

Fig 5.1 Fig. 1.2 Foto prototipo SP4+SP4amp pag. 8

Fig 5.2 Simulazioni SP4 NOamp. pag. 9

Fig 5.3 Simulazioni SP4 amp senza induttanza per alimentazione Qconv pag. 10

Fig 5.4 Fig 5.4 Simulazioni SP4 amp (4,5V con induttanza) pag. 11

Fig 5.5 Simulazioni SP4 amp con diverse alimentazioni (4,5V con induttanza) pag. 12

Tab 5.6 Punti di compressione Po1 (dBm) ottenuti con varie alimentazioni. pag. 12

Fig 5.7 Simulazioni isolamento fra le porte d'uscita SP4 + SP4amp (4,5V con induttanza) pag. 13

\

1) Progetto SP8Q

Si è pensato utile progettare un piccolo splitter a 8 vie in circuito stampato che, nell'insieme, dovrà distribuire un segnale di pilotaggio per i mixer della prima conversione del MFQ. Nell'ambito della costruzione del quadrotto (circuiti stampati) WS_02 sono state inserite gratuitamente n°9 piccolo pcb. Questo splitter a 8 vie, può essere configurato come "passivo" (SP8 con perdita di segnale attorno ai 12dB) o come "attivo" (SP8amp con amplificatore su 4 uscite che guadagna circa 7dB, come vedremo in seguito).

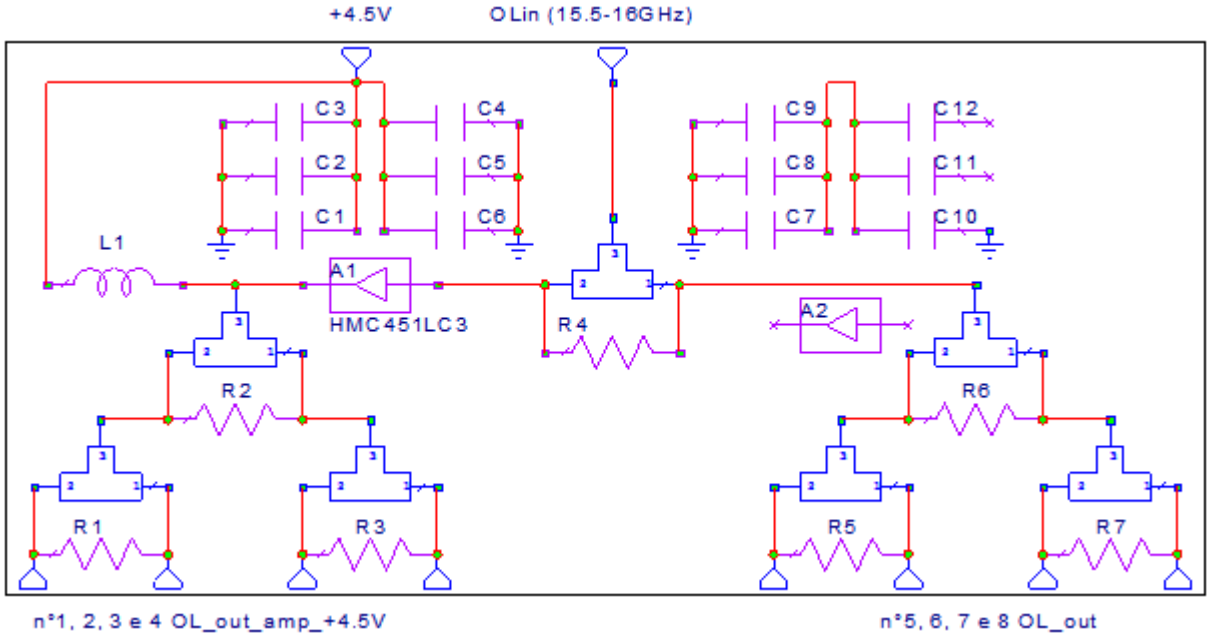


Fig 1.1 schematico SP8Q configurata SP4+SP4amp

Avendo a disposizione pochi pezzi si è pensato di attuare entrambe le configurazioni su un unico pcb, ovvero 4 uscite passive e 4 attive.

N	Valore	Formato	SP4+SP4amp (prova)	SP8 (-12dB)	SP8amp (+7dB)
R1	100 Ω	0201	SI	SI	SI
R2	100 Ω	0201	SI	SI	SI
R3	100 Ω	0201	SI	SI	SI
R4	100 Ω	0201	SI	SI	SI
R5	100 Ω	0201	SI	SI	SI
R6	100 Ω	0201	SI	SI	SI
R7	100 Ω	0201	SI	SI	SI
C1	100 pF	0402	SI		SI
C2	1000 pF	0402	SI		SI
C3	1000000 pF	0402	SI		SI
C4	100 pF	0402	SI		SI
C5	1000 pF	0402	SI		SI
C6	1000000 pF	0402	SI		SI
C7	100 pF	0402			SI
C8	1000 pF	0402			SI
C9	1000000 pF	0402			SI
C10	100 pF	0402			SI
C11	1000 pF	0402			SI
C12	1000000 pF	0402			SI
L1	1nH	0402	SI		SI (alimentazione Qconv)
L2					SI (alimentazione Qconv)
A1	HMC451LC3		SI		SI
A2	HMC451LC3				SI
C x8 pezzi	0.56pF	0201	Su ogni uscita verso massa	Su ogni uscita verso massa	Su ogni uscita verso massa

