

Guida all'esercitazione virtuale

26 marzo 2009

Misure qualitative in presenza di impairments al trasmettitore

Esistono diversi modi con i quali misurare la qualità di un segnale a modulazione digitale.

In questa esperienza verranno presentati alcuni utili strumenti che permettono di analizzare un segnale nel dominio della modulazione e che vengono solitamente implementati anche all'interno dei moderni analizzatori vettoriali di segnali, Vector Signal Analyzer VSA. Questi strumenti di analisi sono: diagramma vettoriale, misura di costellazione¹ e diagramma ad occhio.

Descrizione del simulatore

Il simulatore a disposizione consente di generare un segnale a modulazione digitale QAM, di aggiungere diversi tipi di impairments sul segnale generato e di visualizzare gli effetti di questi impairments utilizzando diagramma ad occhio, diagramma vettoriale e misura di costellazione.

Sono disponibili diversi punti di misura (test point), che consentono di verificare le proprietà del segnale sia prima che dopo l'applicazione di un certo fenomeno.

È bene notare che NON viene simulato il canale radio.

Il pannello frontale dello strumento virtuale, riportato in Fig. si suddivide in quattro blocchi fondamentali:

- **Pulsanti di controllo dell'esecuzione.** Corrispondono ai pulsanti: START, ||, STOP, con i quali è possibile rispettivamente iniziare, mettere in pausa oppure terminare la simulazione.
- **MODULATOR.** Attraverso i controlli posti in questo blocco è possibile modificare i parametri del segnale generato. Questi parametri sono: il symbol rate, il tipo di filtro di trasmissione (nessuno -none-, coseno rialzato -raised cosine-, radice di coseno rialzato -root raised cosine-) ed il parametro del filtro di trasmissione. I valori di default sono rispettivamente 10kHz, Raised cosine con parametro 0,5.
- **IMPAIRMENTS.** Agendo sui controlli di questo blocco è possibile aggiungere diversi tipi di impairments sul segnale modulato. Questa sezione si suddivide a sua volta in quattro sottoblocchi, uno per ciascun tipo di impairment, che sono rispettivamente: AWGN, PHASE NOISE, IQ IMPAIRMENTS, TONE. Il significato dei parametri di ciascun sottoblocco verrà descritto nel seguito.
- **Strumenti di misura.** Questa sezione comprende diagramma ad occhio e diagramma vettoriale/costellazione. Sono disponibili alcuni semplici controlli con i quali agire su questi grafici: è disponibile una manopola con la quale modificare l'ampiezza della scala verticale (agisce in ugual misura sia sulla componente in fase I, sia sulla componente in quadratura Q di entrambi i grafici), è possibile selezionare la scala temporale del diagramma ad occhio specificando il numero di periodi di simbolo da visualizzare, è possibile scegliere la componente per la quale visualizzare il diagramma ad occhio ed infine è possibile selezionare il punto di misura desiderato (a tal fine è riportato sul pannello frontale uno schema a blocchi con indicati le posizioni dei diversi punti di misura -test point TP-).

¹Si ricorda che questo tipo di misura comprende una precisa fase di demodulazione del segnale ricevuto ed il confronto dei simboli ottenuti in demodulazione con quelli teorici, che possono essere ricavati direttamente da un segnale di riferimento oppure dallo stesso segnale ricevuto attraverso sofisticati algoritmi matematici.

