



MINISTERO DELLO SVILUPPO ECONOMICO
DIREZIONE GENERALE PER LA TUTELA DELLA PROPRIETA' INDUSTRIALE
UFFICIO ITALIANO BREVETTI E MARCHI

UTBM

DOMANDA NUMERO	101990900132250
Data Deposito	20/07/1990
Data Pubblicazione	20/01/1992

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
H	03	K		

Titolo

SINTETIZZATORE DI FREQUENZA A MICROONDE MULTIANELLO A BASSO RUMORE DI FASE.

20 LUG. 1990

2099 5A/90

Siemens Telecomunicazioni S.p.A.

DESCRIZIONE

La presente invenzione concerne un sintetizzatore di frequenza a microonde multianello a basso rumore di fase, particolarmente adatto come oscillatore locale nei sistemi di trasmissione a bassa capacità.

Nei sistemi di trasmissione a microonde, particolarmente quelli a bassa capacità, gli oscillatori locali devono avere basso rumore di fase, essere stabili in temperatura e protetti contro salti di frequenza causati ad esempio da sollecitazioni meccaniche, per ovviare ad inconvenienti quali perdita di sincronismo dei demodulatori e degrado del tasso di errore BER (Bit Error Rate).

Inoltre nei sistemi di trasmissione a bassa capacità la banda di canalizzazione è piccola nei confronti della frequenza di portante e così pure il passo di canalizzazione, cioè la distanza tra i canali: quindi la frequenza dell'oscillatore locale deve essere sintetizzata a passi fini e deve essere molto stabile.

Sono noti diversi tipi di sintetizzatori di frequenza.

Un primo tipo di sintetizzatori ad anello singolo con oscillatore controllato in tensione VCO (Voltage Controlled Oscillator) a microonde, anche se in grado di sintetizzare la frequenza di oscillazione a passi fini, presenta in realtà un elevato rumore di fase vicino alla portante ed è rischioso per

la possibile insorgenza di salti di frequenza.

Un secondo tipo di sintetizzatori comprende un oscillatore a microonde a risonatore dielettrico DRO (Dielectric Resonator Oscillator), che, pur costituendo un'ottima sorgente per quanto concerne il rumore di fase ed i salti di frequenza, ha però l'inconveniente di generare una frequenza che non può essere variata per sintetizzazione che per pochi MHz, pena la perdita di queste sue ottime caratteristiche di rumore di fase e di stabilità.

Sono già note diverse strutture di sintetizzatori di frequenza del tipo multianello, che teoricamente potrebbero risolvere tutti i problemi su esposti; dette strutture però sono generalmente molto complesse e soprattutto costose.

Ad esempio un tipo noto di sintetizzatori multianello a microonde prevede l'aggancio della frequenza di oscillatore tramite un dispositivo rivelatore di fase a campionamento SPD (Sampling Phase Detector) che è molto flessibile, ma presenta l'inconveniente di richiedere che la frequenza di riferimento, di valore basso (es. 100 MHz), abbia un rumore di fase pure molto basso, poichè il rumore di fase alla frequenza voluta a microonde (dell'ordine di 5-10 GHz) risulta poi peggiorato proporzionalmente al rapporto con detta frequenza di riferimento. Il problema diventa quindi quello di un eccessivo incremento della complessità e del costo del sintetizzatore dovuto alla necessità di ottenere caratteristiche di rumore di

fase troppo stringenti.

Pertanto scopo della presente invenzione è quello di superare gli inconvenienti suddetti e di indicare un sintetizzatore di frequenza a microonde multianello a basso costo, poco ingombrante, a basso rumore di fase, ad alta immunità contro i salti di frequenza, particolarmente adatto come oscillatore locale nei sistemi di trasmissione a bassa capacità.

Il sintetizzatore comprende essenzialmente un anello sintetizzatore di frequenza a microonde, un anello sintetizzatore di frequenza programmabile a passo largo, ed un anello sintetizzatore di frequenza programmabile a passo fine, realizzati ed interconnessi in modo particolarmente efficiente.

Per conseguire tali scopi la presente invenzione ha per oggetto un sintetizzatore di frequenza a microonde multianello a basso rumore di fase, come descritto nella rivendicazione 1.

