

(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
20. April 2006 (20.04.2006)

PCT

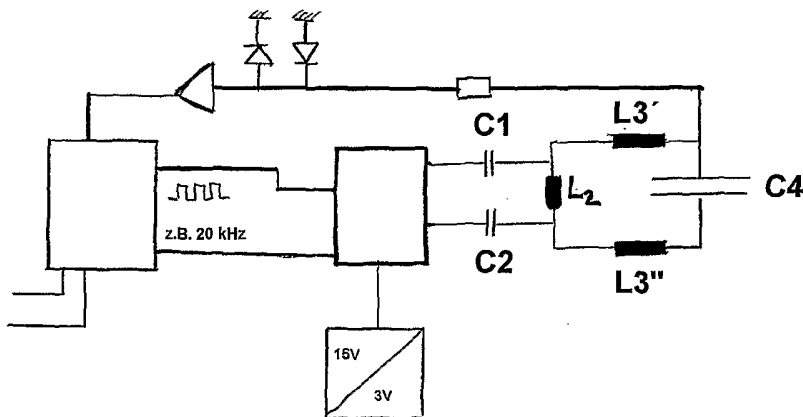
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2006/040095 A2

- (51) Internationale Patentklassifikation: Nicht klassifiziert
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2005/010846
- (22) Internationales Anmeldedatum: 7. Oktober 2005 (07.10.2005)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
10 2004 048 956.4 7. Oktober 2004 (07.10.2004) DE
10 2005 015 802.1 6. April 2005 (06.04.2005) DE
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): IDENT TECHNOLOGY AG [DE/DE]; Argelsriederfeld 5, 82234 Wessling (DE).
- (72) Erfinder; und
- (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): FASSHAUER, Peter [DE/DE]; Kiem Pauli Weg 67, 85579 Neubiberg (DE).
- (74) Anwalt: RÖSSIG, Rolf; Beck & Rössig, Cuvilliésstrasse 14, 81679 München (DE).
- (81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD, CIRCUIT AND SYSTEM FOR TRANSFERRING SIGNALS VIA THE HUMAN BODY

(54) Bezeichnung: VERFAHREN, SCHALTUNGSEINRICHTUNG UND SYSTEM ZUR SIGNALÜBERTRAGUNG ÜBER DEN MENSCHLICHEN KÖRPER



(57) Abstract: The invention relates to a method and user-sided supportable circuit which is used to transfer signals within a short-range surrounding a user, in particular by taking into account the body itself. The aim of the invention is to provide solutions which are based on the above-mentioned physical interaction principle, i.e. by means of quasi-electrostatic fields over the body of a person, in particular users of said technology and/or the surroundings thereof, if required, enabling a signal to be transferred in a sufficiently reliable manner using at least one user-sided component. Said aim is achieved according to one

aspect of the invention for transferring signals based on quasi-electrostatic interaction effects using a user-sided circuit which is to be guided, whereby a catalyst device is used as a signal interface and which is connected to an oscillating circuit. The oscillating circuit is operated as a parallel oscillating circuit during the operation of the circuit in a capture mode and the oscillating circuit is operated in an emitting mode as a serial oscillating circuit.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung richtet sich auf ein Verfahren sowie eine anwenderseitig tragbare Schaltungseinrichtung zur Übertragung von Signalen innerhalb eines einen Anwender umgebenden Nahbereichs, insbesondere unter Einbeziehung des Körpers desselben. Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, Lösungen bereitzustellen, die auf Grundlage des vorangehend beschriebenen physikalischen Wechselwirkungsprinzips, d.h. mittels quasi-elektrostatistischer Felder über den Körper einer Person, insbesondere Anwenders dieser Technik und/oder dessen Umfeld, im Bedarfsfall einen hinreichend zuverlässigen Signaltransfer unter Verwendung wenigstens einer anwenderseitig zu führenden Komponente zu ermöglichen. Diese Aufgabe wird gemäß einem ersten Aspekt der vorliegenden Erfindung gelöst durch ein Verfahren zur Signalübertragung auf Grundlage quasi-elektrostatistischer Wechselwirkungseffekte unter Verwendung einer anwenderseitig zu führenden Schaltungseinrichtung, bei welchem als Signalschnittstelle eine Kondensatoreinrichtung verwendet wird, die in einen Schwingkreis eingebunden ist, wobei während des Betriebs der Schaltungseinrichtung in einem Empfangsmodus der Schwingkreis als Parallel-Schwingkreis betrieben wird und der Schwingkreis in einem Sendemodus als Serienschwingkreis betrieben wird.

WO 2006/040095 A2



(84) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

Verfahren, Schaltungseinrichtung und System zur Signalübertragung über den menschlichen Körper

Die Erfindung richtet sich auf ein Verfahren sowie eine anwenderseitig tragbare Schaltungseinrichtung zur Übertragung von Signalen innerhalb eines einen Anwender umgebenden Nahbereichs, insbesondere unter Einbeziehung des Körpers desselben. Die Erfindung betrifft weiterhin auch ein unter Einschluss jener tragbaren Schaltungseinrichtung gebildetes System, insbesondere auch die Gegenkomponente zur mobilen Schaltungseinrichtung.

Die Erfindung richtet sich hierbei insbesondere, jedoch nicht ausschließlich auf Applikationen dieser Technik im Zusammenhang mit - anwenderseitig zu führender Komfortelektronik, zur Erbringung von Autorisierungsnachweisen, Systemen zur bargeldlosen Zahlungs- und Wertstellungsabwicklung, Scheckkartensystemen, sowie auch allgemeinen Zugangssteuerungssystemen, Keyless-Access Systemen für Kraftfahrzeuge, anderweitigen Türsystemen, sowie Systemen zur automatischen Konfiguration eines konfigurierbaren Umfeldes eines Anwenders.

Ansätze zur Übertragung von Signalen auf Grundlage von kapazitiven bzw. elektrostatischen Wechselwirkungsprinzipien sind als solche bekannt. Beispielhaft wird diesbezüglich auf die auf die Anmelderin zurückgehenden und bereits veröffentlichten Patentanmeldungen DE 102 38 134 A1, DE 102 45 181 A1, DE 102

52 580 A1, DE 103 05 341 A1 und DE 10 2005 013 008 A1 verwiesen. Im Vorgriff auf die nachfolgend noch näher dargelegten Einzelheiten, wird darauf verwiesen, dass insbesondere die in den vorgenannten Anmeldungen beschriebenen Techniken vorteilhaft in Verbindung mit der nachfolgend spezifizierten Technik kombiniert und ausgebaut werden können, und dass sich insoweit ergebende Lösungen als solche auch Gegenstand der vorliegenden Erfindung sind.

Zum physikalischen Hintergrund:

Die Eigenschaft von tierischen und menschlichen Körpern, elektrischen Strom zu leiten, ist seit dem Beginn der Elektrotechnik vor über 200 Jahren bekannt (z.B. Froschschenkelversuch von Galvani 1786). Eingehendere Untersuchungen hierzu wurden jedoch erst ca. 1960 im Hinblick auf biologische Probleme von R. und K. Cole durchgeführt mit dem Ziel, ein Modell zu entwickeln, das den elektrischen Widerstand (Impedanz) des Körpers genauer erfasst und mit einem äquivalenten Ersatzbild (Figur 3) kennzeichnet. In dieser Darstellung repräsentiert R_1 die extrazelluläre Flüssigkeit und L die Induktivität der Blutgefäße. Die intrazellulären Eigenschaften werden durch eine Kapazität C und jenen Serienwiderstand R_2 beschrieben. Hierbei wird das elektrische Verhalten der Zellstrukturen, sowie intra- und extrazellulärer Körperflüssigkeiten berücksichtigt. Das Ergebnis dieser Untersuchungen führt zu dem in Figur 3 angegebenen elektrischen Netzwerk .

Insgesamt stellt der Körper zwischen zwei Punkten A und B eine von der Frequenz f abhängige komplexe Impedanz $Z_k (f)$ dar, deren Werte im einzelnen personenabhängig streuen. Außerdem sind die Werte auch von den Speisepunkten A und B am Körper abhängig.

Ein weiterer Parameter, der das Übertragungsverhalten des Körpers für elektrische Signale wesentlich beeinflusst, ist die Kapazität C_E des Körpers gegen Erde, die ca. 100 pF beträgt. Damit ergibt sich dann zunächst das in Figur 4 dargestellte lineare Übertragungsmodell. Die Linearität kann mit hinreichender Genauigkeit vorausgesetzt werden, da alle hier über den Körper übertragenen Signalströme sehr klein sind (im Bereich $< 1\mu\text{A}$). Die Nutzung der elektrischen Eigenschaften des Körpers zur Übertragung von Datensignalen wurde schon 1984 realisiert (GB 2 129 176). Eine Untersuchung der damit verbundenen Probleme erfolgte 1995 am MIT im Rahmen einer Master Thesis von T.G.Zimmerman (T.G. Zimmerman: Personal Area Networks (PAN): Near-Field Intra- Body Communication, M.S.thesis, MIT Media Laboratory, Cambridge, MA, 9/1995).

Ausgehend von der Verteilung des elektrischen Feldes eines Körpers entwickelte Zimmerman ein Modell eines Übertragungssystems, mit dem von einem Generator durch kapazitive Kopplung über den Körper Daten zu einem Empfänger gesendet werden können. Er nannte es daher „ Personal Area Network (PAN).