Tab 1.2 Lista componenti

\

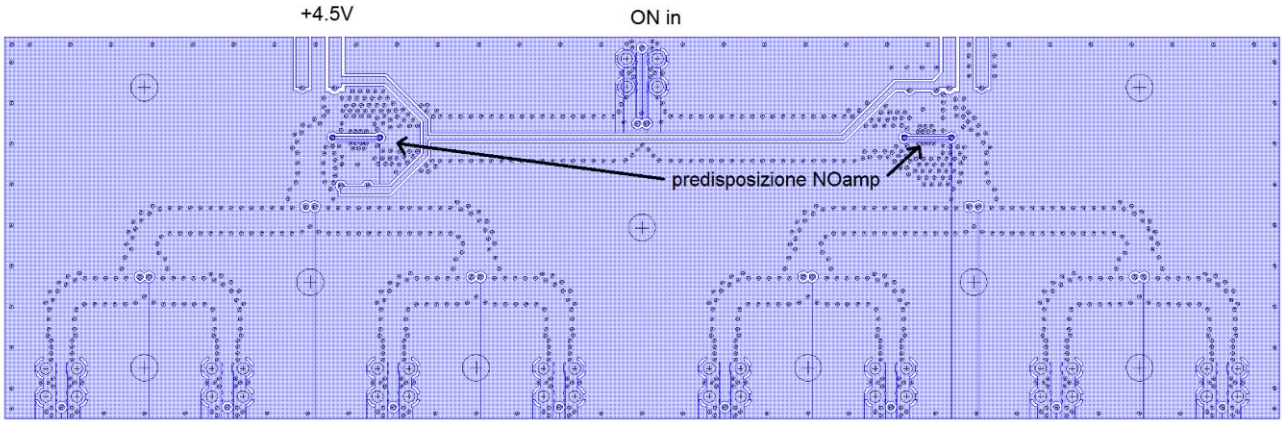


Fig 1.3 Layer bottom, tagliare pista quando si usa amp

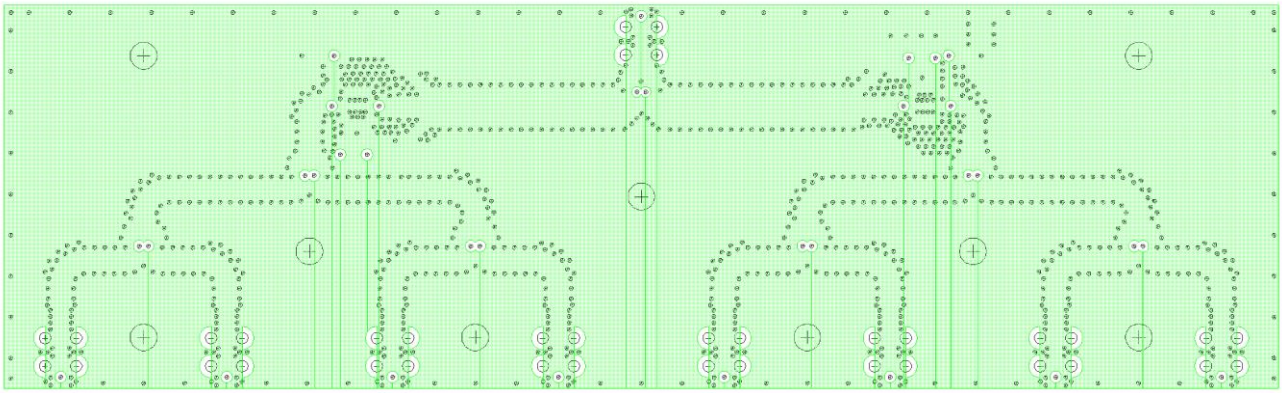


Fig 1.4 Layer3, solo gnd

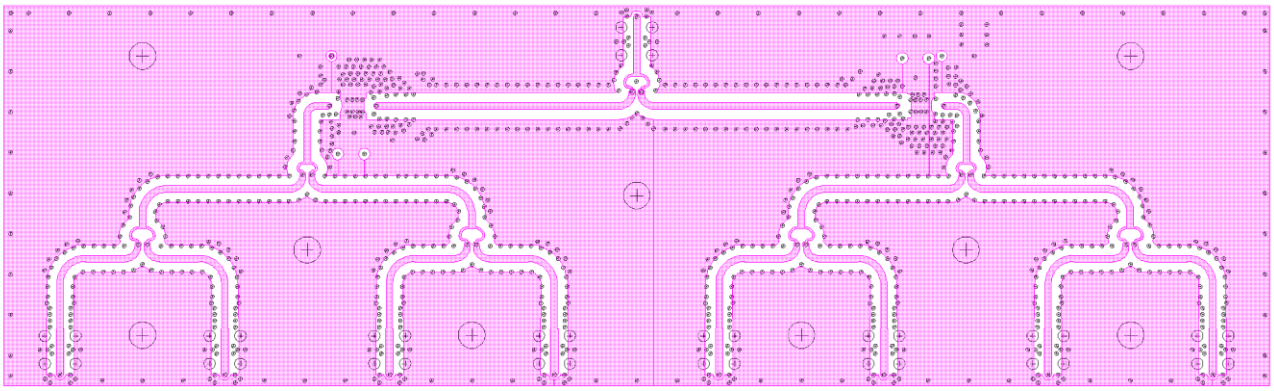


Fig 1.5 Layer2, piste RF streepline

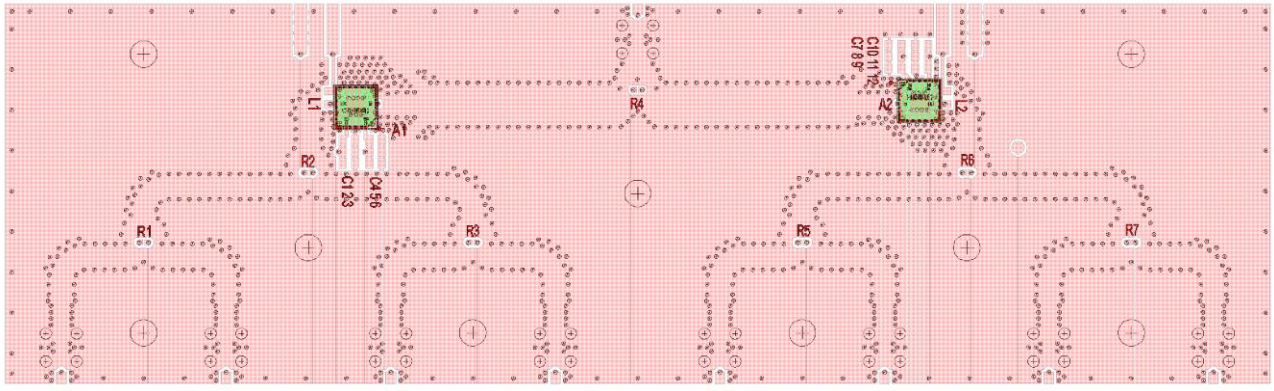


Fig 1.6 Layer top, lato componenti

\

2) Distribuzione 38 canali Qconv

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.

Nello schematico fig. 1.1 è presente un’induttanza da 1nH che, se montata, può distribuire (insieme al segnale 16GHz) anche l’alimentazione per i 38 Qconv, risparmiando così un complicato cablaggio all’interno del Criostato. Per far ciò si pensava di utilizzare una pcb SP8Q passiva (-12dB) con in cascata 5 pcb SP8Qamp (+7dB con 4.5V).

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) posso determinare il **livello di potenza del generatore di segnali, ovvero +8dBm**.

