



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 697 20 258 T2 2004.01.29**

(12)

Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 0 946 884 B1**

(51) Int Cl.⁷: **G01S 7/40**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **697 20 258.5**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US97/22447**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **97 954 541.5**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 98/028633**

(86) PCT-Anmeldetag: **09.12.1997**

(87) Veröffentlichungstag
der PCT-Anmeldung: **02.07.1998**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **06.10.1999**

(97) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: **26.03.2003**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **29.01.2004**

(30) Unionspriorität:
771051 20.12.1996 US

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LI,
LU, MC, NL, PT, SE**

(73) Patentinhaber:
Anritsu Co., Morgan Hill, Calif., US

(72) Erfinder:
BRADLEY, A., Donald, Morgan Hill, US

(74) Vertreter:
Dr. Weitzel & Partner, 89522 Heidenheim

(54) Bezeichnung: **SIMULATOR ZUM PRÜFEN EINES KOLLISIONSVERMEIDUNGS-RADARSYSTEMS**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung**HINTERGRUND DER ERFINDUNG****1. Gebiet der Erfindung**

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren und einen Simulator zum Prüfen der Genauigkeit oder der Kalibrierung eines Kollisionsvermeidungsradsystems.

2. Stand der Technik

[0002] In **Fig. 1** sind Bauteile eines Kollisionsvermeidungsradsystems **10** mit einer 1 Quadratmeter großen Metallplatte **108** dargestellt, wie sie in der Regel als Simulator zum Prüfen der Genauigkeit des Radarsystems verwendet werden.

[0003] Das in **Fig. 1** dargestellte Kollisionsvermeidungsradsystem **10** wird in der Regel in Automobilen eingebaut, mit der Antenne **106** im Front- oder Kühlergrillbereich des Fahrzeugs. Das System funktioniert so, dass ein Signal von der Antenne **106** übertragen und von einem zurück erhaltenen Signal die Distanz (D) bestimmt wird, die sich die Antenne **106** vom Simulator **108** oder einem anderen Reflexionsobjekt entfernt befindet, etwa einem anderen Automobil. Von dem empfangenen Signal kann das Radarsystem **10** auch die Geschwindigkeit (dD/dt) bestimmen, mit der sich das Objekt oder das andere Fahrzeug bewegt. Durch Verarbeitung des empfangenen Signals kann ein Alarm oder eine andere Vorrichtung aktiviert werden, um den Fahrzeuggelenker in die Lage zu versetzen, eine Kollision mit dem Objekt oder Fahrzeug zu vermeiden.

[0004] Das in **Fig. 1** dargestellte System umfasst einen Oszillator **100**, der so konfiguriert ist, dass er über einen Bereich von Frequenzen wobbelt. Der Ausgang des Oszillators **100** wird an einen Splitter **102** abgegeben. Ein erster Ausgang des Splitters **102** wird als lokales Oszillatorsignal (F_{LO}) an den ersten Eingang eines Mixers **110** abgegeben. Ein zweiter Ausgang des Splitters **102** wird an den Isolator **104** abgegeben. Der Isolator **104** gibt das Signal vom Splitter **102** an den Eingang der Antenne **106** für die Übertragung ab und gibt das von der Antenne **106** empfangene Signal als RF-Signal (F_{RF}) an einen zweiten Eingang des Mixers **110** ab.

[0005] Der Oszillator **100** wobbelt in der Regel einen Bereich von Frequenzen mit mindestens 76 GHz und höchstens 77 GHz. Der Bereich **76-77** GHz wird von der Federal Communications Commission (FCC – Bundesamt für Kommunikation) den Kollisionsvermeidungsradsystemen zugeteilt. Der Oszillator **100** wobbelt in der Regel in einem Zeitraum von 1,2 msek ein 250-MHz-Frequenzband innerhalb der 76-77-GHz-Grenzen, wie in **Fig. 2** dargestellt. In **Fig. 2** ist der Wobbelbereich auf 76,5 GHz konzentriert, doch kann das 250-MHz-Band auch näher an den Grenzwerten **76** GHz oder **77** GHz angesiedelt

sein.

[0006] Das vom Oszillator **100** abgegebene Signal wird durch den Isolator **104** und die Antenne **106** als übertragenes Signal bereitgestellt, wie in **Fig. 3** dargestellt. Ein reflektiertes Signal wird dann von der Antenne **106** empfangen und vom Isolator **104** als F_{RF} -Signal abgegeben, wie ebenfalls in **Fig. 3** dargestellt. Das empfangene Signal ist in **Fig. 3** frequenzabgesetzt vom übertragenen Signal dargestellt, wobei die Frequenzabsetzung von der Distanz D (**Fig. 1**) abhängig ist. Die Distanz D ist eine Distanz, um die ein reflektierendes Objekt, wie der 1-Quadratmeter-Standard **108**, von der Antenne **106** entfernt ist. Wenn die Distanz D gleich Null ist, findet keine Frequenzabsetzung zwischen den gesendeten und den empfangenen Signalen statt.

[0007] **Fig. 3** zeigt auch ein Zwischenfrequenzsignal F_{IF} , das der Differenz zwischen gesendetem Signal F_{LO} und empfangenem Signal F_{RF} an den Eingängen des Mixers **110** entspricht. Da der Mixer **110** nicht zwischen positiv und negativ unterscheiden kann, ist das vom Mixer **110** abgegebene aktuelle Signal F_{IF} ein positives Frequenzsignal, das sich mit der Zeit ändert, wie in **Fig. 4** dargestellt. Die Frequenz des Signal F_{IF} -Ausgangs vom Mixer **110** wird von einem Diskriminator oder Frequenz-Spannungswandler **112** in eine entsprechende Spannung konvertiert. Da Übergänge wie **120** in regelmäßigen 1,2-msek-Intervallen stattfinden, wie in **Fig. 4** dargestellt, können die Übergänge **120** vom Diskriminator **112** herausgefiltert werden. Der Spannungsausgang vom Diskriminator **112** kann dann zur Bestimmung der Distanz D verarbeitet werden.

[0008] Eine Gleichung zur Bestimmung der Distanz D auf Basis des Frequenzwerts des F_{IF} -Ausgangs vom Mixer **110** kann, wie unten dargestellt, mit Kenntnis des vom Oszillator **100** bereitgestellten 250-MHz-Wobbelbereichs und des 1,2-msek-Zeitraums abgeleitet werden. Zuerst wird die Zeit (t) in Sekunden mit der Distanz D in Metern und der Lichtgeschwindigkeit (c) wie folgt in Beziehung gesetzt:

$$t = D/c \quad (1)$$

wobei $c = 299,8 \times 10^6$ Meter /Sekunde. Ferner wird die Frequenzdifferenz in den gesendeten und empfangenen Signalen F_{IF} wie folgt mit der Zeit t in Beziehung gesetzt:

$$F_{IF} = t\Delta f/\Delta t \quad (2)$$

wobei Δf ist der Frequenzwobbelbereich des Oszillators **100** und Δt ist der Zeitraum, über den der Frequenzbereich vom Oszillator **100** gewobbel wird. Die Kombination der Gleichungen (1) und (2) ergibt F_{IF} in als Funktion von D wie folgt:

$$F_{IF} = D\Delta f/c\Delta t \quad (3)$$

D als Funktion von F_{IF} ist dann:

$$D = F_{IF}c\Delta t/\Delta f \quad (4)$$

Wenn $\Delta f = 250$ MHz und $\Delta t = 1,2$ msek wird eine Frequenzdifferenz F_{IF} von 695 Hz für eine Distanz D von 1 Meter geschaffen, wie aus der Gleichung (4) hervorgeht.