Für verschiedene Anwendungen dieser neuartigen Technologie wurde eine Reihe von US-Patenten angemeldet, z.B. in E. R. Post et al.: Method and Apparatus for Transbody Transmission of Power and Information , US Patent 6.211.799 B1 , 11/ 1997, sowie J. E. Brooks: Keyless Entry System, US Patent 5.204.672, 1/1991. Empirische Messungen unter verschiedenen Einkopplungsbedingungen wurden in K. Partridge et al.: Empirical Measurements of Intrabody Communication Performance under Varied Physical Configurations, Vortrag an der Stanford University, 26.2.2003 durchgeführt. Gegenstand dieser Thematik war auch eine Bachelor Thesis (Honours) an der Universität von Queensland mit dem Ziel, elektronische Geräte über den Körper zu vernetzen („ Body Net Technology“).

Allen neueren Arbeiten gemeinsam ist das Prinzip, auf der Senderseite mittels einer Elektrode das zu übertragende Signal kapazitiv in den Körper einzukoppeln und ebenso empfangsseitig auszukoppeln. Der Rückweg des „Stromkreises“ wird dabei durch die Erdkapazitäten von Sender und Empfänger oder durch direkte kapazitive Kopplung zwischen den Masse-Elektroden gebildet, wie in Figur 5 dargestellt.

Im Unterschied zu einer Funkübertragung mit elektromagnetischen Wellen wird hierbei das elektrische Feld mit einer sehr begrenzten Reichweite von einigen Dezimetern genutzt, mit dem Vorteil einer praktisch leistungslosen Übertragung. Die Ursache hierfür liegt in der Möglichkeit der Verwendung relativ niedriger Trägerfrequenzen von einigen hundert Kilohertz, die zu quasistatischen Feldern führen, d.h. Feldern für welche weitgehend die für statische Felder zutreffenden physikalischen Ansätze gelten.

Aufgabe der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, Lösungen bereitzustellen, die es ermöglichen, auf Grundlage des vorangehend beschriebenen physikalischen Wechselwirkungsprinzips, d.h. mittels quasi-elektrostatischer Felder über den Körper einer Person, insbesondere Anwenders dieser Technik und/oder dessen Umfeld, im Bedarfsfall einen hinreichend zuverlässigen Signaltransfer unter Verwendung wenigstens einer anwenderseitig zu führenden Komponente zu ermöglichen, wobei die anwenderseitig zu führende Komponente sich durch einen insgesamt gesehen geringen Energieverbrauch auszeichnet.

Diese Aufgabe wird gemäß einem ersten Aspekt der vorliegenden Erfindung gelöst durch ein Verfahren zur Signalübertragung auf

Grundlage quasi-elektrostatischer Wechselwirkungseffekte unter Verwendung einer anwenderseitig zu führenden Schaltungseinrichtung, bei welchem als Signalschnittstelle eine Kondensatoreinrichtung verwendet wird, die in einen Schwingkreis eingebunden ist, wobei während des Betriebs der Schaltungseinrichtung in einem Empfangsmodus der Schwingkreis als Parallel-Schwingkreis betrieben wird und der Schwingkreis in einem Sendemodus als Serienschwingkreis betrieben wird.

Dadurch wird es auf vorteilhafte Weise möglich, eine zur Abwicklung dieses Verfahrens vorgesehene Schaltung im Rahmen des Empfangsmodus unter einem äußerst geringen Energiebezug zu betreiben. Eine entsprechende Schaltungseinrichtung kann dadurch mit einer relativ kleinen Energiespeichereinrichtung über einen großen Zeitraum hinweg in einem funktionsbereiten Zustand verharren.

Die Anbindung des Serienschwingkreises erfolgt vorzugsweise unter Einschluss eines Übertragers. Der Übertrager ist vorzugsweise durch eine Spulenanordnung gebildet. Die Spulenanordnung kann so ausgebildet sein, dass durch diese eine definierte Spannungserhöhung erreichbar ist. Das Verfahren wird unter Verwendung der die Signalschnittstelle bildenden Kondensatoreinrichtung so abgewickelt, dass der Empfangsmodus und der Sendemodus zueinander zeitversetzt sind.

Im Rahmen des Empfangsmodus kann ein Wecksignal über die Signalabgriffseinrichtung abgegriffen werden. Das Wecksignal kann einen Dateninhalt haben, oder auch bereits durch Erfüllung eines bestimmten Frequenz- und Intensitätskriteriums erfüllt sein. Das Wecksignal kann von einer zur Kommunikation mit dem Schwingkreis vorgesehenen Dialogstation generiert werden.

Das an der Signalabgriffseinrichtung anliegende, seitens der Dialogstation generierte Signal, insbesondere Wecksignal kann so generiert werden, dass dieses einen Träger enthält. Das an der Signalabgriffseinrichtung anliegende Signal kann weiterhin auch ein Synchronisations- oder Timer-Signal enthalten. Vorzugsweise wird der Träger auf der Seite der Dialogstation verwendet ohne aus dem Empfangssignal erneut extrahiert zu werden. Die Schaltungseinrichtung kann im Rahmen des Sendemodus nach wenigstens einem der nachfolgenden Modulationsverfahren betrieben wird: ASK, FSK, PSK oder QPSK.

Der Schwingkreis wird im Rahmen des Empfangsmodus mit einer anderen Induktivität betrieben wird, als im Rahmen des Sendemodus. Das im Rahmen des Sendemodus abgegebene Signal kann auf Grundlage eines während eines vorangegangenen Empfangsmodus empfangenen Signalinhaltes verschlüsselt oder konditioniert werden.

Über einen im Rahmen des Empfangsmodus empfangenen Signalinhalt kann eine Synchronisation oder Abstimmung der zeitlichen Lage des im Rahmen des Sendemodus nach Maßgabe des Mikrokontrollers in den Parallel-Schwingkreis eingekoppelten Signals erfolgen, zur Vermeidung von Überlagerungen mit weiteren Kommunikationskomponenten.

Die Erfindung richtet sich auch auf eine Schaltungseinrichtung an sich, zur Abwicklung eines Signaltransfers auf Grundlage quasi-elektrostatischer Wechselwirkungseffekte, mit einer als Signalschnittstelle fungierenden Kondensatoreinrichtung, die in einen Schwingkreis eingebunden ist, wobei die Schaltungseinrichtung derart konfiguriert ist, dass während des Betriebs der Schaltungseinrichtung in einem Empfangsmodus, der Schwingkreis als Parallel-Schwingkreis geschaltet ist und im Rahmen des Sendemodus als Serienschwingkreis geschaltet ist.

Der Schwingkreis ist vorzugsweise unter Einschluss eines Übertragers an einen Mikrokontroller angekoppelt und die Anbindung des Schwingkreises an den Mikrokontroller erfolgt im Rahmen des Empfangsmodus über ein hochohmiges Signalabgriffssystem (z.B. Komparator).

Die Schaltungseinrichtung ist mit Vorteil derart konfiguriert und aufgebaut, dass eine funktionale Umschaltung aus einer im Empfangsmodus herrschenden passiven Konfiguration in einen Sendebetrieb im Wege einer Port- oder Impedanzumschaltung bewerkstelligbar ist.

Im Rahmen der Port- oder Impedanzumschaltung wird vorzugsweise zwischen einem für den Empfangsbetrieb vorgesehenen Parallelschwingkreis der zwei in Serie angeordneten Induktivitäten und einen hierzu parallelen Kondensator umfasst und einem Serienschwingkreis gewechselt, wobei das Verhalten des Serienschwingkreises hauptsächlich durch eine außerhalb des Übertragers liegende Induktivität (eine der beiden in Serie geschalteten Induktivitäten) und dem als Signalschnittstelle vorgesehenen Kondensator bestimmt ist.

Im Sendefall übernimmt vorzugsweise der Übertrager aus L1, L2 die Funktion einer Spannungserhöhung, während er im Empfangsbetrieb mit der Induktivität L2 auch Teil des Parallelschwingkreises ist.

Im Empfangsbetrieb ist vorzugsweise die Resonanzfrequenz des Parallelschwingkreises niedriger als beim Serienschwingkreis im Sendefall. Insofern wird es möglich, in beiden Richtungen der bidirektionalen Übertragung mit zwei unterschiedlichen Frequenzen zu operieren.

Es ist möglich, insbesondere unter Einschluss des Übertragers oder auch durch direkte Anbindung des Serienschwingkreises an

den Mikrokontroller oder eine Zwischenstufe in den Serienschwingkreis einen Dateninhalt nach Maßgabe einer QPSK-Modulation einzukoppeln. Die beiden hierzu erforderlichen orthogonalen Trägersignale können an der Primärinduktivität des Übertragers addiert werden.

Der Übertrager ist gemäß einem besonderen Aspekt der vorliegenden Erfindung durch eine Spulenordnung gebildet. Die Spulenordnung kann als galvanisch getrenntes Spulenpaar, oder auch als Spule mit Anzapfung ausgeführt sein. Die Signalabgriffseinrichtung ist vorzugsweise als hochohmiger Komparator ausgebildet. Zwischen dem Übertrager und dem Mikrokontroller, oder auch direkt zwischen dem Serienschwingkreis und dem Mikrokontroller kann ein der Spannungserhöhung dienender Level-Shifter vorgesehen sein.

Der Parallelschwingkreis umfasst vorzugsweise im Empfangsbetrieb eine erste Induktivität, die Bestandteil des Übertragers ist und eine zweite in Serie angekoppelte zweite Induktivität.

Der Übertrager ist vorzugsweise an einen Mikrocontroller, oder an einen Level-Shifter über einen ersten Port und einen zweiten Port angekoppelt. Die Ankoppelung ist vorzugsweise unter Zwischenschaltung von Kondensatoren bewerkstelligt.

Der Mikrocontroller ist vorzugsweise derart ausgebildet und konfiguriert, dass dieser ein an der Signalabgriffseinrichtung anliegendes Ereignis auf die Erfüllung vorgegebener Kriterien, insbesondere Informationsinhalte überprüft.