Ulteriori scopi e vantaggi della presente invenzione risulteranno chiari dalla descrizione particolareggiata che segue di un esempio di realizzazione della stessa dato a puro titolo esplicativo e non limitativo, in riferimento ai disegni annessi in cui:

- la fig. 1 mostra lo schema a blocchi circuitali del sintetizzatore di frequenza multianello oggetto dell'invenzione;
- le figg. 2 e 3 mostrano diagrammi di andamento del rumore

di fase con lo scostamento di frequenza dalla portante, in alcuni blocchi del sintetizzatore.

Con riferimento alla fig. 1, il sintetizzatore comprende essenzialmente un anello sintetizzatore di frequenza a microonde, costituito dai blocchi racchiusi nella linea tratteggiata 1, un anello sintetizzatore di frequenza programmabile a passo largo, costituito dai blocchi racchiusi nella linea tratteggiata 2, ed un anello sintetizzatore di frequenza programmabile a passo fine, costituito dai blocchi racchiusi nella linea tratteggiata 3 e da un oscillatore equivalente degli anelli 1 e 2 visto ai punti B e D.

L'anello 1 è costituito dai blocchi circuitali descritti qui di seguito.

Con VC01 è indicato un oscillatore a microonde controllato in tensione, con frequenza di uscita di circa 3,6 GHz, banda di circa 100 MHz e fattore di merito $Q \approx 50$, realizzato in modo noto, ad esempio con un transistor bipolare per microonde e diodo varactor, che controlla la frequenza di oscillazione, su substrato di allumina.

Con DV1 è indicato un divisore per 16 della frequenza di uscita di VC01, che riceve tramite, ad esempio, un accoppiatore direzionale a microstriscia A di tipo noto. Data l'alta frequenza d'ingresso, DV1 è costituito dalla cascata di due divisori per quattro, di cui quello ad alta frequenza è ad esempio realizzato con il componente AVANTEK® IFD-50010.

Con MIX è indicato un comune mescolatore delle frequenze dell'uscita B di DV1 (circa 225 MHz) e di un normale oscillatore al quarzo XOSC a 220 MHz.

L'uscita di MIX, ad una frequenza di circa 5 MHz, entra in un ingresso di un normale comparatore di fase CF1, al cui secondo ingresso è portata l'uscita C dell'anello secondario 2, anch'essa a frequenza di circa 5 MHz.

L'uscita di CF1 è portata ad un normale filtro d'anello FA1 del second'ordine con frequenza di taglio di circa 50 KHz, che pilota il diodo varactor dell'oscillatore a microonde VCO1.

L'anello 2, che svolge la funzione di sintetizzatore di frequenza programmabile a passo largo (1 MHz), è costituito dai seguenti blocchi circuitali.

Con VCO2 è indicato un oscillatore nella gamma 60-120 MHz controllato in tensione, costituito da un normale oscillatore VHF a componenti LC e transistori bipolari BJT, a basso fattore di merito $Q \approx 10$.

Con DVP2 è indicato un normale divisore programmabile che divide la frequenza di uscita di VCO2 per un numero N2 impostabile dall'esterno e variabile da 60 a 120 circa, ottenendo all'uscita una frequenza di circa 1 MHz.

Con VCPO2 è indicato un oscillatore piezoelettrico controllato in tensione a frequenza nominale di 8 MHz, realizzato in modo normale con un transistor bipolare, un diodo varactor di controllo della frequenza di oscillazione, ed

una cavità risonante piezoelettrica, con caratteristiche di fattore di merito $Q \approx 1000$ e di trascinamento di frequenza di ± 100 KHz.

La frequenza di uscita di VCPO2 è divisa per 8 da un normale divisore DV2.

Un comune comparatore di fase CF2 confronta le fasi dei segnali d'uscita dei divisori DVP2 e DV2, e fornisce un segnale di errore di fase ad un normale filtro d'anello FA2 del second'ordine, con frequenza di taglio di circa 50 KHz, che pilota il diodo varactor dell'oscillatore VCO2.

La frequenza d'uscita di VCO2 viene divisa per 16 in un normale divisore DV3 la cui uscita C è applicata ad un ingresso del comparatore di fase CF1.

