

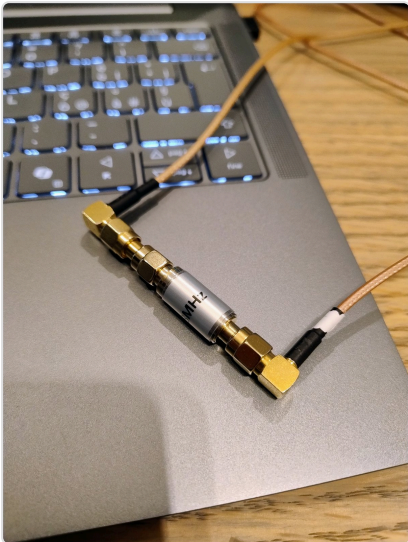
Report Misure Filtri SAW e Moduli di Amplificazione (869 MHz)

Data: 6 Agosto 2026
Strumentazione: Rigol DSA815-TG, HackRF One R10 / PortaPack H2
Banda di Riferimento: 869 MHz
Operatore: Stefano Rossi

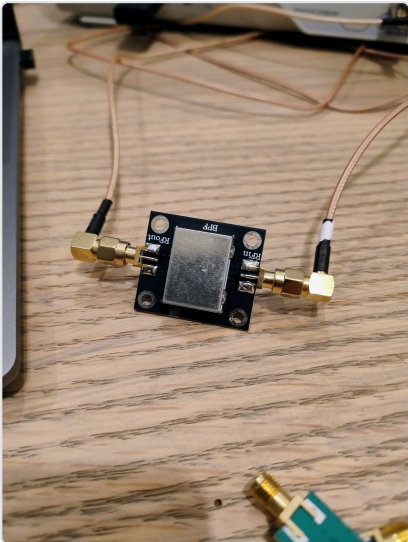
1. Analisi Attenuazione Filtri SAW

Sono stati testati tre filtri passivi di tipologia SAW (Surface Acoustic Wave) utilizzando il Tracking Generator (TG) del Rigol DSA815 per valutarne la perdita di inserzione in centro banda e la reiezione fuori banda.

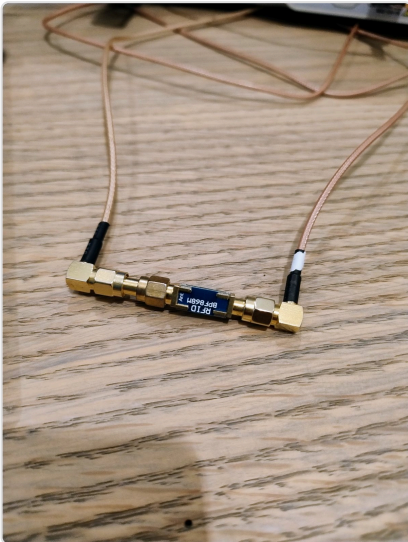
ID Filtro	Tipologia / Formato	Attenuazione in Centro Banda (Insertion Loss)	Attenuazione Fuori Banda
1	Barilotto standard	-3.67 dB	-43.64 dB
2	Robusto e shieldato	-3.69 dB	-42.73 dB
3	Barilotto (struttura leggera)	-3.89 dB	-41.43 dB



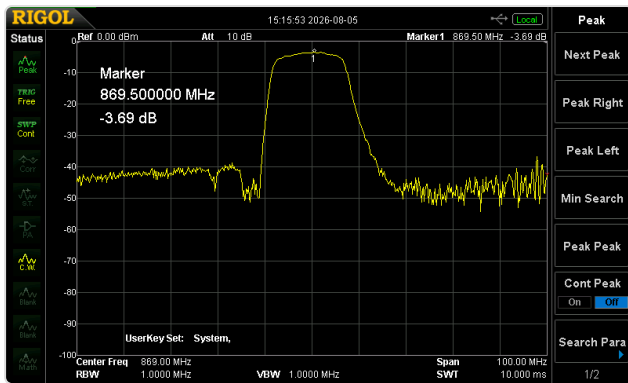
Barilotto standard



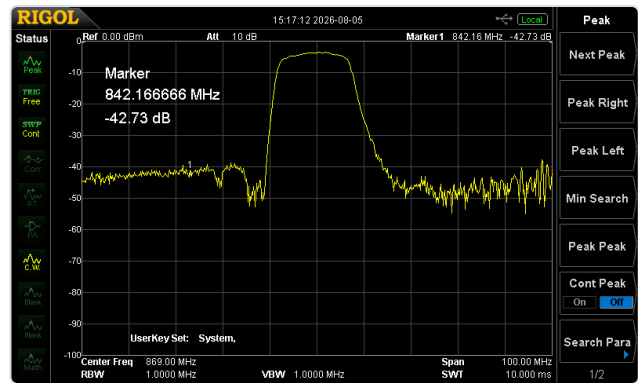
Robusto e shieldato



Barilotto (struttura leggera)