Der Mikrocontroller ist weiterhin vorzugsweise derart ausgebildet und konfiguriert, dass dieser auf Grundlage von Informationsinhalten die während des Empfangsmodus empfangen werden

eine Abstimmung, z.B. Verschlüsselung des Informationsinhalts des auszusendenden Signal durchführt.

Die Schaltung kann in eine scheckkartenartige Struktur eingebunden sein. Die Elektroden der Kondensatoreinrichtung können hierauf relativ großflächig ausgebildet sein. Typischerweise liegt die Fläche der Elektroden der als Signalschnittstelle fungierenden Kondensatoreinrichtung, im Bereich von 3 bis 28 cm². Die Kondensatoreinrichtung kann so ausgebildet sein, dass diese ein möglichst großes Streufeld erzeugt. Die Elektrodenflächen können hierzu flächig versetzt oder auch ungleichflächig ausgebildet sein. Die Elektrodenflächen sind zur Umgebung hin hochohmig isoliert.

Die Schaltung kann mit Vorteil auch in eine Schlüsseleinrichtung, insbesondere einen Schlüsselkopf eingebunden sein.

Weiterhin ist es auch möglich, die Schaltungseinrichtung in einen Gebrauchs-oder Wertgegenstand, z.B. eine Palmtop oder ein Mobiltelefon zu integrieren.

Die Erfindung erfasst auch eine für den Dialog mit einer vorstehend beschriebenen, anwenderseitig zu führenden Schaltung vorgesehene Dialogeinrichtung zur Abwicklung eines entsprechenden Datentransfers. Diese Dialogeinrichtung kann Teil eines komplexeren Systems, beispielsweise Bestandteil eines „intelligenten“ Bordnetzes eines Kraftfahrzeuges bilden.

Diese Dialogeinrichtung kann so ausgebildet sein, dass diese intern den im Rahmen eines zur Schaltungseinrichtung gerichteten Signaltransfers verwendeten Träger bei der Verarbeitung eines seitens der Schaltungseinrichtung zur Dialogeinrichtung hin emittierten Signales berücksichtigt, so dass dieser nicht aus dem empfangenen Signal extrahiert werden muss, oder auch zusätzlichen Verifikationszwecken zur Verfügung steht.

Die Dialogeinrichtung kann einen betriebsrelevanten Teil eines fahrzeugseitigen Bordnetzes bilden, so dass beispielsweise nur nach Übertragung bestimmter, seitens der anwenderseitigen Schaltung generierter, verschlüsselter Signale bestimmte Funktionen eintreten, z.B. Änderung des Verriegelungszustandes einer Fahrzeugtüre, starten eines Motors.

Die Dialogeinrichtung kann auch Teil eines fahrzeugseitigen Systems zur nutzerindividuellen Abstimmung von Fahrzeugeinrichtungen, z.B. Sitzen, Spiegeln, Lenkradhöhe, Automatik-Temperatur- Routenplanungs und/oder Audioeinrichtungen bilden. Entsprechende Stellzustände können nach Maßgabe von Daten herbeigeführt werden die aus der anwenderseitig zu führenden, mobilen, beispielsweise scheckkartenartigen Schaltungseinrichtung abgesendet werden. Es ist auch möglich, über die seitens der anwenderseitig zu führenden Schaltungseinrichtung abgesendeten Signale nur eine Anwenderspezifikation vorzunehmen, wobei weitere Informationen für geforderte Stellzustände auf Grundlage dieser Anwenderspezifikation anderweitig bezogen werden können.

Ein besonderer Clou der erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung besteht in der Möglichkeit über eine passive Konfiguration in Verbindung mit der Portumschaltung eine einfache funktionale Umschaltung vom Empfangsbetrieb mittels eines hochohmigen Parallelschwingkreises aus L2, L3 und C4 auf Sendebetrieb durch einen Serienschwingkreis aus L3 und C4 zu realisieren. Im Sendefall hat der Übertrager aus L1, L2 nur die Funktion einer Spannungserhöhung, während er im Empfangsbetrieb mit der Induktivität L2 auch Teil des Parallelschwingkreises ist. Dadurch, dass im Empfangsbetrieb die Resonanzfrequenz des Parallelschwingkreises niedriger ist als beim Serienschwingkreis im Sendefall, lässt sich auch vorteilhaft in beiden Richtungen der bidirektionalen Übertragung mit zwei unter-

schiedlichen Frequenzen arbeiten, was wiederum günstig für das Übersprechverhalten zwischen Sender und Empfänger bei der Gegenstation ist.

Ein weiter wichtiger Gesichtspunkt bei der Anordnung ist die Möglichkeit, bei QPSK die beiden erforderlichen orthogonalen Trägersignale in einfacher Weise an der Primärinduktivität des Übertragers zu addieren.

Unter der Angabe *quasi-elektrostatische Wechselwirkungseffekte* sind im vorliegenden Kontext feldelektrische Wechselwirkungseffekte zu verstehen die durch elektrische Felder verursacht sind deren Verhalten im wesentlichen noch dem Verhalten von statischen Feldern entspricht. Derartige *quasi-elektrostatische Wechselwirkungseffekte* treten insbesondere bei Elektroden mit einer Elektrodenfläche im Bereich von 2 bis 25 cm² wenn die Frequenz der an diesen Elektrodenflächen angelegten Spannung noch unterhalb einer diffusen Grenze im Bereich von 1 bis 1,5 MHz liegt.

Gemäß einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung wird auch ein Verfahren zur Durchführung eines Signaltransfer über einen belebten Körper auf Grundlage kapazitiver Wechselwirkungseffekte geschaffen, bei welchem senderseitig ein zu übertragendes Signal nach Maßgabe senderseitig anliegender Informationsinhalte generiert und durch eine Elektrodeneinrichtung kapazitiv in den Körper eingekoppelt wird, wobei das Signal derart generiert wird, dass dieses durch Pausenabschnitte voneinander getrennte Datensequenzen umfasst, wobei die Informationsinhalte durch Modulation eines Trägers innerhalb der jeweiligen Datensequenz in den Körper eingekoppelt werden.

Dadurch wird es auf vorteilhafte Weise möglich, den zur Übertragung des Informationsinhalts erforderlichen Leistungsbedarf zu verringern, wobei innerhalb der Datensequenzen der Informa-

tionsinhalt in einem vorteilhaft auf das Übertragungsverhalten des Anwenders abgestimmten Hochfrequenzbereich übertragen werden kann.

Vorzugsweise ist das zeitliche Verhältnis der Datensequenzlänge zur Zeitdauer des Pausenabschnitts kleiner als 0,05, insbesondere kleiner als 0,01.

Es ist in vorteilhafter Weise möglich, das zeitliche Verhältnis der Datensequenzlänge zur Zeitdauer des Pausenabschnitts in Abhängigkeit von der zu übertragenden Informationsmenge abzustimmen.

Die Informationsinhalte werden gemäß einem besonderen Aspekt der vorliegenden Erfindung innerhalb der Datensequenzen durch Modulation des Trägers nach Maßgabe eines QPSK-Verfahrens in den Körper eingekoppelt.

Es ist auch möglich, zur Signaleinkoppelung mehrere, vorzugsweise drei diskrete Elektrodeneinrichtungen vorzusehen. Die an die erste Elektrodeneinrichtung angelegte Spannung kann hierbei die Inphasenkomponente des modulierten Trägers darstellen. Die an der zweiten Elektrodeneinrichtung anliegende Spannung entspricht in ihrem zeitlichen Verlauf der Quadraturkomponente des modulierten Trägers. Die an der dritten Elektrodeneinrichtung anliegende Spannung entspricht in ihrem zeitlichen Verlauf dem unmodulierten Träger.

Die Informationsinhalte können alternativ zu der vorangehend genannten Variante mit drei diskreten Elektrodeneinrichtungen auch über eine gemeinsame Einkoppelungselektrodeneinrichtung in den Körper eingekoppelt werden. Vorzugsweise liegt an dieser gemeinsamen Einkoppelungselektrodeneinrichtung neben der Inphasenkomponente und der Quadraturkomponente auch der Träger an.

Vorzugsweise wird die Trägerfrequenz auf einen Wert festgelegt, der eine hohe Übertragungsqualität bei den mit statistisch hoher Wahrscheinlichkeit anzutreffenden Übertragungseigenschaften eines typischen Anwenders liefert. Weiterhin ist die Frequenz des Träger vorzugsweise derart abgestimmt, dass diese einen möglichst großen Abstand zu den im jeweiligen Anwendungsfall auftretenden Störfrequenzen hat.

Es ist möglich, das Sendesystem so zu konfigurieren, dass die Trägerfrequenz auf die Übertragungseigenschaften des Anwenders abgestimmt wird.

Vorzugsweise liegt die Trägerfrequenz im Bereich von 100 kHz bis 500 kHz.

Die eingangs angegebene Aufgabe wird gemäß einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung auch gelöst durch eine Sendereinrichtung zur Einkoppelung eines Signals in eine Person bzw. Anwender auf Grundlage des vorangehend angegebenen Verfahrens

Diese Sendeeinrichtung weist vorzugsweise wenigstens eine Elektrodeneinrichtung auf, an welcher die Inphasenkomponente, die Quadraturkomponente und vorzugsweise auch der Träger eines durch QPSK-Modulation generierten Signals anliegt.

Die Sendeeinrichtung kann auch drei, der Quadraturkomponente, der Inphasenkomponente und dem Träger jeweils zugeordnete Elektrodeneinrichtungen aufweisen.

Die Sendeeinrichtung ist vorzugsweise einschließlich ihrer Elektrodeneinrichtungen in einen kartenartigen Grundkörper oder einen am Körper oder in der Kleidung / Tasche eines Anwenders oder anderweitig an dem, oder durch den Anwender trag-

baren Artikel (Uhr, Mobilphone, PDA; (wearable items)) integriert.

