

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges
Eigentum

Internationales Büro

(43) Internationales
Veröffentlichungsdatum
7. September 2012 (07.09.2012)



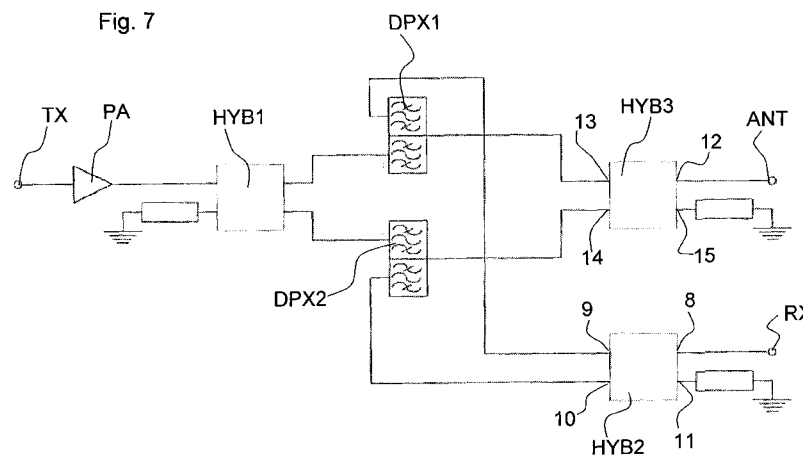
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2012/117072 A2

- (51) **Internationale Patentklassifikation:**
H03F 3/60 (2006.01)
- (21) **Internationales Aktenzeichen:** PCT/EP2012/053560
- (22) **Internationales Anmeldedatum:**
1. März 2012 (01.03.2012)
- (25) **Einreichungssprache:** Deutsch
- (26) **Veröffentlichungssprache:** Deutsch
- (30) **Angaben zur Priorität:**
10 2011 012 927.8 3. März 2011 (03.03.2011) DE
- (71) **Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US):** EPCOS AG [DE/DE]; St.-Martin-Str. 53, 81669 München (DE).
- (72) **Erfinder; und**
- (75) **Erfinder/Anmelder (nur für US):** SCHMIDHAMMER, Edgar [DE/DE]; Hochgernstr. 28, 83371 Stein an der Traun (DE).
- (74) **Anwalt:** EPPING HERMANN FISCHER
PATENTANWALTSGESELLSCHAFT MBH;
Ridlerstr. 55, 80339 München (DE).
- (81) **Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart):** AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) **Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart):** ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) **Title:** AMPLIFIER MODULE

(54) **Bezeichnung :** VERSTÄRKERMODUL



(57) **Abstract:** The invention relates to an amplifier module, comprising at least one amplifier (PA), an antenna port (ANT), a transmission port (TX), a reception port (RX), and a circuit arrangement having at least three 90° hybrids (HYB1, HYB2, HBY3), which each divide a respective input signal into two output signals, wherein the two output signals have a relative phase shift of 90° from each other, wherein the antenna port (ANT), the transmission port (TX), and the reception port (RX) are each connected to at least one 90° hybrid (HYB1, HYB2, HBY3).

(57) **Zusammenfassung:** Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verstärkermodul, das aufweisendzumindest einen Verstärker (PA), einen Antennenport (ANT), einen Sendeport (TX), einen Empfangsport (RX), und eine Schaltungsanordnung mit zumindest drei 90° Hybriden (HYB1,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



WO 2012/117072 A2

Veröffentlicht:

- *ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe g)*

Beschreibung

Verstärkermodul

5 Die Erfindung betrifft ein Verstärkermodul mit einem Antennenport, einem Sendeport, einem Empfangsport und zumindest einem Verstärker.

Figur 1 zeigt ein im Stand der Technik bekanntes Verstärkermodul. Dieses weist zwei Verstärker, zwei 90° Hybride HYB1, HYB2 und einen Duplexer DPX1 auf. Ferner weist das Verstärkermodul einen Antennenport ANT, einen Sendeport TX und einen Empfangsport RX auf. Der Sendeport TX ist unmittelbar mit einem der 90° Hybride HYB1 verbunden. Der 90° Hybrid
10 HYB1 teilt ein Signal, das am Sendeport TX anliegt, in zwei Ausgangssignale auf, die zueinander eine relative Phasenverschiebung von 90° aufweisen.

Die beiden Ausgabesignale des ersten 90° Hybriden HYB1 werden
20 jeweils in einen Ausgangspfad AP1, AP2 ausgegeben, wobei in jedem der beiden Ausgangspfade AP1, AP2 jeweils ein Verstärker PA1, PA2 angeordnet ist. Das Signal im ersten Ausgangssignalpfad AP1 ist gegenüber dem Signal im zweiten Ausgangssignalpfad AP2 um 90° phasenverschoben. Die beiden Verstärker
25 PA1, PA2 verstärken das jeweilige Signal. Jeder der beiden Verstärker PA1, PA2 ist mit einem Anschluss 1, 2 des zweiten 90° Hybriden HYB2 verbunden. In diesem zweiten 90° Hybrid HYB2 werden die beiden Ausgangssignale addiert, wobei das Ausgangssignal im ersten Ausgangspfad AP1 relativ zu dem
30 Ausgangssignal im zweiten Ausgangspfad AP2 eine Phasenverschiebung von -90° erfährt. Dementsprechend sind nunmehr beide Ausgangssignale in Phase und interferieren konstruktiv miteinander.

Der Anschluss 3 des zweiten 90° Hybrids HYB2 ist mit einem Eingang des Duplexers DPX1 verbunden. Die zwei weiteren Eingänge des Duplexers DPX1 sind mit dem Antennenport ANT bzw. dem Empfangsport RX verbunden.

5

Bei dem in Figur 1 gezeigten Modul handelt es sich um eine sogenannte I/Q-Schaltung (I = in-phase, Q = Quadratur). Das Ausgabesignal des Sendeports TX wird zunächst in zwei Zweige aufgeteilt, wobei zwischen den beiden Zweigen eine 90°

10 Phasenverschiebung vorliegt. Anschließend wird in jedem Zweig das Signal verstärkt und die verstärkten Signale werden nunmehr derart addiert, dass sich die Phasenverschiebung wieder aufhebt und die beiden Signale sich konstruktiv überlagern.

15

Diese Schaltung besitzt gegenüber einer Schaltung ohne 90° Hybride den Vorteil, dass die Verstärkung insgesamt robuster in ihrem Verhalten ist. Durch die Aufteilung des Signals in zwei Teilsignale wird ein Signal geliefert, das nach der

20 Verstärkung weniger verzerrt ist als dies für eine Schaltung ohne 90° Hybride der Fall wäre.

25

Weitere Verstärkermodule für Tx Signale, die zwei Hybride und in der Folge zwei Verstärkerpfade aufgeteilte Teilsignale nutzen, sind beispielsweise aus den US Patenten US 3371284 A und US 4656434 A bekannt.

30

Ein wesentliches Problem bei einer Schaltung gemäß Figur 1 ist es jedoch, dass jegliche Fehlanpassung an der Antenne unmittelbar an die nachfolgende Schaltung weitergegeben wird.

Die Anpassung der Verstärker an die Antenne ist schwierig und kann ferner durch die 90° Hybride oder die beiden parallel

geschalteten Verstärker noch problematischer werden. Eine Fehlanpassung der Antenne wirkt sich darüber hinaus negativ auf den Verstärker selbst aus. Dementsprechend müssen die beiden Verstärker sehr robust im Hinblick auf Fehlanpassungen der Antennenimpedanz entworfen werden.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es nunmehr, ein Verstärkermodul bereitzustellen, das von einer Fehlanpassung der Antennenimpedanz weniger stark beeinflusst wird.

Die Aufgabe wird durch ein Verstärkermodul gemäß dem vorliegenden Anspruch 1 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus weiteren Ansprüchen.

Es wird ein Verstärkermodul vorgeschlagen, das zumindest einen Verstärker, einen Antennenport, einen Sendeport, einen Empfangsport und eine Schaltungsanordnung aufweist, wobei die Schaltungsanordnung zumindest drei 90° Hybride aufweist, die jeweils ein Eingangssignal in zwei Ausgangssignale aufteilen, wobei die beiden Ausgangssignale eine relative Phasenverschiebung von 90° zueinander aufweisen, und wobei ferner der Antennen-, der Sende- und der Empfangsport jeweils mit zumindest einem 90° Hybriden verbunden sind. Zumindest einer der Verstärker ist in Serie zwischen dem Sendeport und einem der 90° Hybriden verschaltet.

Durch das erfindungsgemäße Modul können die Auswirkungen einer Fehlanpassung an eine Antenne stark reduziert werden. Dementsprechend kann die Empfangsempfindlichkeit in einem Empfangspfad deutlich erhöht werden. Ferner verbessert die erfindungsgemäße Schaltungsanordnung die Isolation zwischen einem Sende- und einem Empfangsport.

In einem Ausführungsbeispiel weist die Schaltungsanordnung ferner zumindest zwei Duplexer auf. Die Duplexer können derart verschaltet sein, dass die beiden Ausgangssignale, die der an den Sendeport angeschlossenen 90° Hybrid ausgibt, an dem Antennenport konstruktiv interferieren. Dementsprechend wird ein Sendesignal zunächst in zwei Teilsignalpfade aufgeteilt. An jedem der beiden Duplexer liegt dementsprechend nur die halbe Signalstärke an gegenüber einer Schaltung mit nur einem Duplexer, wie in Figur 1 gezeigt. Daher können Duplexer verwendet werden, die eine um 3 dB verringerte Leistungsverträglichkeit aufweisen. Daraus resultiert unmittelbar ein reduzierter Platzbedarf für das Modul. Ferner kann zumindest teilweise auf Resonator-Kaskaden in den Duplexern verzichtet werden, sodass sowohl die Isolation von Sende- und Empfangsport als auch ein Stehwellenverhältnis VSWR der Duplexer verbessert werden kann. Zusätzlich wird die Linearität der Duplexer verbessert.

In einem Ausführungsbeispiel sind die drei Anschlüsse jedes der beiden Duplexer jeweils mit einem der drei 90° Hybride verbunden. Die Anschlüsse können dabei unmittelbar mit dem jeweiligen 90° Hybrid verbunden sein. Alternativ können zwischen dem 90° Hybrid und dem jeweiligen Duplexeranschluss auch ein oder mehrere Elemente der Schaltungsanordnung angeordnet sein. Beispielsweise kann zwischen einem 90° Hybrid und einem Duplexer ein Verstärker angeordnet sein. Weiterhin können Elemente zur Anpassung der einzelnen Stufen untereinander enthalten sein.

In einer Ausführung ist einer der beiden Duplexer derart mit dem 90° Hybrid, der mit dem Empfangsport verbunden ist, und dem 90° Hybrid, der mit dem Sendeport verbunden ist, verbunden, dass diese beiden 90° Hybride jeweils ein relativ zu

ihrem Eingangssignal um einen Winkel Φ_1 phasenverschobenes Ausgangssignal an den Duplexer ausgeben. Ferner kann der andere der beiden Duplexer derart mit dem 90° Hybrid, der mit dem Empfangsport verbunden ist, und mit dem 90° Hybrid, der mit dem Sendport verbunden ist, verbunden sein, dass diese beiden 90° Hybride jeweils ein relativ zu ihrem Eingangssignal um den Winkel Φ_2 verschobenes Ausgangssignal an den Duplexer ausgeben. Der Betrag der Differenz der beiden Winkel Φ_1 und Φ_2 kann nahezu 90° betragen und die beiden Duplexer können jeweils mit einem der Ausgänge des mit dem Antennenport verbundenen 90° Hybrids verbunden sein.

Eine solche Verschaltung garantiert, dass die an dem Sendeport eingekoppelten Signale am Antennenport konstruktiv interferieren und an dem Empfangsport destruktiv interferieren. Ein gewisser Anteil der Sendesignale erreicht stets als parasitäres Signal den Empfangsport. Aufgrund der destruktiven Interferenz der parasitären Signale kann die Empfangsempfindlichkeit und die Isolation von Sende- und Empfangsport erhöht werden.

Die Duplexer können aus diskreten Elementen aufgebaut sein oder akustische Bauelemente enthalten. Die Duplexer können akustische Bauelemente sein, insbesondere SAW-Duplexer (Surface Acoustic Wave) oder BAW-Duplexer (Bulk Acoustic Wave). Ferner kann auch ein Hybrid-Duplexer eingesetzt werden, der SAW- und BAW-Wandler aufweist. Alternativ sind auch Duplexer aus diskreten Elementen möglich, sowie Duplexer, deren Sende- und Empfangsfilter unterschiedliche Technologien verwenden, so genannte Hybrid-Duplexer. Ferner können die Duplexer auch Kombinationen von Hochpässen und Tiefpässen aufweisen.

Ferner können die Duplexer derart ausgebildet sein, dass sie in ihrer Frequenz abstimmbare sind. Ein solcher sogenannter „tunable Duplexer“ erlaubt es, das Passband des Duplexers innerhalb eines Abstimmereichs zu verschieben und so an die jeweils erforderlichen Sende- und Empfangskanäle anzupassen. Ein solcher Duplexer weist abstimmbare Elemente auf.

Das erfindungsgemäße Modul kann auch ohne den Einsatz von frequenzabstimmbaren Duplexern für verschiedene Frequenzbänder ausgelegt sein, wobei die Schaltungsanordnung pro Frequenzband zwei Duplexer umfasst und Mittel zum Umschalten zwischen den verschiedenen Duplexern und Frequenzbändern aufweist. Hierbei ist es ferner möglich, dass die Schaltungsanordnung für jedes Frequenzband einen getrennten Empfangsport und einen eigenen 90° Hybrid aufweist, wobei die Mittel zum Umschalten den Sendeport wahlweise mit den unterschiedlichen Frequenzbändern zugeordneten Duplexern verbinden.

Die Duplexer und/oder die 90° Hybride können als diskrete Bauelemente auf dem Modulsubstrat montiert oder in Form von strukturierten Metallisierungen zumindest teilweise in das Modulsubstrat integriert sein. Ferner können in das Modulsubstrat Bauelemente integriert sein, die es ermöglichen, die Duplexer auf verschiedene Frequenzen einzustellen. Hierzu zählen beispielsweise Schalter oder abstimmbare Komponenten. Duplexer und 90° Hybride können insbesondere in Form von L-, C- und R-Gliedern in ein mehrschichtiges Modulsubstrat integriert sein.

