



MINISTERO DELLO SVILUPPO ECONOMICO
DIREZIONE GENERALE PER LA LOTTA ALLA CONTRAFFAZIONE
UFFICIO ITALIANO BREVETTI E MARCHI

| | |
|------------------------------|-----------------|
| DOMANDA DI INVENZIONE NUMERO | 102016000051022 |
| Data Deposito | 18/05/2016 |
| Data Pubblicazione | 18/11/2017 |

Classifiche IPC

| Sezione | Classe | Sottoclasse | Gruppo | Sottogruppo |
|---------|--------|-------------|--------|-------------|
| H | 03 | F | 3 | 60 |

| Sezione | Classe | Sottoclasse | Gruppo | Sottogruppo |
|---------|--------|-------------|--------|-------------|
| H | 03 | F | 3 | 26 |

| Sezione | Classe | Sottoclasse | Gruppo | Sottogruppo |
|---------|--------|-------------|--------|-------------|
| H | 03 | F | 3 | 45 |

| Sezione | Classe | Sottoclasse | Gruppo | Sottogruppo |
|---------|--------|-------------|--------|-------------|
| H | 03 | F | 3 | 21 |

Titolo

| |
|---|
| TRASFORMATORE ATTIVO, APPARECCHIATURA E PROCEDIMENTO CORRISPONDENTI |
|---|

DESCRIZIONE dell'invenzione industriale dal titolo:

"Trasformatore attivo, apparecchiatura e procedimento corrispondenti"

di: STMicroelectronics S.r.l., di nazionalità italiana, via C. Olivetti, 2 - 20864 Agrate Brianza (MB), Italia e Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia, di nazionalità italiana, via Università, 4 - 41121 Modena (MO), Italia

Inventori designati: Luca LARCHER, Andrea PALLOTTA

Depositata il: 18 maggio 2016

TESTO DELLA DESCRIZIONE

Campo tecnico

La descrizione è relativa ai trasformatori attivi.

Una o più forme di attuazione possono trovare impiego in varie applicazioni, quali per es. gli amplificatori di potenza (PA, "Power Amplifier") a radio frequenza (RF).

Gli amplificatori di potenza per l'uso nel mercato dei PA a RF, quali gli amplificatori di potenza a RF basati su CMOS per terminali mobili, per es. nella banda E (E-band, da 81 a 86 GHz) possono essere un esempio di tali applicazioni.

Sfondo tecnologico

Selezionare l'architettura di un amplificatore di potenza può rappresentare un compito complesso, che implica un ragionevole compromesso tra vari fattori, quali per es. l'occupazione di area, l'efficienza, l'affidabilità e la massima potenza di uscita.

I cosiddetti trasformatori attivi distribuiti doppi (DDAT, "Double Distributed Active Transformer") sono stati

proposti per l'uso per es. negli amplificatori di potenza a onde millimetriche.

Nonostante la continua attività in tale area, si avverte ancora l'esigenza di soluzioni migliorate che possano facilitare, per es.:

- fornire una potenza di uscita elevata con una bassa alimentazione, per es. combinando la potenza da una pluralità di stadi attivi,

- superare i vincoli di tensione/corrente dovuti per es. ai problemi di rottura ("breakdown") dei transistori,

- ridurre la complessità di progetto di un PA a RF a frequenza ultra-alta, come eventualmente riferiti al dominio elettromagnetico (EM),

- superare le limitazioni dovute allo spazio occupato dai trasformatori e dagli induttori a spirale.

Scopo e sintesi

Uno scopo di una o più forme di attuazione è di soddisfare una tale esigenza di miglioramento.

Secondo una o più forme di attuazione, tale scopo può essere raggiunto per mezzo di un trasformatore attivo distribuito doppio (DDAT) avente le caratteristiche richiamate nelle rivendicazioni che seguono.

Una o più forme di attuazione possono anche riguardare una corrispondente apparecchiatura: un amplificatore di potenza, ad es. un amplificatore di potenza a RF integrato per l'uso in un terminale mobile, per esempio, può essere un esempio di tale apparecchiatura.

Una o più forme di attuazione possono anche riguardare un corrispondente procedimento.

Le rivendicazioni costituiscono parte integrante della descrizione di una o più forme di attuazione come qui

fornita.

In una o più forme di attuazione, un trasformatore attivo distribuito doppio "lineare" (L-DDAT, Linear Double Distributed Active Transformer) può facilitare, per es.:

- sfruttare le tecnologie basate sul silicio, specialmente per quanto riguarda la capacità di mitigare i problemi di breakdown dei transistori, aumentando così la potenza di uscita fornita,

- semplificare i circuiti di preamplificatore e di amplificatore di potenza a RF e la rispettiva attività di progettazione,

- fornire un'architettura che sia compatta e facile da integrare,

- avere come obiettivo differenti livelli di potenza attraverso un semplice approccio modulare fino alle frequenze delle onde millimetriche,

- ridurre l'area del chip di silicio dell'amplificatore di potenza.