[0009] Die Geschwindigkeit, mit der sich ein Objekt

gegen die Antenne **106** oder von dieser weg bewegt, oder die Änderung von D bezüglich der Zeit (dD/dt) kann auch durch den Schaltkreis der **Fig. 1** ermittelt werden. Wenn sich das Objekt, wie der Simulator **108**, weiter weg von der Antenne **106** bewegt, nimmt das empfangene Signal an Frequenz relativ zum gesendeten Signal zu, wie in **Figur 5A** dargestellt. Bei einem sich weg bewegenden Objekt ist die vom Mischer **110** abgegebene Frequenz F_{IF} während einer Periode Δt , wenn die Frequenz des gesendeten Signals zunimmt, kleiner als während einer Periode Δt , wenn die Frequenz des gesendeten Signals abnimmt, abhängig von dD/dt , wie in **Fig. 5A** dargestellt. Bei einem sich der Antenne **106** nähernden Objekt nimmt die Frequenz des empfangenen Signals relativ zum gesendeten Signal ab, wie in **Fig. 5B** dargestellt. Wenn sich ein Objekt nähert, ist die vom Mischer **110** abgegebene Frequenz F_{IF} während einer Periode, in der die Frequenz des gesendeten Signals zunimmt, größer als während einer Periode, in der die Frequenz des gesendeten Signals abnimmt, abhängig von dD/dt , wie des weiteren in **Fig. 5B** dargestellt. Durch Messen der Frequenzdifferenz zwischen den Wobbelperioden kann somit dD/dt ermittelt werden.

[0010] Um eine ordnungsgemäße Leistung des Kollisionsvermeidungsradars der **Fig. 1** zu gewährleisten, muss die Vorrichtung regelmäßig geprüft oder kalibriert werden. Während der Kalibrierung muss sichergestellt sein, dass der Oszillator **100** innerhalb des von der FCC festgelegten 76-77-GHz-Bandes arbeitet, auch wenn das Radar außerhalb dieses Bereichs gut funktionieren würde. Des weiteren müssen der 250-MHz-Wobbelbereich Δf und die 1,2 msek Wobbelperiode Δt verifiziert werden, um sicherzustellen, dass unter Heranziehung der Gleichung (4) präzise Distanzberechnungen stattfinden. Während der Kalibrierung ist am Oszillator **100** in der Regel ein Empfänger angeschlossen, um sicherzustellen, dass der Oszillator richtig funktioniert.

[0011] Die Kalibrierung wird auch unter Verwendung des Simulators **108** durchgeführt, um zu prüfen, dass das Radar die richtigen Distanzen D mit einer Genauigkeit bis zu 100 Meter anzeigt. Der Simulator **108** wird auch benützt, um sicherzustellen, dass das Radarsystem die richtige Änderung in den Distanzmessungen dD/dt anzeigt, wie oben beschrieben.

[0012] Ein Nachteil in der Verwendung des 1-Quadratmeterplatten-Standards als Simulator liegt jedoch darin, dass zur Ausführung der Simulation eine große Fläche erforderlich ist. Ein weiterer Nachteil ist die Unannehmlichkeit der Bewegung der Platte über eine bestimmte Distanz während einer festgelegten Zeit, um dD/dt zu bestimmen.

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

[0013] Die vorliegende Erfindung ermöglicht die Prüfung eines Kollisionsvermeidungsradarsystems bei signifikant geringerem Platzbedarf als mit einem

1-Quadratmeter-Metallplattenstandard. Des weiteren können dD/dt -Prüfungen vorgenommen werden, ohne dass unangenehme Ausrüstungsbewegungen nötig sind wie mit einem 1-Quadratmeter-Plattensimulator.

[0014] Die vorliegende Erfindung ermöglicht auch die Prüfung des Frequenzwobbelbereichs Δf und der Periode Δ eines vom Oszillator **100** abgegebenen Signals, ohne dass zusätzliche Testausrüstung am Oszillator angeschlossen werden müsste.

[0015] EP-A-0182418 beschreibt einen Simulator zum Prüfen eines Radarsystems durch die Generierung eines Signals mit einer Verzögerungsleitungs-Frequenzabsetzung von einem Signal, das von dem geprüften Radarsystem empfangen wird, und Übertragung des abgesetzten Frequenzsignals auf das geprüfte Radarsystem.

[0016] In einem Aspekt schafft die vorliegende Erfindung, wie aus EP-A-0182418 bekannt, ein Verfahren zur Prüfung eines Kollisionsvermeidungsradarsystems, umfassend:

[0017] Empfangen eines Signals vom Kollisionsvermeidungsradarsystem;

[0018] Generieren eines Signals mit abgesetzter Frequenz vom Signal, das vom Kollisionsvermeidungsradarsystem empfangen wurde, wobei die Frequenzabsetzung so gesteuert wird, dass das Kollisionsvermeidungsradarsystem anzeigt, dass ein Objekt sich eine bestimmte Distanz entfernt befindet, nachdem das abgesetzte Signal empfangen wurde, wobei das abgesetzte Signal zum Kollisionsvermeidungsradarsystem übertragen wird, gekennzeichnet durch den Schritt der Generierung eines frequenzabgesetzten Signals.

[0019] Im Unterschied zu EP-A-0182418 und in Entsprechung zu der Erfindung umfasst der Schritt eines frequenzabgesetzten Signals die Generierung eines ersten Abschnitts des abgesetzten Signals mit einer ersten Frequenzdifferenz von dem vom Kollisionsvermeidungsradarsystem empfangenen Signal, wenn das Signal vom Kollisionsvermeidungsradarsystem eine zunehmende Frequenz aufweist; und

[0020] Generieren eines zweiten Abschnitts des abgesetzten Signals mit einer zweiten Frequenzdifferenz von dem vom Kollisionsvermeidungsradarsystem empfangenen Signal, wenn das Signal vom Kollisionsvermeidungsradarsystem eine abnehmende Frequenz aufweist, wobei die erste Frequenzdifferenz und die zweite Frequenzdifferenz so gesteuert werden, dass das Kollisionsvermeidungsradarsystem anzeigt, dass ein Objekt sich nach Empfang des abgesetzten Signals mit einer Geschwindigkeit (dD/dt) bewegt.

[0021] In einem anderen Aspekt schafft die vorliegende Erfindung, wie aus EP-A-0182418 bekannt, einen Simulator zum Prüfen eines Kollisionsvermeidungsradarsystems, umfassend:

Eine Antenne zur Abgabe eines empfangenen Signals vom Kollisionsvermeidungsradarsystem und zur Abgabe eines übertragenen Signals an das Kollisi-

onsvermeidungsradarsystem;
 einen ersten Mischer mit einem ersten Eingang, einem zweiten Eingang und einem Ausgang und einen zweiten Mischer mit einem ersten Eingang, einem zweiten Eingang und einem Ausgang.
 Im Unterschied zu EP-A-0182418 und in Entsprechung zu der Erfindung umfasst der Simulator zusätzlich: einen Isolator, der an die Antenne angeschlossen ist, um das empfangene Signal von der Antenne an den ersten Eingang des ersten Mixers abzugeben und um den Ausgang des zweiten Mixers als das gesendete Signal an die Antenne abzugeben;
 einen spannungsgesteuerten Oszillator (VCO) mit einem Ausgang, der mit dem zweiten Eingang des ersten Mixers und dem zweiten Eingang des zweiten Mixers verbunden ist und einen Spannungssteuerungseingang aufweist;
 einen Phasendetektor mit einem Eingang, der an den Ausgang des ersten Mixers gekoppelt ist, wobei der Phasendetektor ein Signal vom Ausgang des ersten Mixers mit einem Referenzsignal vergleicht und der Phasendetektor einen Ausgang hat, der ein Signal zum Spannungssteuerungseingang des VCO abgibt, um den VCO-Ausgang in die Lage zu versetzen, ein Signal mit einer Frequenz abzugeben, welche dem Signal entspricht, das vom Kollisionsvermeidungsradarsystem, abgesetzt um die Referenzsignalfrequenz, abgegeben wird;
 einen numerisch gesteuerten Oszillator (NCO) mit einem Ausgang, der mit einem ersten Eingang des zweiten Mixers verbunden ist, und einem Eingang, wobei der NCO an seinem Ausgang ein Signal abgibt, das der Referenzsignalfrequenz entspricht, abgesetzt um einen Betrag, der von einem numerischen, am Eingang des NCO abgegebenen Wert gesteuert wird, so dass das Kollisionsvermeidungsradarsystem nach Empfang des übertragenen Signals anzeigt, dass sich ein Objekt eine Distanz entfernt befindet;
 einen Differentiator mit einem Eingang, der mit dem Phasendetektor verbunden ist, und einem Ausgang;
 und