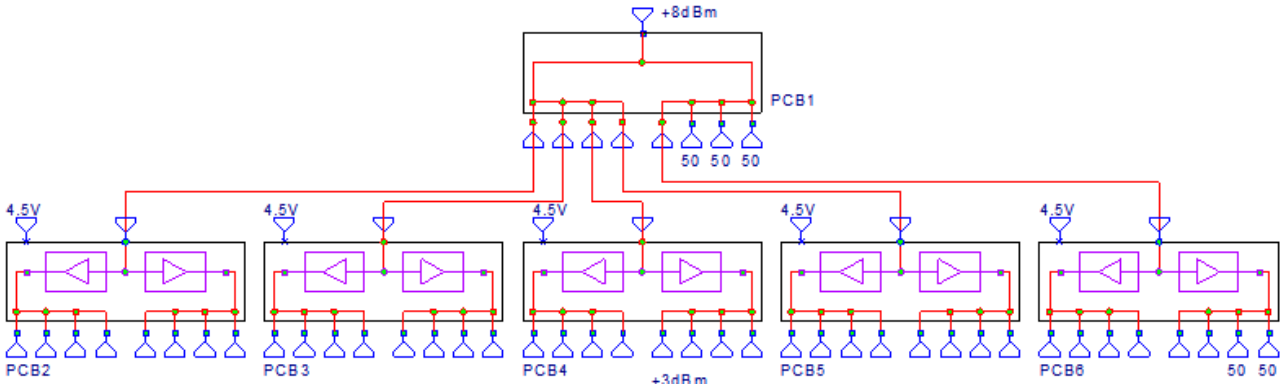


Fig 2.1 Configurazione distribuzione 38 canali OL1 per Qconv con 5 splitter attivi e uno passivo

Se il generatore di segnali non riesce a fornire tale potenza a 16GHz (perdite del cavo, ecc.) si può sempre sostituire la PCB1 con una attiva (fig. 2.2), in questo caso basterà fornire -11dBm.

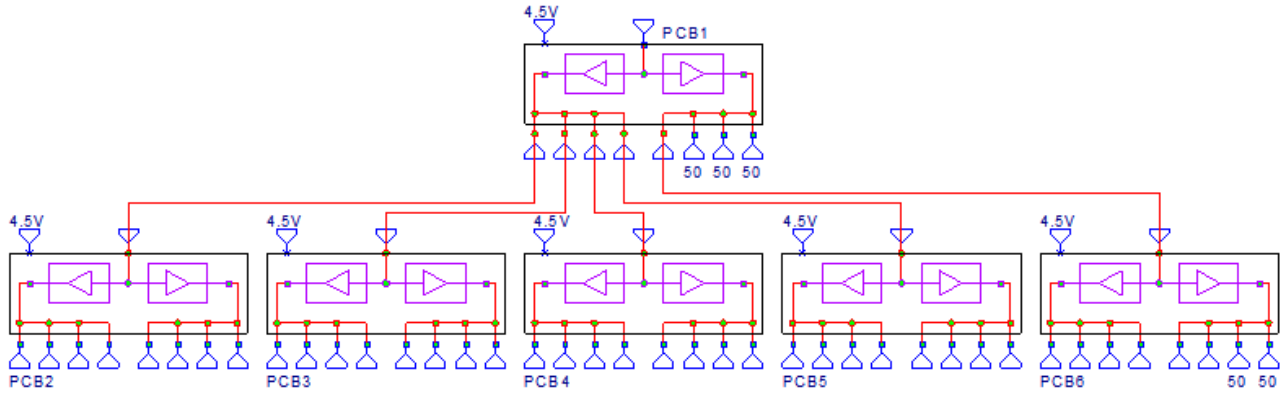


Fig 2.2 Configurazione distribuzione 38 canali OL1 per Qconv con 6 splitter attivi

Per un problema di assorbimenti è meglio alimentare tutte le 6 pcb, in questo caso, si può omettere il montaggio di L1 e L2 nella PCB1; le sue ultime tre uscite potranno essere terminate normalmente e volendo si potrebbero inserire anche attenuatori (6-8dB) sulle uscite per aumentare RL e isolamento. Se si usa lo schema di fig. 1.3 (molto probabile) bisogna prevedere l’acquisto almeno 2 DC block (per esempio MiniCircuit BLK-18W+) per la PCB6.