Con frequenza di uscita di VCPO2 nominale di 8 MHz, e cioè frequenza d'uscita di DV2 di 1 MHz, programmando DVP2 si ottengono passi di 1 MHz all'uscita di VCO2, e quindi passi di 1/16 MHz all'uscita di DV3. Poichè la frequenza di uscita di VCO1 è pure divisa per 16 da DV1, ne risulta un passo di sintesi dell'anello 1, se controllato dalla programmazione del solo anello 2, di 1 MHz all'uscita di VCO1. L'anello 2 controlla quindi la generazione di passi di sintesi larghi 1 MHz, ed inoltre determina la larghezza di banda del sintetizzatore, fissata dalla banda dell'oscillatore VCO2 (circa 60 MHz).

L'anello 3 svolge la funzione di sintetizzatore di

frequenza programmabile a passo fine a microonde, ed è costituito dai seguenti blocchi circuitali.

Con DVP3 è indicato un normale divisore programmabile, che divide la frequenza di uscita del divisore DV1 per un numero N3 impostabile dall'esterno e variabile, in modo da ottenere passi di sintesi fine di circa 3,9 kHz nel punto B, che, per la presenza del moltiplicatore per 16 DV1, danno origine a passi di 62,5 kHz all'uscita dell'oscillatore VCO1 (pari alla distanza tra le portanti dei canali del sistema di trasmissione a bassa capacità).

Con TCXO è indicato un oscillatore ad una frequenza di riferimento di 8 MHz, realizzato in modo noto tramite un oscillatore a quarzo e diodo varactor di controllo della frequenza di oscillazione comandato da una rete di compensazione di temperatura tale da garantire una stabilità di ± 2 p.p.m. tra -40 °C e $+80$ °C.

TCXO determina il comportamento di tutto il sintetizzatore in oggetto nei riguardi della temperatura e dell'invecchiamento.

Un normale divisore DV4 divide per 2048 la frequenza d'uscita di TCXO ed alimenta un primo ingresso di un comparatore di fase CF3 al cui secondo ingresso è portata l'uscita del divisore DVP3.

Un normale filtro d'anello FA3, a frequenza di taglio bassa di 100 Hz, riceve l'uscita di CF3 e genera un segnale di

controllo D per il diodo varactor dell'oscillatore VCPO2.

Il circuito dell'anello 3 vede tra i punti B e D un oscillatore equivalente la cui frequenza è quella dell'uscita di DV1, e cioè data dall'oscillazione a microonde di VCO1, divisa per 16 da DV1 e programmata a passo largo dall'anello 2 ed a passo fine dall'anello 3 stesso.

L'anello 3 determina quindi il passo di sintesi fine del sintetizzatore a microonde (62,5 kHz), ed inoltre compensa le varie derive (in temperatura, a lungo termine) .

Consideriamo ora il comportamento del sintetizzatore nei riguardi del rumore di fase, in riferimento alle figg. 2 e 3 che mostrano l'andamento del rumore di fase in funzione dello scostamento di frequenza dalla portante, per alcuni componenti.

Generalmente si può vedere dalle figure che il rumore di fase diminuisce all'aumentare dello scostamento di frequenza. Supponiamo di voler ottenere un valore di rumore di fase $P_{Nu} \leq -100$ dBc/Hz allo scostamento di frequenza di 1 kHz dalla portante, all'uscita a microonde U del sintetizzatore, caratteristica considerabile come buona.

Ciò significa che all'uscita di DV1, al punto B (fig. 1), si dovrà avere almeno un rumore di fase $P_{Nb} \leq -124 - P_{Nu} - 20 \log 16$ dBc/Hz, cioè un rumore di fase diminuito del fattore di divisione di DV1.

L'oscillatore VCPO2 introduce un rumore di fase $P_{Nv} < -130$ dBc/Hz che viene diminuito passando attraverso il

divisore DV2, ottenendo all'ingresso di CF2 un rumore di fase $PN_{v1} < PN_v - 20 \log 8 = -148 \text{ dBc/Hz}$. Inoltre la frequenza di taglio molto bassa del filtro FA3 fa sì che sul segnale di controllo di VCPO2 nel punto D non vi sia contributo apprezzabile di rumore di fase generato dalla parte dell'anello 3 compresa tra i punti B e D. E' quindi trascurabile l'entità di rumore di fase presente all'uscita di DV2.