Ein 90° Hybrid ist ein Schaltungsnetzwerk mit vier Anschlüssen 101, 102, 103, 104. Die Funktionsweise wird anhand eines 90° Hybrids aus diskreten Elementen erläutert, wie in Figur 2 dargestellt. Der 90° Hybrid ist symmetrisch

aufgebaut. Es wird am Anschluss 101 ein Signal angelegt. Die Verbindung des Anschlusses 101 mit dem Anschluss 102 wird dann zur Hauptleitung 105. Die Hauptleitung weist eine Induktivität 106 auf. Diese Induktivität 106 ist mit einer
5 weiteren Induktivität 107 in einer Nebenleitung 108 magnetisch gekoppelt. Dementsprechend wird ein Anteil des Eingangssignals aus der Hauptleitung 105 ausgekoppelt und in die Nebenleitung 108 eingekoppelt. Der Anschluss 104 ist mit einer Impedanz Z_0 verbunden und durch diese Impedanz termi-
10 niert. Sind die Impedanzen der Anschlüsse 102 und 103 entsprechend angepasst, so wird fast das gesamte am Anschluss 101 eingekoppelte Signal an diesen beiden Anschlüssen 102, 103 ausgekoppelt. Dementsprechend wird am Anschluss 104 fast kein Signalanteil ausgegeben und dieser ist praktisch
15 isoliert.

Die Signale, die an den beiden Anschlüssen 102 und 103 ausgegeben werden, sind relativ zueinander phasenverschoben. Die relative Phasenverschiebung zueinander beträgt $90^\circ + \Delta n$.
20 Δn beträgt für einen idealen 90° Hybriden 0° . In einem realen 90° Hybrid sind für Δn etwa $\pm 3^\circ$ üblich.

Im allgemeinsten Fall gibt der 90° Hybrid an dem Anschluss 102 ein Signal aus, das um den Winkel Φ_1 gegenüber dem Ein-
25 gangssignal phasenverschoben ist, während am Anschluss 103 ein Signal ausgegeben wird, das um den Winkel Φ_2 gegenüber dem Eingangssignal phasenverschoben ist. Bei einem idealen 90° Hybrid gilt ferner $|\Phi_2 - \Phi_1| = 90^\circ$. Die Winkel Φ_1 und Φ_2 können beispielsweise die Werte 0° und 90° oder die Werte -
30 45° und $+45^\circ$ annehmen.

Über die Kopplungskonstante der magnetischen oder induktiven Kopplung kann eingestellt werden, welcher Signalanteil von

der Hauptleitung 105 ausgekoppelt und in die Nebenleitung 108 eingekoppelt wird.

Es sind verschiedene Alternativen zu einem 90° Hybrid, der aus diskreten Elementen aufgebaut ist, bekannt. Ein 90° kann beispielsweise aus Mikrostreifenleitern aufgebaut sein, wie der sogenannter Lange Coupler oder zumindest Mikrostreifenleiter umfassen. Eine weitere Möglichkeit ist ein Branch-Line-Coupler. Das Funktionsprinzip bleibt jedoch stets unverändert. Aus einer Hauptleitung wird ein gewisser Signalanteil ausgekoppelt und in eine Nebenleitung eingekoppelt. Ein Anschluss dieser Nebenleitung ist in seiner Impedanz angepasst, so dass hier ein phasenverschobenes Signal ausgegeben wird. Der andere Anschluss ist isoliert. Wird keine Impedanzanpassung vorgenommen, so wird auch an dem isolierten Anschluss ein nicht zu vernachlässigender Signalanteil ausgegeben.

Der 90° Hybrid wird im Wesentlichen für die folgenden zwei Funktionen verwendet: ein Eingangssignal, das an einem ersten Anschluss eines 90° Hybrids anliegt, wird in Form von zwei Ausgangssignalen an zwei weiteren Anschlüssen wieder ausgegeben. Die Ausgangssignale weisen je etwa die halbe Signalstärke des Eingangssignals auf und haben daher eine Signalstärke, die jeweils um etwa 3 dB geringer ist als die Signalstärke des Eingangssignals. Bei einem idealen 90° Hybrid ist die Signalstärke der beiden Ausgangssignale um genau 3 dB geringer. Bei einem realen 90° Hybrid wird dieser Wert jedoch auf Grund von Verlusten nicht exakt erreicht. Außerdem liegt eine relative Phasenverschiebung zwischen den beiden Ausgangssignalen von etwa 90° vor.

Komplementär dazu kann ein 90° Hybrid auch dazu verwendet werden, zwei Signale, die an zwei Anschlüssen anliegen, zu addieren. Dabei wird eines der Signale vor der Addition um 90° phasenverschoben.

5

Ferner weist ein 90° Hybrid einen vierten Anschluss auf. Wird ein Eingangssignal an einem ersten Anschluss angelegt, so wird an dem zweiten und dritten Anschluss ein Ausgangssignal mit einer um etwa 3dB geringeren Signalstärke ausgegeben. Am
10 vierten Anschluss wird im Regelfall kein Signal ausgegeben. Dabei wird allerdings davon ausgegangen, dass eine Impedanzanpassung zwischen allen vier Anschlüssen des 90° Hybrids besteht. Ist die Impedanz der Anschlüsse nicht angepasst, so wird ein nicht zu vernachlässigender Signalanteil über den
15 vierten Anschluss ausgegeben.

Die vier Anschlüsse werden oft entsprechend ihrer Funktion mit „Input“, „Output 1“, „Output 2“ und „Isolated“ bezeichnet. Da ein 90° Hybrid symmetrisch aufgebaut ist, kann jeder
20 der vier Anschlüsse jede der Funktionen „Input“, „Output 1“, „Output 2“ oder „Isolated“ übernehmen. Dieses ist lediglich davon abhängig, an welchen Anschluss ein Eingangssignal angelegt wird.

25 In einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung sind die drei Anschlüsse jedes der beiden Duplexer jeweils mit einem 90° Hybrid verbunden. Dabei ist zwischen Sende-, Empfangs- und Antennenport und den beiden Duplexern jeweils ein 90° Hybrid angeordnet. Dementsprechend liegt an den beiden
30 Duplexern jeweils ein Signal mit einer um etwa 3dB geringeren Signalstärke an verglichen mit einer Schaltung, bei der Sende-, Empfangs- und Antennenport direkt mit einem Duplexer verbunden sind. Daraus ergibt sich, dass es nunmehr möglich

ist, Duplexer zu verwenden, die nur einer kleineren Maximalleistung standhalten. Solche Duplexer bieten häufig Vorteile, etwa eine geringere Größe, einen einfacheren Aufbau und damit einen geringeren Preis oder alternativ bei gleichem Preis
5 eine bessere Einfügedämpfung im Durchlassbereich.

In dieser Ausgestaltung wird einer der beiden Duplexer mit dem 90° Hybrid am Empfangsport derart verbunden, dass dieser 90° Hybrid ein relativ zu seinem Eingangssignal vom Empfangs-
10 port ein um den Winkel Φ_1 phasenverschobenes Ausgangssignal an den Duplexer ausgibt. Dieser erste Duplexer ist ferner derart mit dem 90° Hybrid am Sendeport verbunden, dass dieser 90° Hybrid ein relativ zu seinem Eingangssignal vom Sendeport um den Winkel Φ_1 phasenverschobenes Ausgangssignal an den
15 Duplexer ausgibt. Auf diese Weise wird ein erster Signalpfad von Sendeport zu Empfangsport definiert, auf dem eine Gesamtphasenverschiebung von zweimal Φ_1 entsteht.

Ferner ist hier der andere der beiden Duplexer derart mit dem
20 mit dem Empfangsport verbundenen 90° Hybrid verbunden, dass dieser 90° Hybrid ein relativ zu seinem Eingangssignal vom Empfangsport um den Winkel Φ_2 phasenverschobenes Ausgangssignal an den Duplexer ausgibt. Dieser andere der beiden Duplexer ist des Weiteren derart mit dem mit dem Sendeport
25 verbundenen 90° Hybrid verbunden, dass dieser 90° Hybrid ein relativ zu seinem Eingangssignal vom Sendeport um den Winkel Φ_2 phasenverschobenes Ausgangssignal an den Duplexer ausgibt. Auch in diesem zweiten Pfad zwischen Empfangsport und Sendeport addieren sich die Phasenverschiebungen so, dass
30 sich insgesamt für das Signal eine Phasenverschiebung von zweimal Φ_2 ergibt.

Dementsprechend liegen nun zwei Signalpfade zwischen Sende- und Empfangsport vor, die eine Phasenverschiebung von zweimal Φ_1 bzw. zweimal Φ_2 relativ zum Signal, das vom Sendeport ausgegeben wurde, aufweisen. Die 90° Hybride sind derart eingestellt, dass der Betrag der Differenz der Winkel Φ_1 und Φ_2 etwa 90° $|\Phi_1 - \Phi_2| \approx 90^\circ$ beträgt. In diesem Fall weisen die beiden Signalpfade eine relative Phasenverschiebung von 180° zueinander auf. Daher ergibt sich am Empfangsport eine destruktive Interferenz, so dass sich die beiden Signale quasi auslöschen. Idealerweise löschen sich bei einem symmetrischen Aufbau mit zwei baugleichen Duplexern und gleicher Pfadlänge der Signalpfade die beiden Signale zu 100% aus.

Ferner sind in dieser Ausgestaltung beide Duplexer jeweils mit einem der Ausgänge des mit dem Antennenport verbundenen Hybrids verbunden.

Die erfindungsgemäße Schaltungsanordnung ermöglicht es, die Isolation von Sende- und Empfangskanal zu verbessern.

Zusätzlich werden EVM (Error Vector Magnitude), VSWR Tx und VSWR Rx, die Stabilität der Unterdrückung (Fernabselektion) bei Laständerungen an der Antenne und das Amplituden Ripple im Passband verbessert und die Gruppenlaufzeit stabilisiert. Dementsprechend ist nunmehr auch der Einsatz von Duplexern möglich, die für sich alleine genommen keine hinreichende Isolation der beiden Kanäle liefern. Hierzu zählen insbesondere Duplexer, die in der Frequenz abstimmbare ausgebildet sind. Ein solcher so genannten tuneable Duplexer erlaubt es, das Passband dieses Duplexers innerhalb eines Abstimmbereichs (Tuningbereichs) zu verschieben und so an die jeweils erforderlichen Sende- und Empfangskanäle anzupassen. Durch die erfindungsgemäße Schaltungsanordnung kann auch bei tuneable

Duplexern die Isolation zwischen Sende- und Empfangsport maximiert werden.

Die 90° Hybride können aus diskreten Elementen oder als
5 Mikrostreifenleiter aufgebaut sein. 90° Hybride, die als Mikrostreifenleiter ausgestaltet sind, werden auch als Lange-Coupler bezeichnet.

In einer Ausführung weist das Verstärkermodul zwei Verstärker
10 auf, wobei der erste Verstärker in Serie zwischen dem 90° Hybriden, der mit dem Sendeport verbunden ist, und dem ersten Duplexer verschaltet ist und wobei der zweite Verstärker in Serie zwischen dem mit dem Sendeport verbundenen 90° Hybriden und dem zweiten Duplexer verschaltet ist.

15

In einer weiteren Ausführung weist das Verstärkermodul lediglich einen Verstärker auf, der in Serie zwischen dem Sendeport und einem der 90° Hybride verschaltet ist.

20 In einer Ausgestaltung ist einer der Ports balanced ausgebildet ist und weist zwei zueinander symmetrische Anschlüsse auf, die beide mit je einem 90° Hybrid verbunden sind. Dies kann sowohl der Sendeport als auch der Empfangsport sein. Möglich ist es auch, beide Ports balanced
25 auszubilden und die entsprechenden zueinander symmetrischen Anschlüsse mit je einem 90° Hybrid zu verbinden.

Allgemein können in der Verstärkerschaltung des Verstärkermoduls weitere Ports vorgesehen sein, die alle mit je einem
30 Hybrid verbunden sind. Weist einer der Ports einen weiteren Anschluss auf, so ist auch dieser weitere Anschluss mit einem Hybrid verbunden. Es gilt also als allgemeinste Ausführung,

dass für N Anschlüsse N Hybride vorgesehen sind, wobei N eine ganze Zahl größer gleich drei ist.

5 Unter Abweichung von dem Prinzip der 90° Hybride ist es auch möglich, unsymmetrische Hybride einzusetzen, die andere Phasendrehungen erzeugen, so dass $|\Phi_1 - \Phi_2| \neq 90^\circ$. Diese unsymmetrischen Hybride können dann so miteinander verschaltet werden, dass sich die für die Verbesserung der Isolation benötigte Phasendrehung von etwa 180° durch die
10 Verschaltung ergibt. Auch in diesem Fall wird die Isolation verbessert.

Die erfindungsgemäße Schaltung kann beispielsweise für Signalübertragung in den LTE-Frequenzbändern XI und VII
15 Verwendung finden. Das LTE-Frequenzband XI weist einen Sendebereich von 1427,9 bis 1452,9 MHz und einen Empfangsbereich von 1475,9 bis 1500,9 MHz auf. Der Sendebereich des LTE-Frequenzbandes VII erstreckt sich von 2500 bis 2570 MHz und der dazugehörige Empfangsbereich von
20 2620 bis 2690 MHz. Weiter bietet sich an, die Schaltung im Band XIII, dessen Sendeband von 777 bis 787 MHz und dessen Empfangsband von 746 bis 756 MHz reicht, einzusetzen. Doch auch für andere LTE Bänder ist die Schaltung prinzipiell geeignet.

25

Oftmals weisen Mobiltelefone Verstärkerschaltungen auf, die entweder für einen Frequenzbereich um 1 GHz oder für einen Frequenzbereich um 2 GHz abgestimmt sind. Solche Verstärkerschaltungen können die LTE-Frequenzbänder XI und VII nicht
30 abdecken. Daher könnten sie durch ein erfindungsgemäßes Verstärkermodul ideal ergänzt werden, das genau für die Frequenzen dieser Frequenzbänder ausgelegt ist.

Es ist möglich, dass alle Schaltungselemente, z. B. die 90°-Hybride oder die Verstärker, an eine bestimmte Impedanz, z. B. 50 Ω , angepasste Ein- bzw. Ausgänge aufweisen.