Una o più forme di attuazione possono basarsi su una topologia di combinatore di potenza per motivi quali:

- rendere più semplice ottenere una potenza di uscita elevata alle frequenze delle onde millimetriche combinando le uscite di più piccoli amplificatori di potenza (i cosiddetti "micro" amplificatori di potenza o uPA): ciascuna cella di uPA individuale può essere realizzata con transistori di dimensioni più piccole, che forniscono prestazioni migliorate, per es. in termini di un guadagno stabile più alto e di una più alta frequenza di transizione; inoltre, tali celle possono essere più facilmente adattate per ottenere simultaneamente un alto guadagno (adattamento coniugato) e una elevata potenza di uscita (adattamento di potenza);

- una topologia di combinatore di potenza può ridurre l'impedenza di carico all'uscita di ciascuna cella di uPA e può fornire una potenza di uscita relativamente elevata attraverso un'alimentazione a bassa tensione in relazione ai bassi limiti di breakdown, per es., della tecnologia BiCMOS e CMOS ad alta velocità.

Breve descrizione delle figure

Una o più forme di attuazione saranno ora descritte, a puro titolo di esempio, con riferimento alle figure annesse, nelle quali:

- la Figura 1 è un esempio di uno schema circuitale di un trasformatore attivo distribuito doppio;

- la Figura 2 è un esempio del possibile layout di un divisore di potenza nel pilotaggio di un trasformatore attivo;

- la Figura 3 è un esempio di uno schema a blocchi di una o più forme di attuazione; e

- la Figura 4 è uno schema circuitale schematico di una o più forme di attuazione.

Descrizione dettagliata

Nella descrizione che segue, sono illustrati uno o più dettagli specifici, allo scopo di fornire una comprensione approfondita degli esempi delle forme di attuazione della presente descrizione. Le forme di attuazione possono essere ottenute senza uno o più dei dettagli specifici, o con altri procedimenti, componenti, materiali, ecc. In altri casi, operazioni, materiali o strutture note non sono illustrate o descritte in dettaglio in modo tale che certi aspetti delle forme di attuazione non saranno resi poco chiari.

Un riferimento a "una forma di attuazione" nel quadro della presente descrizione intende indicare che una particolare configurazione, struttura o caratteristica descritta con riferimento alla forma di attuazione è compresa in almeno una forma di attuazione. Per cui, le frasi come "in una forma di attuazione" che possono essere presenti in uno o più punti della presente descrizione non fanno necessariamente riferimento proprio alla stessa forma di attuazione. Inoltre, particolari conformazioni, strutture o caratteristiche possono essere combinate in un modo adeguato qualsiasi in una o più forme di attuazione.

I riferimenti usati qui sono forniti puramente per convenienza e quindi non definiscono l'ambito di protezione o l'ambito delle forme di attuazione.

In letteratura sono stati proposti vari concetti di combinatore di potenza che sfruttano trasformatori, in cui è stato mostrato che le uscite secondarie dei trasformatori sono connesse a una impedenza di carico in serie, in parallelo e in modalità miste.

Il tipo di connessione dei trasformatori può cambiare l'impedenza vista dall'uscita di ciascuno stadio attivo (per es., MOSFET), mentre le potenze di uscita delle varie celle elementari (per es., degli uPA) possono essere fra loro combinate e sommate mantenendo la tensione ai loro capi entro i limiti legati alla bassa tensione di breakdown delle tecnologie basate sul silicio, quali CMOS e BiCMOS.

Per esempio, nel caso di una combinazione serie, l'impedenza di ingresso vista da ciascuna singola cella di uPA può essere ridotta di un fattore uguale al numero M di celle, mentre la potenza di uscita può essere aumentata per un fattore proporzionale a M^2 . Inoltre, le architetture dei combinatori di potenza basati su trasformatori facilitano

il fatto di rendere efficiente l'adattamento di impedenza di carico, perfezionando così le prestazioni complessive di un amplificatore di potenza (PA).

L'articolo I. Aoki, et al.: "Distributed Active Transformer-A new Power-Combining and Impedance-Transformation Technique", *IEEE Trans. on Microwave Theory and Techniques*, vol. 50(1), pagine da 316 a 331, 2002 descrive un trasformatore attivo distribuito (DAT, "Distributed Active Transformer") che consente simultaneamente di combinare la potenza e di trasformare l'impedenza di carico a un valore adeguato per ciascuna singola cella di uPA.

Nonostante i notevoli vantaggi delle strutture di combinazione di potenza basate su DAT, fornire il segnale di ingresso in ingresso a ciascuna singola cella di uPA con un minimo disadattamento di fase e senza degradare la stabilità complessiva del PA può essere un problema impegnativo e può richiedere una grande area: si veda, per es., U. R. Pfeiffer, et al.: "A 23-dBm 60-GHz Distributed Active Transformer in a Silicon Process Technology", *IEEE Trans. Microw. Theory and Tech.*, vol. 55(5), pagine da 857 a 865, 2007.

Il Documento US 8 049 564 B1 descrive una struttura DAT concentrica duale (Double Distributed Active Transformer - DDAT) che facilita il fatto di ottenere un consumo di area minimo, un'efficienza e una stabilità perfezionate del PA. Inoltre, ulteriori dettagli delle possibili implementazioni di un layout di trasformatore attivo distribuito doppio possono essere desunti, per es., da A. Pallotta et al.: "Millimeter-Wave 14dBm CMOS Power Amplifier with Input-Output Distributed transformers", CICC2010 (Custom Integrated Circuit Conference), San Jose,

CA, Stati Uniti d'America, 19-22 settembre 2010, pagine da 1 a 4.