Die Sendeeinrichtung ist vorzugsweise mit einer Spannungsversorgungseinheit, beispielsweise in Form einer Batterie (Flachbatterie) und/oder eines Kondensators (z.B. Gold Cap), und/oder Solarzelle versehen.

Die Erfindung richtet sich auch auf eine Empfangseinrichtung zum Empfang eines Signals, das nach Maßgabe des vorangehend beschriebenen Modulationsverfahrens generiert, oder durch die vorangehend beschriebenen Sendeeinrichtung in eine Person/Anwender eingekoppelt wurde.

Weitere Einzelheiten und Merkmale der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung in Verbindung mit der Zeichnung. Es zeigt:

- Figur 1** eine Schaltungsskizze einer bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen, unter Einschluss eines Mikrocontrollers gebildeten, für den Halbduplextransfer vorgesehenen elektronischen Schaltung;
- Figur 2** eine Skizze zur Illustration der Signalübertragung auf Grundlage der QPSK-Modulation;
- Figur 3** eine Ersatzschaltung des Körperwiderstandes;
- Figur 4** ein Übertragungsmodell des Körpers;
- Figur 5** ein Ersatzschaltbild für ein Körperübertragungssystem;

Figur 6 eine Schaltungsskizze einer zweiten besonders vorteilhaften Ausführungsform einer erfindungsgemäßen, unter Einschluss eines Mikrocontrollers gebildeten, für den Halbduplexdatentransfer vorgesehenen elektronischen Schaltung mit einer dem Empfangssignal Eingangsport des Mikrocontrollers vorgelagerten Wake-up Schaltung die der Signalverstärkung und der Signallevelbegrenzung dient;

Figur 7 eine Schaltungsskizze zur Veranschaulichung weiterer Maßnahmen zur Erhöhung der Sendeleistung des erfindungsgemäßen Schaltungskonzeptes.

Figur 8 die Struktur eines weiteren Senders und Empfängers

Figur 9 eine weitere Abbildung zur Struktur des Senders

Die in Figur 1 gezeigte Anordnung dient der bidirektionalen Übertragung von Datensignalen über den Körper mittels eines elektrischen Feldes im Dialog mit einer hier nicht näher gezeigten und mit einer Sende- und einer Empfangselektrodeneinrichtung ausgestatteten Dialogstation. Hierzu wird erfindungsgemäß sowohl eine Sende- als auch Empfangsfunktion durch diese Schaltung am selben Ort, an dem das elektrische Feld auf den Körper wirkt, gewährleistet.

1. Sendefunktion

Im Fall der Sendefunktion erzeugt der Mikrocontroller an Port 1 (P1) und an Port 2 (P2) Signale, mit denen verschiedene Modulationsverfahren wie ASK, FSK, PSK oder QPSK zur trägerfrequenten Datenübertragung realisiert werden können.

Bei ASK, FSK und PSK wird vorzugsweise lediglich an P1 ein Träger erzeugt, dessen Amplitude, Frequenz oder Phase durch das Datensignal verändert wird. Bei QPSK kann ein um 90° verschobener zweiter Träger erzeugt werden. Dies wird dadurch erreicht, dass ein um 270° gegenüber dem an P1 erzeugten Träger phasenverschobenes Signal an P2 generiert wird, das nach Auskopplung über die Kondensatoren C1 und C2 dann zu einer Spannungsdifferenz $u_{P1} - u_{P2}$ an der Primärinduktivität führt. Dadurch ergibt sich entsprechend der Darstellung von Figur 2 in der komplexen Ebene eine vektorielle Addition der beiden Trägerkomponenten, mit der sich dann alle vier bei QPSK erforderlichen Phasenlagen erzeugen lassen.

Die genannte Spannungsdifferenz liegt an der Primärseite eines Übertragers mit der Primärinduktivität L1 an und speist sekundärseitig einen Serienschwingkreis, der aus L3 und C4 gebildet wird. Der in diesem Kreis fließende Strom erzeugt dann bei einer ersten Resonanzfrequenz $f_{01} = (2 \pi L3 C4)^{-1/2}$ eine hohe Spannung an dem durch die Signalelektroden gebildeten Kondensator C4. Durch diese Spannung wird das für die Signalübertragung wirksame elektrische Feld (Nahfeld) erzeugt.

Der Kondensator C3, der für die Empfangsfunktion benötigt wird, bildet einen wechselstrommäßigen Kurzschluss für die Trägerfrequenz. Der in den Anordnung verwendete Übertrager wirkt bei allen der möglichen Modulationsverfahren vorteilhaft auch als Spannungsverstärker durch Wahl eines geeigneten Übersetzungsverhältnisses $L2/L1$. Der Übertrager kann vorteilhaft über einen hier nicht näher dargestellten Level-Shifter mit dem Mikrokontroller gekoppelt sein.

Die für eine bestimmte Datenübertragungsgeschwindigkeit erforderliche Bandbreite der Anordnung ist vorzugsweise bestimmt durch die an P1 und P2 wirksamen Quellimpedanzen und

die Gütefaktoren der Induktivitäten, die sich z.B. mittels der verwendeten Drahtstärken und des Kernmaterials einstellen lassen.

2. Empfangsfunktion

Die in Figur 1 dargestellte Anordnung gelangt in einen, einen Empfangsmodus darstellenden Zustand indem die nicht mehr aktiven Ports P1 und P2 in einen hochohmigen Zustand geschaltet werden, wodurch auf der Primärseite des Übertragers ein Leerlauf entsteht und dadurch die Induktivität L1 praktisch unwirksam wird. Wirkt nun über den Körper des Anwenders, oder in dessen näherer Umgebung ein elektrisches Wechselfeld rückwärts von einer anderen Sendestation auf die Elektroden des Kondensators C4, entsteht durch Influenz eine Empfangsspannung, die mittels eines durch diese Anordnung als Bandpass realisierten Filters von den übrigen ebenfalls über den Körper wirkenden Störspannungen weitgehend ausgefiltert wird. Dieses Filter wird aus den beiden Induktivitäten L2 und L3 in Verbindung mit Kondensator C4 als Parallelresonanzkreis gebildet, an dem die Empfangsspannung abgegriffen und einem dritten hochohmigen Port P3 des Mikrokontrollers zugeführt wird, an dem intern die Funktion eines Komparators während der Empfangsphase aktiviert ist. Über den Kondensator C3 wird eine Gleichspannung u_0 angelegt, die der internen Referenzspannung des Comparators entspricht.

Empfängt C4 ein rückwärts gerichtetes Signal, so wird dieses nun mittels des Parallel-schwingkreises und des Comparators detektiert und im Mikrocontroller weiterverarbeitet, wodurch dann eine bidirektionale Übertragung möglich ist. Das hiermit von einer zweiten Sendestation abgestrahlte und von der vorliegenden Schaltung empfangene Signal kann auch dazu verwendet werden, dass aus Gründen der Stromeinsparung der Mikrocontrol-

ler aus einem Sleep-Modus aufgeweckt wird, um dann die Sendefunktion zu aktivieren, während der ein höherer Stromverbrauch erforderlich ist. Dieser Gesichtspunkt ist insbesondere bei Batteriebetrieb der Anordnung besonders wichtig.

Ein weiterer großer Vorteil der erfindungsgemäßen Anordnung von Figur 1 ist die Möglichkeit, hiermit zwei Stationen zu synchronisieren, was insbesondere bei Modulationsverfahren mit PSK und QPSK erforderlich ist, da hierbei Sender und Empfänger mit zueinander synchronen Trägern arbeiten müssen. Dazu wird von der Gegenstation ein Träger gesendet, der auf eine Resonanzfrequenz f_{02} des aus L_2 , L_3 und C_4 gebildeten Parallelschwingkreises in der Empfangsfunktion abgestimmt ist, damit eine maximale Empfangsspannung an C_4 entsteht. Diese Frequenz ist wegen der nunmehr höheren Induktivität $L_2 + L_3$ niedriger als im Fall der Sendefunktion. Vorzugsweise wird diese Frequenz z. B. durch geeignete Dimensionierung von L_2 so gewählt, dass sie halb so groß wie die erste im Fall des Sendens gewählte Resonanzfrequenz f_{01} ist. Mittels des Mikrocontrollers lässt sich dann in einfacher Weise durch Frequenzverdopplung für den Fall des Sendens ein Gleichlauf der beiden Sendestationen erreichen. Die erste Station sendet also mit $f_{02} = f_{01}/2$ und empfängt mit f_{01} , während die Gegenstation mit f_{01} sendet und f_{02} empfängt.

Insgesamt lassen sich mit der erfindungsgemäßen Anordnung insbesondere folgende Effekte bei der Datenübertragung über den Körper erreichen:

1. Durch Einsatz eines Übertragers ergibt sich eine Erhöhung des abgestrahlten elektrischen Feldes. Hierdurch ergibt sich eine höhere Resistenz gegenüber Störsignalen auf der Empfangsseite.

2. Es besteht die Möglichkeit der Stromeinsparung bei Batteriebetrieb, da die anwenderseitig zu tragende Komponente erst durch ein Aufwecksignal für den Mikrocontroller aktiviert wird und solange allenfalls ein äußerst geringer Leistungsbezug des Mikrocontrollers erfolgt. Dieser Vorteil ist besonders gewichtig im Falle der Nutzung der Erfindung mit einer sog. *smart card*, die am Körper getragen wird.
3. Es besteht die Möglichkeit zur Synchronisierung zweier Stationen bei bidirektionaler Datenübertragung mittels PSK oder QPSK-Modulation zur erforderlichen Synchrondemodulation beim Empfang.

Für die Schaltungen nach den Figuren 6 und 7 gelten die Ausführungen zu Figur 1 weitgehend sinngemäß. Die Anbindung des Serienschwingkreises erfolgt bei den Varianten nach den Figuren 6 und 7 jedoch ohne Übertrager.