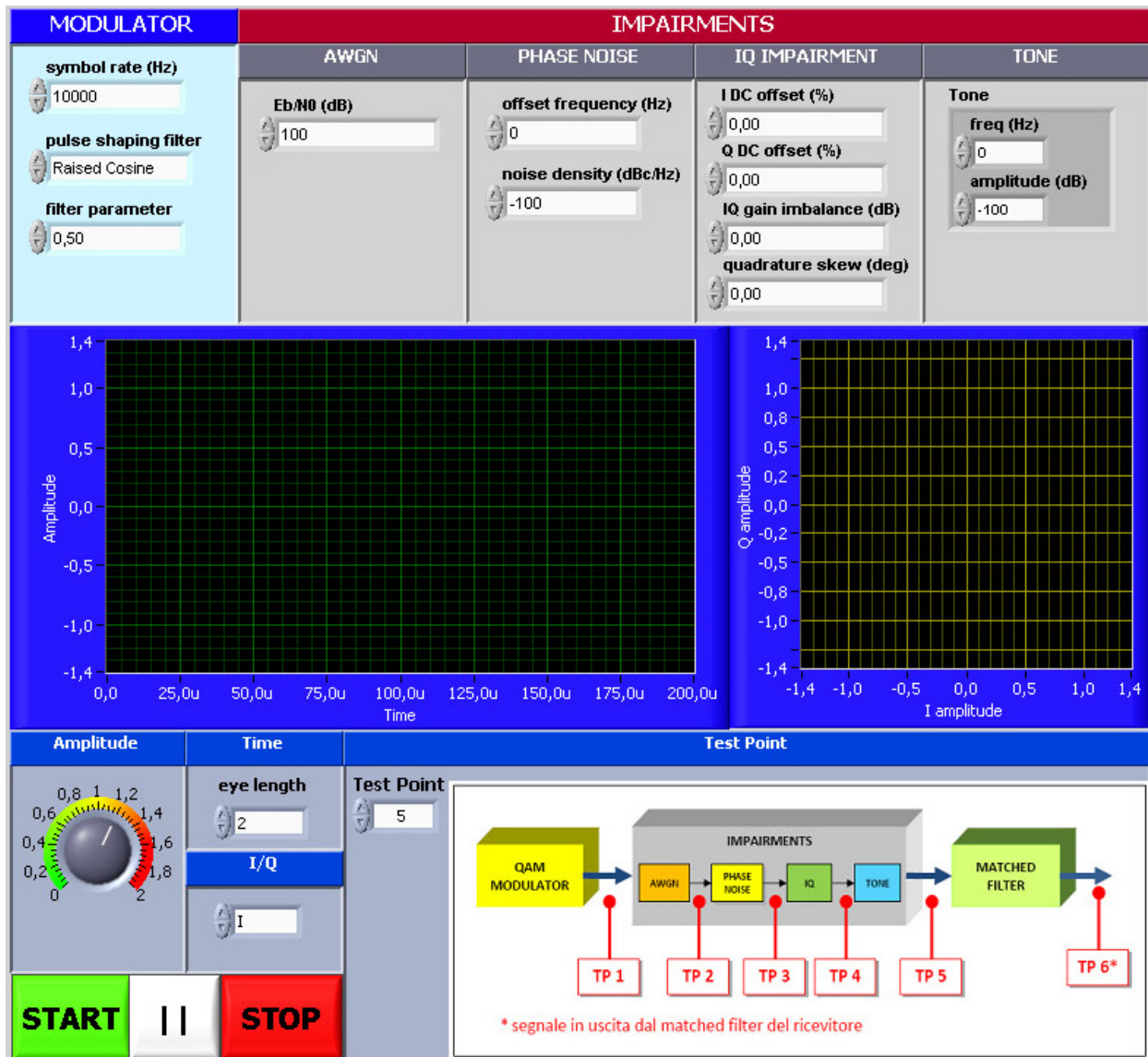


Figura 1: Pannello frontale del simulatore.