La Figura 1 è una rappresentazione esemplificativa di un trasformatore attivo distribuito doppio (DDAT) che comprende un DDAT "quadruplo", in cui l'avvolgimento primario e quello secondario di una struttura di trasformatore elementare sono suddivisi (vale a dire, distribuiti) ciascuno in quattro, con quattro trasformatori di ingresso T11, T12, T13, T14 che pilotano ciascuno un rispettivo trasformatore di uscita T21, T22, T23, T24 attraverso un rispettivo stadio (di amplificatore) attivo DA1, DA2, DA3, DA4.

Come esemplificato nella Figura 1, il lato primario di un trasformatore attivo distribuito doppio può comprendere il dispositivo con in cascata (per es., in serie) gli avvolgimenti primari di quattro trasformatori T11, T12, T13, T14, opzionalmente con un punto di presa ("tap") intermedio tra gli avvolgimenti primari di T12 e T13 posto a una alimentazione in tensione per una polarizzazione appropriata del collettore del transistor (VCC1). Un ingresso (per es., una tensione di ingresso V_{IN}) al trasformatore DDAT può così pilotare una corrente di ingresso negli avvolgimenti primari di T11, T12, T13, T14.

In un dispositivo come esemplificato nella Figura 1, gli avvolgimenti secondari dei trasformatori T21, T22, T23, T24 possono essere in cascata (per es., accoppiati in serie) per pilotare un carico R_L . Il carico R_L può così essere attraversato dalla corrente che scorre attraverso gli avvolgimenti secondari dei trasformatori T21, T22, T23, T24.

Nello schema della Figura 1, VCC2 e VBB indicano rispettivamente le alimentazioni in tensione accoppiate ai

punti intermedi degli avvolgimenti primari di T21, T22, T23, T24 e degli avvolgimenti secondari di T11, T12, T13, T14.

La combinazione di potenza risultante può condurre ad aumentare la potenza di uscita applicata al carico R_L per un fattore N , dove N è il numero di elementi di trasformatore risultante da una suddivisione/distribuzione degli avvolgimenti primari e secondari di un trasformatore basilare (per es., $N = 4$ nella Figura 1).

Analogamente, la tensione di uscita su ciascun dispositivo attivo (per es., transistor) può essere divisa per un fattore N , riducendo così lo stress di breakdown.

Una difficoltà negli amplificatori di potenza basati su DAT può consistere nel fatto di distribuire un segnale di ingresso a RF a tutte le coppie push-pull incluse nel DAT.

La Figura 2 è un esempio della possibilità di usare un cosiddetto divisore di potenza PD di Wilkinson, comprendente uno stadio divisore PD1 di ingresso che ha due ulteriori stadi divisori PD21, PD22 in cascata per fornire un segnale di ingresso RF_{in} a RF agli stadi attivi PA1, PA2, PA3, PA4 di un trasformatore attivo distribuito DAT (che ha un layout differente dal layout esemplificato nella Figura 1), comprendente quattro trasformatori T1, T2, T3, T4 per produrre un segnale di uscita RF_{out} a RF.

Un inconveniente di rilievo di un tale divisore di potenza di Wilkinson (che può anche essere usato in modo complementare come un combinatore di potenza) - e di strutture simili - può di nuovo consistere nella grande area (per es., di silicio) richiesta per il loro layout: per esempio, un divisore di potenza di Wilkinson può occupare la porzione principale dell'area del chip e può

condurre a una dissipazione di potenza apprezzabile.

Una o più forme di attuazione possono basarsi sul riconoscimento del fatto che una topologia di DAT può essere implementata usando trasformatori a lastra ("slab transformer"), suscettibili di facilitare il miglioramento dell'efficienza in confronto ai trasformatori tradizionali basati su induttori (bobine) a spirale. Partendo da tale riconoscimento, una o più forme di attuazione possono sfruttare, come alternativa al layout concentrico descritto, per es., in US 8 049 564 B1, un'architettura di suddivisione e combinazione di potenza "lineare".

Una o più forme di attuazione possono così comprendere un'architettura di DDAT basata su slab con allineamento lineare (L-DDAT) come esemplificato nelle Figure 3 e 4.

Per brevità, al fine di indicare nelle Figure 3 e 4 gli elementi basilari del layout di un trasformatore attivo sono stati usati taluni simboli di riferimento che compaiono già nella Figura 1, il che rende superfluo ripetere qui una corrispondente descrizione.

Con riferimento a I. Aoki, et al. (già citato) un combinatore di potenza basato su un trasformatore comprendente degli slab induttori può essere più facile da ottimizzare per ridurre la perdita di potenza dovuta al disadattamento di impedenza e alla resistenza del metallo.

Inoltre, mentre il DDAT coassiale o concentrico di US 8 049 564 B1 può comprendere trasformatori slab di suddivisione e di combinazione di potenza connessi in serie, un DDAT lineare come esemplificato nelle Figure 3 e 4 può comprendere una combinazione mista di trasformatori slab connessi in serie e in parallelo. Ciò può avere come risultato un grado di libertà più elevato nel progetto della rete di adattamento di impedenza di uscita delle

singole celle di uPA.

In una o più forme di attuazione di un dispositivo DDAT lineare come esemplificato nelle Figure 3 e 4, un trasformatore attivo distribuito di ingresso IN-DAT (che fornisce la funzione di suddivisione di potenza di ingresso) può comprendere una "bobina" primaria 10, che può comprendere in effetti un singolo slab o barra di metallo diritta (o lineare) che ha una porta intermedia (per esempio, mediana) di ingresso di segnale IN.

