

Sviluppo e realizzazione di un sensore isotropico per misure di campo elettrico ad alta frequenza

A. Casciano, M. Dealessi

TESEO S.p.A C.so Cincinnato 228/B, 10151 Torino
acasciano@teseo.net

Abstract – This short article describes the two most critical part of the RF electric field sensor: the optical link and the active probe. In each section we will find at first a theoretical study that underline the various problems we could find during the experimentation. The second part describes some strategic action for compensate the abnormal performance just underlined.

Introduzione

Questo articolo espone le soluzioni circuitali adottate per la realizzazione di un sensore di campo isotropico con banda 100kHz 3GHz per misure in banda stretta. Tale articolo è da ritenersi complementare a quello realizzato dal Prof. Pozzolo che riporta le scelte preliminari e la descrizione a blocchi del dispositivo. Nel presente scritto si trova la descrizione delle sole parti critiche tralasciando il resto.

L'articolo è diviso in sezioni: la prima sezione descrive l'antenna ed in particolare la parte attiva, mentre la seconda descrive il link ottico che veicola l'informazione del campo misurato. Il trasmettitore e il ricevitore verranno trattati separatamente.

L'antenna e la parte attiva

Oggetto di questa parte è la descrizione dell'antenna che si occupa di trasdurre il campo incidente in un segnale elettrico. Come già annunciato il sistema possiede un set di tre antenne identiche, disposte lungo gli assi cartesiani. La descrizione ed il progetto che segue riguarda indistintamente uno dei tre. Il progetto è stato affrontato trattando separatamente il monopolo e la parte attiva.

L'elemento passivo è costituito da un monopolo su piano di massa elettricamente corto per tutte le frequenze in gioco. Secondo la letteratura il circuito equivalente di strutture come queste è il seguente:

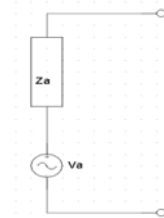


Figura 1. Circuito equivalente del monopolo su piano di massa

Dove, ipotizzando che il campo incidente sia parallelo all'asse dell'antenna, si ha:

$$V_a = \overline{h_{eff}} \cdot \overline{E_{inc}} = \frac{l}{2} \cdot \overline{|E_{inc}|} \quad (1)$$

si ricorda che l'altezza efficace per strutture come questa è pari a metà della lunghezza del monopolo. L'impedenza d'antenna è equivalente alle serie di una resistenza e di un condensatore:

$$Z_a = R_{irr} + \frac{1}{j\omega C_a} \cong 800 \left(\frac{l}{\lambda} \right)^2 - \frac{1}{j\omega C_a} \cong -\frac{1}{j\omega C_a} \quad (2)$$

La struttura in oggetto è elettricamente corta e quindi la parte resistiva dell'impedenza è trascurabile. La parte capacitiva deriva da un'approssimazione lineare della tangente trigonometrica e in prima battuta possiamo scrivere che:

$$C_a = \frac{l}{60 \cdot c \cdot (\ln(2l/d) - 1)} \quad (3)$$

Fatte dunque queste approssimazioni la parte sensibile ha come circuito equivalente un generatore con impedenza interna capacitiva. Per garantire una buona sensibilità già a basse frequenze è opportuno tenere elevata l'impedenza d'ingresso dello stadio che carica il monopolo. Per questo lo stadio attivo è stato realizzato con un MOSFET in configurazione di "source follower". Strutture come queste presentano un'impedenza d'ingresso che ha una debole componente capacità con ciò il circuito equivalente sarà:

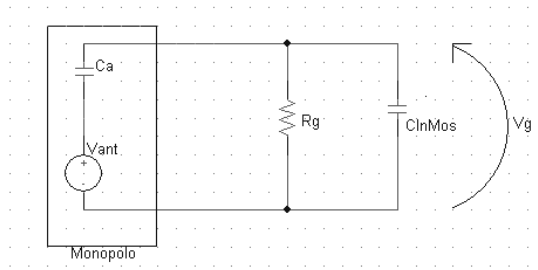


Figura 2. Circuito equivalente del monopolo caricato con stadio attivo.