- 5 In einer Ausführungsform umfasst zumindest ein Verstärker des Verstärkermoduls und/oder zumindest ein 90°-Hybrid eine niederohmige Ausgangsstufe.

Insbesondere Leistungsverstärker weisen im Allgemeinen eine
10 Ausgangsimpedanz auf, die niedriger als 50 Ω ist. Verstärker bzw. ihre Ausgangsstufen können Ausgangsimpedanzen im Bereich von etwa 2 Ω bis 10 Ω aufweisen. I/Q-Verstärker können eine höhere Ausgangsimpedanz aufweisen, welche trotzdem kleiner als 50 Ω sein kann. I/Q-Verstärker können z. B. Ausgangs-
15 impedanzen mit Werten < 20 Ω , z. B. 10 bis 20 Ω , aufweisen.

Es ist deshalb möglich, ein Verstärkermodul mit verbesserter Leistungsfähigkeit und insbesondere verbessertem Wirkungsgrad zu erhalten, wenn Verstärker mit einer von 50 Ω verschiedenen
20 Ausgangsimpedanz verwendet werden.

Es ist möglich, ein Impedanzanpass-Netzwerk an den niederohmigen Ausgang eines Verstärkers anzuschließen, um die Impedanz auf die für die übrige Schaltung vorgesehene 50 Ω
25 Impedanz anzupassen. Es ist aber auch möglich, die dem entsprechenden Verstärker nachfolgende Schaltung so anzupassen, dass ihre Eingangsimpedanz mit der niedrigen Ausgangsimpedanz des Verstärkers übereinstimmt.

- 30 In einer Ausführungsform umfasst ein Verstärkermodul ein Impedanztransformations-Netzwerk nach einem der Verstärker und/oder einem der 90°-Hybride.

In einer Ausführungsform umfasst das Verstärkermodul einen I/Q-Verstärker mit zwei parallel geschalteten Verstärkereinheiten und zwei 90°-Hybriden. Ein I/Q-Verstärker ist dabei ein Verstärker, der zwei Verstärkereinheiten, die parallel
5 geschaltet sein können, sowie zwei 90°-Hybride umfasst. Dabei sind die zwei Verstärkereinheiten im Allgemeinen in parallel geschalteten Pfaden zwischen zwei 90°-Hybriden verschaltet.

Die Verstärkereinheiten des Verstärkers und die 90°-Hybride
10 können dabei Eingangsimpedanzen und Ausgangsimpedanzen aufweisen, welche niedriger als 50 Ω sind, damit eine verbesserte Leistungsfähigkeit und insbesondere ein verbesserter Wirkungsgrad erhalten wird.

15 In einer Ausführungsform umfasst das Verstärkermodul ein erstes, mit einem ersten Ausgang eines 90°-Hybrids verschaltetes Impedanztransformations-Netzwerk und ein zweites, mit einem zweiten Ausgang eines 90°-Hybrids verschaltetes Impedanztransformations-Netzwerk. Die
20 Impedanztransformations-Netzwerke können dabei ausgangsseitig mit den beiden Duplexern des Verstärkermoduls verschaltet sein und die Arbeitsimpedanz des Verstärkers und/oder des mit dem Verstärker verschalteten 90°-Hybrids auf die Arbeitsfrequenz der Duplexer transformieren. Bei dieser Lösung ist
25 es zwar notwendig, zwei verschiedene Impedanztransformations-Netzwerke vorzusehen; der Vorteil eines verbesserten Wirkungsgrads wiegt diesen Nachteil durch zusätzliche Mehrkosten i. A. wieder auf.

30 In einer Ausführungsform umfasst das Verstärkermodul eine erste, zwischen einem ersten Ausgang eines 90°-Hybrids und einem ersten Impedanztransformations-Netzwerk verschaltete Verstärkereinheit sowie eine zweite, zwischen einem zweiten

Ausgang eines 90°-Hybrids und einem zweiten Impedanztransformations-Netzwerk verschaltete Verstärkereinheit.

5 Dann ist es möglich, dass der 90°-Hybrid eine Ausgangsimpe-
danz aufweist, die mit der Eingangsimpedanz der Verstärker-
einheiten des Verstärkers übereinstimmt, wobei diese
Impedanzen niedriger als 50 Ω sein können. In jedem Fall wird
die Ausgangsimpedanz der Verstärkereinheiten durch die
Impedanztransformations-Netzwerke auf die Arbeitsimpedanz der
10 damit verschaltbaren Duplexer transformiert.

In einer Ausführungsform umfasst das Verstärkermodul einen
Spannungsmodulator für einen Verstärker oder eine
Verstärkereinheit.

15

Es wurde herausgefunden, dass die oben genannten Ausführungs-
formen von Verstärkermodulen noch leistungseffizienter
arbeiten können, wenn die Versorgungsspannung der Verstärker
an die jeweilige Leistungssituation angepasst ist. Bei dieser
20 Versorgungsspannungsmodulation (englisch: envelope tracking)
wird die Versorgungsspannung eines HF-Verstärkers der
momentanen Ausgangsleistung angepasst. Ist die Ausgangs-
leistung gering, so wird die Versorgungsspannung reduziert.
Ist die Ausgangsleistung dagegen hoch, wird die Versorgungs-
25 spannung entsprechend erhöht. Dadurch arbeitet der
Leistungsverstärker im Idealfall immer nahe seiner maximalen
Ausgangsleistung und damit sehr effizient. Eine Schlüsselkom-
ponente der Versorgungsspannungs-Modulation kann dabei ein
Spannungsmodulator sein, welcher vorzugsweise eine hohe
30 Effizienz aufweist und selbst ein Leistungsverstärker ist,
der im Gegensatz zum HF-Verstärker ein Tiefpass-Signal
verstärkt. Bei der Versorgungsspannungs-Modulation ändert
sich die Ausgangsleistung mit Frequenzen, die aus den Tönen

der zu übertragenden akustischen Signale abgeleitet sind. Deshalb liegen die Frequenzen der Spannungsmodulation im Allgemeinen bei Audiofrequenzen. Bei tiefen Frequenzen ist es einfacher, effiziente Leistungsverstärker aufzubauen, sodass
5 leicht ein hocheffizienter Spannungsmodulator erhalten werden kann.

Es ist möglich, für die Spannungsmodulatoren Techniken von DC/DC-Wandlern oder aus der Audiotechnik bekannten
10 Verstärkerprinzipien zu benutzen.

Versorgungsspannungs-Modulation ist beispielsweise aus dem Artikel "Enhanced Class-A/AB Mobile Terminal Power Amplifier Efficiency by Input Envelope Injection And 'Self' Envelope
15 Tracking" von Alireza Kheirkhahi, Peter M. Asbeck und Laurence E. Larson (C2011 IEEE) bekannt. Bisher problematisch waren allerdings Rückkopplungen durch von der Antenne reflektierte TX-Signale, die sich mit dem eigentlichen, direkt vom Verstärker gelieferten TX-Signal überlagern. Aus
20 der Überlagerung resultieren Fehlanpassungen, die die Hüllkurve, welche die entsprechende Leistung, die ein Verstärker aufbringen muss, angibt, korrumpiert. So ist die Wirkungsweise der Versorgungsspannungs-Modulation stark limitiert.

25

Es ist prinzipiell möglich, die Impedanz des Signalpfads und der Antenne über eine Impedanzanpassschaltung anzupassen, sodass die Hüllkurve weniger korrumpiert wird. Solche Impedanz-Anpassschaltungen bedeuten allerdings höhere
30 Herstellungskosten. Ferner fehlt oft schlicht der Platz in dem Trend zur Miniaturisierung unterworfenen mobilen Kommunikationsgeräten.

Die Verwendung der Versorgungsspannungs-Modulation zusammen mit einem der oben genannten Verstärkermodule macht die Verwendung einer Impedanz-Anpassschaltung überflüssig, da die Verschaltung aus Hybriden und Duplexern eine intrinsische
5 Impedanzanpassung bewirkt, die den Anforderungen an eine Versorgungsspannungs-Modulation genügt. Mit anderen Worten: Das Vorsehen eines der oben genannten Verstärkermodule mit der Verschaltung aus Hybriden/90°-Hybriden und Duplexern bewirkt, dass der Abschlusswiderstand des Verstärkers kaum
10 variiert, sodass der Verstärker optimal belastet wird und keine Korruption des TX-Signals durch Reflexion an der Antenne erfolgt. Dabei können über Impedanzelemente, wie z. B. Widerstände, mit Masse verschaltete Anschlüsse der Hybride die reflektierten Signale ableiten.

15

Obwohl zusätzliche Schaltungskomponenten für die Versorgungsspannungs-Modulation vorgesehen werden müssen, welche ihrerseits einen gewissen Stromverbrauch aufweisen, kann insgesamt ein verbrauchsoptimiertes Verstärkermodul erhalten
20 werden, was insbesondere bei der Verwendung von LTE-Übertragungssystemen Vorteile bzgl. der Benutzungsdauer der Stromversorgung bewirkt.

In einer Ausführungsform umfasst das Verstärkermodul einen
25 Koppler zum Auskoppeln eines Steuersignals für eine Modulation der Versorgungsspannung eines Verstärkers oder einer Verstärkereinheit.

Dabei wird ein bestimmter Prozentsatz der Leistung des RF-Signals aus dem Signalpfad ausgekoppelt und zur Bestimmung
30 des Leistungsniveaus des Verstärkers verwendet. Dieses Signal, seinerseits selbst verstärkt, wird dem Verstärker oder einer Verstärkereinheit des Verstärkers als

Versorgungsspannung zur Verfügung gestellt. Damit ist die Versorgungsspannung des Verstärkers leistungsabhängig, sodass der Verstärker selbst immer an einem optimalen Betriebspunkt arbeitet.

5

In einer Ausführungsform umfasst das Verstärkermodul einen Detektor zum Detektieren der notwendigen Versorgungsspannung eines Verstärkers oder einer Verstärkereinheit.

10 Der Detektor kann dabei eine Verschaltung aus Dioden und/oder Halbleiterschaltern umfassen.

In einer Ausführungsform umfasst das Verstärkermodul ein Verzögerungselement im Signalpfad vor einem Verstärker oder
15 einer Verstärkerspannung.

Das Ermitteln der aktuellen Versorgungsspannung benötigt eine gewisse Zeitspanne Δt , um welche das RF-Signal im Signalpfad verzögert werden muss, damit die angepasste Versorgungs-
20 spannung und das RF-Signal im Signalpfad, in dem der Leistungsverstärker verschaltet ist, synchron am Verstärker anliegt.

In einer Ausführungsform umfasst das Verstärkermodul
25 Schaltungselemente für eine Versorgungsspannungs-Modulation und einen Schalter zum Deaktivieren der Schaltungselemente für die Versorgungsspannungs-Modulation.

Ist abzusehen, dass die Versorgungsspannungs-Modulation nicht
30 benötigt wird, etwa, weil vorherzusehen ist, welches Leistungsniveau vom Verstärker abgerufen werden wird, so kann weiterhin Energie gespart werden, indem die entsprechenden Schaltungselemente der Versorgungsspannungs-Modulation

deaktiviert werden. Es ist natürlich möglich, die Schaltungselemente zur Versorgungsspannungs-Modulation wieder zu aktivieren, falls diese wieder zur Energieeinsparung beitragen können.

5

Im Folgenden wird die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen und der dazugehörigen Figuren näher erläutert. Die Figuren zeigen anhand schematischer und nicht maßstabgetreuer Darstellungen verschiedene Ausführungsbeispiele der Erfindung.

10

Figur 1 zeigt ein im Stand der Technik bekanntes Verstärkermodul.

15

Figur 2 zeigt einen bekannten 90° Hybrid aus diskreten Elementen.

Figur 3 zeigt eine erste Ausführung des erfindungsgemäßen Verstärkermoduls.

20

Figur 4 zeigt die Durchlasscharakteristik und Isolation der in Figur 3 gezeigten Schaltung.

Figur 5 zeigt einen Ausschnitt aus Figur 4.

25

Figur 6 zeigt die Reflektion der Schaltung gemäß Figur 3.

Figur 7 zeigt eine zweite Ausführung des erfindungsgemäßen Verstärkermoduls.

30

Figur 8 zeigt die Durchlasscharakteristik und Isolation eines Verstärkermoduls gemäß Figur 7.

Figur 9 zeigt einen Ausschnitt aus Figur 8.

Figur 10 zeigt die Reflektion eines Verstärkermoduls gemäß
Figur 9.

5

Figur 11 zeigt ein Blockschaltbild eines Verstärkermoduls
mit zwei Verstärkereinheiten zwischen zwei 90° -
Hybriden.

10 Figur 12 zeigt ein Blockschaltbild eines Verstärkermoduls
mit zwei Impedanztransformations-Netzwerken
zwischen einem 90° -Hybriden und zwei Duplexern.

15 Figur 13 zeigt ein Blockschaltbild eines Verstärkermoduls mit
zwei Verstärkereinheiten eines Verstärkers zwischen
einem 90° -Hybriden und zwei
Impedanztransformations-Netzwerken.

20 Figur 14 zeigt die zeitliche Abhängigkeit der Amplitude der
Verstärkung bei der Versorgungsspannungs-
Modulation.

25 Figur 15 zeigt ein Blockschaltbild einer einfachen
Ausführungsform der Versorgungsspannungs-
Modulation.

Figur 16 zeigt eine Ausgestaltung von Schaltungselementen
einer Versorgungsspannungs-Modulation.

30 Figur 17 zeigt eine weitere Ausgestaltung der
Schaltungselemente einer Versorgungsspannungs-
Modulation.

Figur 18 zeigt Schaltungselemente einer Versorgungsspannungs-Modulation mit einem Koppler.

Figur 19 zeigt das Blockdiagramm eines Verstärkermoduls mit symmetrischem Rx Port.

Figur 3 zeigt ein erstes Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Verstärkermoduls. Das Verstärkermodul weist einen Sendeport TX, einen Antennenport ANT und einen Empfangsport RX auf. Eine solche Schaltungsanordnung kann beispielsweise im Mobilfunk eingesetzt werden. Hier sind Sende- und Empfangsport TX, RX über verschiedene Pfade mit dem gleichen Antennenport ANT verbunden. Entscheidende Kenngrößen einer solchen Schaltung sind die Selektion sowie die Isolation. Die Isolation ist ein Maß dafür, welcher Anteil eines Sendesignals vom Sendeport TX den Empfangsport RX erreicht. Ein solches Signal ist üblicherweise unerwünscht. Die vom Empfangsport RX empfangenen Signale weisen im Mobilfunk lediglich eine sehr kleine Signalstärke auf. Daher ist es entscheidend, dass diese Signale nicht zusätzlich noch durch ein parasitäres Signal vom Sendeport TX gestört werden.