In una o più forme di attuazione, lo slab primario 10 di IN-DAT può essere accoppiato (magneticamente) a un insieme di slab secondari $12_1, \dots, 12_N$.

In una o più forme di attuazione, questi slab secondari possono essere in un numero N uguale al numero delle celle uPA differenziali elementari.

Per esempio, nell'esempio di implementazione della Figura 4 (come nell'esempio del dispositivo DDAT della Figura 1), $N = 4$ cosicché possono essere presenti quattro slab secondari $12_1, 12_2, 12_3, 12_4$.

In una o più forme di attuazione, gli ingressi delle celle di uPA (differenziali) DA1, DA2, ... possono essere accoppiati alle due estremità dei rispettivi segmenti di slab secondari $12_1, 12_2, \dots$ mentre la tensione di polarizzazione in continua (VGG nella Figura 3) per le coppie di transistori di cella di uPA può essere applicata in un punto intermedio (per es., mediano) degli slab secondari, che possono fornire una massa GND in alternata per il segnale di ingresso di uPA (si vedano, per es., i condensatori C11 e C12 nella Figura 4).

Come nel caso del concetto di architettura di DDAT della Figura 1 o di US 8 049 564 B1, in una o più forme di attuazione come esemplificato nelle Figure 3 e 4, una

corrispondente struttura di DAT di uscita, indicata come OUT-DAT, può essere accoppiata alle uscite (differenziali) delle celle di uPA DA1, DA2,

Per esempio, in una o più forme di attuazione, una tensione di polarizzazione in continua per ciascuna coppia di transistori (VDD nella Figura 3) può essere applicata a un punto intermedio (mediano) di un corrispondente segmento di slab primario di OUT-DAT 14_1 , 14_2 , ..., 14_N , che può fornire una massa GND in alternata per il segnale di uscita (differenziale) della rispettiva cella di uPA (si vedano, per es., i condensatori C21 e C22 nella Figura 4).

Di nuovo, ciascuno slab primario 14_1 , 14_2 , ..., 14_N , della sezione di DAT di uscita, OUT-DAT nelle Figure 3 e 4, può essere accoppiato (magneticamente) al lato secondario di OUT-DAT, che può includere un singolo slab o barra di metallo 16 diritta (o lineare).

In una o più forme di attuazione, un tale slab o barra metallica 16 può così fornire una combinazione di potenza mista (MCT) dei segnali in uscita dalle celle di uPA DA1, DA2,

In una o più forme di attuazione, il segnale complessivo in uscita dall'amplificatore di potenza L-DDAT può essere ottenuto in un punto intermedio (per es., mediano) OUT dello slab secondario 16 del DAT di uscita, vale a dire OUT-DAT.

In una o più forme di attuazione, un dispositivo amplificatore di potenza L-DDAT come esemplificato nelle Figure 3 e 4 può facilitare la semplificazione di una metodologia progettuale e del circuito di preamplificatore e di amplificatore di potenza a RF ricorrendo a un'architettura che può essere compatta e facile da integrare, facilitando anche nel contempo il fatto di avere

come obiettivo un differente livello di potenza attraverso un semplice approccio modulare lavorando fino alle frequenze delle onde millimetriche.

Una o più forme di attuazione possono mantenere il vantaggio di mitigare i problemi di breakdown dei transistori, facilitando così il fatto di aumentare la potenza fornita in uscita.

Una o più forme di attuazione possono offrire uno o più dei vantaggi seguenti:

- un trasformatore di combinazione di potenza misto (MCT, "Mixed power-Combining Transformer") può essere realizzato come combinazione di trasformatori serie e parallelo (SCT + PCT) per facilitare il fatto di aumentare la potenza di segnale di uscita regolando in modo appropriato la resistenza di carico;

- si può facilitare un aumento della potenza di uscita restando nel contempo entro i limiti ridotti di tensione di breakdown delle tecnologie dei transistori basati sul silicio, quali per es. CMOS e BiCMOS;

- un approccio progettuale modulare può facilitare il fatto di aumentare il numero di stadi di potenza;

- si può ottenere un layout semplificato e compatto, riducendo il consumo di area;

- una configurazione di DAT doppio può facilitare una suddivisione efficiente della potenza di segnale di ingresso;

- un campo elettromagnetico (EM) localizzato nei trasformatori slab può ridurre la diafonia e la degradazione passiva del fattore Q: gli induttori slab possono avere in effetti prestazioni migliori di un singolo induttore ad anello in termini del fattore Q;

- la connessione incrociata ("cross-connection") può

essere ridotta attraverso la distribuzione di potenza di ingresso/uscita o I/O (percorso di segnale monodirezionale);

- il layout di un DAT lineare è adatto a una connessione di I/O differenziale;

- può non essere più necessario usare un trasformatore bilanciato-sbilanciato (balun) per una connessione di ingresso/uscita single-ended;

- i divisori di potenza basati su trasformatore possono fare a meno dei condensatori per l'accoppiamento in AC;

- una bassa occupazione di area;

- si possono ottenere potenze di uscita nel campo, per es., di $P_{1dB} \geq 22\text{dBm}$ a 84 GHz.