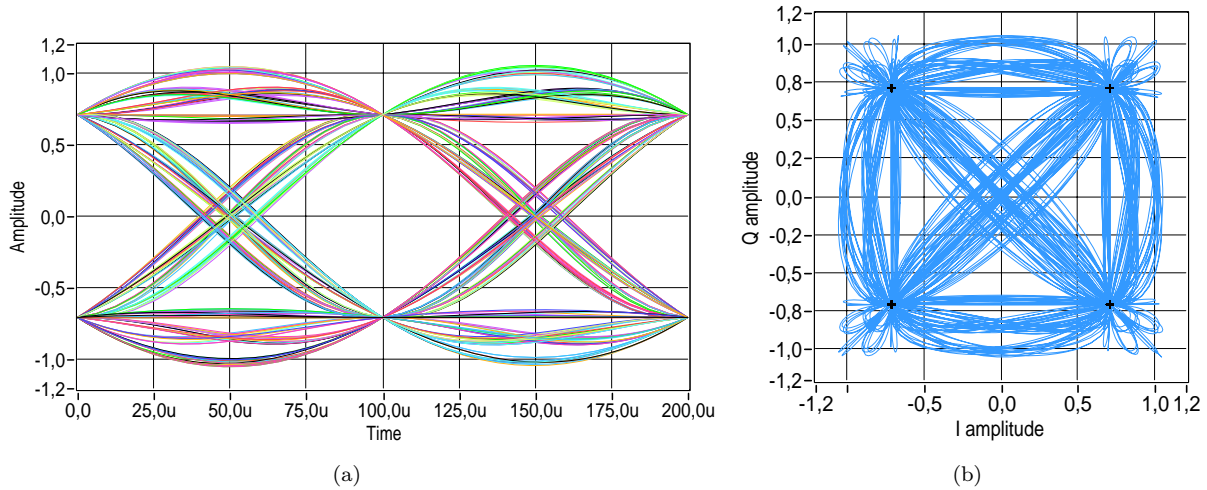


Figura 2: Diagrammi ottenuti analizzando il segnale al test point 1 (nessun impairment aggiunto). Frequenza di simbolo= 10kHz, filtro di trasmissione=Raised cosine, parametro del filtro=0.5.

Misure proposte

1. Studio dell'effetto del rumore AWGN sovrapposto ad segnale utile, variando il rapporto segnale rumore.
2. Studio dell'effetto del rumore di fase (phase noise) sulla costellazione. Si osservi come i simboli misurati preservino la corretta ampiezza ma subiscano una variazione di fase rispetto alla posizione di riferimento ideale del simbolo stesso. Per eseguire questa misura impostare un rapporto segnale-rumore sufficientemente elevato (esempio 100dB), in modo da annullare gli effetti dovuti al rumore.
3. Studio degli effetti del mismatching al trasmettitore tra la circuiteria relativa alla componente in fase e la circuiteria dedicata invece all'elaborazione della componente in quadratura. Gli effetti che si possono simulare, e che corrispondono a quelli più comuni, sono:
 - **I/Q gain imbalance.** Questo fenomeno è causato da una differenza di guadagno tra le due componenti in banda base.
 - **Quadrature skew.** Questo fenomeno è provocato da una differenza di fase tra le due componenti in banda base.
 - **I DC offset.** Questo fenomeno è provocato dalla sovrapposizione di una componente continua (DC) sulla componente in fase.
 - **Q DC offset.** Questo fenomeno è provocato dalla sovrapposizione di una componente continua (DC) sulla componente in quadratura.

Per apprezzare questi tipi di effetti è necessario scegliere un elevato rapporto segnale-rumore, annullare un eventuale rumore di fase (impostando ad esempio l'offset di frequenza a zero) ed applicare separatamente i singoli IQ impairments.

4. Studio degli effetti dovuti alla sovrapposizione di un tono sinusoidale al segnale modulato. Studiare questo fenomeno singolarmente, annullando altri effetti precedentemente inseriti.
5. E' possibile infine osservare sul diagramma vettoriale, l'effetto del filtro di trasmissione e del parametro corrispondente sulle transizioni da un simbolo al successivo. Per il filtro radice di Nyquist è possibile inoltre osservare l'effetto dell'applicazione del matched filter (eliminazione o riduzione dell'ISI).