[0022] Speichermittel, welche den Ausgang des Differentiators empfangen und einen ersten numerischen Wert an den Eingang des NCO abgeben, wenn der Ausgangszustand des Differentiators anzeigt, dass der VCO-Ausgang die Frequenz erhöhen sollte, und welche einen zweiten numerischen Wert an den Eingang des NCO abgeben, wenn der Ausgangszustand des Differentiators anzeigt, dass der VCO-Ausgang die Frequenz senken sollte, so dass das Kollisionsvermeidungsradarsystem nach Empfang des übertragenen Signals anzeigt, dass sich ein Objekt mit einer Geschwindigkeit (dD/dt) bewegt.
 [0023] Wie im folgenden gezeigt wird, kann die differentialgesteuerte Absetzung, der gemäß die Frequenz des Radarsystemausgangs zunimmt oder abnimmt, bewirken, dass der Ausgang des ersten

Mischers so aussieht wie in **Fig. 5A** und **5B** dargestellt.

[0024] Der Simulator kann des weiteren Komponenten enthalten, welche den Frequenzbereich und die Amplitude des Radarsystemausgangs anzeigen, wie sie von dem Tracking-Signal ermittelt werden, das dieses generiert.

[0025] Weitere bevorzugte Merkmale der Erfindung werden in den angehängten abhängigen Ansprüchen definiert.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0026] Weitere Details der vorliegenden Erfindung werden mit Hilfe der beiliegenden Zeichnungen erklärt:

[0027] **Fig. 1** zeigt die Bauteile eines Kollisionsvermeidungsradarsystems zusammen mit einem Simulator zur Prüfung der Genauigkeit des Radarsystems;
 [0028] **Fig. 2** stellt einen 250-MHz-Frequenzbereich dar, der von einem Oszillator der **Fig. 1** während 1,2 msek bereitgestellt wird;

[0029] **Fig. 3** stellt gesendete und empfangene Signale vom Radarsystem der **Fig. 1** dar, zusammen mit einem Signal F_{IF} , das die Differenz zwischen gesendeten und empfangenen Signalen markiert;

[0030] **Fig. 4** stellt ein Signal dar, das vom Mischer des Radarsystems der **Fig. 1** abgegeben wird;

[0031] **Fig. 5A** stellt gesendete und empfangene Signale von Radarsystem der **Fig. 1** dar, wenn sich ein Objekt weiter weg vom Radarsystem bewegt, zusammen mit einem Signal F_{IF} , das von einem Mischer des Radarsystems abgegeben wird;

[0032] **Fig. 5B** stellt gesendete und empfangene Signale vom Radarsystem dar, zusammen mit einem Signal F_{IF} , das von einem Mischer des Radarsystems abgegeben wird;

[0033] **Fig. 6** stellt einen Simulator der vorliegenden Erfindung dar, der zum Prüfen oder Kalibrieren eines Kollisionsvermeidungsradarsystems benützt wird;

[0034] **Fig. 7** stellt eine typische Konfiguration für einen numerisch gesteuerten Oszillator (NCO) dar; und

[0035] **Fig. 8** stellt ein Signal dar, das and den Differentiator der **Fig. 6** abgegeben wird, und den daraus resultierenden Ausgang des Differentiators.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG

[0036] **Fig. 6** stellt einen Simulator der vorliegenden Erfindung dar, der zum Prüfen oder Kalibrieren eines Kollisionsvermeidungsradarsystems **10** gemäß **Fig. 1** benützt wird. Der Simulator enthält eine Antenne **606**, die im Betrieb unmittelbar neben die Antenne **106** des Kollisionsvermeidungsradarsystems **10** platziert wird. Die Antenne **606** ist mit einem Isolator **608** verbunden, der ein empfangenes Signal (F), das vom Radarsystem **10** empfangen wurde, an einen ersten Eingang des Mixers **610** abgibt. Der Isolator **608** ist auch verbunden mit dem Ausgang eines Mixers

612, um ein Signal vom Mischer **612** als ein mittels Antenne **606** übertragenes Signal an das Radarsystem **10** abzugeben. Zwischen dem Mischer **612** und dem Isolator **608** ist ein Dämpfungsglied **613** eingefügt, damit ein von der Antenne **606** übertragenes Signal die Signalstärke eines gleichen Signals simuliert, das von einem Objekt in einer Distanz D reflektiert wird.

[0037] Ein Tracking-Signal F_T wird von einem spannungsgesteuerten Oszillator (VCO) **614** an einen zweiten Eingang des Mixers **610** und des Mixers **612** abgegeben. Das Tracking-Signal F_T wird so gesteuert, dass es das empfangene Signal F mit einer Frequenzabsetzung um ein Referenzsignal F_0 verfolgt. Das Referenzsignal F_0 in **Fig. 6** wird mit 10 MHz angenommen, obwohl auch andere Werte gewählt werden können.

[0038] Wenn das Signal F_T das Signal F mit einer Absetzung F_0 verfolgt, ist der Ausgang des Mixers **610** ein Signal mit der Referenzfrequenz F_0 zusammen mit Breitbandrauschen. Der Ausgang des Mixers **610** wird durch einen Vorverstärker **616** an ein Tiefpassfilter **618** abgegeben. Das Tiefpassfilter **618** hat die Aufgabe, das Breitbandrauschen in einem an den Verstärker **620** angelegten Signal zu beschränken, so dass das Nutz-/Rauschsignalverhältnis für den Verstärker **620** in akzeptablen Grenzen bleibt. Hier wird das Filter **618** als 20-MHz-Filter dargestellt, unter der Annahme $F_0 = 10$ MHz. Der Verstärker **620** stellt eine Prüfverbindung für ein relatives Signalstärkensignal (V_{RSS}) bereit, welche die Bestimmung einer Amplitude des Signals F vom Kollisionsvermeidungsradarsystem ermöglicht. Der Verstärker **620** bietet zudem einen Rechteckwellenausgang mit einem Festamplituden-Bandpassfilter **622**. Das Bandpassfilter **622** bietet einen Festamplituden-Sinuswellenausgang mit einem auf das Referenzsignal F_0 zentrierten Bandpassbereich, hier 10 MHz.

[0039] Ein Phasendetektor **624** empfängt den Ausgang des Bandpassfilters **622**. Der Phasendetektor **624** vergleicht das Signal vom Filter **622** mit dem Referenzsignal F_0 und stellt einen Ausgang bereit, der eine Differenz zum Spannungssteuerungseingang des VCO **614** anzeigt. Der Phasendetektor **624**, welcher bevorzugt ist, weist die in **Fig. 6** dargestellten Bauteile auf, die sich in einem Wiltron **360** Analyzer finden, hergestellt von der Wiltron Company, Morgan Hill, CA. Der Phasendetektor **624** ist ein gegenphasiger Detektor, wie im Wiltron **360** Analyzer konfiguriert, weil das Signal F_T $F \pm F_0$ sein könnte, und die Schaltung des Phasendetektors **624** ermöglicht die Detektion eines gewünschten Signals, vorzugsweise $F + F_0$, so dass das Tracking-Signal F_T dazu verwendet werden kann, die Frequenz des Kollisionsvermeidungsradarsignals F genau zu messen. Beispielsweise bei $F = 76,5$ GHz und $F_0 = 10$ MHz könnte das Signal F_T mit einem Phasendetektor, der nicht zwischen $F - F_T$ oder $F_T - F$ unterscheiden kann, wenn der Phasengleichlauf erreicht ist, entweder 76,51 GHz oder 76,49 GHz sein. Der wie dargestellt konfi-

gurierte Phasendetektor **624** würde die Detektion nur des 76,51 GHz Signals ermöglichen.

