

Utilizzo dell'analizzatore di reti

L'analizzatore di reti vettoriale, quando viene acceso, richiederebbe 30 40 min circa per raggiungere una certa stabilità dei dispositivi interni. Si deve raggiungere una temperatura di regime. Questo è necessario soprattutto quando si vuole fare una misura con una certa accuratezza. Ovviamente noi di questo problema non ce ne interessiamo. Quando lo accendiamo, la schermata che si visualizza è quella dell'ultimo utilizzo. Ci fa vedere ciò che nell'ultimo utilizzo è stato visualizzato. Ovviamente ripresenta la calibrazione precedente e lo si può notare dal led acceso APPLAY CALIBRATION. A questo punto quando ci disponiamo davanti l'analizzatore la prima cosa da fare è premere due volte il tasto DEFAULT PROGRAM. Alla prima pressione del pulsante ci comparirà un messaggio di warning avvisandoci che verrà persa la calibrazione che è memoria. Premendo un'altra volta il tasto verrà cancellata in modo da resettare lo strumento. Fatto questo lo strumento impiegherà qualche attimo per completare il setup.



Il menù si può scorrere con le due frecce qui di fianco e la voce del menù desiderata può essere selezionata con il tasto enter. I dati indicati sullo schermo possono essere modificati tramite la rotellina oppure il tastierino. Si ricorda che la rotellina ha una sensibilità molto elevata. Era di fianco al tastierino numerico ci sono quattro pulsanti che servono per definire l'unità di misura del valore inserito. Ovviamente l'analizzatore conoscerà già l'unità di misura del relativo dato visto il contesto. Infatti su ogni tasto vi sono più



unità di misura stampate. Se la grandezza non ha unità di misura in questo caso c'è il tasto X1. Il range di funzionamento di questo oggetto ed è di 40 MHz 20 GHz.

Finita la fase di setup, sullo schermo verranno visualizzati tutti e quattro i parametri S. Questo perché il nostro dispositivo è a due porte. E quindi contemporaneamente può visualizzare quattro parametri. I parametri S possono essere anche visualizzati non contemporaneamente, in quanto potremmo essere interessanti alla visualizzazione di uno solo dei parametri S. Per far ciò dobbiamo usare il tasto CHANNEL MENU dove possiamo selezionare un solo canale per volta. Ovviamente il led che si accenderà alla pressione del singolo tasto, indicherà il parametro che si starà visualizzando. Si può cambiare inoltre il tipo di visualizzazione: per esempio il modulo di S11 e S22 viene visualizzato sulla carta di Smith, mentre S12 e S21 sono visualizzati col modulo e fase in scala logaritmica. Se si vuole cambiare visualizzazione si va in GRAF TYPE e si sceglie la modalità desiderata. Nella visualizzazione di un parametro, supponendo di voler visualizzata solo l'ampiezza, si vede scorrere un cursore, il quale non fa altro che scandire il valore di quel parametro alle varie frequenze. Non si ferma mai e continua sempre la misura finché l'analizzatore rimane acceso. In pratica questo analizzatore misura sempre.

Praticamente questo analizzatore serve per determinare i parametri S e per misurarli dobbiamo alimentare ad una porta ma non dobbiamo alimentare contemporaneamente l'altra porta. Sotto il display e fra le due porte vi è uno schema stilizzato con due led che lampeggiano alternativamente indicando quale delle due porte in quel momento è alimentata. Infatti se visualizziamo il parametro S12 l'analizzatore non perde tempo ad alimentare la porta uno ma alimenta solo ed esclusivamente alla porta due. Quando invece si visualizzano quattro canali alimenta alternativamente le due porte. Bisogna fare attenzione però alla visualizzazione della curva sul display in quanto potrebbe esserci una scala non adeguata. In tal caso si preme il pulsante AUTOSCALE. Potremo però non essere contenti del tipo di visualizzazione in quanto il riferimento del grafico potrebbe essere ad un punto che non ci consente una facile lettura del grafico. In tal caso è possibile cambiare questo riferimento in modo premendo il pulsante SET SCALE dove possiamo cambiare la scala e quindi la risoluzione è il riferimento.