L'oscillatore XOSC introduce un rumore di fase $PN_x < -130 \text{ dBc/Hz}$, mentre il contributo del mescolatore MIX e del filtro d'anello FA1 è $PN_{mf} < -140 \text{ dBc/Hz}$. Poichè detti contributi al rumore di fase sono di entità minore del valore voluto, diventa determinante il comportamento dell'anello 2, e quindi dell'oscillatore VCO2, la cui curva di rumore di fase è mostrata in fig. 2 nei due casi, evidenziati in linee continue, di anello aperto VCO2pna e di anello 2 chiuso VCO2pnc. L'andamento ad anello chiuso segue, agli scostamenti di frequenza più bassi, quello della linea tratteggiata PN2c, relativo al rumore di fase proveniente dal ramo in retroazione comprendente il divisore DVP2, ed agli scostamenti di frequenza più alti l'andamento ad anello aperto.

La presenza del divisore DV3 fa diminuire di 24 dB il rumore alla sua uscita, nel punto C, evidenziato dall'andamento della curva PNB, rispetto a quello presente al suo ingresso (curva VCO2pnc). La curva PNB rappresenta anche il rumore di fase presente nel punto B, poichè come già detto è trascurabile

il contributo al rumore degli altri componenti, ed è proprio ciò che si voleva ottenere. PN_b presenta il valore di -124 dBc/Hz ad 1 kHz di scostamento di frequenza. Infatti si può facilmente notare che il rumore di fase di VCO2, nel percorso verso il punto U, è come se venisse diviso in DV3 e poi moltiplicato in DV1 per la stessa entità (16), ottenendo quindi che la curva di rumore di fase di VCO2 viene trasferita al punto U. Questo comportamento è anche verificato sperimentalmente, come appare in fig. 3, in cui è mostrato, in linea continua, l'andamento del rumore di fase all'uscita U nei due casi, evidenziati in linee continue, di anello 1 aperto PN_{ua} e di anello 1 chiuso PN_{uc} . Si può notare che la curva PN_{uc} è equivalente alla curva tratteggiata di fig. 3 PN_{ub} che riporta all'ingresso del divisore DV1 il rumore di fase PN_b presente alla sua uscita.

Il comportamento nei confronti del rumore di fase del sintetizzatore è quindi determinato da VCO2.

Per quanto concerne il comportamento del sintetizzatore nei confronti dei salti di frequenza, si può dire quanto segue. Detti salti sono determinati essenzialmente da sollecitazioni meccaniche sugli oscillatori, provocate dall'esterno, che si traducono in corrispondenti variazioni della frequenza, attorno al valore nominale, che vengono smorzate in funzione del guadagno d'anello relativo. Nel nostro caso l'anello 1 è del second'ordine ed il guadagno d'anello presenta uno zero a circa

50 kHz di scostamento dalla frequenza di portante, consentendo quindi di smorzare tutti i disturbi al di sotto di detta frequenza di taglio.

Gli oscillatori XOSC e VCPO2 sono inoltre montati in un contenitore metallico ammortizzato meccanicamente.

Dalla descrizione effettuata risultano evidenti i vantaggi ottenuti con la presente invenzione, soprattutto in termini di basso costo, dovuto all'utilizzo di componentistica e tecnologia normali, ed in termini di piccole dimensioni, dovute all'utilizzo di pochi componenti, con contemporaneo ottenimento di buone caratteristiche di rumore di fase, di compressione dei salti di frequenza, e di sintesi fine della frequenza di oscillazione.

RIVENDICAZIONI

1. Sintetizzatore di frequenza a microonde multianello, in cui ogni anello comprende almeno un comparatore di fase, un filtro di anello ed un oscillatore controllato in tensione disposti in cascata, caratterizzato da ciò che comprende:

- un primo anello (1), sintetizzatore di frequenza a microonde, comprendente inoltre primi e secondi mezzi di divisione di frequenza posti in cascata tra l'oscillatore controllato in tensione (VCO1), del tipo a microonde, ed il comparatore di fase (CF1) di detto primo anello;
- un secondo anello (2), sintetizzatore di frequenza programmabile a passo largo, che comprende un generatore di

50 kHz di scostamento dalla frequenza di portante, consentendo quindi di smorzare tutti i disturbi al di sotto di detta frequenza di taglio.