[0040] Um das Referenzsignal F_0 zu generieren, enthält der Phasendetektor **624** einen Oszillator **626** und zwei D-Flipflops **628** und **630**. Der Oszillator **626** gibt an die getakteten Eingänge der Flipflops **628** und **630** ein Signal mit viermal der Referenzsignalfrequenz ab, hier 40 MHz. Der Q-Ausgang des Flipflops **628** ist mit dem D-Eingang des Flipflops **630** verbunden. Der Q-Ausgang des Flipflops **630** ist mit dem D-Eingang des Flipflops **628** verbunden. Wie verbunden, geben die Q-Ausgänge des Flipflops **628** und **630** je das 10-MHz-Signal F_0 ab, wobei der Q-Ausgang des Flipflops **628** 90 Grad phasenverschoben zum Q-Ausgang des Flipflops **630** ist.

[0041] Der Q-Ausgang des Flipflops **628** wird an einen ersten Eingang des Multiplexers **634** abgegeben, und der Q-Ausgang des Flipflops **630** wird an einen ersten Eingang des Vervielfachers **632** abgegeben. Die zweiten Eingänge der Vervielfacher **632** und **634** werden vom Filter **622** gegeben. Der Ausgang des Vervielfachers **634** wird an einen Sperrsignalgenerator **636** abgegeben.

[0042] Der Sperrsignalgenerator **636** gibt ein Entsperrsignal ab, wenn das vom Vervielfacher **634** abgegebene Signal vom Bandpassfilter **622** abwesend oder $F - F_T$ ist, und ein Sperrsignal, wenn das vom Bandpassfilter **622** an den Vervielfacher **634** abgegebene Signal ist gleich $F_T - F$. Der Sperrsignalgeneratortausgang wird an einen Suchsignalgenerator **638** abgegeben, sowie an die Integratoren **640** und **642**, die in Serie mit dem Ausgang des Vervielfachers **632** verbunden sind.

[0043] Der Suchsignalgenerator **638** gibt über den Summierer **644** einen Ausgang an den Eingang des Oszillators **614** ab. Der Suchsignalgenerator **638** gibt ein kontinuierlich wobbelndes Signal ab, um eine Frequenz am VCO-614-Ausgang durch den Bereich möglicher Frequenzen für F zu wobbeln, wenn der Sperrsignalgenerator **636** einen unversperrten Zustand anzeigt. Das Ausgangssignal des Suchsignalgenerators **638** ist deaktiviert, wenn der Sperrsignalgenerator einen gesperrten Zustand anzeigt, wenn das Signal F_T das Signal F mit einer Absetzung von F_0 verfolgt.

[0044] Die seriellen Integratoren **640** und **642** geben gleicherweise ein Signal über den Summierer **644** an den Eingang des VCO **614** ab. Die Integratoren **640** und **642** umfassen je einen Schalter, der mit einem Kondensator parallel geschaltet ist. Der Schalter wird vom Ausgang des Sperrsignalgenerators so gesteuert, dass er in unversperrtem Zustand geschlossen und in versperrtem Zustand geöffnet ist. In einem unversperrten Zustand sind die Integratoren **640** und **642** deaktiviert, und der Ausgang des Vervielfachers **632** wird zum Summierer **644** mit niedriger Verstärkung und einem endlichen Phasenfehler abgegeben. Allerdings sind in einem gesperrten Zustand die Integratoren **640** und **642** aktiviert und geben ein Signal vom Vervielfacher **632** mit einem Nullphasenfehler

und hoher Verstärkung über den Summierer **644** zur Steuerung des VCO-614-Eingangs ab, damit das Signal F_T das Signal F mit einer Absetzung F_o verfolgt. [0045] Im Betrieb befindet sich der Sperrsignalgenerator **636** anfänglich in einem unversperrten Zustand. Der Suchsignalgenerator **638** liefert sodann an den Summierer **644** eine Wobbelspannung, wodurch das Signal F_T vom VCO **614** veranlasst wird, durch die Frequenzen von annähernd 76-77 GHz zu wobbeln. Des weiteren deaktiviert der Sperrsignalgenerator die Integratoren **640** und **642**, damit der Vervielfacher **632** dem VCO **614** einen Pfad für ein niedrigverstärktes Signal bereitstellt, wodurch der VCO **614** momentan phasenverriegelt wird, wenn der Suchsignalgenerator **638** den VCO **614** dazu veranlasst, durch $F \pm F_o$ zu wobbeln. Wenn das Signal F_T nicht gleich $F \pm F_o$ ist, weist das vom Vervielfachen **634** an den Sperrsignalgenerator **636** abgegebene DC-Signal **0** Volt auf. Wenn das Signal $F_T = F - F_o$, dann hat das vom Vervielfachen **634** an den Sperrsignalgenerator **636** abgegebene DC-Signal einen durchschnittlichen positiven Spannungswert. Wenn das Signal $F_T = F + F_o$, dann hat das vom Vervielfacher **634** an den Sperrsignalgenerator **636** abgegebene DC-Signal einen durchschnittlichen negativen Spannungswert. Der Sperrsignalgenerator **636** ist vorzugsweise so eingestellt, dass er nur dann versperst anzeigt, wenn der Ausgang des Vervielfachers **634** anzeigt $F_T = F + F_o$. Wenn F_T ist nicht gleich $F \pm F_o$, gibt der Sperrsignalgenerator **636** weiterhin ein Signal ab, welches einen unversperrten Zustand anzeigt, und der Suchsignalgenerator **638** fährt fort, an seinem Ausgang eine Spannung zu wobbeln. Wenn $F_T = F + F_o$, deaktiviert der Sperrsignalgenerator **636** den Suchsignalgenerator **638** und aktiviert die Integratoren **640** und **642**, wodurch ermöglicht wird, dass das Signal F_T phasenstarr mit dem Signal F plus eine Absetzung F_o ist. Obwohl der Sperrsignalgenerator **636** gesperrt anzeigt, wenn $F_T = F + F_o$, kann er auch so eingestellt werden, dass der gesperrt anzeigt, wenn $F_T = F - F_o$, indem der durchschnittliche positive Spannungswert akzeptiert wird.

[0046] Um eine Anzeige der Frequenz von F bereitzustellen, wird der Spannungssteuerungseingang zum VCO **614** als Prüfverbindung zur Abgabe des Signals V_{FT} zur Verfügung gestellt. Das Signal V_{FT} ermöglicht die Ermittlung der Frequenz von F , wenn der Phasengleichlauf erreicht wird, ohne dass eine Verbindung zum Oszillator **100** des in **Fig. 1** dargestellten Kollisionsvermeidungsradsystems **10** erforderlich ist, wie in früheren Prüfkfigurationen.

[0047] Ein zweiter Eingang des Mischers **612** ist mit dem Ausgang eines numerisch gesteuerten Oszillators (NCO) **646** verbunden. Ein typischer 32-Bit-NCO ist der Analog Devices AD9850. Eine Konfiguration für einen 4-Bit-NCO **646** ist in **Fig. 7** dargestellt, obwohl ein 32-Bit-NCO bevorzugt wird. Der NCO der **Fig. 7** enthält eine Reihe von D-Flipflops **700** mit Q-Ausgängen, die mit einem ersten Eingangssatz A_{0-3} eines Addierers **702** verbunden sind. Die Aus-

gänge F_{0-3} des Addierers **702** werden dann rückgespeist in die D Eingänge der Flipflops **700**. Ein zweiter Eingangssatz B_{0-3} in den Addierer steht als Eingang (INPUT) in den NCO zur Verfügung. Die Q-Ausgänge der Flipflops **700** sind des weiteren gegeben durch einen Sinusausgang-Nurlespeicher (SINE ROM) **704** und einen D/A-Wandler **706**, um den Ausgang des NCO bereitzustellen (F_{NCO}).