Può capitare a volte di dover fare una misura in un intervallo abbastanza ristretto di frequenze. In tal caso per avere una buona visualizzazione di quanto misurato bisogna, per forza di cose fare uno zoom sul grafico, però se tale zoom è troppo spinto, potremmo osservare del rumore sovrapposto al grafico. Ovviamente questa non è una cosa che non ci piace e quindi potremo sfruttare il fatto che la media dell'errore è nulla e quindi possiamo fare una media. Per far questo bisogna andare nel menù ENANCEMENT in cui vi è l'ulteriore menù EVERAGE SMUT MENU dove bisogna indicare il numero di punti su cui fare la media (50 per esempio). Si noterà un notevole miglioramento del grafico.

Se una curva visualizzata è "sporca", ma non a causa del rumore, di sicuro abbiamo sbagliato qualcosa nella misura, oppure il dispositivo non funziona bene. Potremmo avere una curva, che dovrebbe rispecchiare un certo adattamento mentre invece ne troviamo un'altra che è diversa da quella che ci aspettiamo e questo potrebbe essere benissimo imputato al fatto di aver sbagliato la misura oppure ad un errore di avvistamento, oppure al fatto che la calibrazione non è più valida. In tal caso potremmo usare un'altro tasto SMUT per smussare la curva inserendo una percentuale di smuting. Avremo così sullo schermo una buona visione della curva.

Quando si fa una misura, il grafico sullo schermo è buona norma corredarlo di punti di riferimento con delle lable, che ci consentono di interpretare ciò che leggiamo. In una situazione in cui il grafico varia di continuo, si deve fare una "fotografia" della videata in modo da avere una curva stabile. Ovviamente in tal caso nessuna curva è buona. Premendo il tasto HOLD, l'analizzatore blocca le operazioni di misura e conserva i dati relativi all'ultima misura, che verranno conservati fino al suo spegnimento. Normalmente le informazioni minime che bisogna dare quando si va a caratterizzare un dispositivo è la riflessione peggiore possibile. Questo

perchè un dispositivo si definisce adattato quando la riflessione è nulla, ma in pratica però questa condizione non si verifica mai. Infatti normalmente quando diciamo che un dispositivo "è adattato", vuol dire che comunque si ha un buon adattamento. Ovviamente il "buon adattamento" dipende dall'applicazione: possono esserci applicazioni dove il buon adattamento è -30dB oppure -40dB. Per forza di cose quindi siamo costretti a darci un limite per ritenere che l'adattamento sia un buon adattamento e lo definiamo tale se siamo al di sotto di -22dB come limite. In termini di ROS possiamo dire che si ha ancora un buon adattamento quando siamo al di sotto di 1,4.

Se un dispositivo in una banda non rispecchia queste caratteristiche, allora in tale banda tale dispositivo non sarà adattato. Però è possibile che sia adattato in tante altre sotto-bande e proprio per questo si riporta il caso peggiore, soprattutto se si vuole fare una caratterizzazione su tutta la banda. Per quanto riguarda la trasmissione ci interessano l'ampiezza al max e al minimo della trasmissione per capire qual'è l'escursione massima. A volte si può essere interessati alla fase per vedere se il dispositivo è non distorcente in fase.

Per quanto riguarda la trasmissione si è interessati all'ampiezza e al relativo massimo e minimo ovvero l'escursione massima. Se si è misuriamo S11 si può prendere un MARKER e posizionarlo sul massimo e si può salvare la misura in modo da poterla studiare in un secondo momento. I marker li posso utilizzare anche per segnalare i punti di minimo riuscendo così assieme ai punti di massimo a caratterizzare completamente la figura. Poi ovviamente tutto dipende dalla misura che si vuole fare e da ciò che è stato richiesto di misurare. Il posizionamento del marker lo si fa selezionando REDOUT MARKER e qui, proprio nel menù dell'analizzatore possiamo scegliere di posizionarlo sul minimo oppure sul massimo oppure ad una determinata frequenza se ci interessa conoscere il valore della curva in un determinato punto, muovendo semplicemente la rotellina vicino al tastierino numerico. Una volta che la figura l'abbiamo caratterizzata la possiamo anche salvarla come un'immagine BMP, oppure salvare in un file dati con tutte le informazioni relative. Come si vede cioè una driver per un floppy disk.