Una o più forme di attuazione possono così fornire un trasformatore attivo distribuito comprendente un insieme di trasformatori di ingresso (per es., IN-DAT) e un insieme di trasformatori di uscita (per es., OUT-DAT) e una pluralità di stadi attivi (per es., DA1, ..., DAN nella Figura 3 o DA1, DA2, DA3, DA4 nella Figura 4), ciascun stadio attivo essendo posto tra un trasformatore (per es., T11, ..., T1N; T11, T12, T13, T14) nell'insieme di trasformatori di ingresso e un trasformatore (per es., T21, ..., T2N; T21, T22, T23, T24) nell'insieme di trasformatori di uscita, in cui almeno uno tra detto insieme di trasformatori di ingresso e detto insieme di trasformatori di uscita può comprendere un trasformatore slab con un singolo slab primario (per es. 10) rispettivamente secondario (per es., 16) accoppiato con una pluralità di slab secondari (per es., 12₁, ..., 12_N; 12₁, 12₂, 12₃, 12₄) rispettivamente primari (per es. 14₁, ..., 14_N; 14₁, 14₂, 14₃, 14₄).

In una o più forme di attuazione, sia detto insieme di

trasformatori di ingresso sia detto insieme di trasformatori di uscita possono comprendere un trasformatore slab, con:

- detto insieme di trasformatori di ingresso comprendente un singolo slab primario (per es., 10) accoppiato con una pluralità di slab secondari (per es., $12_1, \dots, 12_N$; $12_1, 12_2, 12_3, 12_4$), e

- detto insieme di trasformatori di uscita comprendente una pluralità di slab primari (per es., $14_1, \dots, 14_N$; $14_1, 14_2, 14_3, 14_4$) accoppiati con un singolo slab secondario (per es. 16).

In una o più forme di attuazione, il singolo slab primario di detto insieme di trasformatori di ingresso può comprendere una porta di ingresso di segnale (per es., IN) intermedia, fornendo così una distribuzione di segnale di ingresso su detta pluralità di slab secondari e detta pluralità di stadi attivi.

In una o più forme di attuazione, il singolo slab secondario di detto insieme di trasformatori di uscita può comprendere una porta di uscita di segnale (per es., OUT) intermedia, fornendo così una combinazione di segnale di uscita da detta pluralità di slab primari e detta pluralità di stadi attivi.

In una o più forme di attuazione, gli stadi attivi in detta pluralità di stadi attivi possono avere i loro ingressi accoppiati a uno rispettivo di detti slab secondari in detta pluralità di slab secondari dell'insieme di trasformatori di ingresso, opzionalmente con una tensione di polarizzazione in continua (per es., VGG) di stadio attivo applicata a un punto intermedio di detto uno rispettivo di detti slab secondari in detta pluralità di slab secondari.

In una o più forme di attuazione, gli stadi attivi in detta pluralità di stadi attivi possono avere le loro uscite accoppiate a uno rispettivo di detti slab primari in detta pluralità di slab primari dell'insieme di trasformatori di uscita, opzionalmente con una tensione di polarizzazione in continua (per es., VDD) di stadio attivo applicata a un punto intermedio di detto uno rispettivo di detti slab primari in detta pluralità di slab primari.

In una o più forme di attuazione, un trasformatore attivo distribuito come esemplificato precedentemente può essere implementato come un circuito integrato.

In una o più forme di attuazione, una apparecchiatura amplificatrice (per es., un amplificatore di potenza, per es. un amplificatore di potenza RF a circuito integrato utilizzabile in un terminale mobile, per esempio) può comprendere un trasformatore attivo distribuito come esemplificato in precedenza.

In una o più forme di attuazione, un procedimento per fornire un trasformatore attivo distribuito può comprendere:

- fornire un insieme di trasformatori di ingresso e un insieme di trasformatori di uscita e una pluralità di stadi attivi ponendo ciascuno stadio attivo tra un trasformatore nell'insieme di trasformatori di ingresso e un trasformatore nell'insieme di trasformatori di uscita,

- fornire almeno uno, e opzionalmente entrambi, fra detto insieme di trasformatori di ingresso e detto insieme di trasformatori di uscita comprendenti un trasformatore slab di un singolo slab primario rispettivamente secondario accoppiato con una pluralità di slab secondari rispettivamente primari.

Fermi restando i principi di fondo, i dettagli e le

forme di attuazione possono variare, anche in modo apprezzabile, rispetto a quanto è stato descritto a puro titolo di esempio, senza uscire dall'ambito di protezione.

L'ambito di protezione è definito dalle rivendicazioni annesse.

RIVENDICAZIONI

1. Trasformatore attivo distribuito comprendente un insieme di trasformatori di ingresso (IN-DAT) e un insieme di trasformatori di uscita (OUT-DAT) e una pluralità di stadi attivi (DA₁, DA_N; DA₁, DA₂, DA₃, DA₄) con ciascuno stadio attivo che è posto tra un trasformatore (T₁₁, ..., T_{1N}; T₁₁, T₁₂, T₁₃, T₁₄) nell'insieme di trasformatori di ingresso (IN-DAT) e un trasformatore (T₂₁, ..., T_{2N}; T₂₁, T₂₂, T₂₃, T₂₄) nell'insieme di trasformatori di uscita (OUT-DAT), in cui almeno uno tra detto insieme di trasformatori di ingresso (IN-DAT) e detto insieme di trasformatori di uscita (OUT-DAT) comprende un trasformatore slab con un singolo slab primario (10) rispettivamente secondario (16) accoppiato con una pluralità di slab secondari (12₁, ..., 12_N; 12₁, 12₂, 12₃, 12₄) rispettivamente primari (14₁, ..., 14_N; 14₁, 14₂, 14₃, 14₄).