Die Selektion beschreibt das Verhältnis zwischen der Abstrahlleistung im Durchlassbereich und der Dämpfung außerhalb des Durchlassbereichs. Aufgrund der im Mobilfunk sehr kleinen Empfangsleistungen ist eine hohe Selektion von Empfangssignal und Sendesignal wichtig.

Eine weitere entscheidende Größe ist die Auswirkung einer Fehlanpassung der Antennenimpedanz. Durch Interaktion eines Nutzers kann die Impedanz einer Antenne verändert werden. Ein Verstärkermodul sollte derart ausgestaltet sein, dass es

möglichst unabhängig von Schwankungen der Antennenimpedanz ist.

Das erfindungsgemäße Verstärkermodul weist ferner zwei
5 Duplexer DPX1, DPX2 und drei 90° Hybride HYB1, HYB2, HYB3
auf. Der Sendeport TX ist an einen Anschluss 4 eines 90°
Hybrids angeschlossen. Ein Eingangssignal, das an diesem
Anschluss 4 anliegt, wird von dem 90° Hybrid HYB1 an den
Anschlüssen 5 und 6 ausgegeben, wobei die ausgegebenen
10 Signale zueinander um 90° phasenverschoben sind und eine um
etwa 3 dB geringere Signalstärke gegenüber dem Eingangssignal
aufweisen.

Am Anschluss 5 wird ein Signal ausgegeben, das um Φ_2 gegen-
15 über dem Eingangssignal des 90° Hybrids phasenverschoben ist.
Das am Anschluss 6 ausgegebene Signal ist um den Winkel Φ_1
gegenüber dem Eingangssignal phasenverschoben. Des Weiteren
liegt am vierten Anschluss 7 des 90° Hybrids HYB1 eine Last-
impedanz an, beispielsweise ein Lastwiderstand von 50 Ω . Die
20 Lastimpedanz kann auch weitere Elemente, ausgewählt aus R, L
und C Gliedern, umfassen. Diese Lastimpedanz sorgt für eine
Impedanzanpassung. Die Anschlüsse 5 und 6 des 90° Hybrids
HYB1 sind jeweils mit einem Verstärker PA1, PA2 verbunden.
Die Ausgänge der Verstärker PA1, PA2 sind wiederum jeweils
25 mit einem der beiden Duplexer DPX1, DPX2 verbunden.

Der Empfangsport RX ist ebenfalls mit einem 90° Hybrid HYB2
verbunden und zwar mit einem Anschluss 8 dieses 90° Hybrids
HYB2. Die Anschlüsse 9 und 10 dieses 90° Hybrids sind eben-
30 falls jeweils mit einem der beiden Duplexer DPX1, DPX2
verbunden. Der vierte Anschluss 11 des 90° Hybrids HYB2 ist
über eine Lastimpedanz geerdet.

Der Antennenport ANT ist mit einem 90° Hybrid HYB3 verbunden und zwar mit dem Anschluss 12 des 90° Hybrids. Zwei weitere Anschlüsse 13, 14 dieses 90° Hybrids HYB3 sind jeweils mit einem Duplexer verbunden. Der vierte Anschluss 15 des 90° Hybrids HYB3 ist über eine Lastimpedanz geerdet.

Die 90° Hybride HYB1, HYB2, HYB3 und die Duplexer DPX1, DPX2 sind derart miteinander verschaltet, dass sich Sendesignale, die aufgrund einer endlichen Isolation der Duplexer DPX1, DPX2 den Empfangsport RX erreichen, im Idealfall gegenseitig aufheben. Gleichzeitig interferieren Sendesignale, die auf verschiedenen Signalpfaden den Antennenport ANT erreichen, konstruktiv.

Figur 4 zeigt die Durchlasscharakteristik für ein Verstärkermodul gemäß der ersten Ausführung. Es wird ein Verstärkermodul betrachtet, bei dem an der Antenne ein Stehwellenverhältnis von 3:1 anliegt. Der Phasenwinkel wird schrittweise von 0° bis 360° in 20° Schritten erhöht, so dass sich eine Kurvenschar ergibt, die in Figur 4 dargestellt ist.

Die Kurve S_{21} beschreibt die Einfügedämpfung des TX-Filters, d. h. die Transmission vom Sendeport TX zum Antennenport ANT in Abhängigkeit von der Frequenz des Signals. Die Kurve S_{32} beschreibt die Einfügedämpfung des RX-Filters, d. h. die Transmission vom Antennenport ANT zum Empfangsport RX in Abhängigkeit von der Frequenz des Signals. Die Kurve S_{31} beschreibt die Isolation des Duplexers, d. h. die Transmission des Signals vom Sendeport TX zum Empfangsport RX.

30

Figur 5 zeigt eine Vergrößerung eines Ausschnitts aus der in Figur 4 gezeigten Durchlasscharakteristik. In Figur 5 sind

der Durchlassbereich des TX-Filters und der Durchlassbereich des RX-Filters dargestellt.

Figur 6 zeigt die Kurven S_{11} und S_{33} für ein in Figur 3
5 dargestelltes Verstärkermodul. Auch hier wird von einem Stehwellenverhältnis von 3:1 an der Antenne ausgegangen. Der Phasenwinkel wird schrittweise von 0° bis 360° in 20° Schritten erhöht, so dass sich eine Kurvenschar ergibt, die in Figur 6 dargestellt ist.

10

Die Kurve S_{11} beschreibt den Signalanteil, der an einem Sendeport TX reflektiert wird. Die Kurve S_{33} beschreibt den Signalanteil, der an einem Empfangsport RX reflektiert wird.

15 Figur 7 zeigt ein zweites Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung. Gegenüber dem ersten Ausführungsbeispiel wurden die beiden Verstärker PA1, PA2 entfernt und durch einen einzigen Verstärker PA ersetzt, der in Serie zwischen dem Sendeport TX und dem mit dem Sendeport TX verbundenen 90°
20 Hybriden HYB1 angeordnet ist.

Diese Schaltungsanordnung verbessert die Isolation von Sendeport TX, RX deutlich. Figur 8 zeigt die Durchlasscharakteristik und die Isolation des in Figur 7
25 dargestellten Verstärkermoduls, wobei von einem Stehwellenverhältnis von 3:1 an der Antenne ausgegangen wird und der Phasenwinkel in Schritten von 20° von 0° auf 360° erhöht wird. Figur 9 zeigt einen Ausschnitt der in Figur 8 gezeigten Durchlasscharakteristik, und Figur 10 zeigt die Kurven S_{33}
30 und S_{11} für eine in Figur 7 dargestellte Schaltungsanordnung. Wiederum wird von einem Stehwellenverhältnis von 3:1 an der Antenne ausgegangen und der Phasenwinkel wird in Schritten von 20° von 0° auf 360° erhöht.

Ein Vergleich der Figuren 4 und 8 zeigt, dass für eine Schaltungsanordnung gemäß dem zweiten Ausführungsbeispiel die Isolation zwischen Sende- und Empfangsport um mehr als 10 dB verbessert wird. Figur 10 zeigt ferner, dass auch bei Fehlanpassungen der Antenne die Variation des Stehwellenverhältnisses verbessert wird. Die Fluktuation der Einfügedämpfung ist dementsprechend sehr gering.

Ein Vergleich der Figur 5 mit Figur 9 zeigt eine Verringerung des Amplitudenripple im jeweiligen Passband, was insbesondere für LTE Signale eine wichtige Voraussetzung ist.

Figur 11 zeigt ein Blockschaltbild (Ersatzschaltbild) eines Verstärkermoduls, wobei zwischen Sendeport TX und dem TX-seitigen, mit den beiden Duplexern verschalteten, 90°-Hybriden HYB ein I/Q-Verstärker verschaltet ist. Der I/Q-Verstärker umfasst einen TX-seitigen Hybriden HYB sowie einen antennenseitigen Hybriden HYB. Zwischen den Ausgangsanschlüssen des TX-seitigen Hybrids HYB und den Eingangsanschlüssen des antennenseitigen Hybrids HYB sind die zwei Verstärkereinheiten des Verstärkers PA in parallelen Pfaden verschaltet. Diese Verstärkereinheiten können niederohmige Ein- bzw. Ausgangsanschlüsse umfassen. Die damit verschalteten 90°-Hybride HYB können entsprechend angepasst sein, sodass kein Impedanztransformations-Netzwerk direkt im Anschluss an die Verstärkereinheiten vorgesehen sein muss. So kann ein Verstärker erhalten werden, der nicht speziell an eine 50 Ω Ausgangsimpedanz angepasst sein muss und deshalb energieeffizienter arbeiten kann.

30

Figur 12 zeigt ein Blockschaltbild eines Verstärkermoduls, bei dem zwischen einem mit dem TX-Port TX verschalteten Verstärker PA einerseits und den Duplexern andererseits ein

90°-Hybrid und in Serie dazu Impedanztransformations-Netzwerke MN verschaltet sind. Die Impedanz-Transformations-Schaltwerke MN sind dabei zwischen je einem Ausgang des 90°-Hybrids und einem der beiden Duplexer verschaltet.

5

Figur 13 zeigt ein Blockschaltbild eines Verstärkermoduls, wobei zwischen dem Sendeport TX und den beiden Duplexern ein 90°-Hybrid, zwei Verstärkereinheiten des Verstärkers PA sowie zwei Impedanztransformations-Netzwerke MN verschaltet sind.

10

Der 90°-Hybrid HYB ist dabei direkt mit dem Sendeport TX verschaltet. Je eines der Impedanztransformations-Netzwerke MN ist mit je einem der beiden Duplexer verschaltet. Die zwei Verstärkereinheiten sind in parallelen Pfaden zwischen dem 90°-Hybrid HYB und den Impedanztransformations-Netzwerken MN

15

verschaltet.

Figur 14 zeigt beispielhaft die Zeitabhängigkeit der Amplitude der Hüllkurve des Leistungssignals eines Verstärkers und illustriert dabei die Versorgungsspannungs-Modulation VM. Bei

20

der Versorgungsspannungs-Modulation kann die Versorgungsspannung des Verstärkers des Verstärkermoduls zwischen unterschiedlichen Amplituden A1 und A2 entsprechend der

aktuellen zu übertragenden Leistung eingestellt werden. Dabei ist auch kurzzeitig ein Überschreiten der größeren Amplitude

25

A2 möglich. Insgesamt wird der Verstärker mit einer Spannung versorgt, die so ausgewählt bzw. an das zu übertragende RF-Signal angepasst ist, dass der Verstärker stets in einem optimalen Arbeitsbereich und somit sehr energieeffizient arbeitet. Die in Figur 14 dargestellte Kurve stellt somit die

30

Hüllkurve eines zu übertragenden RF-Signals dar, die die Versorgungsspannung des Verstärkers bestimmt.

Figur 15 zeigt eine einfache Ausgestaltung eines mit Versorgungsspannungs-Modulation arbeitenden Verstärkermoduls, das als Schaltungskomponenten VMC einen Verstärker PA, der im Signalpfad SP verschaltet ist, sowie einen Hüllkurven-
5 Verfolger ET (englisch: envelope tracker) umfasst.

Figur 16 zeigt eine Ausgestaltung eines Verstärkermoduls, das im Signalpfad SP Verzögerungskomponenten DC umfasst. Weiterhin ist im Signalpfad SP eine Treiberschaltung DRV
10 verschaltet. An den Ausgang des Verstärkers PA ist ein Impedanztransformations-Netzwerk MN verschaltet.

Figur 17 zeigt ein Blockschaltbild eines Verstärkermoduls, wobei die Komponenten zur Versorgungsspannungs-Modulation VMC
15 einen Schalter SW umfassen, mit dem der Envelope Tracker ET an den Signalpfad SP gekoppelt bzw. von ihm getrennt werden kann. Weiter existiert ein Schalter SW, mit dem der Verstärker PA, der seine Versorgungsspannung vom Envelope Tracker ET bekommt, umgangen werden kann, falls auf eine Versorgungs-
20 spannungs-Modulation verzichtet werden soll.

Am Ausgangsanschluss des Verstärkers PA bzw. mit dem Überbrückungsschalter SW ist ein Impedanztransformations-Netzwerk MN verschaltet, dessen Ausgang mit dem TX-Filter des
25 Duplexers DPX verschaltet ist.

Alle Signalpfade eines Verstärkungsmoduls können balanced, d. h. erdsymmetrisch, oder unbalanced, d. h. erdunsymmetrisch, ausgebildet sein. In der beispielhaften Darstellung der Figur
30 17 ist der TX-Signalpfad unbalanced ausgeführt, während ein RX-Ausgang des RX-Filters des Duplexers DPX balanced ausgeführt ist.

Figur 18 zeigt eine Ausgestaltung der Schaltungselemente der Versorgungsspannungs-Modulation VMC, wobei im Signalpfad SP ein Koppler C verschaltet ist, um einen bestimmten Prozentsatz der Leistung der TX-Signale auszukoppeln und über den Envelope Tracker ET als Versorgungsspannung dem Leistungsverstärker PA zuzuführen.

Figur 19 zeigt das Blockdiagramm eines Verstärkermoduls mit symmetrischem Rx Port. Gegenüber den Ausführungen mit ausschließlich unsymmetrischen Ports wie zum Beispiel anhand der Figur 7 erläutert ist hier ein zusätzlicher Hybrid erforderlich.

Das Verstärkermodul weist zwei Duplexer DPX1, DPX2 und vier 90° Hybride HYB1, HYB2, HYB3, HYB4 auf. Der Sendeport TX ist an einen ersten Anschluss des 90° Hybrids HYB4 angeschlossen. Ein Eingangssignal, das an diesem Anschluss anliegt, wird von dem 90° Hybrid HYB4 an zwei weiteren Anschlüssen wieder ausgegeben, wobei die ausgegebenen Signale zueinander um 90° phasenverschoben sind und eine um etwa 3 dB geringere Signalstärke gegenüber dem Eingangssignal aufweisen. Diese beiden Ausgänge sind mit jeweils einem Duplexer DPX1, DPX2 verschaltet. Auch die anderen Hybride können ähnlich oder gleich ausgebildet sein und geben jeweils ein Eingangssignal in Form zweier gegeneinander phasenverschobener Ausgänge wieder aus.