Die Schaltung gemäß Figur 6 unterscheidet sich von der Variante nach Figur 1 weiterhin, insbesondere im Hinblick auf ein, dem Empfangssignalport P3' des Mikrocontrollers vorgelagertes Empfangssignalsystem. Dieses kann beispielsweise aus einem Komparator, einem Verstärker mit Komparator oder einem Wake-Up Empfänger bestehen. Zur Sicherung des Empfangssignalsystems ist vorzugsweise eine Sicherungsschaltung vorgesehen, die beispielsweise aus einem Serienwiderstand und aus antiparallel geschalteten Dioden besteht und vor dem Eingang des Empfangssystems angeordnet ist. Das Empfangssignalsystem kann jedoch auch wie bei der Variante nach Figur 1 weiterhin als Bestandteil des Mikrocontrollers ausgeführt sein.

Bei der Schaltung gemäß Figur 7 erfolgt im Rahmen des Sendebetriebs die Ansteuerung des Serienschwingkreises unter Einbindung eines Step-up Converters.

An den beiden Ausgängen des μC (Fig. 6 bzw. low side Converters (Fig.7) stehen vorzugsweise jeweils zwei Trägersignale an, deren Phasenlagen abhängig vom gewählten Modulationsverfahren unterschiedlich sein können. Es gelten folgende Zuordnungen der Phasenlagen:

Bei FSK (Frequency Shift Keying) und PSK (Phase Shift Keying): 180°

Bei QPSK (Quadrature PSK) : 90°

Die erfindungsgemäßen Schaltungseinrichtungen können beispielsweise als anwenderseitig zu führende Komponenten eines Keyless-Access Systems Anwendung finden. Ein entsprechendes Beispiel für den Automotive-Bereich wird nachfolgend beschrieben.

Das beispielhaft beschriebenen System umfasst einen fahrzeugseitig vorgesehenen, in das Bordnetz integrierten Systemabschnitt und ggf. mehrere jeweils anwenderseitig zu führende mobile Access-Schaltungen.

Die mobilen Access-Schaltungen sind beispielhaft in einen scheckkartenartigen Korpus, in einen Fahrzeugschlüssel, oder ggf. auch anderweitigen anwenderseitig zu führenden Gegenstand z.B. in ein Mobiltelefon integriert.

Nähert sich ein mit einer mobilen Access-Schaltung ausgestatteter Anwender einem Kraftfahrzeug, so kann ein von dem fahrzeugseitigen Systemabschnitt ausgesendetes Wecksignal über den Kondensator C4 Eingang in den seitens der mobilen Access-Schaltung vorgesehenen Parallelschwingkreis finden. Das Wecksignal gelangt hierbei an den hochohmigen Komparator-Port P3. Das insoweit an dem Mikrokontroller anliegende Signal kann einer signalverarbeitenden Betrachtung zugrunde gelegt werden. Die signalverarbeitende Betrachtung kann durch entsprechende

Konfiguration des Mikrokontrollers festgelegt werden. Bei Erfüllung bestimmter Kriterien des an P3 anliegenden Ereignisses kann der Mikrokontroller den Informationsinhalt eines Ausgangssignales bestimmen und durch entsprechende Modulation der an dem jeweiligen Sende-Port P1, P3 in den Übertrager (Spulenanordnung L1, L2) ein Signal einkoppeln. Im Rahmen dieser Signaleinkoppelung entsteht an dem Kondensator C4 ein nach Maßgabe des eingekoppelten Signales wechselndes Feld. Die durch dieses wechselnde Feld verursachten Streueffekte können durch das fahrzeugseitige Empfangssystem verarbeitet und ebenfalls einer signalverarbeitenden Betrachtung, beispielsweise Auswertung des Informationsinhaltes zugrundegelegt werden.

Es ist möglich, die mobile Access-Schaltung so aufzubauen, dass das durch diese phasenweise emittierte und einen durch Mikrokontroller bestimmten Informationsinhalt tragende Signal in einem bestimmten zeitlichen Verhältnis zu dem empfangenen Weckruf liegt. Es ist möglich, die Anordnung so zu konfigurieren, dass erst nach Eintreffen mehrerer als zulässig, oder geeignet klassifizierter Wecksignale oder Wecksignalsequenzen die mobile Access-Schaltung eine Signalemission veranlasst. Die Wecksignalsequenzen können zur Informationsverschlüsselung auf Seiten der mobilen Access-Schaltung sowie auch zur Signal-synchronisation herangezogen werden.

Sobald im Bereich des fahrzeugseitigen Systemabschnitts Signale empfangen werden, die seitens der mobilen Access-Schaltung ausgesendet wurden, können nach Auswertung derselben vorgegebene Abläufe, z.B. eine Änderung des Verriegelungszustandes, oder eine Funktionsfreigabe herbeigeführt werden.

Die auf Grundlage des erfindungsgemäßen Verfahrens, sowie unter Verwendung der erfindungsgemäßen Kernschaltung transferierbaren Signale können auch zur Abwicklung zahlreicher anderweitiger Vorgänge herangezogen werden. Die erfindungsgemäße

Schaltung eignet sich hierbei in besonderem Maße zur Bereithaltung von Informationen und Übermittlung derselben nach Aufruf durch ein als zulässig klassifizierbares Wecksignal.

Die Erfindung kann auch dazu verwendet werden, zwischen mehreren anwenderseitig getragenen mobilen Schaltungen einen Datentransfer abzuwickeln. Hierdurch lassen sich insbesondere Systeme zur Erkennung des Ausstattungszustandes eines Anwenders, sowie System zur Präsenzanalyse von Objekten realisieren. Es ist möglich, den Mikrokontroller so zu konfigurieren, dass innerhalb eines durch mehrerer mobile Schaltungseinrichtungen körpernah etablierten Netzwerkes eine Selbstkonfiguration, insbesondere Abstimmung des Dialogprotokolls erfolgt.

Das erfindungsgemäß vorgeschlagene lineare Modulationserfahren QPSK (Quadrature Phase Shift Keying)-Modulation ermöglicht im vorliegenden Fall eine Datenübertragung über den Körper mit folgenden Vorteilen:

1. Höchste Bandbreiteneffizienz (Bitrate/ pro Hz Bandbreite)
2. BER-Wert (Bit/Error Rate) bei vergleichbarem S/N wesentlich geringer
z.B. bei S/N= 10 dB um ca. Faktor 100 [9]
3. Hierdurch Möglichkeit , den Strombedarf des Senders zu reduzieren

Ein wesentlicher Vorteil der vorangehend beschriebenen Anwendungsform der QPSK-Modulation besteht im vorliegenden Fall darin, dass empfangsseitig ein synchroner Träger zur Demodulation verfügbar ist, der aus dem ankommenden Signal ohne Bedarf nach einer schaltungstechnisch aufwendigen Costasschleife regeneriert werden. Durch das erfindungsgemäße Konzept wird es möglich, den Informationstransfer sowohl senderseitig, als auch empfängerseitig durch kostengünstig realisierbare und insbesondere senderseitig nur einen geringen Leistungsbezug

verursachende Schaltungsstrukturen abzuwickeln. Dies ist ein für die praktische Anwendung sehr wichtiger Gesichtspunkt, insbesondere dann, wenn der Sender auf einer flachen „ smart card „ in Kreditkarten-größe realisiert wird. Je geringer die Anzahl der für die Funktion des Datengenerators und des Modulators notwendigen Bauteile ist, umso geringer sind der Strombedarf und die Herstellungskosten.

Das vorgeschlagene Konzept wird anhand von Figur 4 näher erläutert.

Die Inphasen-, die Quadraturkomponente sowie der Träger können, wie dargestellt auf eine gemeinsame Elektrodeneinrichtung gespeist werden. Um die Struktur des Senders besonders einfach zu halten, werden die für die QPSK notwendigen Inphasen- und Quadraturkomponenten des Trägers getrennt mittels eines Microcontrollers erzeugt und direkt über ein LC-Netzwerk auf die gemeinsame, oder - alternativ hierzu- auf getrennte Signalelektroden gespeist. Als weiteres Signal wird der (unmodulierte) Träger jener gemeinsamen - oder einer dritten Signalelektrode zugeführt. Die Addition der beiden Signalkomponenten sowie des Trägers erfolgt bei Verwendung getrennter Elektroden, im Körper des Anwenders, spätestens am Eingang der Signalelektrode des Vorverstärkers durch die beschriebene kapazitive Kopplung.

Durch die beschriebenen Maßnahmen wird einmal die Struktur des Senders besonders einfach und zum anderen erhält man empfangsseitig den notwendigen Träger für die Synchrondemodulation der I- und Q-Komponenten, die vorzugsweise über zwei Komparatoren und Stufen mit jeweils einer EXOR-Funktion und anschließender Tiefpassfilterung realisiert wird. Die EXOR-Funktionen liefern dabei die für die Synchrondemodulation notwendige Multiplikation mit den beiden orthogonalen Trägern, die mittels einer PLL und einer 90° Phasenverschiebung gewonnen werden können.

Nach Pegelwandlung mit zwei weiteren Komparatoren werden die übertragenen Datensignale der I- und Q-Komponenten in einem Microcontroller decodiert. Vorzugsweise sperrt ein von der PLL geliefertes Lock-Detect-Signal bei Unterbrechung der Übertragung stromsparend den gesamten Decodierprozess.