2. Trasformatore attivo distribuito secondo la rivendicazione 1, in cui sia detto insieme di trasformatori di ingresso (IN-DAT) sia detto insieme di trasformatori di uscita (OUT-DAT) comprendono un trasformatore slab, con:

- detto insieme di trasformatori di ingresso (IN-DAT) che comprende un singolo slab primario (10) accoppiato con una pluralità di slab secondari (12₁, ..., 12_N; 12₁, 12₂, 12₃, 12₄), e

- detto insieme di trasformatori di uscita (OUT-DAT) che comprende una pluralità di slab primari (14₁, ..., 14_N; 14₁, 14₂, 14₃, 14₄) accoppiati con un singolo slab secondario (16).

3. Trasformatore attivo distribuito secondo la rivendicazione 1 o la rivendicazione 2, in cui il singolo slab primario (10) di detto insieme di trasformatori di ingresso (IN-DAT) comprende una porta di ingresso di segnale intermedia (IN), fornendo così una distribuzione di segnale di ingresso su detta pluralità di slab secondari ($12_1, \dots, 12_N$; $12_1, 12_2, 12_3, 12_4$) e detta pluralità di stadi attivi (DA1, DAN; DA1, DA2, DA3, DA4).

4. Trasformatore attivo distribuito secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui il singolo slab secondario (16) di detto insieme di trasformatori di uscita (OUT-DAT) comprende una porta di uscita di segnale intermedia (OUT), fornendo così una combinazione di segnali di uscita da detta pluralità di slab primari ($14_1, \dots, 14_N$; $14_1, 14_2, 14_3, 14_4$) e detta pluralità di stadi attivi (DA1, DAN; DA1, DA2, DA3, DA4).

5. Trasformatore attivo distribuito secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui gli stadi attivi in detta pluralità di stadi attivi (DA1, DAN; DA1, DA2, DA3, DA4) hanno i loro ingressi accoppiati a uno rispettivo di detti slab secondari in detta pluralità di slab secondari ($12_1, \dots, 12_N$; $12_1, 12_2, 12_3, 12_4$) dell'insieme di trasformatori di ingresso (IN-DAT), preferibilmente con una tensione di polarizzazione in continua (VGG) di stadio attivo applicata a un punto intermedio di detto uno rispettivo di detti slab secondari in detta pluralità di slab secondari ($12_1, \dots, 12_N$; $12_1, 12_2, 12_3, 12_4$).

6. Trasformatore attivo distribuito secondo una

qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui gli stadi attivi in detta pluralità di stadi attivi (DA1, DAN; DA1, DA2, DA3, DA4) hanno le loro uscite accoppiate a uno rispettivo di detti slab primari in detta pluralità di slab primari (14₁, ..., 14_N; 14₁, 14₂, 14₃, 14₄) dell'insieme di trasformatori di uscita (OUT-DAT), preferibilmente con una tensione di polarizzazione DC (VDD) di stadio attivo applicata a un punto intermedio di detto uno rispettivo di detti slab primari in detta pluralità di slab primari (14₁, ..., 14_N; 14₁, 14₂, 14₃, 14₄).

7. Trasformatore attivo distribuito secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui il trasformatore è implementato come circuito integrato.

8. Apparecchiatura amplificatrice comprendente un trasformatore attivo distribuito secondo una qualsiasi delle rivendicazioni da 1 a 7.

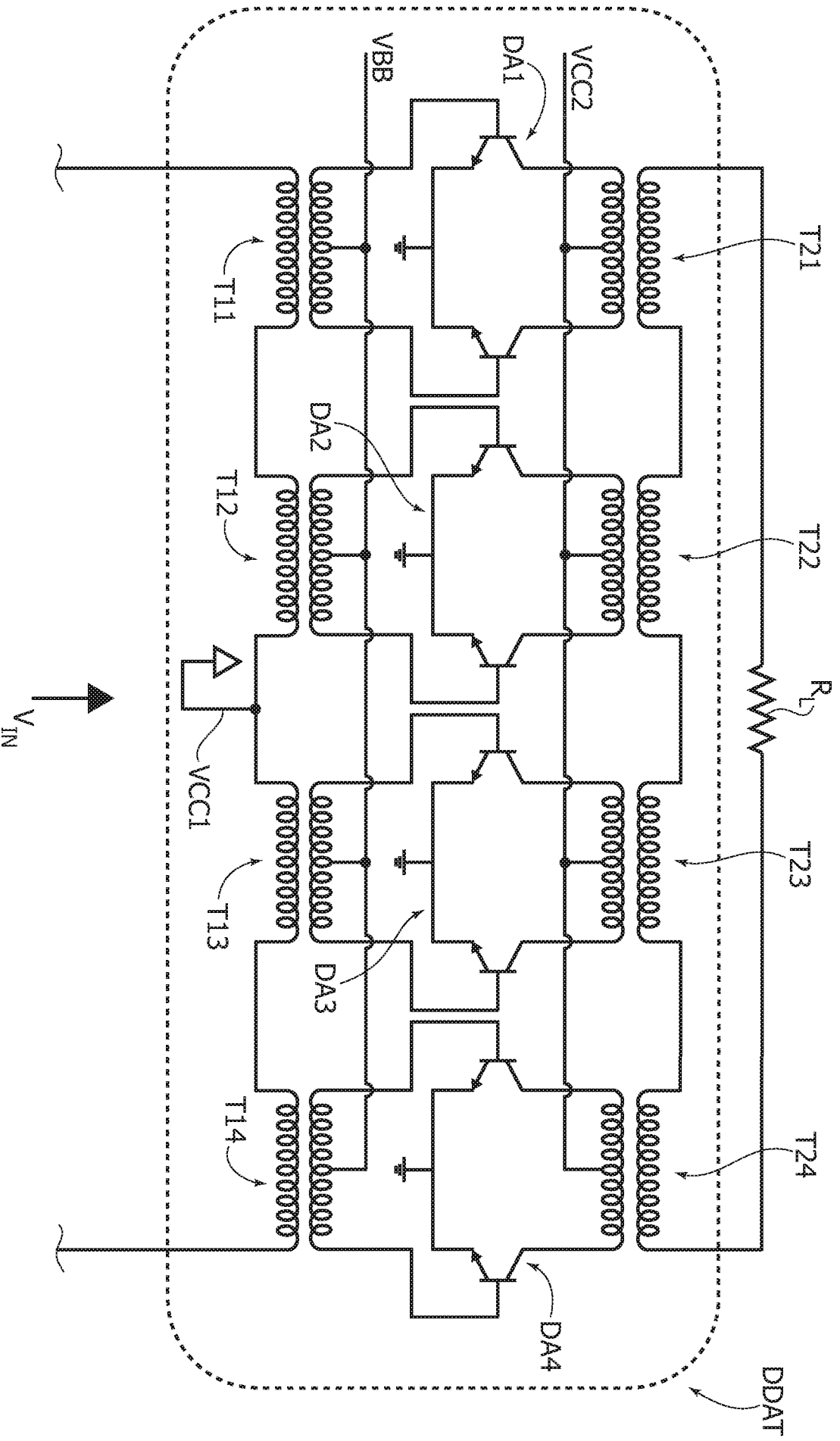
9. Procedimento per fornire un trasformatore attivo distribuito comprendente:

- fornire un insieme di trasformatori di ingresso (IN-DAT) e un insieme di trasformatori di uscita (OUT-DAT) e una pluralità di stadi attivi (DA1, DAN; DA1, DA2, DA3, DA4) ponendo ciascuno stadio attivo tra un trasformatore (T11, ..., T1N; T11, T12, T13, T14) nell'insieme di trasformatori di ingresso (IN-DAT) e un trasformatore (T21, ..., T2N; T21, T22, T23, T24) nell'insieme di trasformatori di uscita (OUT-DAT),

- fornire almeno uno, e preferibilmente entrambi, di detto insieme di trasformatori di ingresso (IN-DAT) e detto insieme di trasformatori di uscita (OUT-DAT) comprendenti

un trasformatore slab con un singolo slab primario (10) rispettivamente secondario (16) accoppiato con una pluralità di slab secondari ($12_1, \dots, 12_N$; $12_1, 12_2, 12_3, 12_4$) rispettivamente primari ($14_1, \dots, 14_N$; $14_1, 14_2, 14_3, 14_4$).

FIG. 1



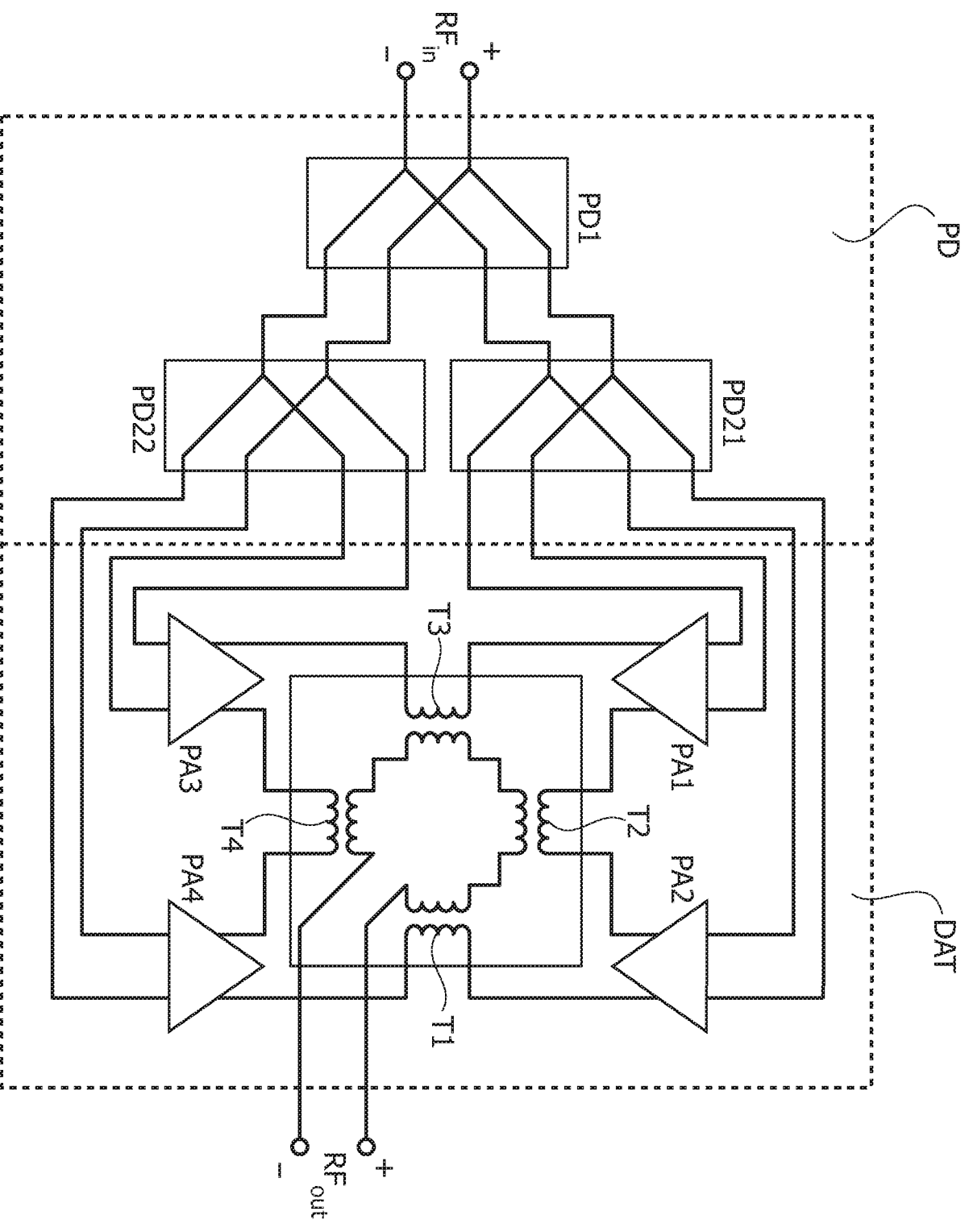


FIG. 2

FIG. 3

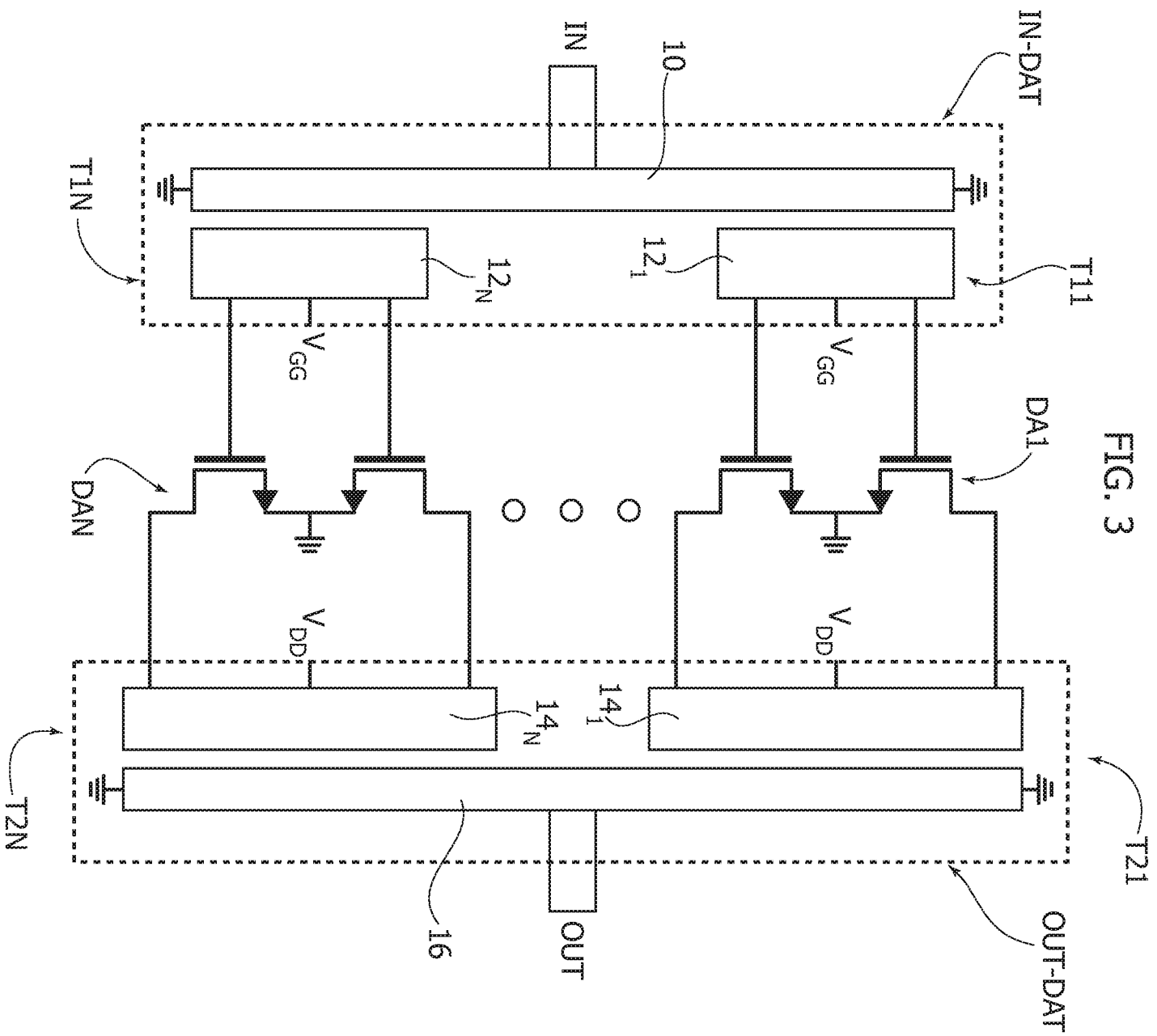


FIG. 4