Gli oscillatori XOSC e VCPO2 sono inoltre montati in un contenitore metallico ammortizzato meccanicamente.

Dalla descrizione effettuata risultano evidenti i vantaggi ottenuti con la presente invenzione, soprattutto in termini di basso costo, dovuto all'utilizzo di componentistica e tecnologia normali, ed in termini di piccole dimensioni, dovute all'utilizzo di pochi componenti, con contemporaneo ottenimento di buone caratteristiche di rumore di fase, di compressione dei salti di frequenza, e di sintesi fine della frequenza di oscillazione.

RIVENDICAZIONI

1. Sintetizzatore di frequenza a microonde multianello, in cui ogni anello comprende almeno un comparatore di fase, un filtro di anello ed un oscillatore controllato in tensione disposti in cascata, caratterizzato da ciò che comprende:

- un primo anello (1), sintetizzatore di frequenza a microonde, comprendente inoltre primi e secondi mezzi di divisione di frequenza posti in cascata tra l'oscillatore controllato in tensione (VCO1), del tipo a microonde, ed il comparatore di fase (CF1) di detto primo anello;
- un secondo anello (2), sintetizzatore di frequenza programmabile a passo largo, che comprende un generatore di

frequenza di riferimento variabile (VCPO2) applicato ad un ingresso del comparatore di fase (CF2) di detto secondo anello, e che alimenta un secondo ingresso del comparatore di fase (CF1) del primo anello (1);

- un terzo anello (3), sintetizzatore di frequenza a microonde programmabile a passo fine, il cui oscillatore controllato in tensione è un equivalente visto tra l'uscita dei primi mezzi di divisione del primo anello e un ingresso di controllo di detto generatore di frequenza di riferimento variabile (VCPO2) del secondo anello.

2. Sintetizzatore di frequenza a microonde multianello come nella rivendicazione 1, caratterizzato da ciò che in detto primo anello (1) detti primi mezzi di divisione di frequenza sono costituiti da un primo divisore (DV1) della frequenza di uscita del relativo oscillatore controllato in tensione (VC01), e detti secondi mezzi di divisione di frequenza sono costituiti da un primo oscillatore di riferimento (XOSC) e da un mescolatore (MIX) delle frequenze di uscita del primo divisore e del primo oscillatore di riferimento.

3. Sintetizzatore di frequenza a microonde multianello come nella rivendicazione 1, caratterizzato da ciò che detto secondo anello (2) comprende un secondo divisore (DV2) della frequenza di detto generatore di riferimento variabile (VCPO2), che alimenta detto ingresso del relativo comparatore di fase (CF2), un primo divisore programmabile (DVP2) della frequenza

di uscita del relativo oscillatore controllato in tensione (VCO2), che alimenta il secondo ingresso del relativo comparatore di fase (CF2), ed un terzo divisore (DV3) della frequenza di detto oscillatore controllato in tensione (VCO2), che alimenta detto secondo ingresso del comparatore di fase del primo anello (1).

4. Sintetizzatore di frequenza a microonde multianello come nella rivendicazione 1, caratterizzato da ciò che detto terzo anello (3) comprende un secondo oscillatore di riferimento (TCXO), la cui frequenza è divisa da un quarto divisore (DV4) che alimenta un ingresso del relativo comparatore di fase (CF3), ed un secondo divisore programmabile (DVP3) della frequenza di uscita dei primi mezzi di divisione del primo anello (1), che alimenta un secondo ingresso di detto comparatore di fase, e da ciò che l'uscita del relativo filtro d'anello (FA3) controlla detto generatore di riferimento variabile (VCP02).