Filtro 2: Risposta in centro banda (-3.69 dB)



Filtro 2: Attenuazione fuori banda (-42.73 dB)

Osservazione sui valori di attenuazione: I valori di perdita di inserzione (Insertion Loss) registrati in centro banda (~3.7 - 3.9 dB) risultano anomali e superiori alla media tipica per filtri SAW operanti su queste frequenze, che generalmente presentano perdite intorno a 1.5 - 2.5 dB. Questo scostamento potrebbe derivare da un disadattamento di impedenza tra le porte dello strumento (50 Ω) e i filtri testati, da cablaggi/connettori non ottimali, o da un degrado qualitativo specifico di questi sample rispetto a lotti testati in precedenza.

2. Test Modulo FEM (Front-End Module) con Auto-Switching

Il modulo FEM integra uno stadio di amplificazione di potenza (PA) per la trasmissione e un amplificatore a basso rumore (LNA) per la ricezione, dotati di uno switch automatico (T/R) che rileva il segnale in ingresso per commutare la modalità operativa.

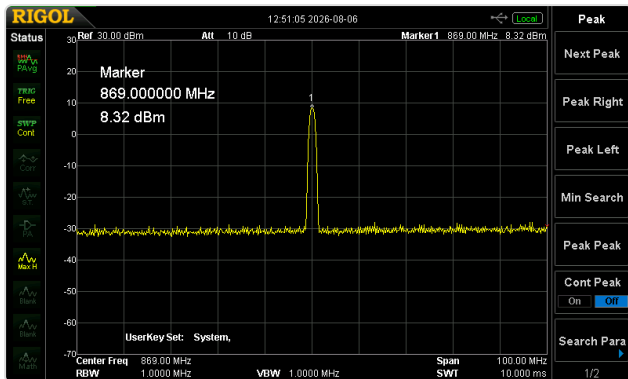
In base alle specifiche dichiarate, il modulo opera nel range di frequenze 850 MHz – 930 MHz (modalità TDD) con una tensione di alimentazione nominale di 5 V (range 4.75 V - 5.25 V) e un assorbimento massimo di 720 mA in trasmissione, motivo per cui è consigliato l'inserimento di un condensatore di bypass da almeno 220 μ F sul pin VCC. Il guadagno in ricezione (RX) è di 11 dB $\pm$ 2 dB con una Noise Figure (NF) $\leq$ 2.0 dB e un assorbimento di 10 mA ($\pm$ 3 mA). In fase di trasmissione (TX), il guadagno è regolabile meccanicamente tramite potenziometro integrato da 5 dB a 11 dB. La potenza massima erogabile in trasmissione raggiunge i 31 dBm (1.3 W) operando con un segnale in ingresso compreso tra 1 dBm e 20 dBm.

Il circuito di discriminazione per lo switching automatico tra TX e RX ha una soglia di commutazione fissata a -2 dBm. Per garantire una commutazione stabile ed evitare sfarfallamenti operativi, la potenza di uscita del dispositivo front-end a monte deve mantenere un margine di almeno 3 dB rispetto alla soglia, risultando in un input minimo consigliato di 1 dBm. Lo stato di funzionamento è indicato otticamente: luce verde accesa per RX e luce blu accesa per TX. Qualora fosse necessario il controllo manuale tramite un microcontrollore esterno (MCU), è possibile rimuovere la resistenza di pull dedicata e pilotare direttamente il pin SW (livello alto a 3.3V per TX, livello basso a 0V per RX). Infine, il modulo è progettato per cicli di lavoro a commutazione; l'impiego per emissioni costanti ad alta potenza richiede l'aggiunta di adeguati sistemi di dissipazione termica per prevenire il calo delle prestazioni o la rottura permanente dell'amplificatore.