Die antennenseitigen Ausgänge der beiden Duplexer DPX1, DPX2 werden mittels eines weiteren Hybridens HYB1 an der Antenne ANT zusammengeführt.

Die Duplexer DPX1, DPX2 weisen jeweils einen symmetrischen Rx Ausgang mit zwei Anschlüssen (für eine symmetrische

Signalführung) auf. Je einer der Anschlüsse des Rx Ausgangs der beiden Duplexer wird mit dem Eingang je eines Hybriden HYB2, HYB3 verbunden. Dort werden die beiden Signale phasenrichtig addiert an einem Ausgang ausgegeben und dem
5 jeweiligen Anschluss des Rx Ports RX zugeführt.

Zwischen dem Tx Port TX und dem ersten Hybrid HYB4 ist ein Verstärker PA angeordnet. Ansonsten gelten auch hier die gleichen Wirkungsprinzipien und Vorteile wie anhand der
10 vorherigen Ausführungsbeispiele erläutert. Es zeigt sich, dass ein Verstärkermodul mit einem symmetrischer Rx Port mit nur einem zusätzlichen Hybriden (gegenüber einem Verstärkermodul mit einem unsymmetrischer Rx Port) verwirklicht werden kann.

15

Patentansprüche

1. Verstärkermodul, aufweisend
zumindest einen Verstärker (PA),
5 einen Antennenport (ANT),
einen Sendeport (TX),
einen Empfangsport (RX), und
eine Schaltungsanordnung mit zumindest drei 90° Hybriden
(HYB1, HYB2, HBY3), die jeweils ein Eingangssignal in
10 zwei Ausgangssignale aufteilen, wobei die beiden
Ausgangssignale eine relative Phasenverschiebung von 90°
zueinander aufweisen,
wobei der Antennen-, der Sende- und der Empfangsport
(ANT, TX, RX) jeweils mit zumindest einem 90° Hybrid
15 (HYB1, HYB2, HBY3) verbunden sind,
bei dem zumindest einer der Verstärker (PA) in Serie
zwischen dem Sendeport (TX) und einem der 90° Hybriden
(HYB1) verschaltet ist.
- 20 2. Verstärkermodul gemäß Anspruch 1,
bei dem die Schaltungsanordnung ferner zumindest zwei
Duplexer (DPX1, DPX2) aufweist, die derart verschaltet
sind, dass die beiden Ausgangssignale, die der an den
Sendeport (TX) angeschlossene 90° Hybrid (HYB1) ausgibt,
25 an dem Antennenport (ANT) konstruktiv interferieren.
3. Verstärkermodul gemäß Anspruch 2,
bei dem die drei Anschlüsse jedes der beiden Duplexer
(DPX1, DPX2) jeweils mit einem der drei 90° Hybrid
30 (HYB1, HYB2, HBY3) verbunden sind.

4. Verstärkermodul gemäß einem der Ansprüche 2 oder 3,
bei dem einer der beiden Duplexer (DPX1) derart mit dem
mit dem Empfangsport (RX) verbundenen 90° Hybrid (HYB1)
und dem mit dem Sendeport (TX) verbundenen 90° Hybrid
5 (HYB2) verbunden ist, dass die 90° Hybride (HYB1, HYB2)
jeweils ein relativ zu ihrem Eingangssignal um den
Winkel Φ_1 phasenverschobenes Ausgangssignal an den
Duplexer (DPX1) ausgegeben,
bei dem der andere der beiden Duplexer (DPX2) derart mit
10 dem mit dem Empfangsport (RX) verbundenen 90° Hybrid
(HYB1) und dem mit dem Sendeport (TX) verbundenen 90°
Hybrid (HYB2) verbunden ist, dass die 90° Hybride (HYB1,
HYB2) jeweils ein relativ zu ihrem Eingangssignal um den
Winkel Φ_2 phasenverschobenes Ausgangssignal an den
15 Duplexer (DPX2) ausgegeben,
bei dem der Betrag der Differenz der beiden Winkel Φ_1
und Φ_2 nahezu 90° beträgt, und
bei dem beide Duplexer (DPX1, DPX2) jeweils mit einem
der Ausgänge des mit dem Antennenport (ANT) verbundenen
20 90° Hybrids (HYB3) verbunden sind.
5. Verstärkermodul gemäß einem der Ansprüche 2-4,
bei dem die Duplexer (DPX1, DPX2) aus diskreten
Elementen aufgebaut sind, oder
25 bei dem die Duplexer (DPX1, DPX2) akustische Bauelemente
enthalten.
6. Verstärkermodul gemäß Anspruch 5,
bei dem die Duplexer (DPX1, DPX2) SAW-Duplexer, BAW-
30 Duplexer oder sowohl SAW-Wandler als auch BAW-Wandler
aufweisende Hybrid-Duplexer umfassen.

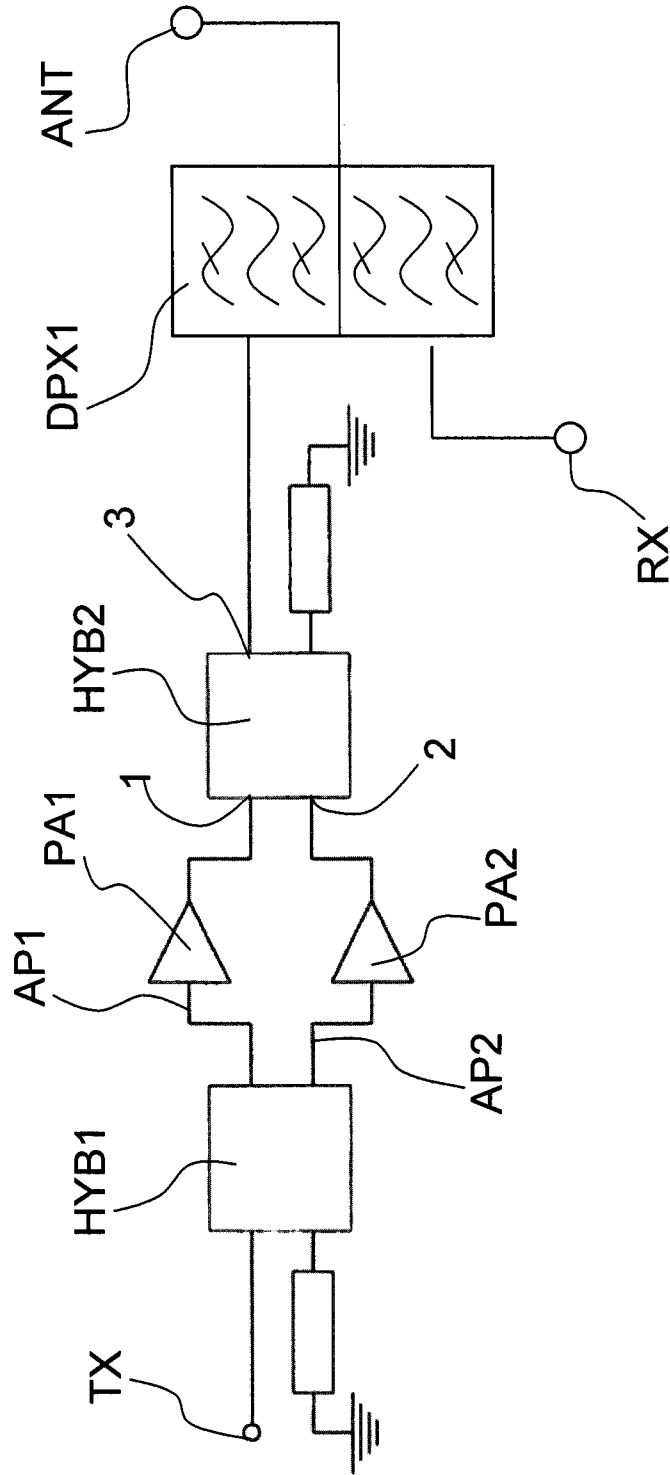
7. Verstärkermodul gemäß einem der Ansprüche 2-6,
bei dem die Duplexer (DPX1, DPX2) Hoch- und Tiefpässe
aufweisen.
- 5 8. Verstärkermodul gemäß einem der Ansprüche 2-7,
bei dem die Duplexer (DPX1, DPX2) abstimmbare Elemente
aufweisen.
9. Verstärkermodul gemäß einem der Ansprüche 2-8,
10 bei dem die Duplexer (DPX1, DPX2) und/oder die 90°
Hybride (HYB1, HYB2, HYB3) in das Modulsubstrat
integriert sind.
10. Verstärkermodul gemäß Anspruch 9,
15 bei dem die Duplexer (DPX1, DPX2) und/oder die 90°
Hybride (HYB1, HYB2, HYB3) in Form von L-, C- und R-
Gliedern in ein mehrschichtiges Modulsubstrat integriert
sind.
- 20 11. Verstärkermodul gemäß einem der Ansprüche 2-10,
das zwei Verstärker (PA1, PA2) aufweist, wobei der erste
Verstärker (PA1) in Serie zwischen dem mit dem Sendeport
(TX) verbundenen 90° Hybriden (HYB1) und dem ersten
Duplexer (DPX1) verschaltet ist und wobei der zweite
25 Verstärker (PA2) in Serie zwischen dem mit dem Sendeport
(TX) verbundenen 90° Hybriden (HYB1) und dem zweiten
Duplexer (DPX2) verschaltet ist.
12. Verstärkermodul gemäß einem der Ansprüche 1-11,
30 bei dem die 90° Hybride (HYB1, HYB2, HYB3) aus diskreten
Elementen aufgebaut sind, oder
bei dem die 90° Hybride (HYB1, HYB2, HYB3)
Mikrostreifenleiter umfassen.

13. Verstärkermodul gemäß einem der Ansprüche 1-12,
das für das LTE Frequenzband XI oder das LTE
Frequenzband VII ausgelegt ist.
- 5 14. Verstärkermodul gemäß einem der Ansprüche 1-13,
bei dem einer der Ports balanced ausgebildet ist und
zwei zueinander symmetrische Anschlüsse aufweist, wobei
jeder der beiden symmetrischen Anschlüsse mit einem 90°
Hybrid verbunden ist.
- 10 15. Verstärkermodul gemäß einem der vorherigen Ansprüche,
dessen Verstärker (PA) und/oder zumindest ein 90° Hybrid
(HYB) eine niederohmige Ausgangsstufe umfassen.
- 15 16. Verstärkermodul gemäß einem der vorherigen Ansprüche,
umfassend ein Impedanztransformations-Netzwerk (MN) nach
einem der Verstärker (PA) und/oder einem der 90° Hybride
(HYB).
- 20 17. Verstärkermodul gemäß einem der vorherigen Ansprüche,
umfassend ein I/Q-Verstärker (PA) mit 2 Verstärker-
einheiten und zwei 90° Hybriden (HYB).
- 25 18. Verstärkermodul gemäß einem der vorherigen Ansprüche,
umfassend
- ein erstes, mit einem ersten Ausgang eines 90° Hybrids
(HYB) verschaltetes Impedanztransformations-Netzwerk
(MN),
 - ein zweites, mit einem zweiten Ausgang eines 90°
30 Hybrids (HYB) verschaltetes Impedanztransformations-
Netzwerk (MN).

19. Verstärkermodul gemäß einem der vorherigen Ansprüche,
umfassend
- eine erste, zwischen einem ersten Ausgang eines 90° Hybrids (HYB) und einem ersten Impedanztransformations-
5 Netzwerk (MN) verschaltete Verstärkereinheit,
 - eine zweite, zwischen einem zweiten Ausgang eines 90° Hybrids (HYB) und einem zweiten Impedanztransformations-
Netzwerk (HYB) verschaltete Verstärkereinheit.
- 10 20. Verstärkermodul gemäß einem der vorherigen Ansprüche,
umfassend einen Spannungsmodulator (VMC) für einen
Verstärker (PA) oder eine Verstärkereinheit.
- 15 21. Verstärkermodul gemäß einem der vorherigen Ansprüche,
umfassend einen Koppler (C) zum Auskoppeln eines
Steuersignals für eine Modulation der Versorgungsspannung eines Verstärkers (PA) oder einer
Verstärkereinheit.
- 20 22. Verstärkermodul gemäß einem der vorherigen Ansprüche,
umfassend einen Detektor zum Detektieren der notwendigen
Versorgungsspannung eines Verstärkers (PA) oder einer
Verstärkereinheit.
- 25 23. Verstärkermodul gemäß einem der vorherigen Ansprüche,
umfassend ein Verzögerungselement (DC) im Signalpfad
(SP) vor einem Verstärker (PA) oder einer Verstärker-
einheit.
- 30 24. Verstärkermodul gemäß einem der vorherigen Ansprüche,
umfassend Schaltungselemente (VMC) für eine Versorgungs-
spannungs-Modulation und einen Schalter (SW) zum

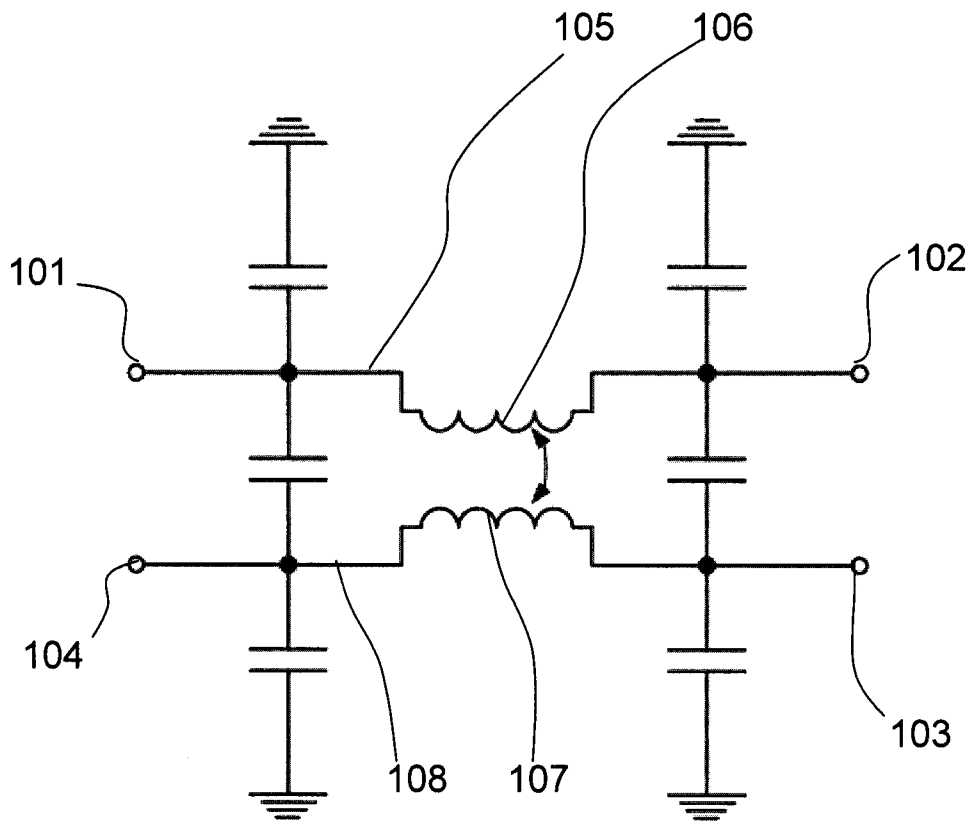
Deaktivieren der Schaltungselemente (VMC) für die
Versorgungsspannungs-Modulation.