La calibrazione

Per fare la misura serve la calibrazione dello strumento o meglio la verifica del circuito di misura. Il circuito di misura è però funzione del dispositivo da misurare. Per questo dobbiamo definire prima il dispositivo da misurare, poi di conseguenza definiamo circuito di misura e in conclusione facciamo la calibrazione. Per fare la calibrazione la prima cosa da stabilire è il kit di calibrazione che si ha a disposizione. Vedi figura accanto. Dobbiamo

subito dire che in questa misura avremo a che fare con due tipi di terminazioni: tipo N e tipo SMA. La terminazione piccola è l'SMA mentre la terminazione grande è di tipo N. Il kit di calibrazione è di tipo SMA e tale kit comprende circuito aperto, cortocircuito, carico adattato, ed ognuno di questi tipi di carico ha terminazione sia maschio che femmina proprio per consentirci di collegare questi dispositivi ai cavi che saranno collegati tramite opportuni adattatori all'analizzatore di reti. Ovviamente sono comprese le transizioni dalla tipo N. al tipo di SMA e viceversa. Molto importante è avvitare bene per poter effettuare una buona calibrazione dello strumento. Quando si procede ad avvitare le anime dei due conduttori si

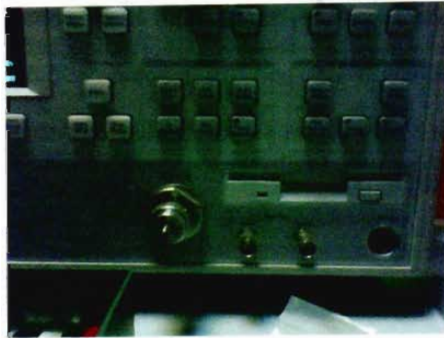
devono toccare altrimenti non si realizza il contatto. Se non toccano non si è realizzata la continuità e questo in termini elettrotecnici significa che non passa corrente mentre in termini elettromagnetici questo problema genera delle discontinuità e può addirittura generare delle risonanze locali e questo è un problema davvero enorme. Se invece il contatto avviene troppo forte succede che i conduttori si deformano e si genera lo stesso situazione di discontinuità. In linea di principio tutte queste

connessioni dovremo toccarle con i guanti perché anche il sudore contribuisce a far variare il risultato della misura. In questo kit sono presenti vari dispositivi che noi non utilizzeremo. Sul floppy presente in questo kit sono memorizzate le singole non idealità dei singoli carichi. Infatti questi carichi non sono ideali e questo significa che per esempio il carico a 50 Ohm non è esattamente un carico a 50 Ohm, ma avrà una sua parte reattiva e in questo dischetto è proprio scritto a quanto ammonta. Durante la fase di calibrazione c'è una fase in cui l'analizzatore ci chiede se il kit che useremo coincidere con quello che l'analizzatore si immagina useremo. Noi però durante la fase di calibrazione non dobbiamo tenerne conto in quanto il kit a disposizione quello e basta. A questo punto si può passare alla misura del dispositivo (vedi figura di fianco). E' un attenuatore variabile (al massimo a -11 dB) con due connessioni di tipo N femmina. Come si può notare le porte sono due e sono ortogonali tra loro è quindi non si accoppiano per nulla. Le porte sono due e quindi la misura da fare è una sola; se le porte fossero state più di due avremmo dovuto fare altre misure misurando due porte per volta chiudendo le altre su un carico adattato rispettando così la definizione dei parametri S. Il problema è che qui le terminazione sono di tipo N e quindi il circuito di misura dovrebbe terminare con due terminazioni di tipo N maschio. Serviranno quindi delle transizioni SMA → N. in modo da poter collegare i cavi. Una soluzione possibile sarebbe quella di inserire delle transizioni N. SMA ben note che devono essere ovviamente compensate. Questo dispositivo da misurare non richiede una misura con una precisione maggiore di -30 dB. Introducendo quindi queste transizioni, che modificano le porte di questo dispositivo, la garanzia deve essere quella che le transizioni non introducano una variazione significativa del comportamento. Noi sappiamo però che questi adattatori introducono una riflessione inferiore a -30 dB, che in generale è ottima, e per quanto riguarda la trasmissione non devono



attenuare il segnale. A fronte di queste piccole approssimazioni ci conviene cambiare le terminazione di questo dispositivo cambiandone la natura delle porte. In pratica questo metodo è quello che introduce il minor numero di errori possibili. Ovviamente se avessimo avuto un kit di tipo N, non avremmo mai fatto uso di queste transizioni. Il vantaggio che si potrebbe avere con le connessioni di tipo N rispetto alle connessioni di tipo SMA è che con le prime sono in grado di supportare una potenza maggiore. I cavi che utilizziamo sono dei cavi flessibili di buona qualità.