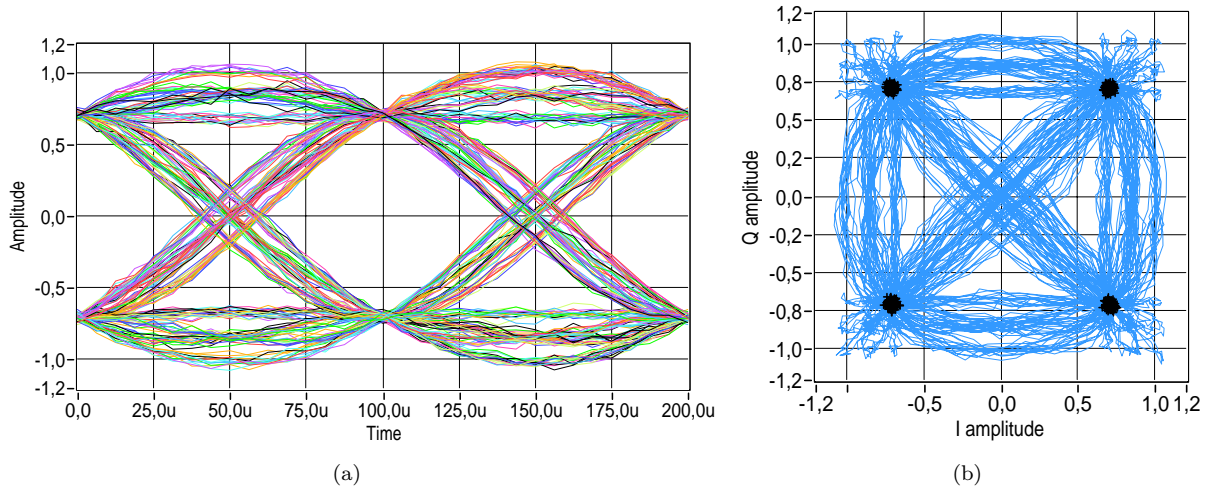


Figura 3: Rapporto segnale rumore = 40dB.

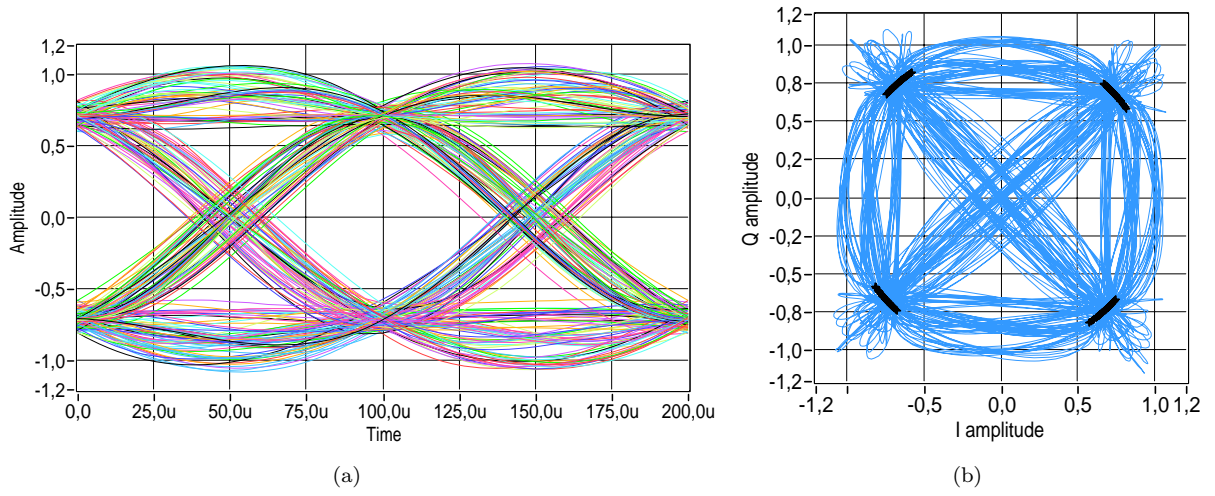


Figura 4: Rumore di fase: offset=10Hz noise density=-35dBc/Hz.