Fig. 1



- Stand der Technik -

Fig. 2



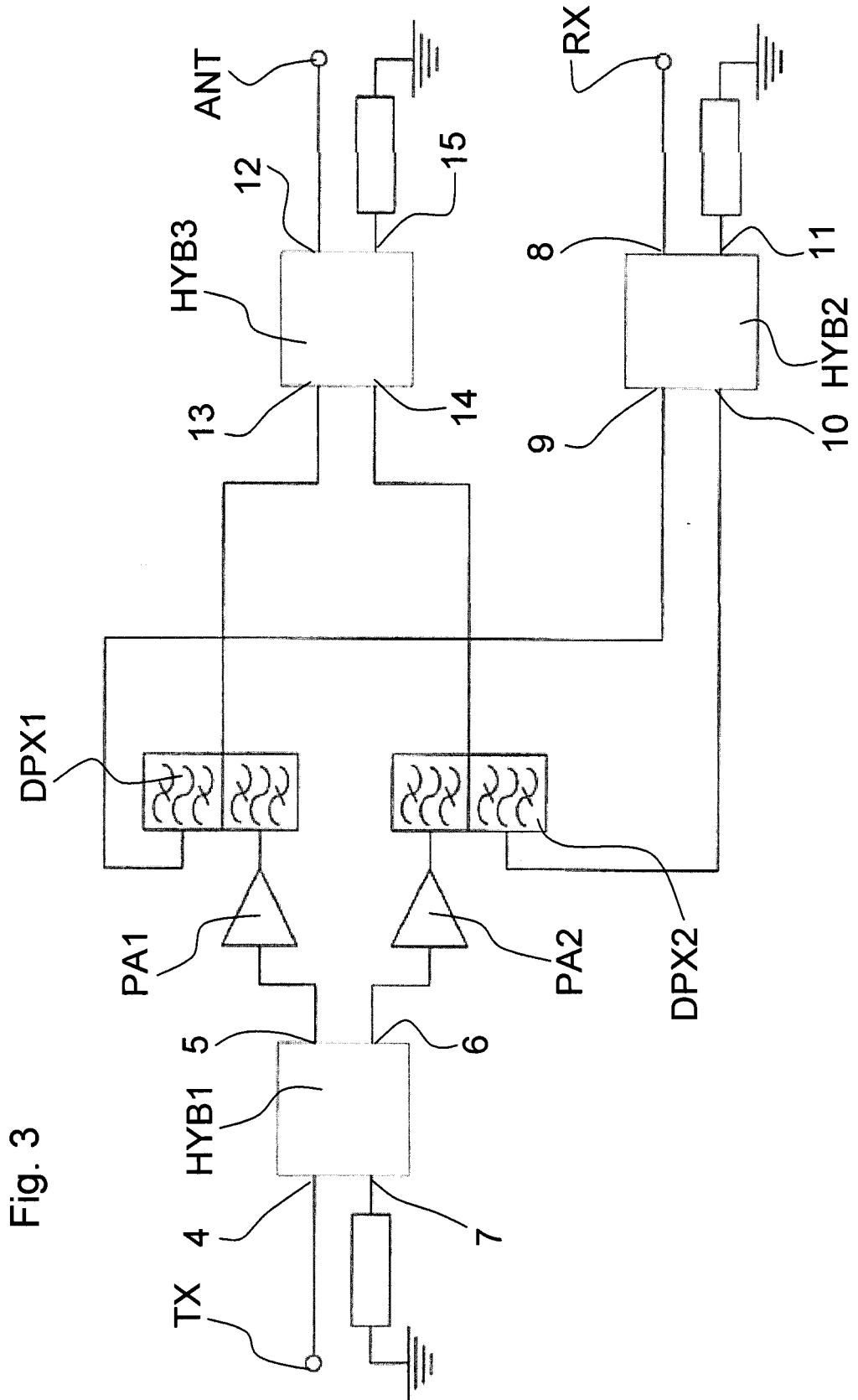


Fig. 3

Fig. 4

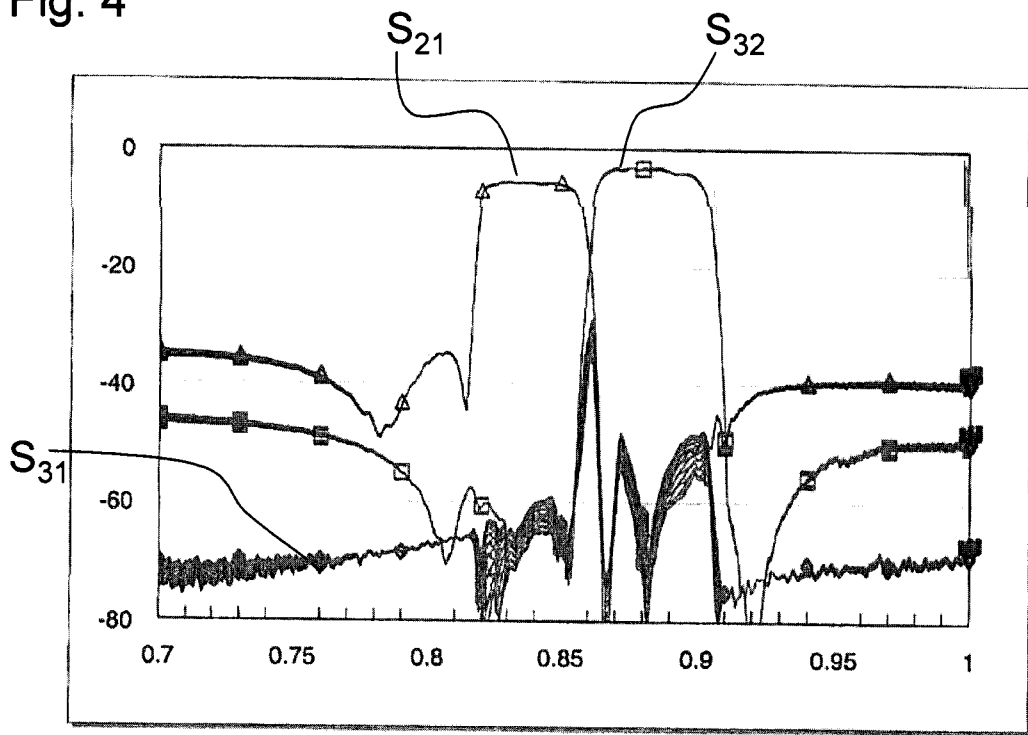


Fig. 5

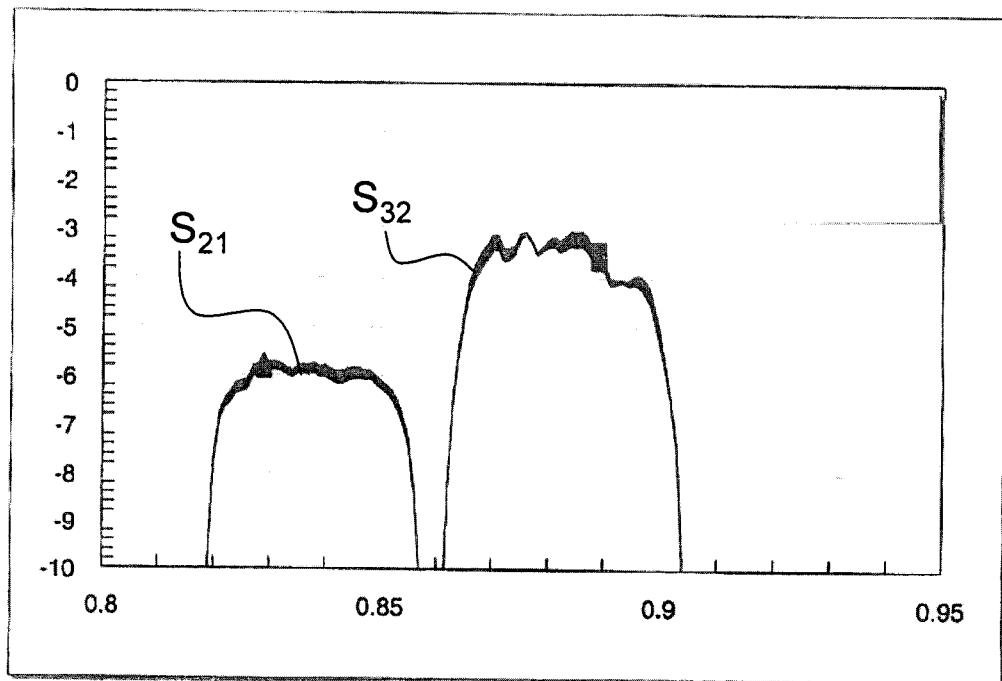
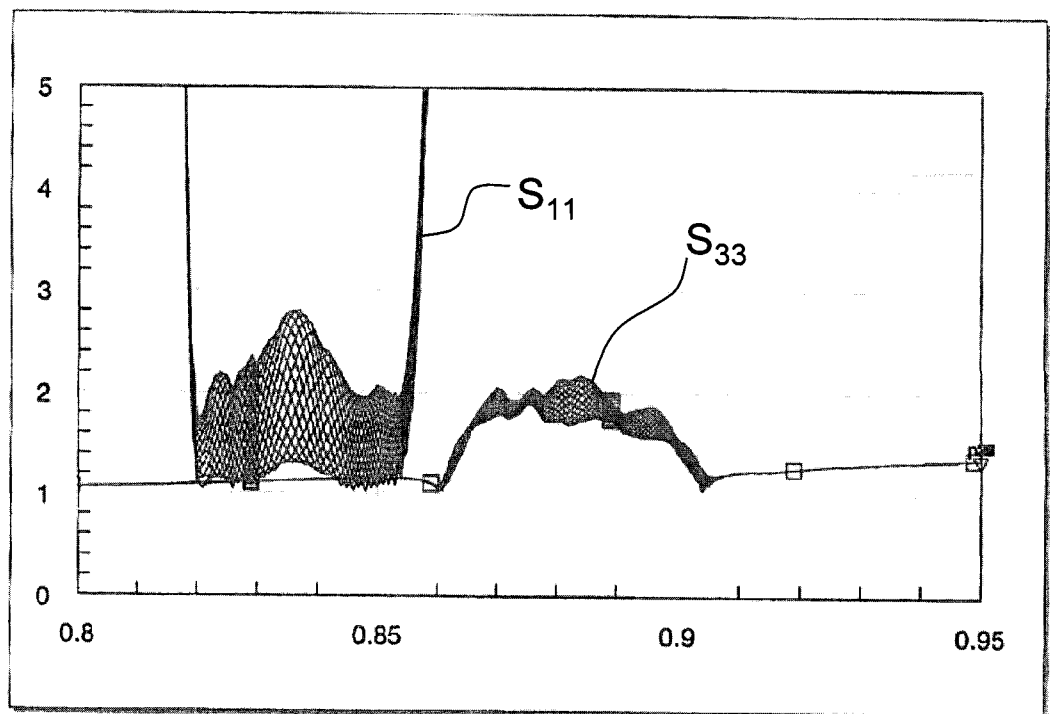