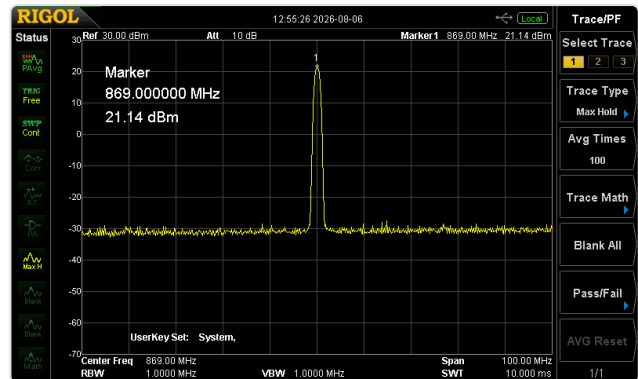
Setup di Misura:

- **Stadio RX (LNA):** Testato invertendo ingresso e uscita rispetto al normale flusso di segnale. È stato utilizzato il TG del Rigol DSA815, dato che i livelli di potenza richiesti per il test di piccoli segnali rientrano nelle sue capacità.
- **Stadio TX (PA):** Il TG del Rigol arriva a una potenza massima di 0 dBm, insufficiente per saturare e testare adeguatamente lo stadio di potenza del FEM. È stato quindi impiegato l'HackRF PortaPack come generatore di segnale continuo, impostato al livello di emissione massimo.

Stadio Operativo	Sorgente Stimolo	Livello in Ingresso	Livello in Uscita	Guadagno Netto
TX (Power Amplifier)	HackRF PortaPack	+8.32 dBm	+21.14 dBm	+12.82 dB
RX (LNA)	TG Rigol DSA815	- (Sweep a basso livello)	-	+9.90 dB



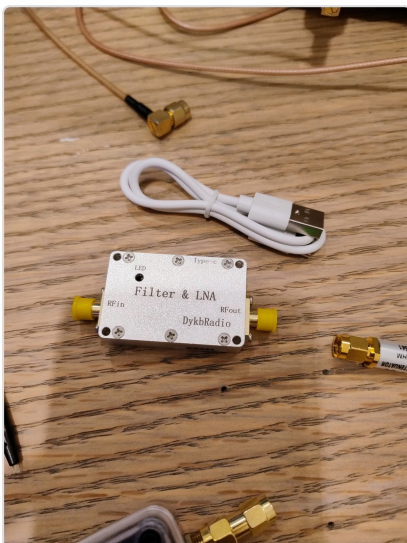
Potenza di riferimento erogata dall'HackRF: 8.32 dBm



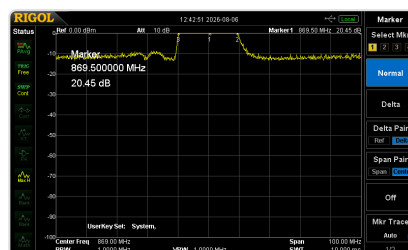
Uscita PA (Stadio TX): 21.14 dBm a 869 / 869.5 MHz

3. Test Modulo Filtro + LNA (Solo Ricezione)

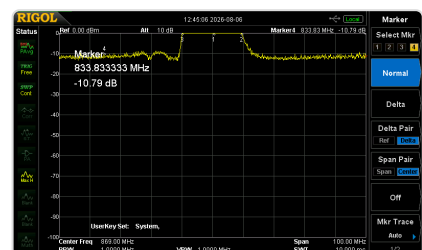
Questo modulo integra in cascata un filtro passa-banda e un Low Noise Amplifier (LNA). A differenza del FEM, è un dispositivo strettamente unidirezionale ottimizzato unicamente per la catena di ricezione. Qualsiasi test di trasmissione in senso diretto (es. con HackRF) risulta ostruito dall'architettura del circuito.



Modulo Filtro + LNA



Guadagno in centro banda: +20.45 dB



Attenuazione fuori banda: -10.8 dB

- **Guadagno in Centro Banda:** +20.45 dB.
- **Estremi di Banda (Punti a 0 dB):** da 859.2 MHz a 878.5 MHz. All'interno di questo range il modulo fornisce un guadagno positivo.
- **Attenuazione Fuori Banda:** -10.8 dB. Questo valore, apparentemente modesto per un filtro, è il risultato netto del bilancio tra l'elevata attenuazione del filtro passivo inserito nel modulo e il guadagno intrinseco fornito dallo stadio LNA (che cerca di compensare il segnale lungo tutta la banda).

Conclusioni Operative per Integrazione: Il FEM si dimostra efficace per soluzioni ricetrasmittenti half-duplex grazie alla sua gestione autonoma del T/R switch, garantendo potenze di uscita superiori a 20 dBm (utili per un nodo gateway o un ripetitore LoRa mesh). Il modulo Filtro+LNA, offrendo un alto guadagno (+20.45 dB), risulta ideale per stadi RX dedicati in cui la sensibilità è prioritaria, ma necessita di uno switch RF esterno (o diplexer) a monte se deve convivere con un trasmettitore sulla stessa antenna, per evitare di danneggiarlo con i segnali ad alta potenza.