\

3) Simulazioni SP8_OL1MFQ

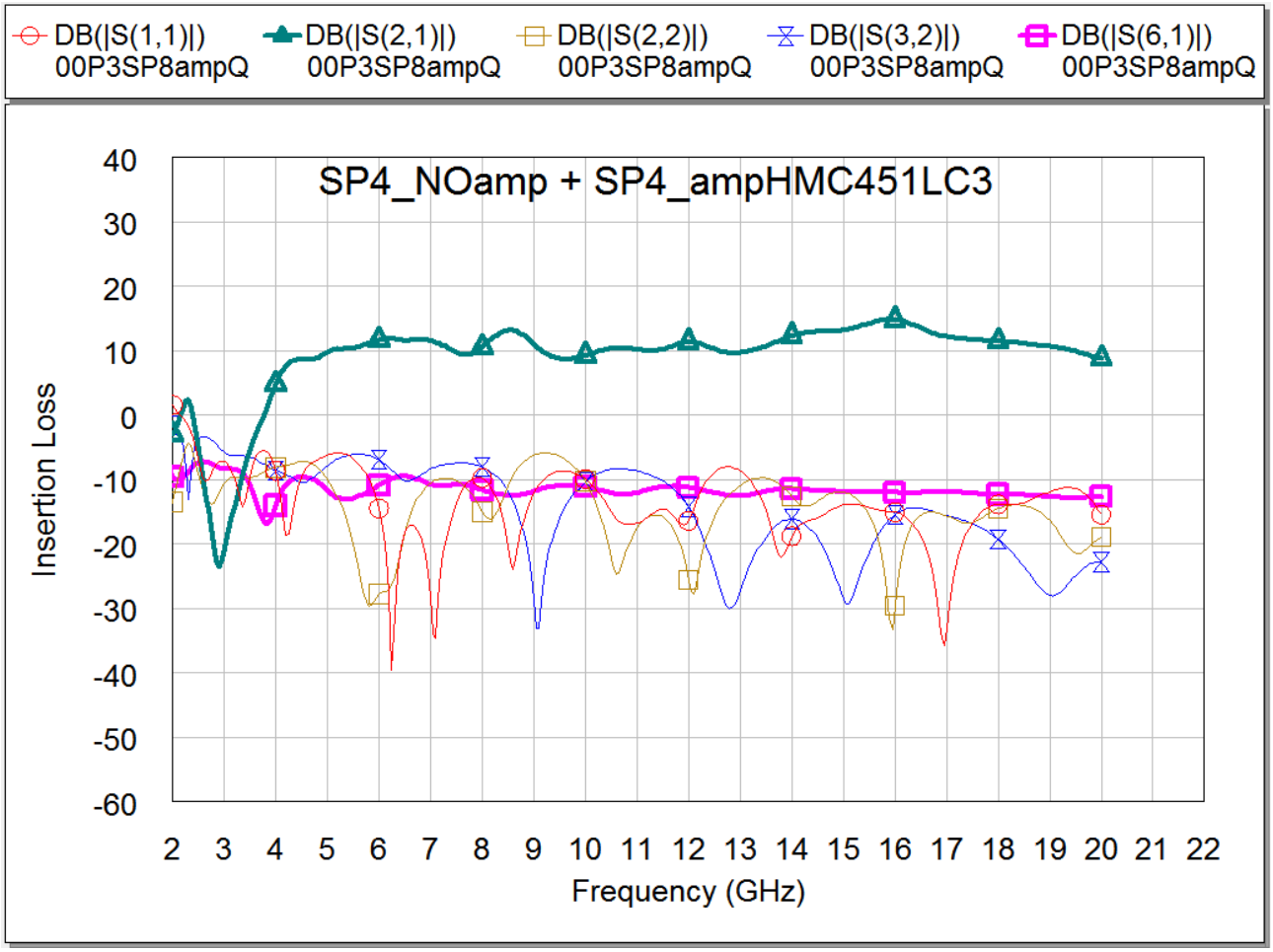


Fig 3.1 Simulazioni SP4+SP4amp

Nella figura 3.1 sono riportate le simulazioni del splitter configurato come nella quarta colonna (SP4+SP4amp) di tab. 1.2. La curva magenta (uscita passiva) perde circa 12dB mentre quella verde (attiva) guadagna 13dB; in quest'ultimo caso vedremo che il guadagno misurato è inferiore di circa 6dB.

In simulazione l'inserimento dell'induttanza "alimentazione Qconv" non provoca un degrado del guadagno.

\

4) Modifiche SP8_OL1MFQ

- Per utilizzare la versione amplificata, bisogna ricordarsi di asportare con il cutter la piccola pista “RF” posta sotto all’amplificatore sul layer bottom (vedi fig. 1.3 e fig. 4.2).

- 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 4.1) 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.

- Le piste RF adattate nella configurazione 0.35mm con 0.15 di gap non risultano aver un buon adattamento e perdono alle alte frequenze.

Questi veniali imprevisti non compromettono l’utilizzo, le rimanenti 8 pcb saranno montate tenendo conto di quanto sopra descritto. Verranno montate 7 pcb “attiva” e una “passiva”.

Se si decide in futuro di riprogettarle si tenga presente:

- predisposizione montaggio condensatori 0,56pF su connettore di uscita e ingresso (fig. 4.1)

- piste RF adattate meglio, 0.54mm con gap 0,4mm.

- modificare layot alimentazioni amplificatore per poter montare anche HMC451**LP3** (meno guadagno).

- inserire pista in uscita amplificatore verso il viahole.

- l’induttanza “alimentazione Qconv” può essere fatta su pcb con una pista di: W=0.2, S=1 e L=2.5mm