Fig. 6



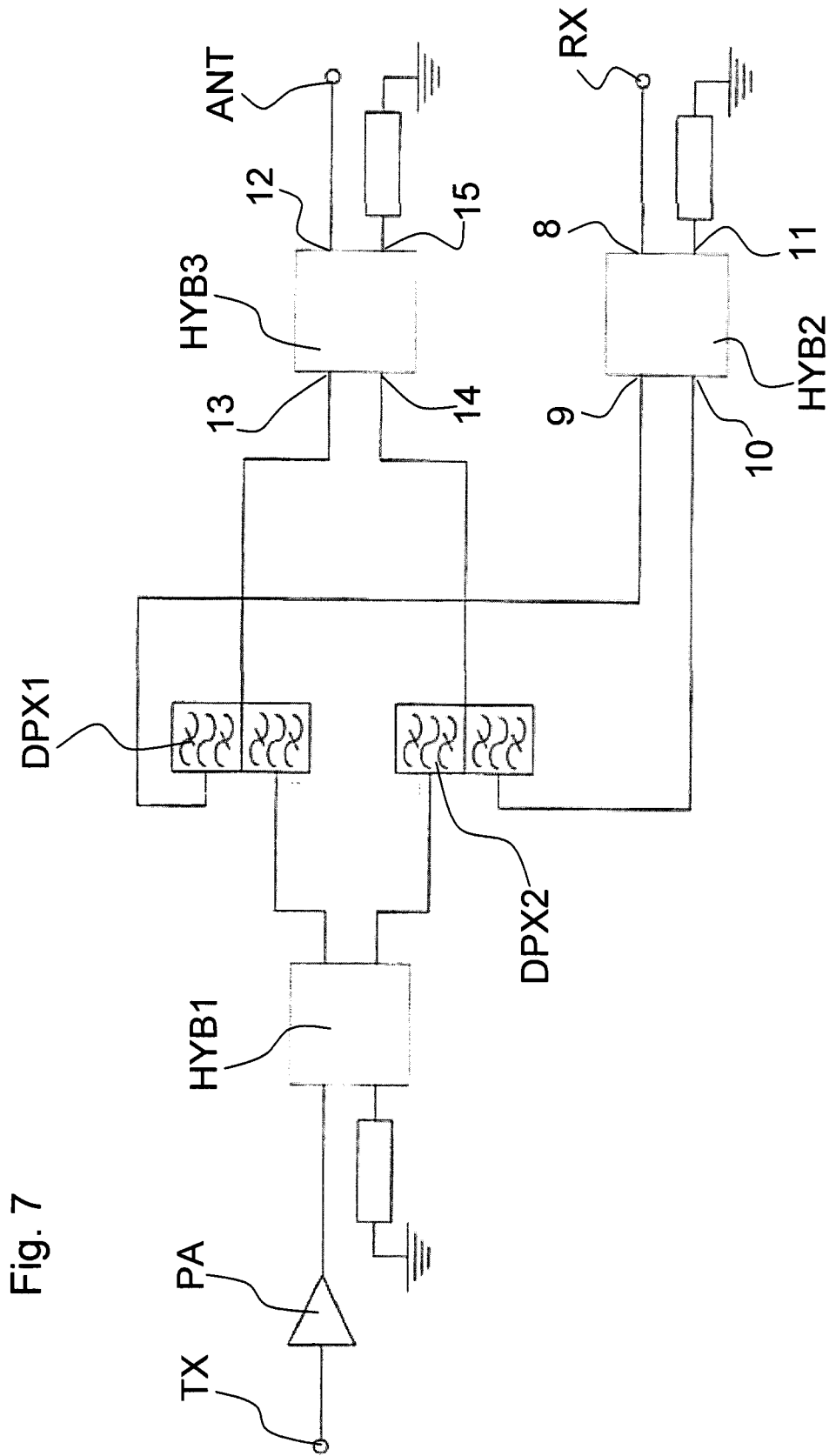


Fig. 7

Fig. 8

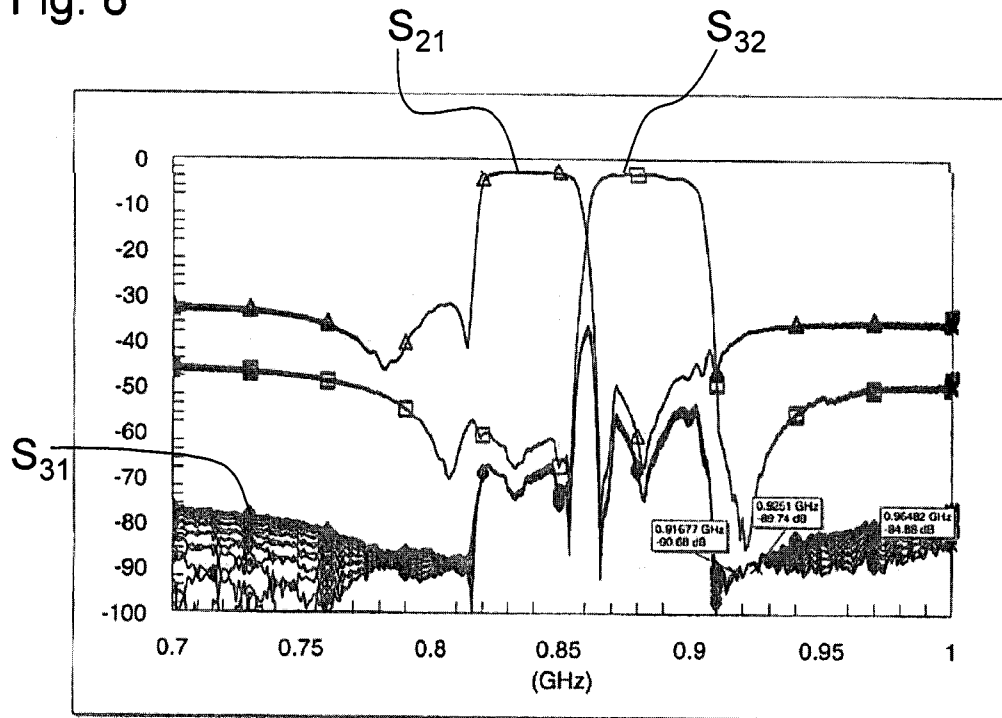


Fig. 9

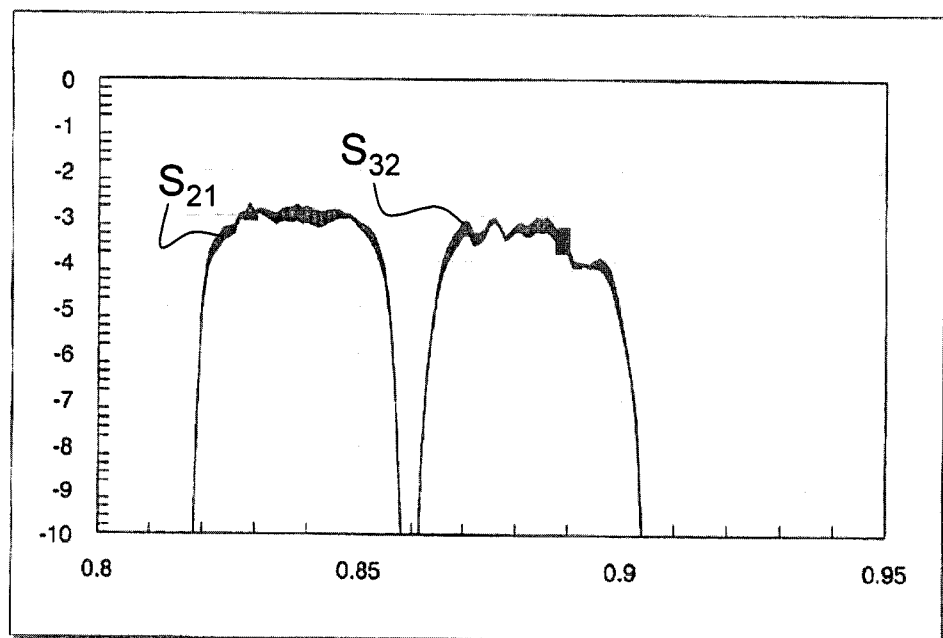
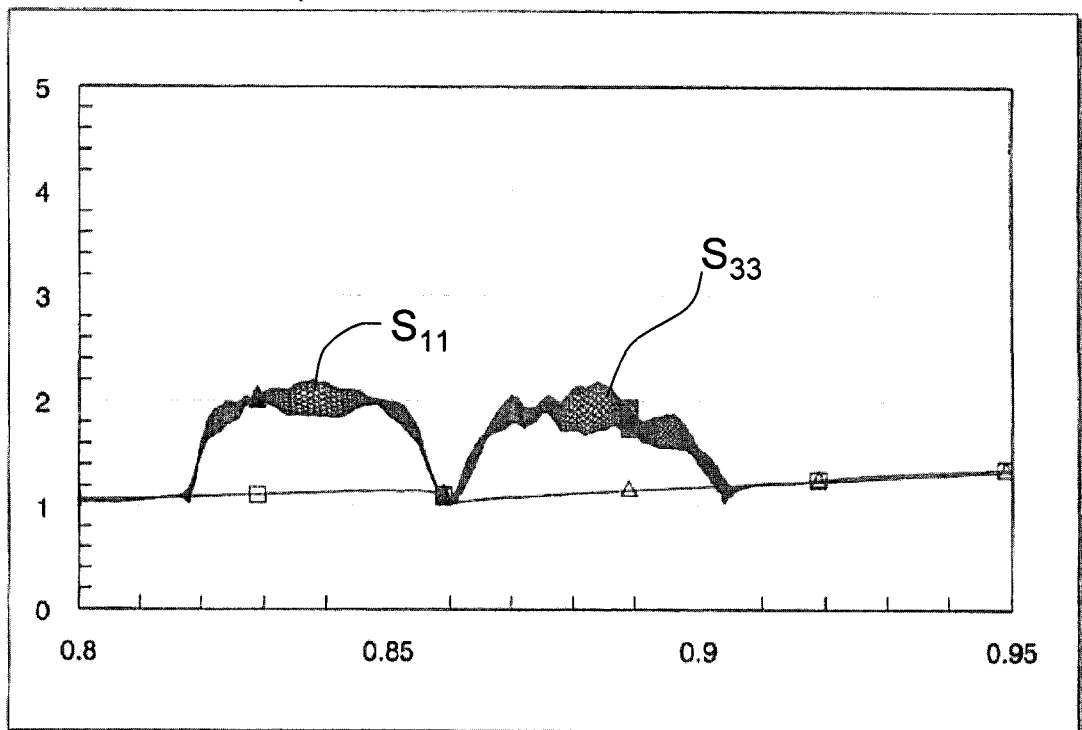