[0048] Im Betrieb wird eine Zählung des Addierers **702** fortgeführt mit dem an die Flipflops **700** gegebenen Takt (CK), und dies in Inkrementen, die vom B_{0-3} -Eingang in den Addierer **702** abhängig sind. Wenn beispielsweise der B_{0-3} Eingang **0001** ist, fährt die Zählung mit binären 1 en fort, oder wenn der B_{0-3} Eingang **0010** ist, fährt die Zählung mit binären 2en fort. Der SINE ROM **704** Ausgang nimmt dann an Wert zu, bis zum Überfließen des Addierers **702**, und dann schafft die Rücksetzung ein Signal am Ausgang (SINE OUTPUT) des D/A-Wandlers **706** mit einer Frequenz, die vom B_{0-3} Eingang gesteuert wird. Für den 4-Bit-NCO der **Fig. 7** ist der Ausgang des $NCOF_{NCO} = SINE OUTPUT = (INPUT) (CK)/2^4$.

[0049] Ein Eingang (INPUT) in den NCO **646** in **Fig. 6** wird von den Registern **648** und **650** bereitgestellt. Die in den Registern **648** und **650** gespeicherten Werte N_A und N_B und ein entsprechender CK am NCO **646** ermöglichen dem NCO **646**, ein Signal F_{NCO} mit der Frequenz des Frequenzsignals F_o abzugeben, abgesetzt um einen Betrag ΔF gemäß Steuerung durch die Register **648** und **650**.

[0050] Der Ausgang des Mischers **612** ist $F_T \pm F_{NCO}$. Das Signal $F_T + F_{NCO}$ liegt über dem vom Kollisionsvermeidungsradsystem **10** akzeptierten Frequenzbereich und wird ausgefiltert, solange F_o als ausreichend hoher Wert gewählt wird, so wie das vorgeschlagene 10-MHz-Signal. Wenn F_T ist $F + F_o$ und F_{NCO} ist $F_o - \Delta F$, ist der Ausgang des Mischers **612** an das Kollisionsvermeidungsradsystem gleich $F_T - F_{NCO} = (F + F_o) - (F_o - \Delta F) = F + \Delta F$. Die in den Registern **648** und **650** gespeicherten Werte werden von einem Prozessor geliefert und so gesteuert, dass die Absetzung ΔF das Kollisionsvermeidungsradsystem **10** zu der Anzeige veranlasst, dass sich ein Objekt eine gewählte Distanz D entfernt befindet.

[0051] Zwei getrennte Register **648** und **650** werden dazu benützt, die Steuerung der Absetzung ΔF zu ermöglichen, so dass das Kollisionsvermeidungsradsystem **10** veranlasst wird anzuzeigen, dass sich ein Objekt mit einer Geschwindigkeit dD/dt bewegt. Um die Register **648** und **650** so zu steuern, dass ΔF eine Geschwindigkeit dD/dt anzeigen kann, enthält der Schaltkreis der **Fig. 6** einen Differentiator **652**, einen Vergleicher **654** und einen Wechselrichter **656**.

[0052] Der Differentiator **652** hat einen mit dem Integrator **642** verbundenen Eingang. Indem der Integrator **642** ein Signal **800** wie in **Fig. 8** dargestellt abgibt, wenn der Phasengleichlauf stattfindet, ist der Ausgang des Differentiators **652** das Signal **802**. Da das Signal **800** die Spannung in Entsprechung zu allen Steigerungen oder Senkungen der Frequenz F stei-

gert oder senkt, zeigt der Zustand des Signals **802** an, ob die Frequenz von F zunimmt oder abnimmt. Um eine Spannungsschwingung zum adäquaten Betreiben nachfolgender Schaltung zu schaffen, wird der Ausgang des Differentiators **652** durch einen Vergleichers **654** bereitgestellt. Der Ausgang des Vergleichers **654** wird folglich wechseln zwischen Erde oder einer Logik **0** und einer Logik **1**, abhängig davon, ob die Frequenz des Signals F zunimmt oder abnimmt. [0053] Der Ausgang des Vergleichers **654** wird an einen Freigabeeingang des Registers **650** abgegeben. Der Ausgang des Vergleichers **654** wird des weiteren über einen Wechselrichter **656** an einen Freigabeeingang des Registers **648** abgegeben. Wie angeschlossen, wird der Ausgang eines der Register **648** und **650** freigegeben, wenn die Frequenz von F zunimmt, und wenn die Frequenz von F abnimmt, wird der Ausgang des anderen der Register **648** und **650** freigegeben. Bei einem Prozessor, der unterschiedliche Werte N_A und N_B an die Register **648** und **650** abgibt, lässt das von der Antenne **606** übertragene Signal den Ausgang des Mischers **110** im Kollisionsvermeidungsradsystem **10** der Fig. 1 erscheinen wie in Fig. 5. Die in den Registern **648** und **650** gespeicherten Werte N_A und N_B werden so gesteuert, dass die Absetzung ΔF das Kollisionsvermeidungsradsystem dazu bringt anzuzeigen, dass sich ein Objekt mit einer gewählten Geschwindigkeit (dD/dt) bewegt. [0054] Es ist festzuhalten, dass voranstehend zwar ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel der Erfindung im Detail beschrieben wurde, dies aber nur dem Zweck diene, eine durchschnittliche Fachperson zu lehren, wie die Erfindung herzustellen und zu benutzen ist. Fachpersonen auf diesem Gebiet werden jedoch ohne Schwierigkeiten in der Lage sein, zahlreiche Modifikationen an dem Ausführungsbeispiel vorzunehmen, und der Geltungsbereich der Erfindung ist in den anschließenden Patentansprüchen definiert.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Prüfen eines Kollisionsvermeidungsradsystems (**10**), umfassend:

Empfangen eines Signals (F , F_{RF}) vom Kollisionsvermeidungsradsystem (**10**);

Generieren eines Signals (F_V), dessen Frequenz von jener des vom Kollisionsvermeidungsradsystem empfangenen Signals abgesetzt ist, wobei die Frequenzverschiebung so geregelt wird, dass das Kollisionsvermeidungsradsystem anzeigt, dass sich ein Objekt nach Empfangen des abgesetzten Signals eine Distanz (D) entfernt befindet; und

Übertragen des abgesetzten Signals auf das Kollisionsvermeidungsradsystem, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Schritt der Generierung eines frequenz-abgesetzten Signals umfasst:

Generieren eines ersten Abschnitts des abgesetzten Signals, das eine erste Frequenzdifferenz von dem vom Kollisionsvermeidungsradsystem empfangenen

Signal aufweist, wenn die Frequenz des Signals vom Kollisionsvermeidungsradsystem zunimmt; und

Generieren eines zweiten Abschnitts des abgesetzten Signals, das eine zweite Frequenzdifferenz von dem vom Kollisionsvermeidungsradsystem empfangenen Signal aufweist, wenn die Frequenz des vom Kollisionsvermeidungsradsystem empfangenen Signals abnimmt; wobei die erste Frequenzdifferenz und die zweite Frequenzdifferenz so geregelt werden, dass das Kollisionsvermeidungsradsystem anzeigt, dass sich ein Objekt mit einer Geschwindigkeit (dD/dt) bewegt, nachdem das abgesetzte Signal empfangen wurde.

2. Verfahren nach Anspruch 1, des weiteren umfassend folgenden Schritt: Anzeigen des Frequenzbereichs des Signals von dem Kollisionsvermeidungsradsystem, so wie vom abgesetzten Signal bestimmt.