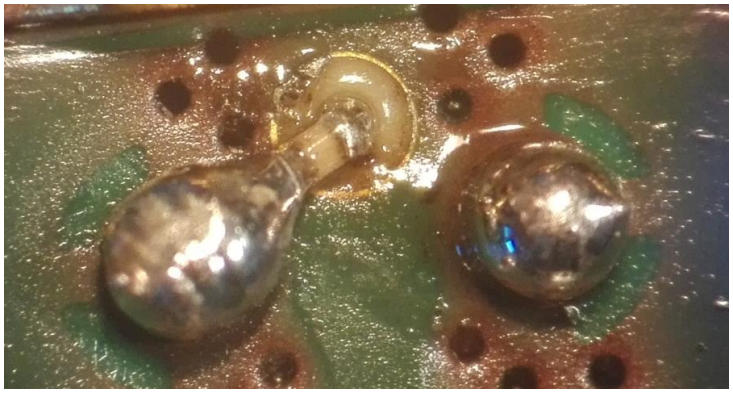


Fig. 4.1 Condensatori 0.56pF

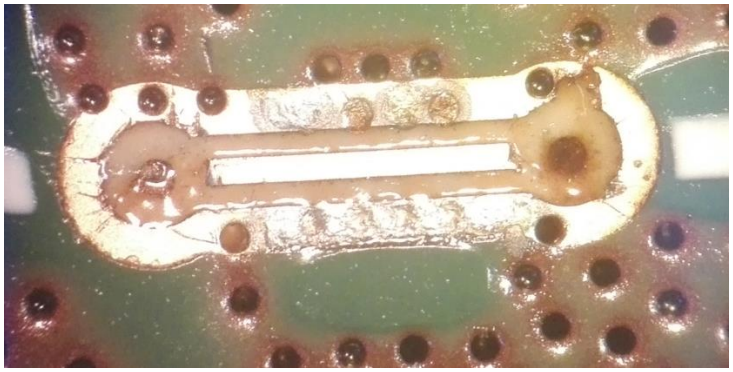


Fig. 4.2 Taglio pista per SPamp

\

5) Misure SP8_OL1MFQ

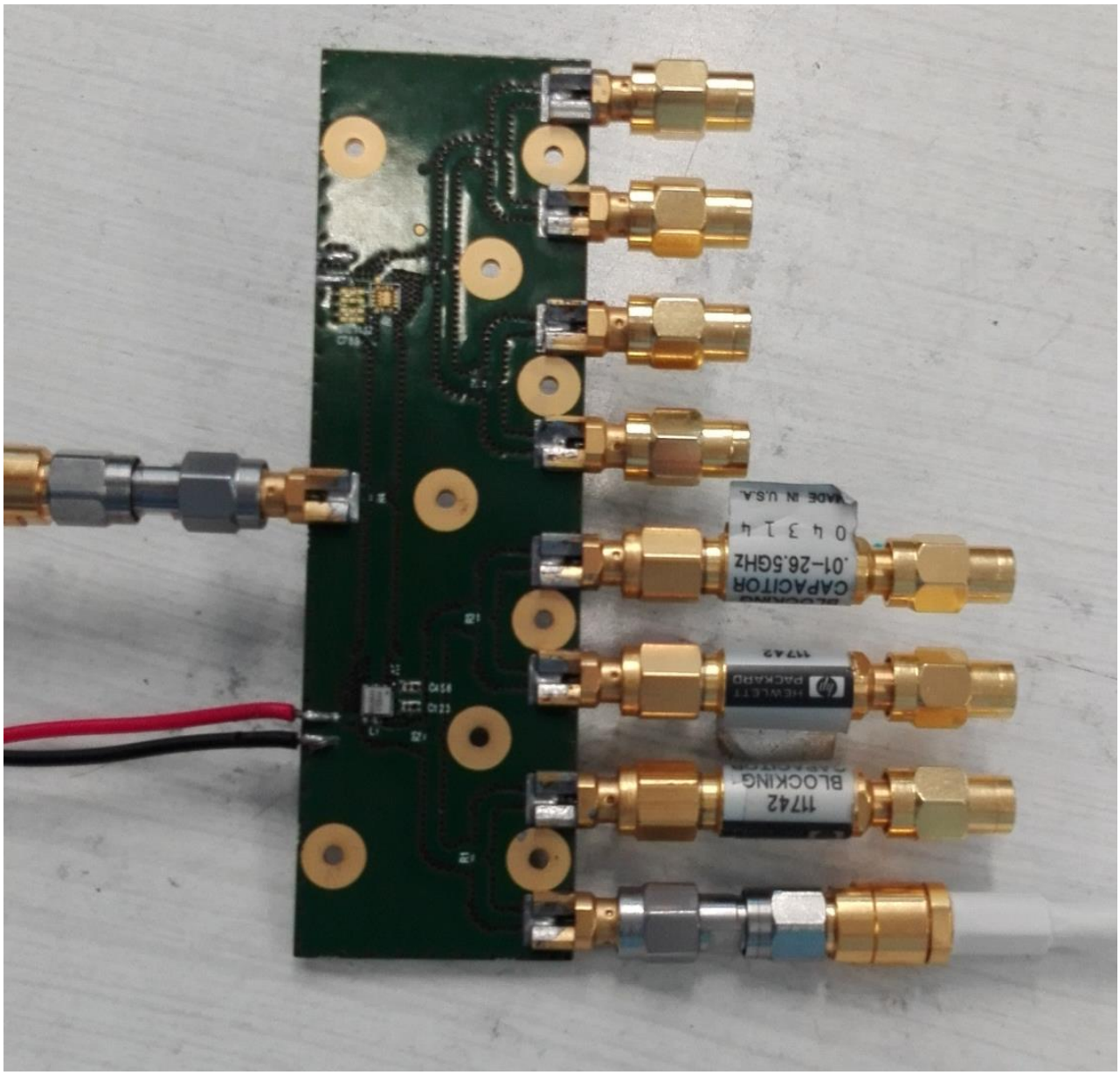


Fig 5.1 Foto prototipo SP4+SP4amp

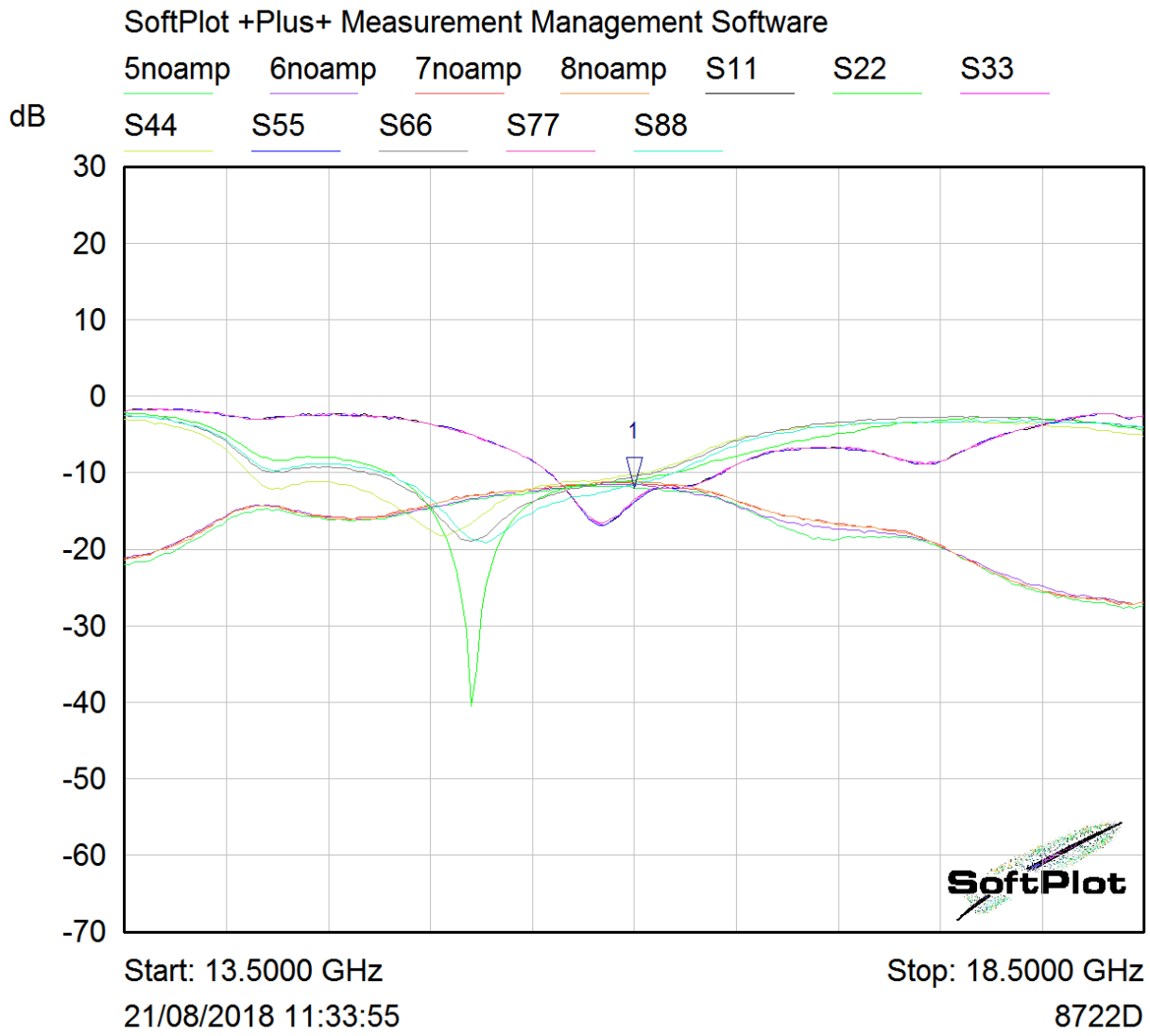
Le misure dei parametri S sono state fatte con l'analizzatore di reti HP8720.

E' importante ricordarsi che **quando si usa anche la distribuzione della continua bisogna sempre inserire un condensatore di disaccoppiamento o un choke esterno prima del carico 50hom**, altrimenti gli assorbimenti aumentano esponenzialmente (corto con 50hom verso massa!). Come possiamo vedere nella foto fig. 5.1 le uscite amplificate non utilizzate vengono chiuse su 50hom con un choke di disaccoppiamento.

Ricordarsi di comprare almeno 5 DC block, si consiglia quelli della minicircuit **BLK-18W+.**

Absolute Maximum Ratings dell'amplificatore HMC451LC3 sono:
Massima di alimentazione consentita **5.5V** (in fase di test abbiamo azzardato 6V senza romperlo)
RF input power massima (5V) **+10dBm**

\



Mkr	Trace	X-Axis	Value	Notes
1 ▽	5noamp	16.0000 GHz	-11.96 dB	

Fig 5.2 Simulazioni SP4 NOamp.