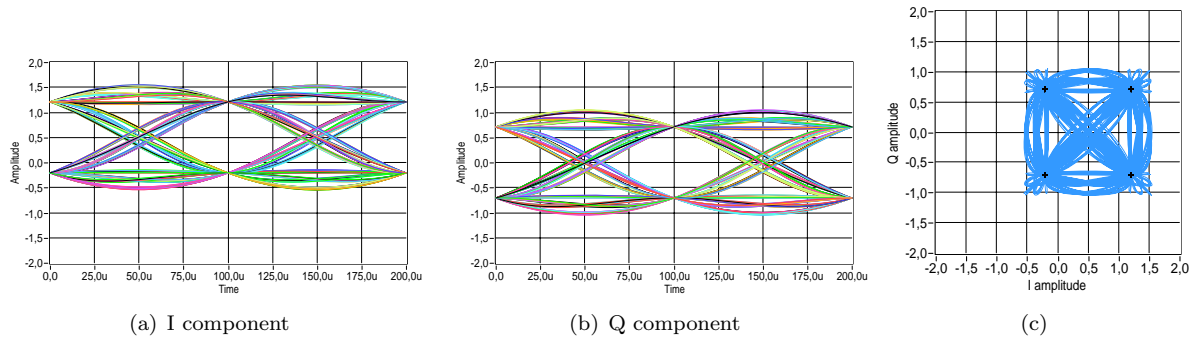


Figura 5: DC offset=50% sulla componente in fase.

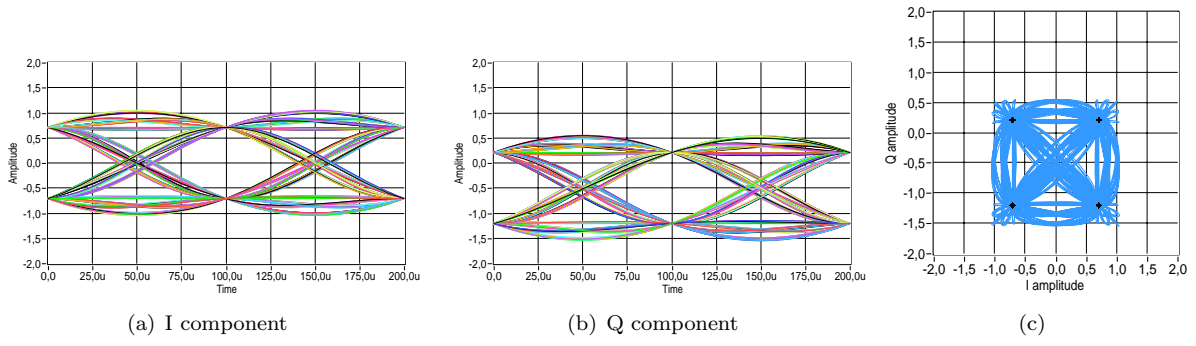


Figura 6: DC offset=-50% sulla componente in quadratura.

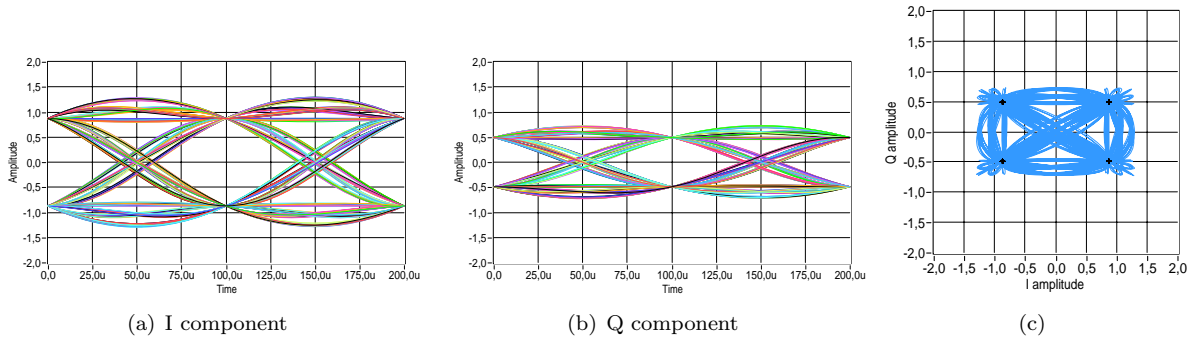


Figura 7: IQ gain imbalance = 5dB.