Ovviamente per la misura si può scegliere se usare connessioni di tipo maschio oppure connessioni di tipo femmina. Però dobbiamo ricordarci che nelle misure di calibrazione è prevista una misura di TRUE LINE, ovvero un collegamento diretto fra le due porte dell'analizzatore di reti. Questa misura si potrebbe fare introducendo una tratto di linea (di lunghezza ben nota) fra i due cavi, però la cosa migliore è collegare direttamente i due cavi in quanto non richiede la conoscenza perfetta del tratto di linea. Proprio per questo conviene avere una connessione di tipo maschio su di un cavo mentre sull'altro una connessione di tipo femmina. È molto importante ricordare che nella fase di avvitamento bisogna far ruotare solo il dado (ovvero la parte esterna) della connessione SMA senza far ruotare assolutamente l'anima del cavo o del carico che sia, in quanto potrebbe danneggiarsi (e sono guai se il professore se ne accorge: in pratica vi giocate l'esame). Le porte dell'analizzatore di reti sono di tipo SMA maschio. Il problema è che per fare la misura perfetta si ha bisogno di avere i cavi in maniera rettilinea mentre noi vista la lunghezza dei cavi dobbiamo arrotolarli e cerchiamo di descrivere dei cerchi facendo le curve più larghe possibili. Ovviamente



bisogna concedere all'estremità dei cavi di potersi muovere mentre il resto del cavo deve essere ben fissato al tavolo con del nastro adesivo. Questo perché il cavo è la parte più debole della fase di calibrazione in quanto è proprio la parte mobile, però una volta che si è fissata la curvatura dello stesso, l'errore che introduce tale curvatura sarà compensato dalla calibrazione, mentre se dovesse muoversi a calibrazione completata dovremmo ricompensare gli errori introdotti dal nuovo circuito di misura.

Normalmente quando le misure non riescono in maniera perfetta, il problema principale è quello di non aver avvitato in maniera corretta i cavi. Bisogna fare attenzione ad avvitare in modo da non danneggiare la filettatura ma soprattutto l'anima del cavo stesso. Per la calibrazione, come detto prima, si deve fare in modo di avere su di un cavo la terminazione maschio e sull'altra la terminazione femmina in modo da poter effettuare la misura di TRUE collegando direttamente i cavi. I cavi che però utilizzeremo in laboratorio hanno delle terminazioni maschio e quindi è necessaria una transizione femmina-femmina. E' molto importante stare attenti a svitare i carichi di test su questa transizione femmina-femmina, perché se disgraziatamente dovesse svitarsi mentre svitiamo uno dei carichi di test, dobbiamo per forza di cose ricominciare la calibrazione da capo, in quanto il circuito è stato cambiato. A questo punto siamo pronti per cominciare la calibrazione.

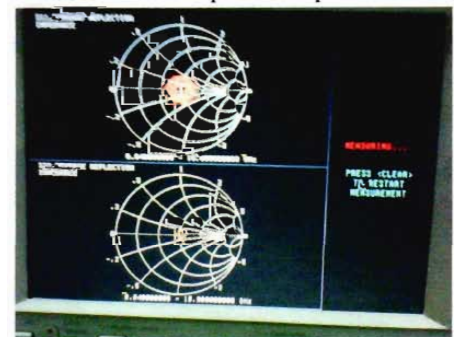
Si comincia premendo il tasto BEGIN CALIBRATION. La maggior parte delle cose che diremo di seguito non dovremo farle in laboratorio in quanto per default, sono già impostate come serve a noi. Inizialmente, l'analizzatore ci chiede se si vuole caricare dei dati già esistenti e a noi questa voce non interessa.