Das QPSK-System ist vorzugsweise so konzipiert, dass empfangsseitig bei Verwendung moderner Microcontroller, alle notwendigen analogen und digitalen Funktionen zur Decodierung der Daten in einem einzigen Controller -IC realisiert werden können (eventuell auch mit DSP), wodurch der Hardwareaufwand und die Produktionskosten auf ein Minimum sinken. Der für den Strombedarf des Senders wesentliche Vorteil der QPSK-Methode gegenüber herkömmlichen Modulationsverfahren liegt darin, dass bei vergleichbarer Trägeramplitude die über das LC-Netzwerk übertragbare Bitrate bei hoher Störsicherheit deutlich höher sein kann, und dadurch bei einem gepulsten Betrieb die Strombelastung der Batterie gering ist.

Das erfindungsgemäße System zeichnet sich durch eine hohe Störsicherheit für die Übertragung von Daten über den Körper mit gleichzeitig kostengünstiger Herstellung sowohl des Senders als auch des Empfängers in einem Produktionsprozess aus.

Da es bei der Datenübertragung über den Körper zu starken Störeinflüssen entweder über den als Antenne wirkenden Körper selbst oder bei Anwendungen in Arbeitsmaschinen durch Eigenstörungen kommen kann, erfolgt vorzugsweise neben der Wahl eines störunempfindlichen Modulationsverfahrens auch eine zusätzliche Sicherung durch eine Kanalcodierung bei kritischen Anwendungsfällen.

Im Falle der Körperübertragung wird vorzugsweise ein fehlerkorrigierendes Verfahren gewählt, so dass auf einen, (bei fehlererkennenden Verfahren erforderlichen) Rückkanal verzich-

tet werden kann. Das Codierungsverfahren wird vorzugsweise auf den Charakter etwaiger zu erwartender Störungen abgestimmt.

In vorteilhafter Weise wird im Übertragungsprotokoll von vornherein zunächst eine Coderedundanz von beispielsweise 50% vorgesehen, die dann aufgrund der in praktischen Untersuchungen gewonnenen Erkenntnisse mit einer angepassten Codierung auch verringert werden kann. Als erster Schritt zur Einführung einer Kanalcodierung mit Fehlerkorrektur kann eine Blocksicherung mit Paritätsprüfung (VRC/LRC-Codierung) verwendet werden, wodurch sich die Codewortlänge verdoppelt. Hierdurch können mit einem sehr einfachen Algorithmus Einfachfehler im Codewort korrigiert werden, wodurch die Restfehlerwahrscheinlichkeit für eine Bitverfälschung um ca. 10^3 verbessert wird.

Es ist auch möglich, Kanalcodierungen, wie z.B. ein RS (Reed-Solomon) - Code zu implementieren, mit dem insbesondere kurzzeitig auftretende Störungen (Burstfehler) wirksam korrigierbar sind .

Durch das erfindungsgemäße Verfahren, bei welchem der modulierte Träger im Burstbetrieb gesendet wird, wird es möglich, auch mit kompakten Batterieeinrichtungen eine relativ lange Betriebsdauer von ca. 1 bis 2 Jahren einer batteriebetriebenen Sendereinrichtung zu erreichen. Der Energieverbrauch wird umso geringer, je kürzer die verwendete Codewortlänge, bzw. je höher die erreichbare Bitrate ist, für die ein Wert von ca. 20kbit/s vorgeschlagen wird. Bei einer Burstwiederholdauer von 200 ms lassen sich dann bei einem Tastverhältnis von 1:100 Codewörter mit 40 bit (inclusive Kanal-codierung !) übertragen.

Der Sender kann insbesondere auf einer flachen Karte („smart card „) in der Größe einer Kreditkarte aufgebaut sein. Außer dem bereits diskutierten Batterieproblem ist besonders die

genaue Struktur der Signalelektroden und des LC-Netzwerkes wichtig, entsprechend dem in Figur 5 dargestellten Grundprinzip

Um hier Bauteiltoleranzen besonders der Induktivität (typisch + /- 5%) hinreichend Rechnung zu tragen ist es in vorteilhafter Weise möglich, diese Grundstruktur derart zu modifizieren, dass bei gleich großer Sendespannung eine höhere Bandbreite des LC-Netzwerkes ohne Verringerung des Gütewertes erreicht wird, um den Einfluss dieser Toleranzen zu vermindern. Die Festlegung der Struktur und Größe der Signalelektroden kann empirisch in Verbindung mit Untersuchungen bezüglich einer optimalen Ein- und Auskoppelung der Signale über den Körper erfolgen, da die von den Elektroden erzeugte Verteilung des elektrischen Feldes wesentlich die Signalamplitude am Empfänger bestimmt. Bei körpernah zu tragenden Karten, z.B. Identifikations- oder Kreditkarten sowie Karten für keyless-access Systeme, erstrecken sich die Elektroden vorzugsweise über den überwiegenden Teil einer Hauptfläche des Kartenelementes.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Signalübertragung auf Grundlage quasi-elektrostatischer Wechselwirkungseffekte unter Verwendung einer anwenderseitig zu führenden Schaltungseinrichtung, bei welchem als Signalschnittstelle eine Kondensatoreinrichtung verwendet wird, die in einen Schwingkreis eingebunden ist, wobei während des Betriebs der Schaltungseinrichtung in einem Empfangsmodus der Schwingkreis als Parallel-Schwingkreis betrieben wird und der Schwingkreis in einem Sendemodus als Serienschwingkreis betrieben wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass im Rahmen des Empfangsmodus der Schwingkreis in einen Zustand hochohmiger Ankoppelung an eine Signalabgriffseinrichtung (z.B. Komparator) versetzt ist.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Anbindung des Serienschwingkreises an den Mikrocontroller durch eine als Übertrager fungierende Spulenanordnung bewerkstelligt ist.
4. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Empfangsmodus und der Sendemodus zueinander zeitversetzt sind.
5. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass im Rahmen des Empfangsmodus ein Wecksignal über die Signalabgriffseinrichtung abgegriffen wird.
6. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass das an der Signalabgriffseinrichtung anliegende Signal einen Träger enthält.

7. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass das an der Signalabgriffseinrichtung anliegende Signal ein Synchronisations- oder Timer-Signal enthält.

8. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Schaltungseinrichtung im Rahmen des Sendemodus nach wenigstens einem der nachfolgenden Modulationsverfahren betrieben wird: ASK, FSK, PSK oder QPSK.

9. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 8 dadurch gekennzeichnet, dass der Schwingkreis im Rahmen des Empfangsmodus mit einer anderen Induktivität und damit mit einer anderen Resonanzfrequenz betrieben wird, als im Rahmen des Sendemodus.

10. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass das im Rahmen des Sendemodus abgegebene Signal auf Grundlage eines während eines vorangegangenen Empfangsmodus empfangenen Signalinhaltes verschlüsselt oder konditioniert wird.

11. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass über einen im Rahmen des Empfangsmodus empfangenen Signalinhalt eine Protokoll-Definition erfolgt,

12. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass über einen im Rahmen des Empfangsmodus empfangenen Signalinhalt eine Abstimmung der zeitlichen Lage und/oder der Synchronisation des im Rahmen des Sendemodus an den in den Schwingkreis eingekoppelten Signals erfolgt, zur Vermeidung von Überlagerungen mit weiteren Kommunikationskomponenten.

13. Schaltungseinrichtung zur Abwicklung eines Signaltransfers auf Grundlage quasi-elektrostatischer Wechselwirkungseffekte, mit einer als Signalschnittstelle fungierenden Kondensator-einrichtung (C), die in einen Schwingkreis eingebunden ist, wobei die Schaltungseinrichtung derart konfiguriert ist, dass während des Betriebs der Schaltungseinrichtung in einem Empfangsmodus, der Schwingkreis als Parallel-Schwingkreis geschaltet ist und im Rahmen des Sendemodus als Serienschwingkreis geschaltet ist.

14. Schaltungseinrichtung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass der Schwingkreis an einen Mikrokontroller angekoppelt ist und die Anbindung des Schwingkreises an den Mikrokontroller im Rahmen des Empfangsmodus durch Ankoppelung an ein hochohmiges Signalabgriffssystem (z.B. Komparator) bewerkstelligt ist.

15. Schaltungseinrichtung nach Anspruch 13 oder 14, dadurch gekennzeichnet, dass die Schaltungseinrichtung derart konfiguriert und aufgebaut ist, dass eine funktionale Umschaltung aus einer im Empfangsmodus herrschenden passiven Konfiguration in einen Sendebetrieb im Wege einer Port- oder Impedanzumschaltung bewerkstelligbar ist.

16. Schaltungseinrichtung nach wenigstens einem der Ansprüche 13 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass im Rahmen der Port- oder Impedanzumschaltung (P1, P2) ein Parallelschwingkreises aus L2, L3, C4; bzw. L2, L3', L3'' und C4 für den Sendebetrieb in einen Serienschwingkreis aus L3 und C4, bzw. L3', L3'' und C4 für den insbesondere passiven Empfangsbetrieb konvertierbar ist.

17. Schaltungseinrichtung nach wenigstens einem der Ansprüche 13 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass im Sendefall ein Übertrager aus L1, L2 die Funktion einer Spannungserhöhung ausübt, während er im Empfangsbetrieb mit der Induktivität L2 auch Teil des Parallelschwingkreises ist.

18. Schaltungseinrichtung nach wenigstens einem der Ansprüche 13 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass im Sendefall ein Level-Shifter die Funktion einer Spannungserhöhung ausübt während er sich im Empfangsbetrieb in einem hochohmigen Zustand befindet, und dass die Umschaltung in den hochohmigen Zustand durch den Mikrokontroller erfolgt, am Ende eines Sendezyklus.

19. Schaltungseinrichtung nach wenigstens einem der Ansprüche 13 bis 18, dadurch gekennzeichnet, dass im Empfangsbetrieb die Resonanzfrequenz des Parallelschwingkreises niedriger ist als beim Serienschwingkreis im Sendefall, und/oder dass in beiden Richtungen der bidirektionalen Übertragung mit zwei unterschiedlichen Frequenzen operiert wird.