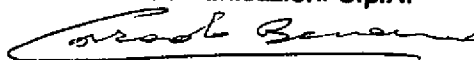
5. Sintetizzatore di frequenza a microonde multianello come nella rivendicazione 3, caratterizzato da ciò che la sua larghezza di banda è determinata dalla banda di frequenze di oscillazione di detto oscillatore controllato in tensione (VCO2) del secondo anello (2), a basso fattore di merito.

6. Sintetizzatore di frequenza a microonde multianello come nelle rivendicazioni 3 o 5, caratterizzato da ciò che detto generatore di riferimento variabile (VCP02) del secondo

anello è costituito da un oscillatore controllato in tensione a cavità risonante piezoelettrica.

7. Sintetizzatore di frequenza a microonde multianello come nella rivendicazione 4, caratterizzato da ciò che la stabilità in temperatura è determinata da detto secondo oscillatore di riferimento (TCXO) del terzo anello (3) che comprende una rete di compensazione di temperatura.

Siemens Telecomunicazioni S.p.A.


(Ing. Corrado Borsano)

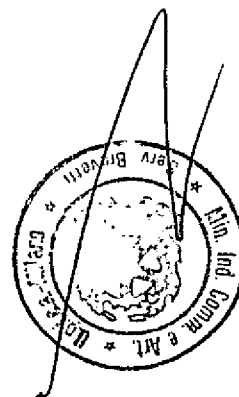




FIG. 3

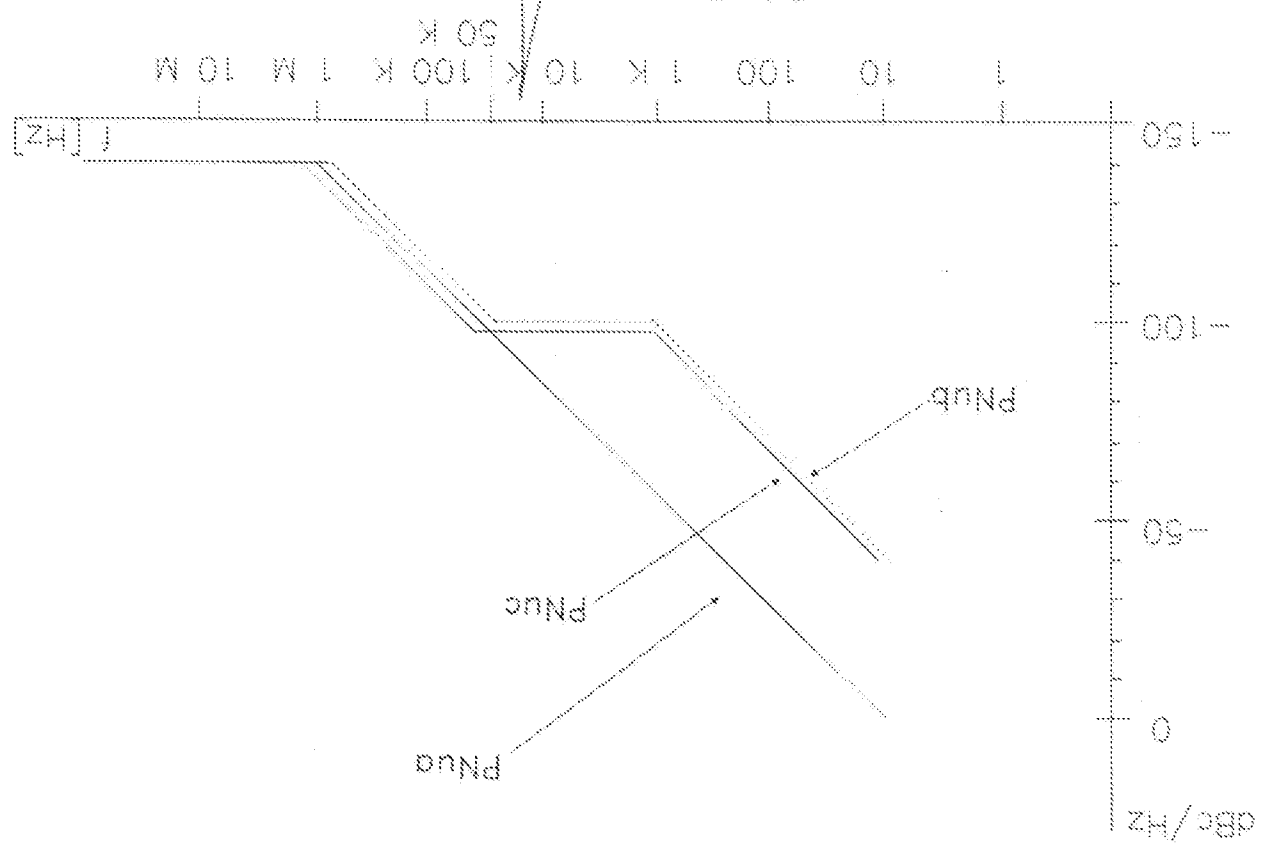
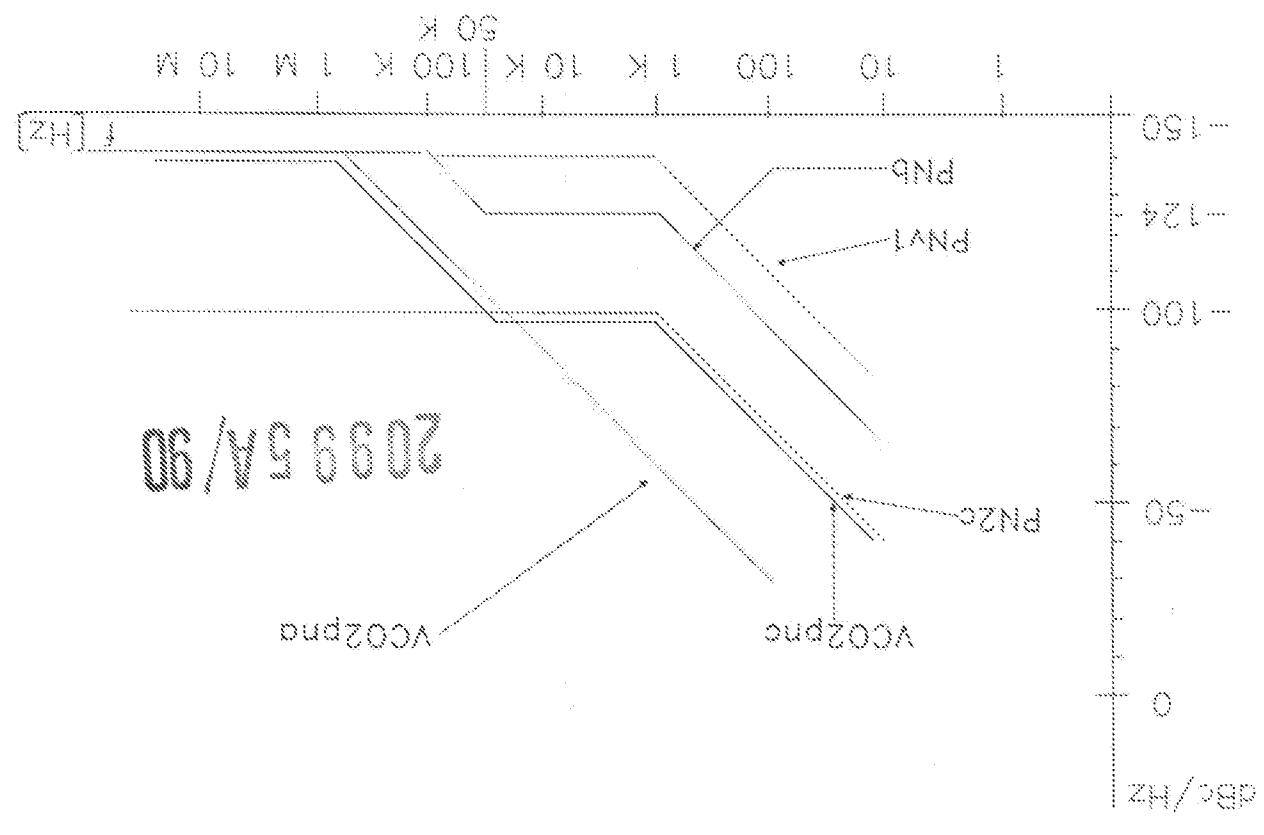


FIG. 2



2099 5A/90