Dobbiamo selezionare il metodo di misura che nel nostro caso è il SOLT. Il tipo di linee di trasmissione utilizzata è il cavo coassiale ed è già impostato di default mentre si può scegliere anche guida d'onda e micro-striscia. Andando avanti nella fase di calibrazione, dobbiamo scegliere di effettuare le 12 misure già commentate a lezione. A questo punto ci chiede se si vuole effettuare anche le



misure di isolamento, ma noi non siamo interessati e in questo modo ci risparmiamo due misure. Successivamente ci verrà chiesto il numero di punti (in frequenza) su cui effettuare la misura. Dobbiamo lasciare l'impostazione NORMAL in modo che l'analizzatore stesso scelga il massimo dei punti equispaziati. Adesso compare il menù in cui ci sono le frequenze di partenze e di arrivo che devono essere scelte in base alle frequenze di utilizzo del dispositivo da analizzare. Nel nostro caso l'attenuatore in esame è utilizzabile fino a 18 GHz e quindi l'analizzatore di reti dovrà essere impostato, per effettuare la calibrazione, dalla sua frequenza più bassa fino a questi 18 GHz. È facile intuire che il numero di punti in un range così ampio deve essere abbastanza alto, infatti si lascia il valore massimo disponibile dell'analizzatore. Ovviamente questo numero di punti inciderà sulla velocità di calcolo. A questo punto dobbiamo definire le porte presenti alla fine dei singoli cavi sia per la porta 1 che per la porta 2 ovvero, dobbiamo definire chi è l'SMA maschio e chi è l'SMA femmina. Le altre voci di questo menù in cui abbiamo cambiato questi parametri non ci servono: vanno bene le impostazioni di default. A questo punto l'analizzatore comincia a chiederci i vari carichi di test e dobbiamo inserirli mano mano che ce li chiede. Come primo carico di test ci chiede di montare ad ambedue le porte il carico adattato a 50 Ohm. Finito di avvitare i carichi si può avviare la fase di misura. Sullo schermo compariranno due carte di Smith, 1 per il parametro S11 e l'altra per il parametro S22. Si può notare che man mano che l'analizzatore fa le misure, e quindi all'aumentare della frequenza, il cerchio sulla carta di Smith tende ad allargarsi. Ciò sta ad indicare che l'adattamento non c'è alle



varie frequenze. Se ci fosse l'adattamento come si deve, sulla carta di Smith dovremo vedere semplicemente un punto. Di seguito l'analizzatore ci chiederà gli altri carichi di test fino a completare la fase di calibrazione. A questo punto si prosegue collegando il nostro attenuatore utilizzando le transizioni da SMA ad N. Appena collegato possiamo vedere i parametri di riflessione del dispositivo. Ci portiamo sul massimo del parametro S11 e vediamo che è di -11 dB e questo significa che non è adattato. D'altronde non è detto che un'attenuazione sia adattata. Per quanto riguarda S22, il massimo è sempre intorno ai -11 dB, e questo dimostra che il dispositivo è simmetrico. Passiamo ora ai parametri di trasmissione. Il Data Sheet dell'attenuatore ci dice che l'attenuazione nominale è di 0 dB però, all'aumentare della frequenza c'è una riduzione della trasmissione che può arrivare fino ad un massimo di 2dB al di sotto dell'attenuazione nominale. Vedendo il comportamento alle basse frequenze ci rendiamo conto che in effetti ci fa passare tutto e l'attenuazione è molto molto piccola e quindi le specifiche sono rispettate. Spostandoci alla massima frequenza del dispositivo troviamo che l'attenuazione è di -1,7 dB, ed è esattamente in linea con quanto appena detto. Introducendo ora un'attenuazione di 6 dB la curva crolla. Dobbiamo vedere se rispetta ancora le specifiche: il massimo è esattamente a -6 dB come da specifica così come per il minimo perché troviamo -7,6 dB .

Andando a vedere la riflessione sempre in questo caso di attenuazione a 6 dB, abbiamo -11,5 dB che in pratica corrisponde alla -11 dB visto prima. Andando a vedere l'altro parametro di trasmissione possiamo valutare che il dispositivo è reciproco in quanto l'andamento della curva visualizzata è molto molto simile al parametro di trasmissione già visualizzato.

Per far vedere quanto la calibrazione sia importante, possiamo "spegnere" la calibrazione e vedere la differenza con le misure effettuate avendo precedentemente eseguito la calibrazione. Si troveranno tranquillamente misura completamente sballate e potremmo anche trovare che tale attenuatore generi potenza cosa ovviamente assurda. Con questo si comprende pienamente l'importanza della calibrazione e la grandezza dell'errore che si può commettere non facendola.

con il cronometro
 $S > 10$ dB



...in questo caso...
 ...la misura...
 ...il numero di punti...
 ...il valore massimo...
 ...la media...
 ...il numero di punti...
 ...il valore massimo...
 ...la media...