3. Simulator zum Prüfen eines Kollisionsvermeidungsradsystems nach Anspruch 1, wobei der Simulator umfasst:

eine Antenne (**606**) zur Bereitstellung eines empfangenen Signals vom Kollisionsvermeidungsradsystem (**10**) und zur Bereitstellung eines übertragenen Signals auf das Kollisionsvermeidungsradsystem;

einen ersten Mischer (**610**) mit einem ersten Eingang, einem zweiten Eingang und einem Ausgang und

einen zweiten Mischer (**612**) mit einem ersten Eingang, einem zweiten Eingang und einem Ausgang;

einen Isolator (**608**), der mit der Antenne verbunden ist, um das Signal von der Antenne zum ersten Eingang des ersten Mischers abzugeben und um den Ausgang des zweiten Mischers als übertragenes Signal zur Antenne abzugeben;

einen spannungsgesteuerten Oszillator (VCO) (**614**) mit einem Ausgang, der mit dem zweiten Eingang des ersten Mischers und dem zweiten Eingang des zweiten Mischers verbunden ist und einen Spannungssteuerungseingang aufweist;

einen Phasendiskriminator (**624**) mit einem Eingang, der an den Ausgang des ersten Mischers gekoppelt ist, wobei der Phasendiskriminator ein Signal vom Ausgang des ersten Mischers mit einem Referenzsignal vergleicht und einen Ausgang hat, der ein Signal an den Spannungssteuerungseingang des VCO abgibt, um den VCO-Ausgang in die Lage zu versetzen, ein Signal abzugeben, dessen Frequenz jener des vom Kollisionsvermeidungsradsystem kommenden Signals entspricht, abgesetzt um die Frequenz des Referenzsignals;

einen numerisch gesteuerten Oszillator (NCO) (**646**) mit einem Ausgang, der mit einem ersten Eingang des zweiten Mischers verbunden ist, und einem Eingang, wobei der NCO an seinem Ausgang ein Signal abgibt, das der Referenzsignalfrequenz entspricht, abgesetzt um einen Betrag, der von einem numeri-

schen, am Eingang des NCO abgegebenen Wert gesteuert wird, so dass das Kollisionsvermeidungsradsystem nach Empfang des übertragenen Signals anzeigt, dass sich ein Objekt eine Distanz (D) entfernt befindet; einen Differentiator (**652**) mit einem Eingang, der mit dem Phasendiskriminator verbunden ist, und einem Ausgang; und

Speichermittel (**648**, **650**; **654**, **656**), welche den Ausgang des Differentiators empfangen und einen ersten numerischen Wert an den Eingang des NCO abgeben, wenn der Ausgangszustand des Differentiators anzeigt, dass der VCO-Ausgang die Frequenz erhöhen sollte, und welche einen zweiten numerischen Wert an den Eingang des NCO abgeben, wenn der Ausgangszustand des Differentiators anzeigt, dass der VCO-Ausgang die Frequenz senken sollte, so dass das Kollisionsvermeidungsradsystem nach Empfang des übertragenen Signals anzeigt, dass sich ein Objekt mit einer Geschwindigkeit (dD/dt) bewegt.

4. Simulator nach Anspruch 3, wobei die Speichermittel umfassen:

einen Vergleichler (**654**) mit einem ersten Eingang, der mit dem Ausgang des Differentiators verbunden ist, einem zweiten Eingang, der mit einer Spannungsreferenz verbunden ist, und einem Ausgang;

einen Wechselrichter (**656**) mit einem Eingang, der mit dem Ausgang des Vergleichlers verbunden ist, und einem Ausgang;

ein erstes Register (**648**) zum Speichern eines Werts, wobei das erste Register einen Ausgang aufweist, der mit dem Eingang des NCO verbunden ist, und einen Freigabeeingang aufweist, der mit dem Ausgang des Wechselrichters verbunden ist; und

ein zweites Register (**650**) zum Speichern eines Werts, wobei das zweite Register einen Ausgang aufweist, der mit dem Eingang des NCO verbunden ist, und einen Freigabeeingang aufweist, der mit dem Eingang des Wechselrichters verbunden ist.

5. Simulator nach Anspruch 3 oder 4, des weiteren umfassend: einen Prüfanschluss (V_{FT}), der an den Ausgang des Phasendiskriminators gekoppelt ist, wobei der Prüfanschluss den Frequenzbereich des empfangenen Signals vom Kollisionsvermeidungsradsystem anzeigt, wie von einem Signal am Ausgang des Phasendiskriminators bestimmt.

6. Simulator nach einem der Ansprüche 3 bis 5, wobei der Phasendiskriminator ein Quadraturphasendiskriminator ist, umfassend:

einen ersten Vervielfacher (**634**) mit einem ersten Eingang, der mit dem Ausgang des ersten Mischers verbunden ist, einem zweiten Eingang und einem Ausgang;

einen zweiten Vervielfacher (**632**) mit einem ersten Eingang, der mit dem Ausgang des ersten Mischers verbunden ist, einem zweiten Eingang und einem Ausgang;

einen Referenzsignalgenerator (**626**, **628**, **630**), um ein Referenzsignal an den zweiten Eingang des ersten Vervielfachers und den zweiten Eingang des zweiten Vervielfachers abzugeben, wobei das an den ersten Vervielfacher abgegebene Referenzsignal **90** Grad phasenverschoben zu dem Referenzsignal an den zweiten Vervielfacher ist;

einen Sperrsignalgenerator (**636**), der an den Ausgang des ersten Vervielfachers gekoppelt ist, wobei der Sperrsignalgenerator ein erstes Signal abgibt, wenn der Ausgang des ersten Vervielfachers im wesentlichen ein DC-Signal eines ersten Spannungswerts abgibt, und ein zweites Signal, wenn der Ausgang des ersten Vervielfachers anzeigt, dass der Ausgang im wesentlichen ein DC-Signal eines zweiten Spannungswerts abgibt;

einen Suchsignalgenerator (**638**) mit einem Eingang, der mit dem Ausgang des Sperrsignalgenerators verbunden ist, und einem Ausgang, der über einen Summierer an den VCO-Eingang gekoppelt ist, wobei der Suchsignalgenerator, wenn er das erste Signal vom Sperrsignalgenerator empfängt, eine variierende Spannung an den VCO-Eingang anlegt, um eine Frequenz am VCO-Ausgang durch den Bereich der Frequenzen zu wobbeln, die von dem Signal vom Kollisionsvermeidungsradsystem bereitgestellt werden können, wobei der Suchsignalgenerator, wenn er das zweite Signal vom Sperrsignalgenerator empfängt, seinen Ausgang deaktiviert; und mindestens einen Integrator (**640**, **642**), der einen Schalter aufweist, welcher mit einem Kondensator parallel geschaltet ist, um den Ausgang des zweiten Vervielfachers durch den Summierer an den Eingang des VCO zu koppeln, wobei der Schalter mit dem Sperrsignalgenerator verbunden ist, so dass der Schalter so geregelt ist, dass er schließt, wenn der Sperrsignalgenerator das erste Signal abgibt, und dass er öffnet, wenn der Sperrsignalgenerator das zweite Signal abgibt.

7. Simulator nach Anspruch 6, wobei der erste Spannungswert vom ersten Vervielfachen gleich Null oder ein positiver Wert und der zweite Spannungswert vom ersten Vervielfachen ein negativer Wert ist.