Fig. 10



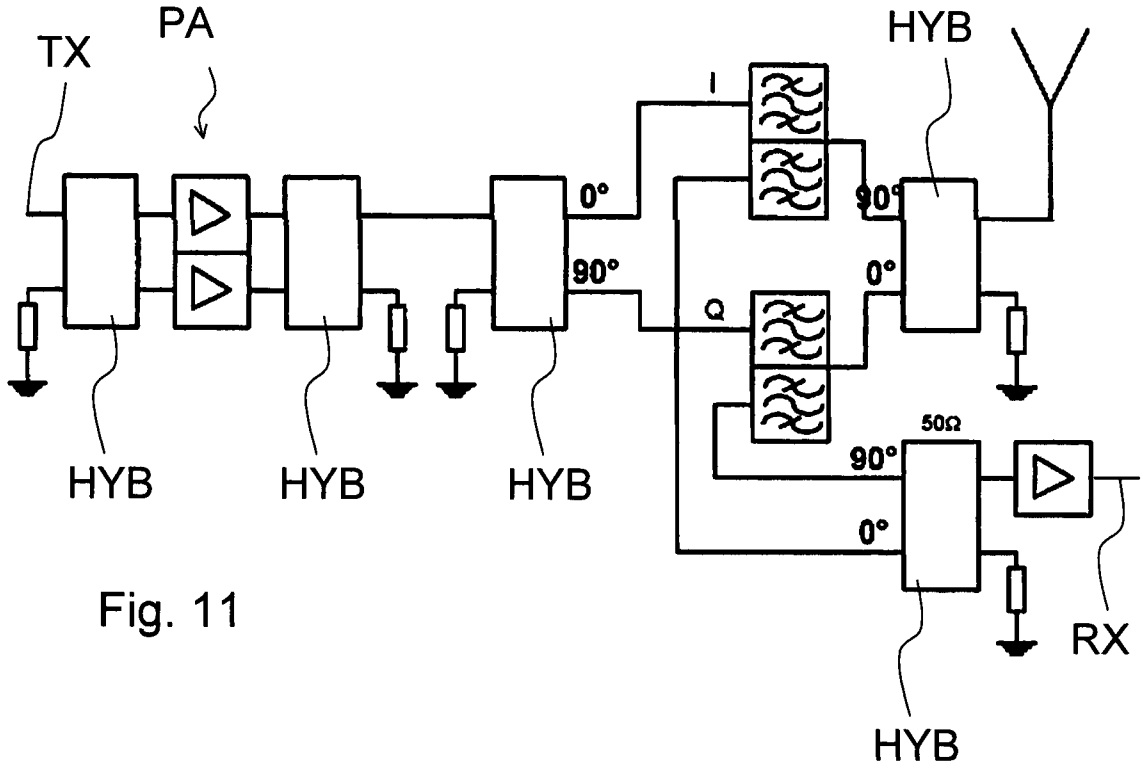


Fig. 11

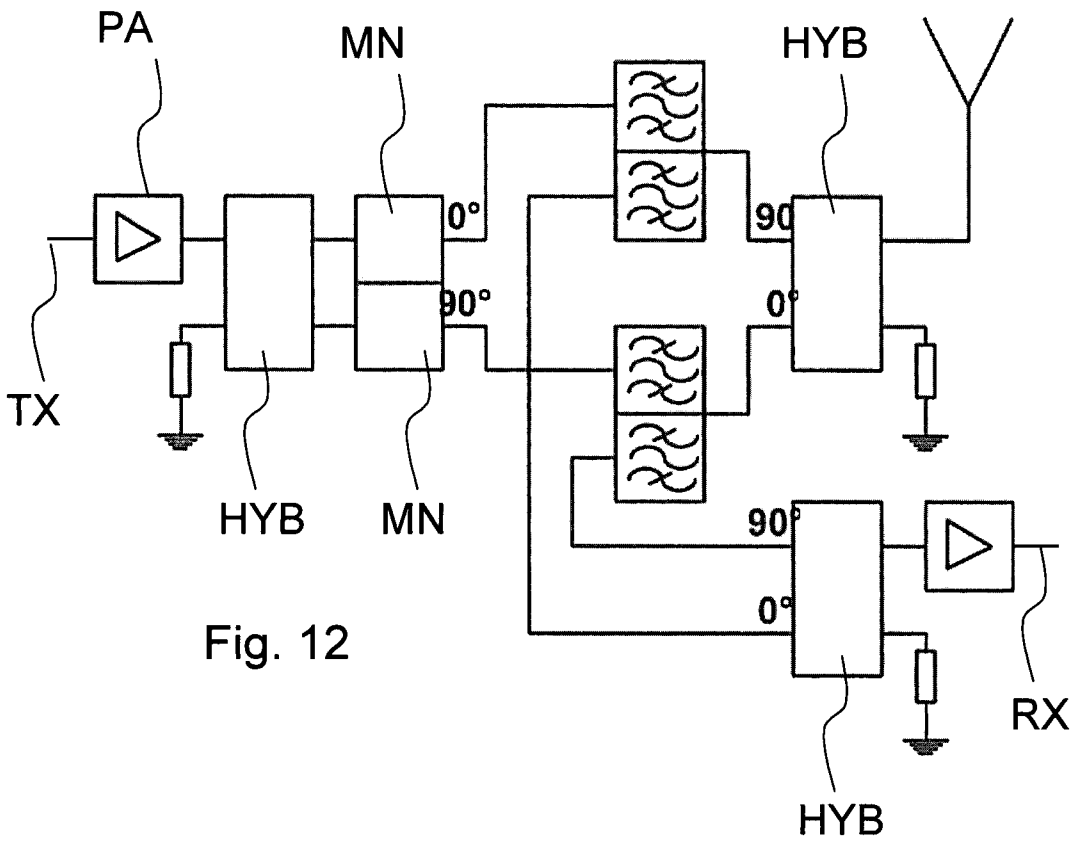


Fig. 12

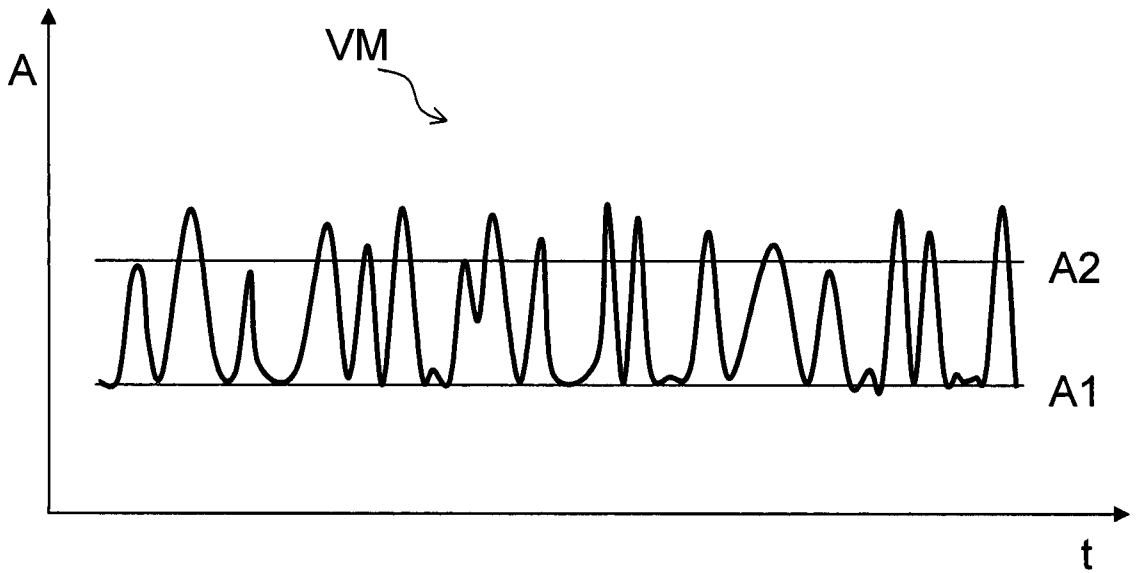
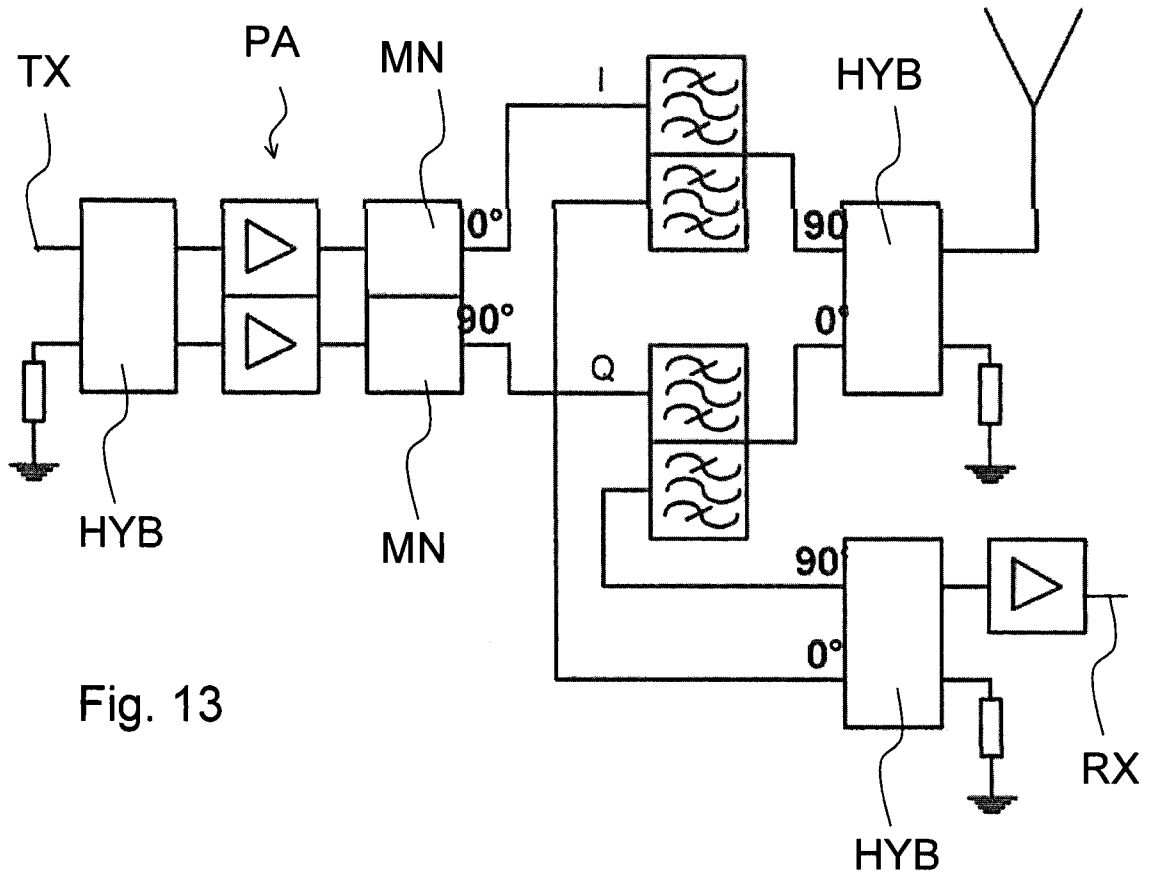
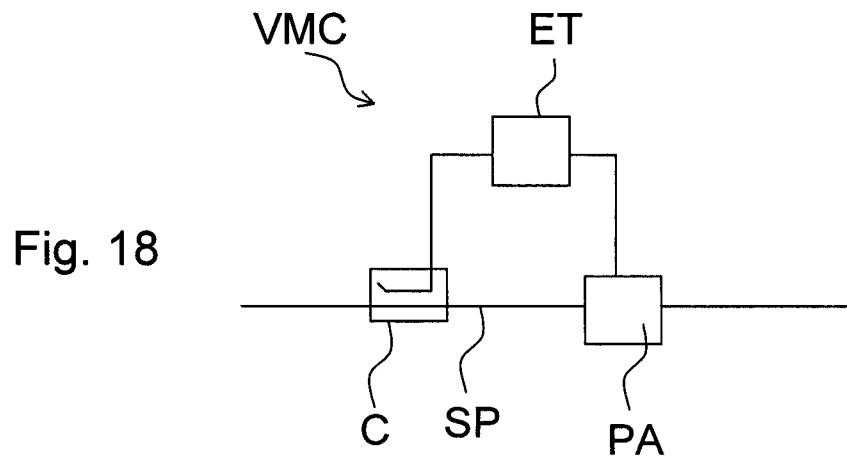
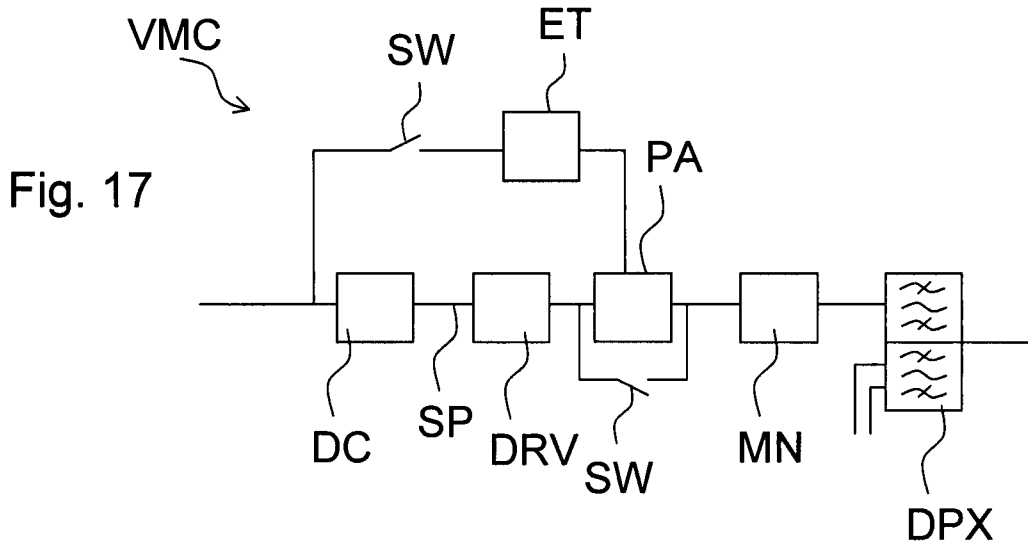
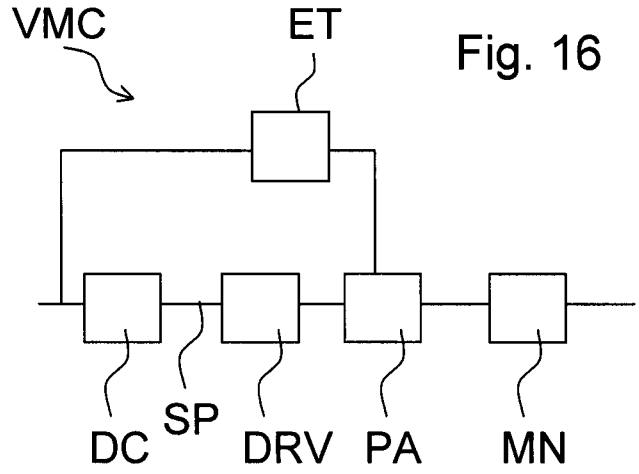
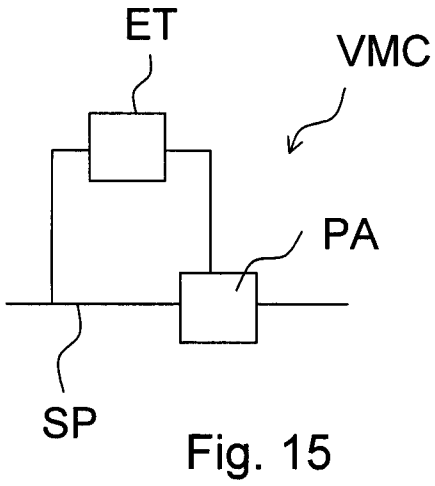


Fig. 14



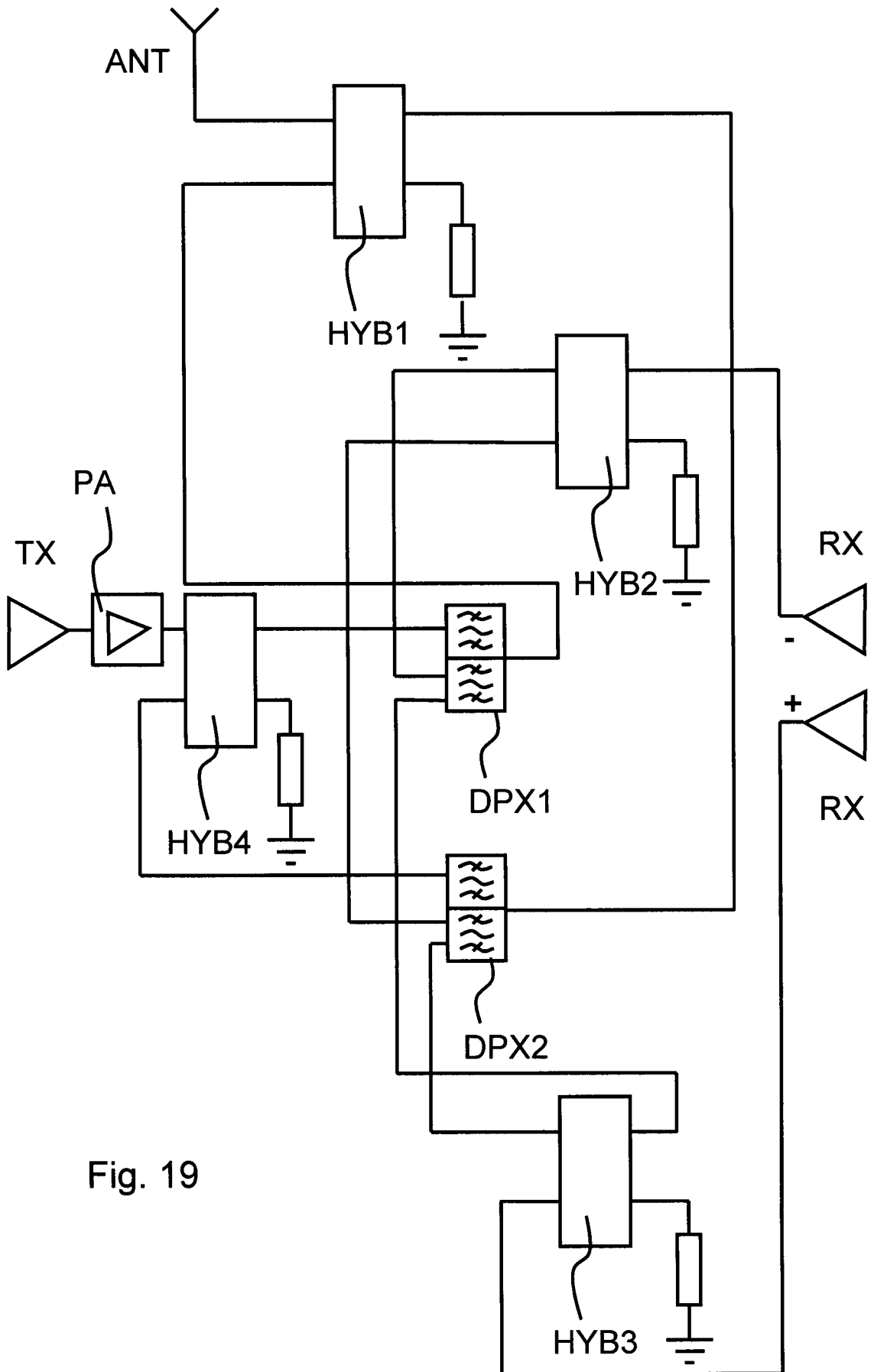


Fig. 19