Dove con V_g intendiamo la tensione sul Gate dello stadio che vale:

$$V_g = V_{ant} \frac{C_a}{C_a + C_{InMos}} \cdot \frac{s}{s + 1/R_g(C_a + C_{InMos})} \quad (4)$$

Il valore dei componenti è stato scelto in modo da portare la frequenza del polo al di sotto della più bassa frequenza d'utilizzo, ottenendo una risposta piatta già all'estremo inferiore della banda. La parte capacitiva dell'impedenza d'ingresso è variabile da esemplare ad esemplare e dipende inoltre dal punto di polarizzazione. La (4) evidenzia che la variazione di questo parametro determini critiche variazioni di guadagno. Per ovviare a questo inconveniente si è posto in parallelo alla capacità d'ingresso del Mos una capacità esterna relativamente stabile in modo da ridurre fortemente la variazione relativa della capacità. Con tale modifica:

$$C_{InMos} = C_{InMosOld} + C_g \quad (5)$$

Si noti come variazioni della capacità d'ingresso dello stadio (C_g) incidano molto meno sulla capacità totale rispetto alla situazione precedente. Un altro aspetto positivo di questa configurazione è l'abbassamento della frequenza del polo. Il prezzo da pagare è la perdita di sensibilità: il partitore capacitivo diventa sfavorevole all'aumentare della C_g . Con ciò lo schema complessivo dello stadio attivo viene riportato in figura 3.

Il valore dei componenti e le dimensioni del monopolo sono scelti in funzione della risposta che si vuole ottenere. L'indagine svolta ci ha consentito di individuare alcuni punti d'azione per modificare il guadagno dello stadio nella parte alta della banda. I moduli amplificatori che seguono hanno un'amplificazione che decresce in frequenza. Con un'opportuna taratura cercheremo di compensare i due effetti ottenendo una risposta quanto più piatta possibile.

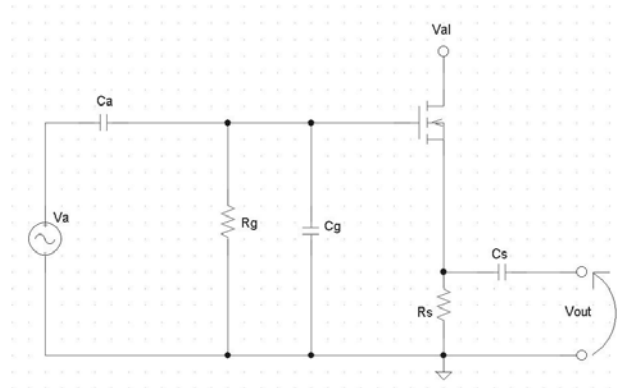


Figura 3. Schema complessivo dello stadio attivo. Il segnale Vout alimenta la catena d'amplificazione.

Il link ottico

Il dispositivo che ci si è proposti di realizzare deve poter tradurre un segnale elettrico in ottico e viceversa. L'elemento centrale del trasmettitore è un diodo laser InGaAsP, un dispositivo capace di emettere una radiazione alla lunghezza di 1300nm circa in funzione della corrente che lo percorre, alimentato da una catena d'amplificazione. Dispositivi come questi variano la loro efficienza in funzione della temperatura, emettendo a parità di corrente fornita, maggiore potenza ottica per basse temperature. Variazioni di temperatura potrebbero quindi compromettere la misura del campo o addirittura danneggiare il modulatore laser. Con ciò risulta indispensabile effettuare un controllo sulla potenza ottica erogata in modo da tenerla costante la variare della temperatura, per questo il modulatore è dotato di un controllo in retroazione. Questa risulta essere una pratica abbastanza diffusa in ambiente industriale e non merita di essere approfondita. Il dispositivo utilizzato, come mostra la figura 5, è dotato oltre del diodo laser (LD) anche di un PIN (PD) per monitorare la potenza ottica ed effettuare il controllo.

La catena d'amplificazione ha il compito di adeguare i livelli del segnale alla dinamica d'ingresso del laser. L'amplificazione introdotta è funzione dell'indice di modulazione scelto (nel nostro caso 0.5) e dell'esemplare di laser utilizzato. Ciascun modulo amplificatore verrà schematizzato come in figura 4.

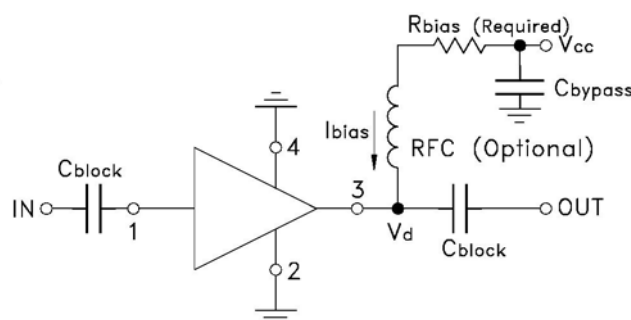


Figura 4. Il modulo amplificatore

Con ciò la struttura del modulatore viene riportata in figura 5. Per valori di frequenza vicino all'estremo superiore della banda l'amplificazione introdotta diminuisce e anche le prestazioni del laser si degradano. L'indagine eseguita si propone di: quantificare le perdite, localizzarle in frequenza ed eliminarle dove possibile. Sul prototipo cercheremo di compensare questo fenomeno con l'enfasi introdotta sul segnale dal monopolo.