8. Simulator nach Anspruch 6 oder 7, wobei der Quadraturphasendiskriminator des weiteren umfasst: einen Differentiator (**652**) mit einem Eingang, der mit dem Ausgang des mindestens einen Integrators (**640**, **642**) verbunden ist, und einem Ausgang;

einen Vergleichler (**654**) mit einem ersten Eingang, der mit dem Ausgang des Differentiators verbunden ist, einem zweiten Eingang, der mit einer Spannungsreferenz verbunden ist, und einem Ausgang;

einen Wechselrichter (**656**) mit einem Eingang, der mit dem Ausgang des Vergleichlers verbunden ist, und einem Ausgang;

ein erstes Register (**648**) zum Speichern eines Werts, wobei das erste Register einen Ausgang aufweist, der mit dem Eingang des NCO verbunden ist,

und einen Freigabeeingang aufweist, der mit dem Ausgang des Wechselrichters verbunden ist; und
ein zweites Register (**650**) zum Speichern eines Werts, wobei das zweite Register einen Ausgang aufweist, der mit dem Eingang des NCO verbunden ist, und einen Freigabeeingang aufweist, der mit dem Eingang des Wechselrichters verbunden ist.

Es folgen 4 Blatt Zeichnungen

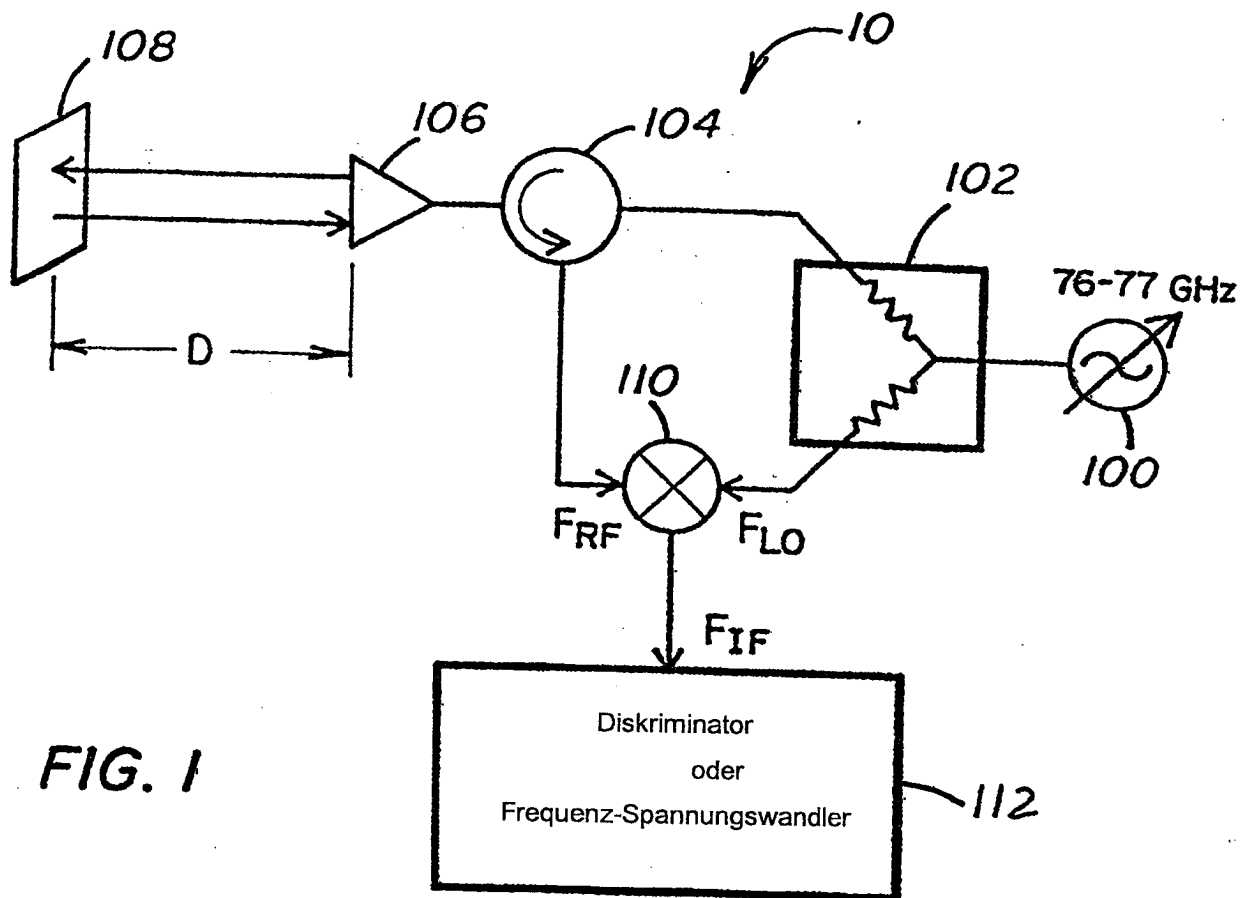
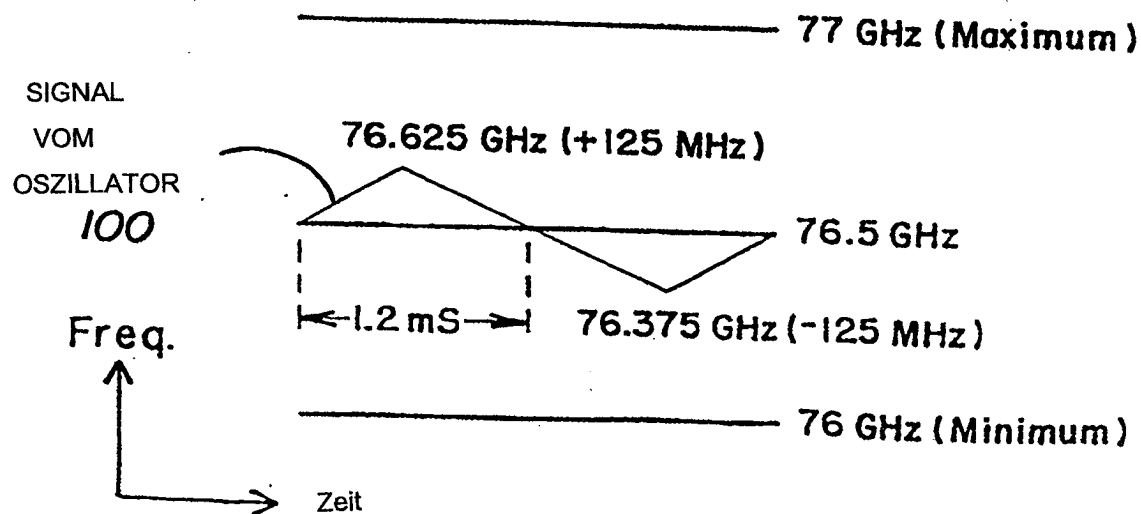
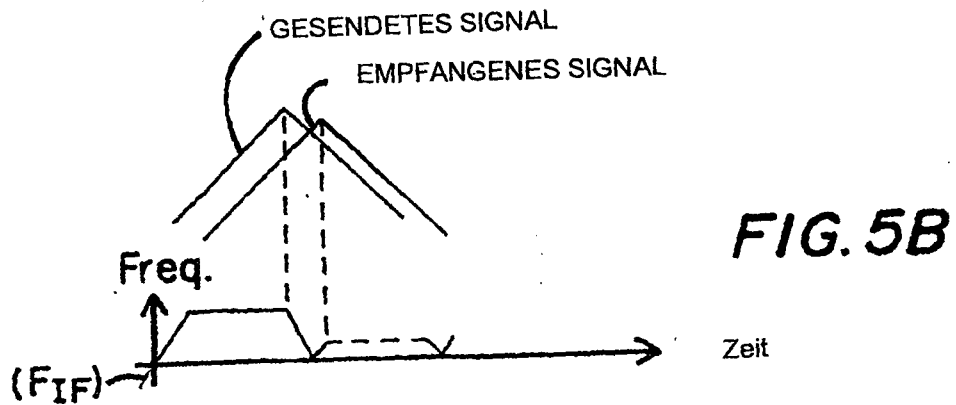
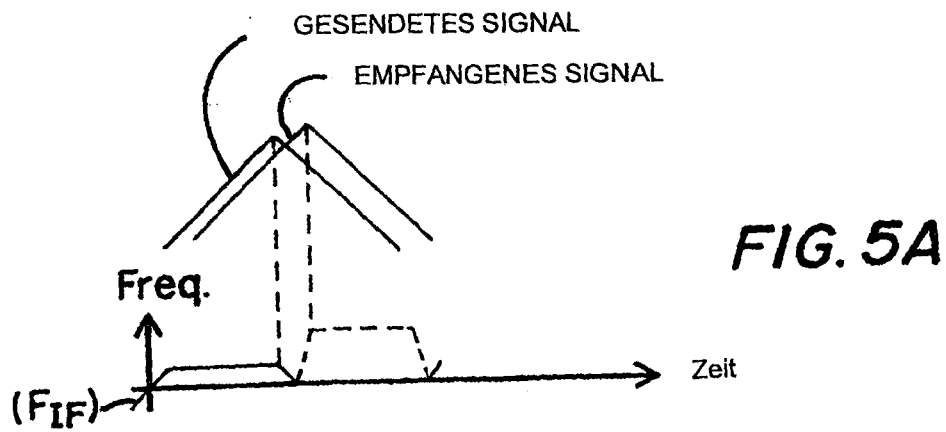
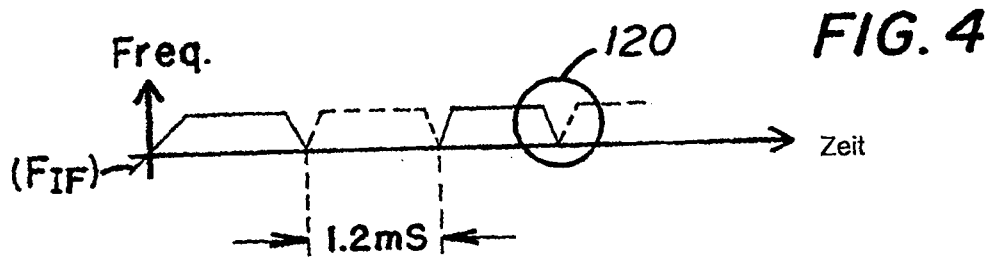
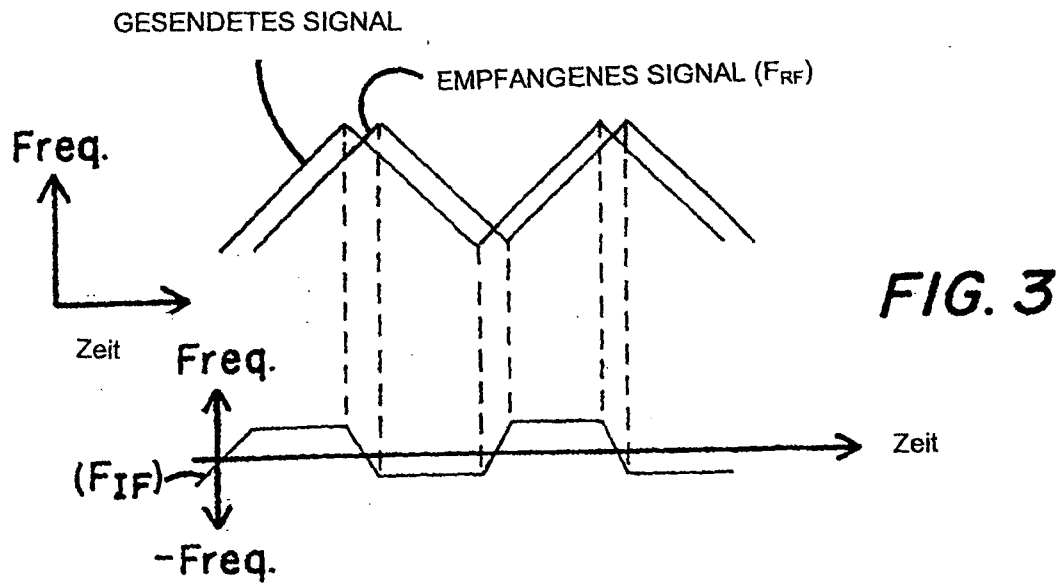