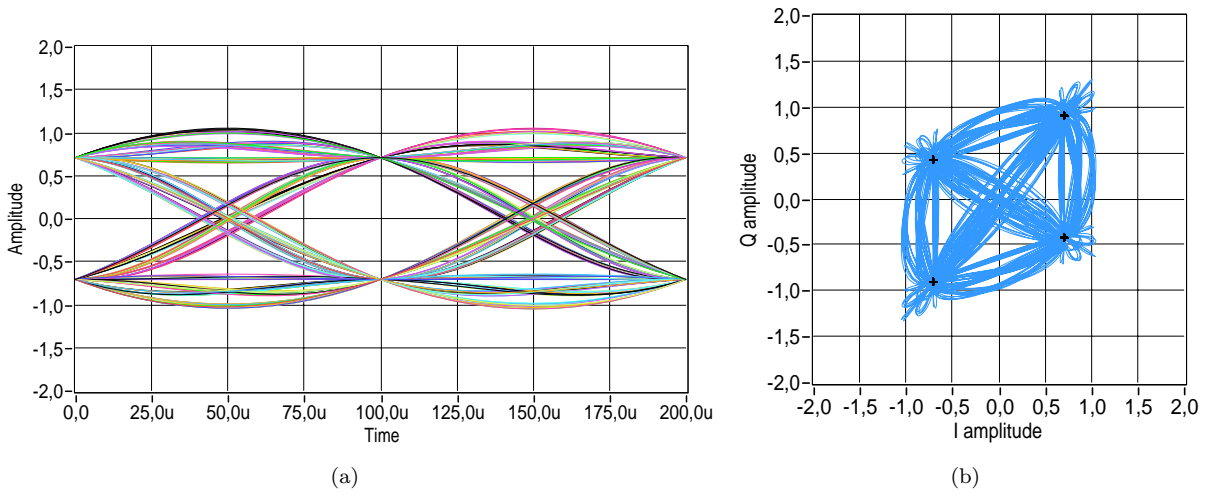
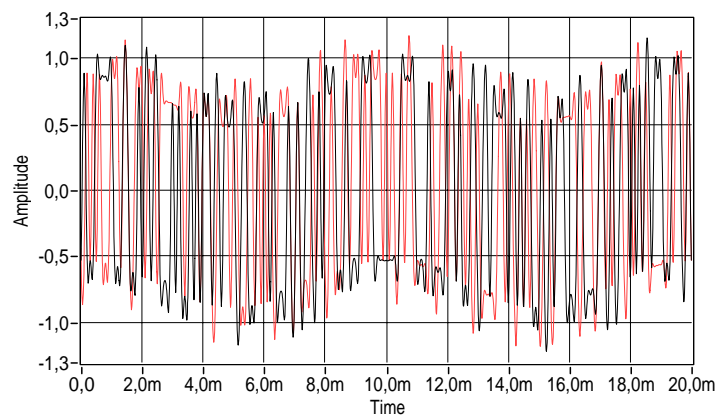
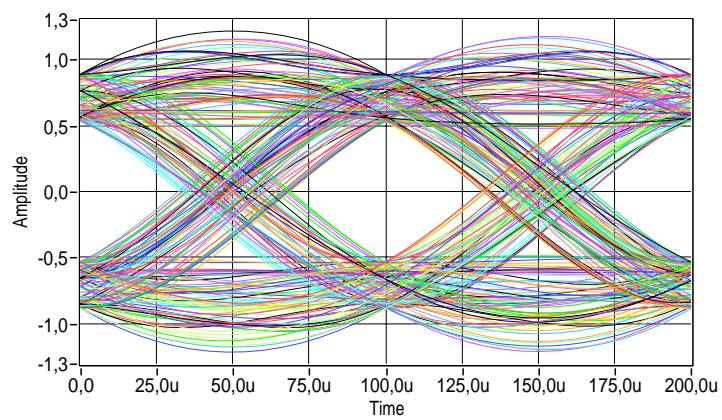


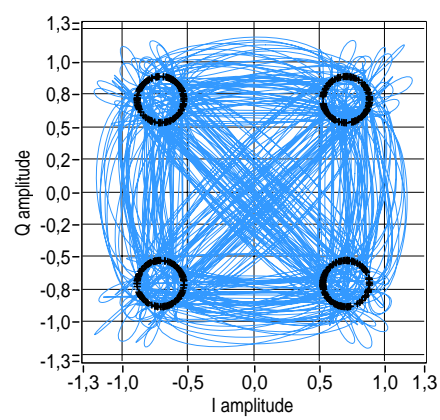
Figura 8: Quadrature skew=20%.



(a)



(b)



(c)

Figura 9: Tono sinusoidale a 100Hz e ampiezza -5dB.