In fig. 5.2 sono riportati i parametri S della pcb di prova:

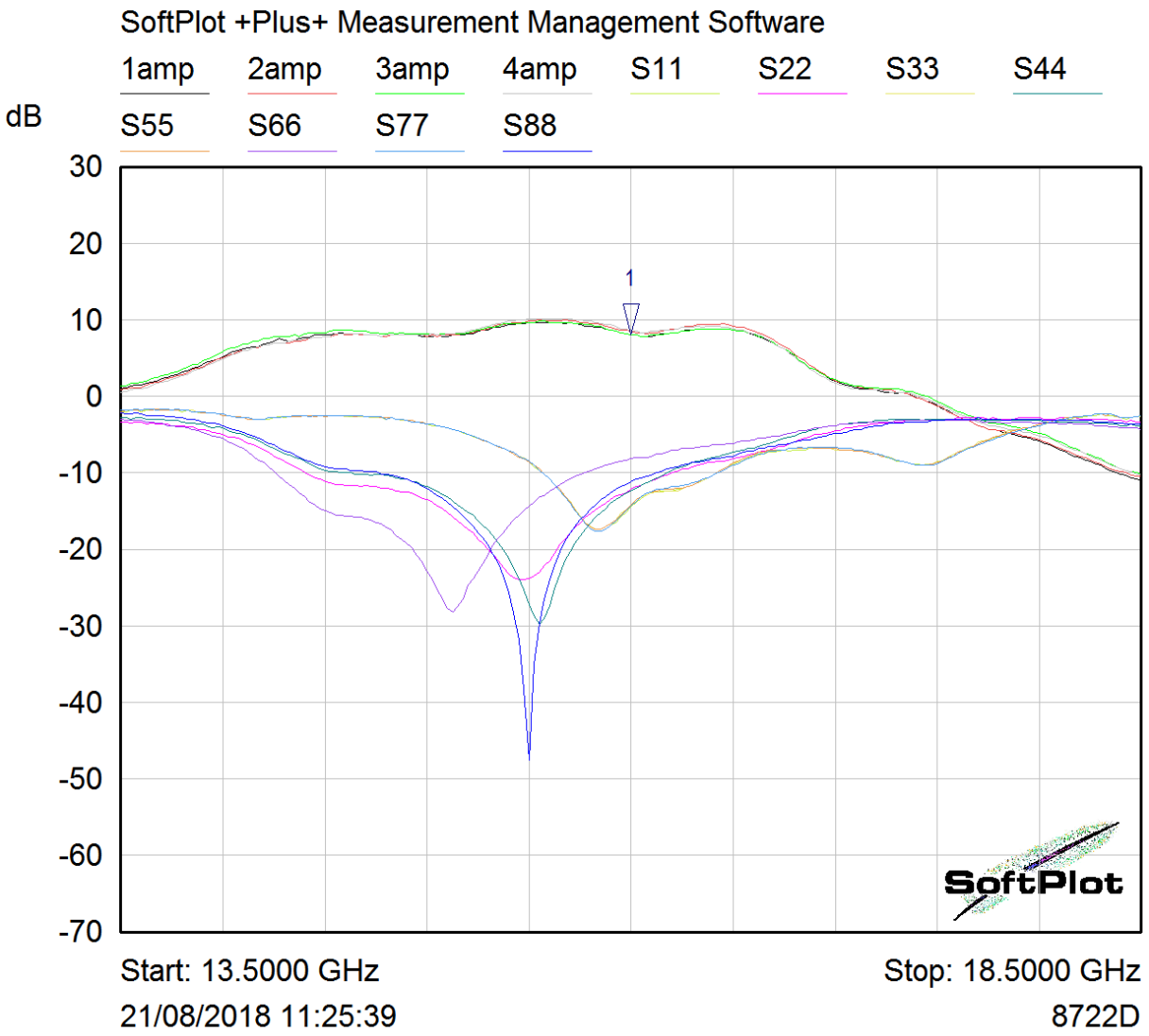
- S11, S33, S55 e S77 sono l'adattamento della porta d'ingresso

- S22, S44, S66 e S88 sono quelli delle rispettive porte d'uscita 5, 6, 7 e 8noamp.

- 5, 6, 7 e 8noamp (in precedenza S21, S43, S65 e S87) rappresentano la perdita delle 4 porte

Il valore delle perdite si attesta sui -12dB, proprio come nel simulato.

\



Mkr	Trace	X-Axis	Value	Notes
1 ▽	1amp	16.0000 GHz	7.99 dB	

Fig 5.3 Simulazioni SP4 amp senza induttanza per alimentazione Qconv

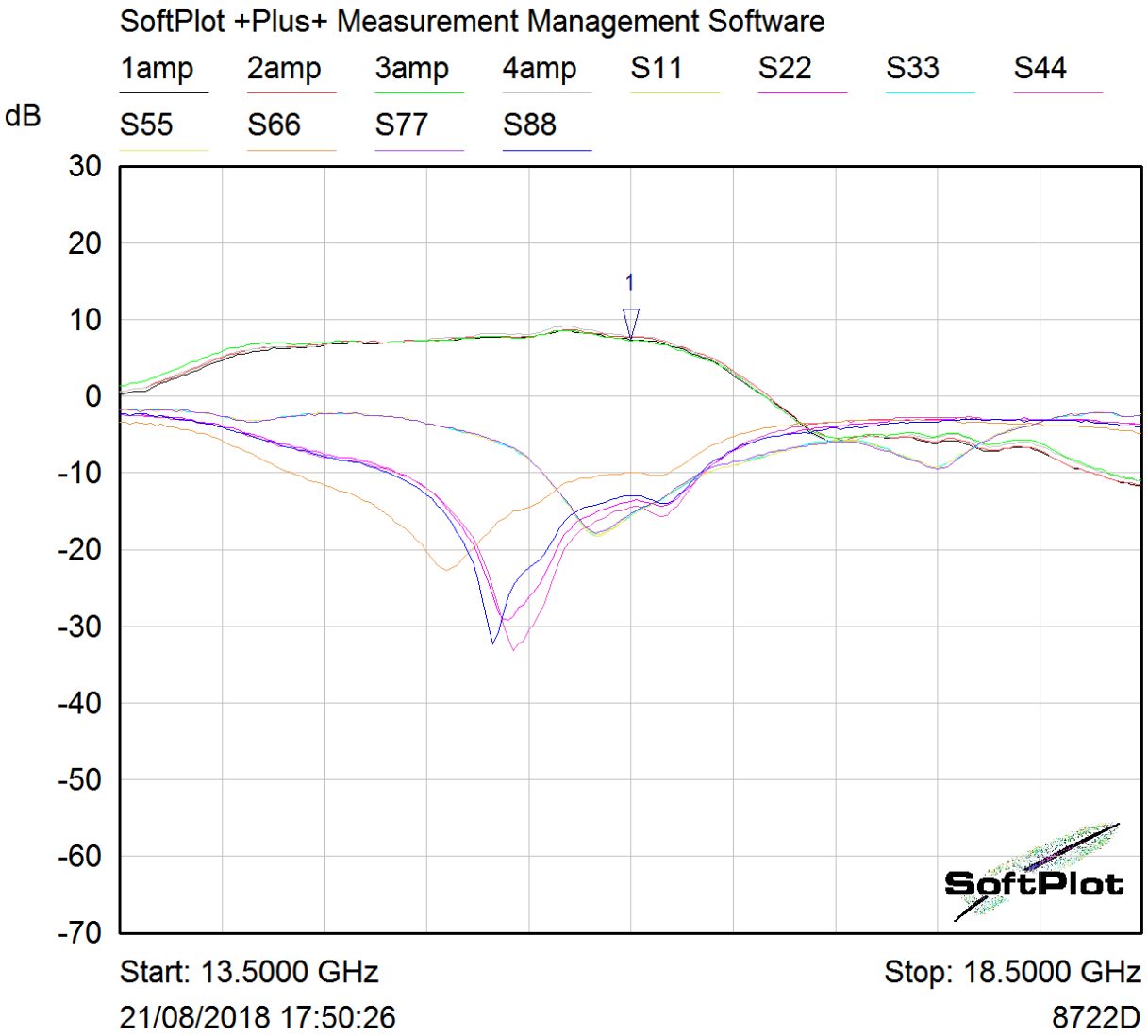
Sono state poi ripetute le misure sulle porte 1, 2, 3 e 4 con amplificatore montato ma senza L1 di "alimentazione Qconv".