FIG. 2





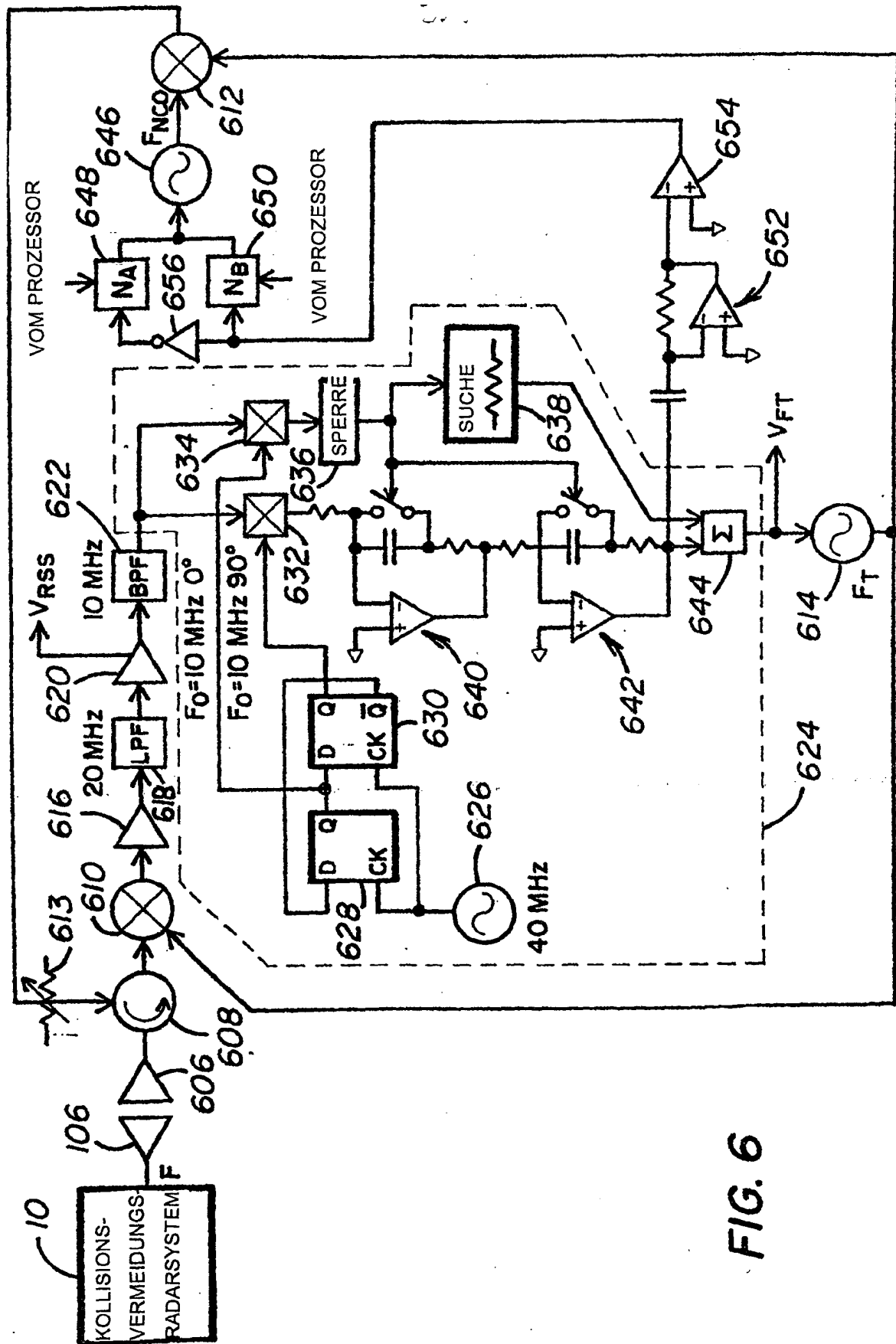


FIG. 6