20. Schaltungseinrichtung nach wenigstens einem der Ansprüche 13 bis 19, dadurch gekennzeichnet, dass bei QPSK-Modulation die beiden erforderlichen orthogonalen Trägersignale durch den Mikrokontroller an Port P1 und Port P2 erzeugt werden.

21. Schaltungseinrichtung nach wenigstens einem der Ansprüche 13 bis 20, dadurch gekennzeichnet, dass die an Port P1 und P2 ausgegebenen Trägersignale am Serienschwingkreis addiert werden.

22. Schaltungseinrichtung nach wenigstens einem der Ansprüche 13 bis 21, dadurch gekennzeichnet, dass der Übertrager durch eine Spulenanordnung gebildet ist.

23. Schaltungseinrichtung nach wenigstens einem der Ansprüche 13 bis 22, dadurch gekennzeichnet, dass der Übertrager als galvanisch getrenntes Spulenpaar realisiert ist.

24. Schaltungseinrichtung nach wenigstens einem der Ansprüche 13 bis 23, dadurch gekennzeichnet, dass der Übertrager als Spule mit einer Anzapfung realisiert ist.

25. Schaltungseinrichtung nach wenigstens einem der Ansprüche 13 bis 24, dadurch gekennzeichnet, dass die Anbindung des Serienschwingkreises an den Mikrokontroller unter Zwischenschaltung eines Level-Shifters erfolgt.

26. Schaltungseinrichtung nach wenigstens einem der Ansprüche 13 bis 25, dadurch gekennzeichnet, dass die Anbindung des Serienschwingkreises an den Mikrokontroller über die Ankopplungskondensatoren C1, C2 erfolgt.

27. Schaltungseinrichtung nach wenigstens einem der Ansprüche 13 bis 26, dadurch gekennzeichnet, dass die Signalabgriffseinrichtung ein Empfangssystem umfasst, das als Komparator oder als Kombination eines Verstärkers und eines Komparators, oder als Wake-up-Empfänger ausgebildet ist.

28. Schaltungseinrichtung nach wenigstens einem der Ansprüche 13 bis 27, dadurch gekennzeichnet, dass am Eingang der aktiven Komponenten des Empfangssystems eine Begrenzerschaltung vorgesehen ist, die aus einem Serienwiderstand (RS) und zwei antiparallel geschalteten Dioden besteht.

29. Schaltungseinrichtung nach wenigstens einem der Ansprüche 13 bis 28, dadurch gekennzeichnet, dass der Komparator Teil eines Mikrocontrollers bildet.

30. Schaltungseinrichtung nach wenigstens einem der Ansprüche 13 bis 29, dadurch gekennzeichnet, dass der Parallelschwingkreis eine erste Induktivität (L2) umfasst, die Bestandteil des Übertragers ist und eine zweite in Serie angekoppelte zweite Induktivität (L3) umfasst.

31. Schaltungseinrichtung nach wenigstens einem der Ansprüche 13 bis 30, dadurch gekennzeichnet, dass der Übertrager an einen Mikrocontroller über einen ersten Port und einen zweiten Port angekoppelt ist.

32. Schaltungseinrichtung nach wenigstens einem der Ansprüche 13 bis 31, dadurch gekennzeichnet, dass die Ankoppelung unter Zwischenschaltung von Kondensatoren und eines Level-Shifters bewerkstelligt ist.

33. Schaltungseinrichtung nach wenigstens einem der Ansprüche 13 bis 32, dadurch gekennzeichnet, dass die Ankoppelung zwischen dem Mikrocontroller und dem Übertrager unter Einbindung eines Level-Shifters (Pegelwandler zur Spannungserhöhung) bewerkstelligt ist.

34. Schaltungseinrichtung nach wenigstens einem der Ansprüche 13 bis 33, dadurch gekennzeichnet, dass im Falle einer Konfiguration der Schaltungseinrichtung zur Generierung eines Sendesignals auf Grundlage eines QPSK-Verfahrens jedem der zur Anbindung des Übertragers vorgesehenen Port eine der Spannungserhöhung dienende Schaltung (Level-Shifter) zugeordnet ist.

35. Schaltungseinrichtung nach wenigstens einem der Ansprüche 13 bis 34, dadurch gekennzeichnet, dass der Mikrocontroller derart ausgebildet und konfiguriert ist, dass dieser ein an der Signalabgriffseinrichtung anliegendes Ereignis auf die

Erfüllung vorgegebener Kriterien, insbesondere Informationsinhalte (z.B. Daten) überprüft.

36. Schaltungseinrichtung nach wenigstens einem der Ansprüche 13 bis 35, dadurch gekennzeichnet, dass der Mikrocontroller derart ausgebildet und konfiguriert ist, dass dieser auf Grundlage von Informationsinhalten (z.B. Daten) die während des Empfangsmodus empfangen werden eine Abstimmung (z.B. Verschlüsselung) des Informationsinhalts des auszusendenden Signal durchführt.

37. Schaltungseinrichtung nach wenigstens einem der Ansprüche 13 bis 36, dadurch gekennzeichnet, dass diese in eine scheckkartenartige Struktur eingebunden ist.

38. Schaltungseinrichtung nach wenigstens einem der Ansprüche 13 bis 37, dadurch gekennzeichnet, dass diese in einen Schlüssel eingebunden ist.

39. Schaltungseinrichtung nach wenigstens einem der Ansprüche 13 bis 38, dadurch gekennzeichnet, dass diese in einen Gebrauchsgegenstand, insbesondere eine austauschbare Komponente desselben (z.B. Akkufach-Deckel) eingebunden ist.

40. Schaltungseinrichtung nach wenigstens einem der Ansprüche 13 bis 39, dadurch gekennzeichnet, dass diese in einen Wertgegenstand eingebunden ist.

41. Dialogeinrichtung zur Abwicklung eines Datentransfers mit einer Schaltungseinrichtung vorstehend genannter Bauart.

42. Dialogeinrichtung nach Anspruch 41, dadurch gekennzeichnet, dass diese intern den im Rahmen eines zur Schaltungseinrichtung gerichteten Signaltransfers verwendeten Träger bei der Verarbeitung, Dekodierung und/oder Synchronisation eines

seitens der Schaltungseinrichtung zur Dialogeinrichtung hin emittierten Signales berücksichtigt.

43. Dialogeinrichtung nach Anspruch 41, oder 42, dadurch gekennzeichnet, dass die Dialogeinrichtung betriebsrelevanter Teil eines fahrzeugseitigen Bordnetzes bildet.

44. Dialogeinrichtung nach wenigstens einem der Ansprüche 13 bis 43, dadurch gekennzeichnet, dass die Dialogeinrichtung Teil eines fahrzeugseitigen Systems zur nutzerindividuellen Abstimmung von Fahrzeugeinrichtungen, z.B. Sitzen, Spiegeln, Lenkradhöhe, Automatik- Temperatur- Routenplanungs und/oder Audioeinrichtungen darstellt.

45. Verfahren zur Durchführung eines Informationstransfers über einen belebten Körper auf Grundlage kapazitiver Wechselwirkungseffekte, bei welchem senderseitig ein zu übertragendes Signal nach Maßgabe senderseitig anliegender Informationsinhalte generiert und durch eine Elektrodeneinrichtung kapazitiv in den Körper eingekoppelt wird, wobei das Signal derart generiert wird, dass dieses Datensequenzen sowie zwischen diesen Datensequenzen liegende Pausenabschnitte umfasst, wobei die Informationsinhalte durch Modulation des eines Trägers innerhalb der jeweiligen Datensequenz in den Körper eingekoppelt werden.

46. Verfahren nach Anspruch 45, dadurch gekennzeichnet, dass das zeitliche Verhältnis der Datensequenzlänge zur Zeitdauer des Pausenabschnitts kleiner ist als 0,05.

47. Verfahren nach Anspruch 45 oder 46, dadurch gekennzeichnet, dass das zeitliche Verhältnis der Datensequenzlänge zur Zeitdauer des Pausenabschnitts in Abhängigkeit von der zu übertragenden Informationsmenge abgestimmt wird.

48. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 45 bis 47, dadurch gekennzeichnet, dass die Informationsinhalte innerhalb der Datensequenzen durch Modulation des Trägers nach Maßgabe eines QPSK-Verfahrens in den Körper eingekoppelt werden.

49. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 45 bis 48, dadurch gekennzeichnet, dass die Informationsinhalte durch Einspeisung einer Informations-Inphasenkomponente des Trägers, einer Informations-Quadraturkomponente des Trägers, sowie des Trägers selbst in eine gemeinsame Elektrodeneinrichtungen in den Körper eingekoppelt werden.

50. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 45 bis 49, dadurch gekennzeichnet, dass die Informationsinhalte über mehrere diskrete Elektrodeneinrichtungen in den Körper eingekoppelt werden.

51. Verfahren nach Anspruch 50, dadurch gekennzeichnet, dass die Informationsinhalte über drei Elektrodeneinrichtungen in den Körper eingekoppelt werden.

52. Verfahren nach Anspruch 50 oder 51, dadurch gekennzeichnet, dass die an die erste Elektrodeneinrichtung angelegte Spannung nach Maßgabe einer Informations -Inphasenkomponente moduliert wird.

53. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 50 bis 52, dadurch gekennzeichnet, dass die an die zweite Elektrodeneinrichtung angelegte Spannung nach Maßgabe einer Informations -Quadraturkomponente moduliert wird.

54. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 45 bis 53, dadurch gekennzeichnet, dass die an die dritte Elektrodeneinrichtung angelegte Spannung in ihrem zeitlichen Verlauf dem unmodulierten Träger entspricht.

55. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 45 bis 54, dadurch gekennzeichnet, dass die Trägerfrequenz auf einen Wert festgelegt ist, der eine hohe Übertragungsqualität bei den mit statistisch hoher Wahrscheinlichkeit anzutreffenden Übertragungseigenschaften eines typischen Anwenders liefert.

56. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 45 bis 55, dadurch gekennzeichnet, dass die Trägerfrequenz im Hinblick auf einen hinreichend hohen Signalabstand zu den bei bestimmten Anwendungsfällen typischerweise auftretenden Störspektren abgestimmt ist.

57. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 45 bis 56, dadurch gekennzeichnet, dass die Trägerfrequenz im Bereich von 100 kHz bis 500 kHz liegt.

58. Sendereinrichtung zur Einkoppelung eines Signals in einen Anwender auf Grundlage des Verfahrens nach wenigstens einem der Ansprüche 45 bis 57.

59. Sendereinrichtung nach Anspruch 58, dadurch gekennzeichnet, dass diese eine Haupt-Elektrodeneinrichtung zur Einkoppelung der Informationsinhalte durch Einspeisung einer Informations-Inphasenkomponente des Trägers, einer Informations-Quadraturkomponente des Trägers, sowie des Trägers selbst in den Körper des Anwenders umfasst.

60. Sendereinrichtung nach Anspruch 58, dadurch gekennzeichnet, dass diese drei Elektrodeneinrichtungen aufweist.

61. Sendereinrichtung nach wenigstens einem der Ansprüche 45 bis 60, dadurch gekennzeichnet, dass diese in einen kartenartigen Grundkörper integriert ist.

62. Sendereinrichtung nach einem der Ansprüche 45 bis 61, dadurch gekennzeichnet, dass diese eine Spannungsversorgungseinheit trägt.

63. Sendereinrichtung nach Anspruch 62, dadurch gekennzeichnet, dass die Spannungsversorgungseinheit durch eine Batterieeinrichtung gebildet ist.

64. Sendereinrichtung nach Anspruch 62, dadurch gekennzeichnet, dass die Spannungsversorgungseinheit durch eine Kondensatoreinrichtung gebildet ist.

65. Empfangseinrichtung zum Empfang eines Signals das nach Maßgabe des Verfahrens nach wenigstens einem der Ansprüche 45 bis 57 in einen Anwender eingekoppelt ist.

66. Empfangseinrichtung nach Anspruch 65, dadurch gekennzeichnet, dass diese derart ausgebildet ist, dass diese den Träger für die Synchrondemodulation der I- und Q-Komponenten, mittels einer PLL gewinnt.

67. Empfangseinrichtung nach Anspruch 65 oder 66, dadurch gekennzeichnet, dass diese derart ausgebildet ist, dass die EXOR-Funktionen die für die Synchrondemodulation der I- und Q-Komponenten notwendige Multiplikation mit zwei orthogonalen Trägern liefern, und diese orthogonalen Träger mittels der PLL und einer 90° Phasenverschiebung gewonnen werden.

68. Empfangseinrichtung nach Anspruch 23, dadurch gekennzeichnet, dass diese derart ausgebildet ist, dass nach Pegelwandlung mit zwei weiteren Komparatoren die übertragenen Datensignale der I- und Q-Komponenten in einem Microcontroller decodiert werden.

69. Empfangseinrichtung nach wenigstens einem der Ansprüche 65 bis 68, dadurch gekennzeichnet, dass diese derart ausgebildet ist, dass ein von der PLL geliefertes Lock-Detect-Signal bei Unterbrechung der Übertragung den Decodierprozess sperrt.

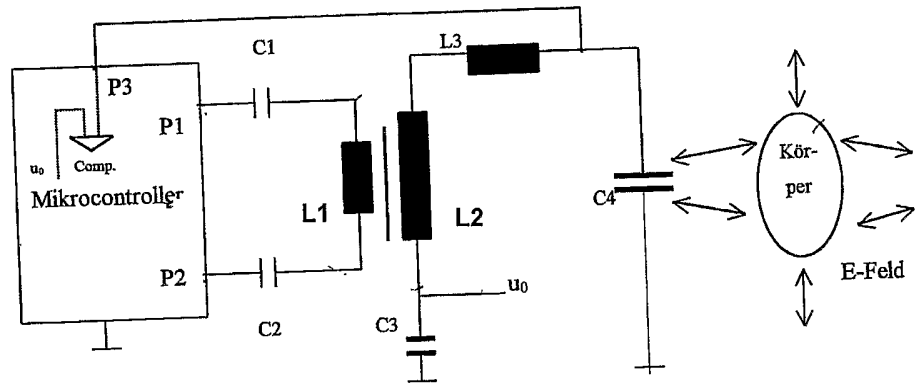


Fig.1

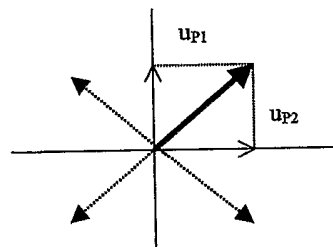


Fig.2

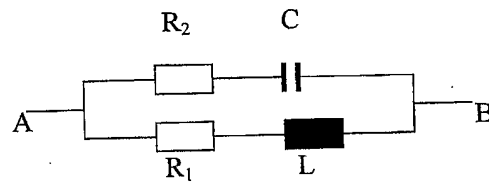


Fig.3

Ersatzschaltung des Körperwiderstandes

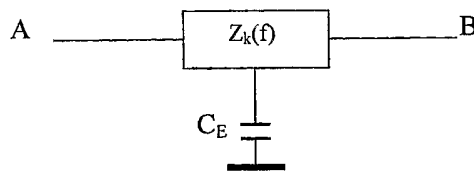


Fig.4

Übertragungsmodell des Körpers

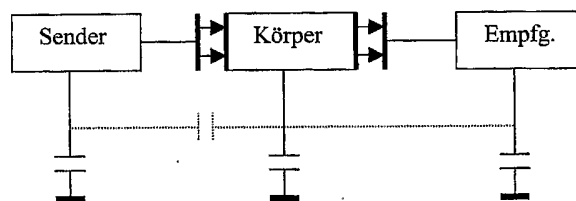


Fig.5

Körperübertragungssystem

Fig.6

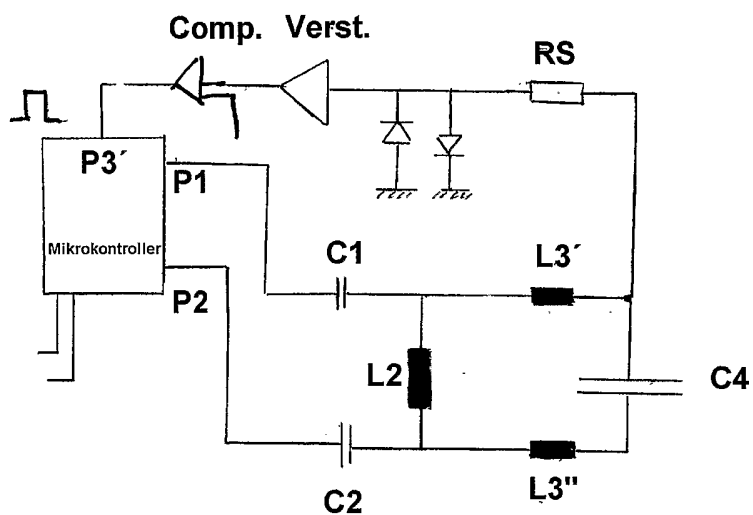
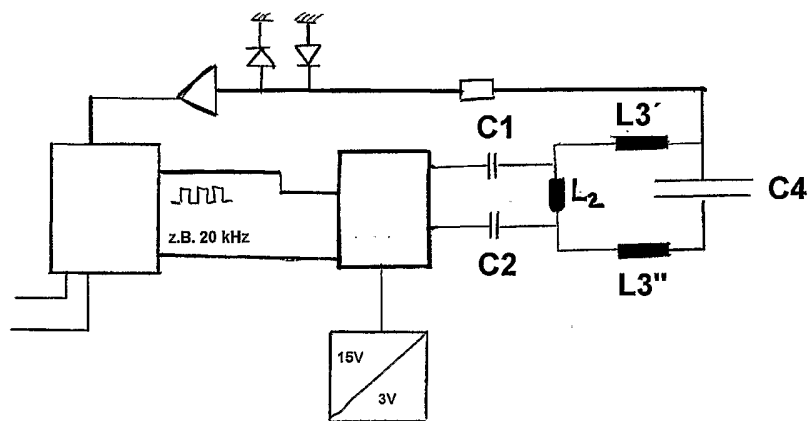


Fig.7



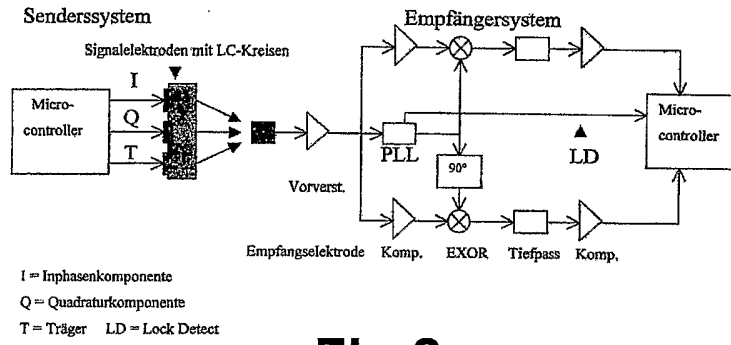


Fig.8

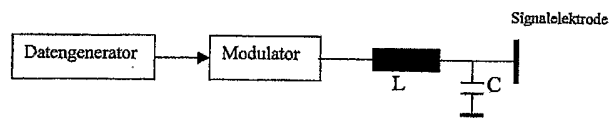


Fig.9