In questo caso il guadano è di circa **8dB**, si nota che l'amplificatore ha una certa dipendenza dall'alimentazione, se si abbassa a 3,5V arriva a 10dB. Sono stati cambiati 3 componenti ma il comportamento persiste, le curve riportate sono con alimentazione a **4,5V,** un buon compromesso restando in specifica.

In questo caso il guadagno si discosta dal simulato che era di 13dB.

Si può anche prendere in considerazione di uscire dalle specifiche e di testare l'insieme (compreso il Qconv) con tensioni inferiori (3.5V, 4V e 4,5V) per meglio valutarne le caratteristiche e per dissipare il meno possibile.

\



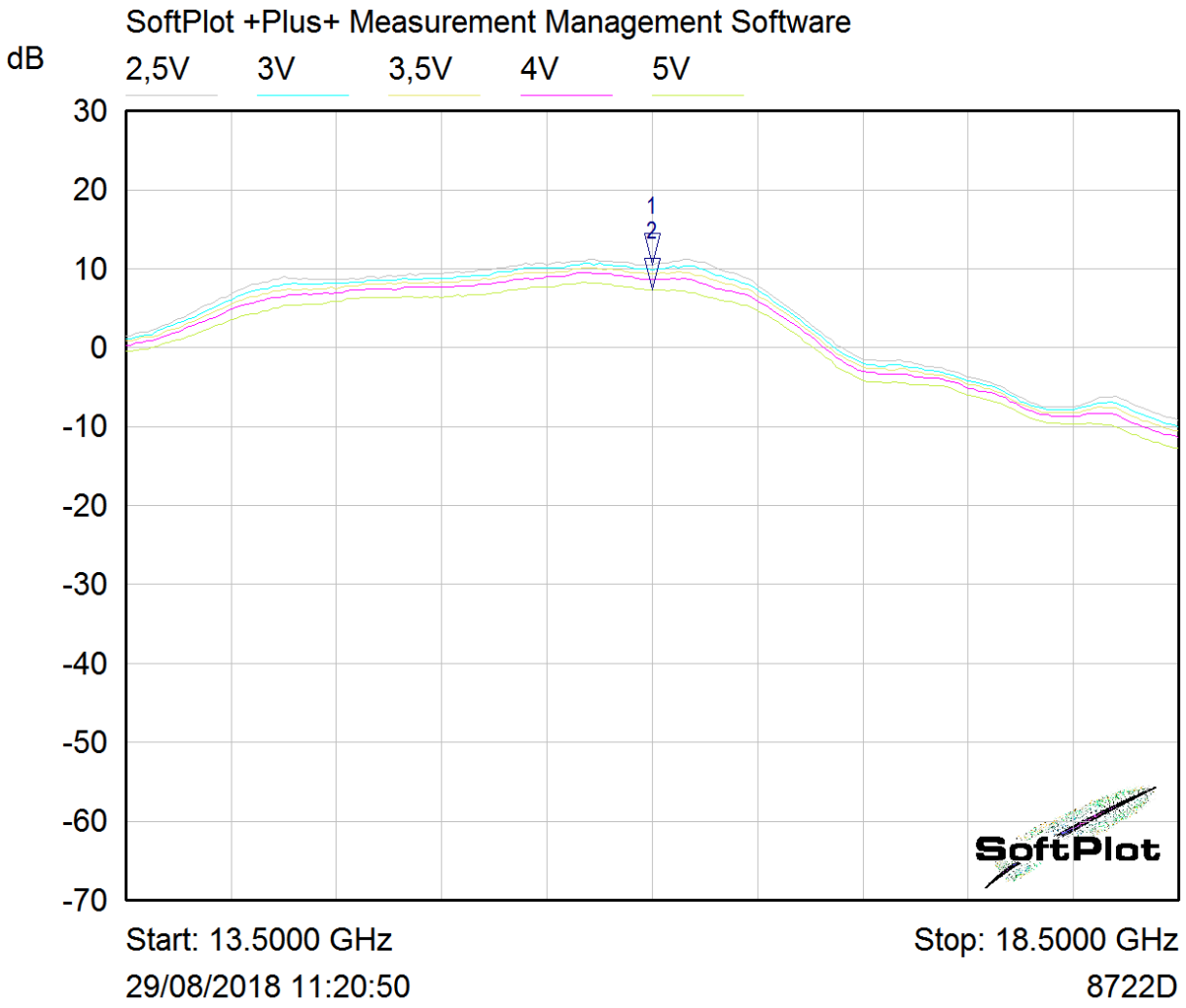
Mkr	Trace	X-Axis	Value	Notes
1 ▽	1amp	16.0000 GHz	7.27 dB	

Fig 5.4 Simulazioni SP4 amp (4,5V con induttanza)

Sono state ripetute le misure delle porte 1, 2, 3 e 4 con alimentazione a 4,5V e con l'induttanza di "alimentazione" Qconv con connettore sma. Questo sistema dovrebbe risparmiare il cablaggio di 38 cavetti di alimentazione.

L'induttanza L1 visto il basso valore di 1nH è praticamente un filettino di rame, anche inserendo una R0hom il comportamento è praticamente uguale. Il guadagno è sceso a **7dB**.

\



Mkr	Trace	X-Axis	Value	Notes
1	2,5V	16.0000 GHz	10.49 dB	
2	5V	16.0000 GHz	7.29 dB	

Fig 5.5 Simulazioni SP4 amp con diverse alimentazioni (4,5V con induttanza)

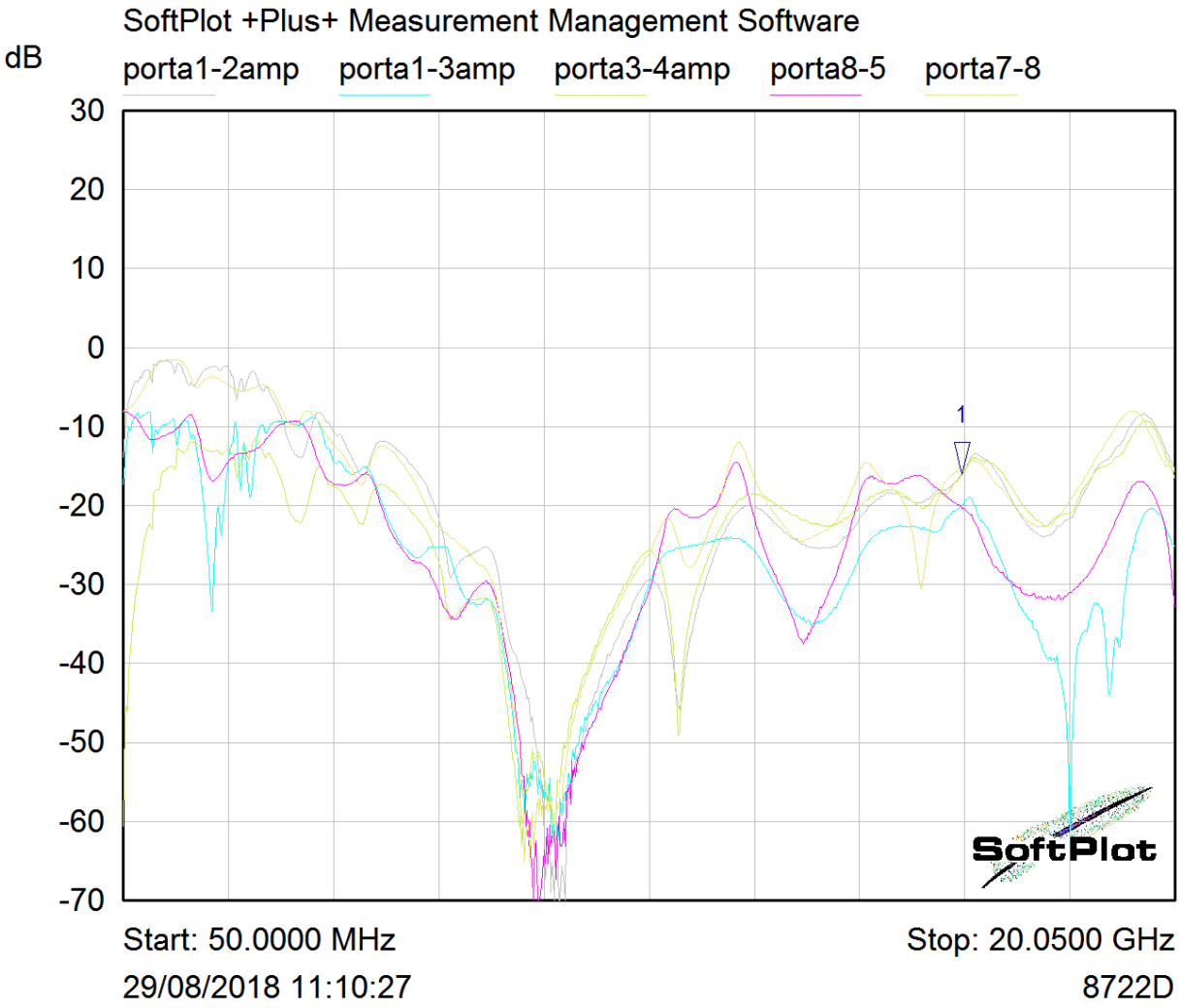
Come detto in precedenza l'amplificatore HMC451LC3 inserito nel nostro circuito ha una certa dipendenza nei riguardi della tensione di alimentazione. Sorprendentemente a 2,5V ha il massimo di guadagno mentre a 5V perde circa 3dB. Non si sono veste vistosi cambiamenti d'assorbimento di corrente, mai sotto i 114mA. Quanto succede si pensa essere causato da un scarso adattamento dell'uscita dell'amplificatore (Return Loss -7dB@16GHz) che migliora (aumentando così il guadagno) abbassando la tensione di alimentazione.

In tab. 5.6 sono riportati i punti di compressione in uscita con diverse frequenze e alimentazioni. L'amplificatore vede in uscita due SP2 in cascata (-8dB), i valori sotto riportati sono in linea con quanto dichiarato dal costruttore. Si consiglia di utilizzarlo con tensioni comprese fra 4 e 5V.

Volt x mA	2 x 114	3 x 119	**4 x 122**	**5 x 128**	6 x 137
15 GHz	-1.5	5.2	**9.2**	**12.0**	12.5
16 GHz	2.7	4.5	**8.2**	**10.3**	12.0

Tab. 5.6 Punti di compressione Po1 (dBm) ottenuti con varie alimentazioni.

\



Mkr	Trace	X-Axis	Value	Notes
1 ▽	porta1-2amp	16.0000 GHz	-16.07 dB	

Fig 5.7 Simulazioni isolamento fra le porte d'uscita SP4 + SP4amp (4,5V con induttanza)

Le porte 1, 2, 3 e 4 riguardano SP4amp, mentre le rimanenti 5, 6, 7, e 8 la parte passiva.

Le porte più penalizzate, quelle corrispondenti allo stesso splitter d'uscita, (1-2, 3-4 e 7-8) presentano un andamento identico e l'isolamento si attesta sui -16dB.

\

6) Conclusioni

Le misure eseguite confermano la buona riuscita del distributore di segnale OL1 per il MFQ a 38 canali.

Questo progetto, ottenuto su quadrotti di circuiti stampati di altri progetti, rappresenta un tipico esempio di come, complessi e costosi circuiti, possono essere sviluppati utilizzando laminati con dielettrici a bassa perdita.

Queste esperienze fatte nella realizzazione di PCB ci hanno portato a prediligere una configurazione con piste adattate in streepline basate su dielettrico RG4003 a 3 o 4 layer con altezza substrato 0,508mm. Tale configurazione ci permette di costruire direttamente in PCB elementi passivi come splitter, filtri, induttanze e condensatori dalla continua fino a frequenze oltre i 20GHz.