

WO 2015/052033 A1

Beschreibung

Treiberschaltung für eine Induktivität, Verfahren zum Betreiben einer Induktivität und aktive Sendeeinrichtung mit einer

5 Treiberschaltung

Die Erfindung betrifft eine Treiberschaltung für eine Induktivität, insbesondere eine induktive Antenne, ein Verfahren zum Betreiben einer Induktivität und einen aktive Sendeeinrichtung
10 mit einer Treiberschaltung.

Schlüssellose Fahrzeug-Zugangs- und Startsysteme wie beispielsweise das Passive Start Entry (PASE) System sind automatische Systeme, ein Fahrzeug ohne aktive Benutzung eines
15 Autoschlüssels zu entriegeln und durch das bloße Betätigen des Startknopfes zu starten. Ermöglicht wird das durch einen elektronischen Schlüssel mit Chip, den der Fahrzeuglenker mit sich führt. Periodisch wird vom Fahrzeug über mindestens eine am Fahrzeug befindliche Antenne ein codiertes Anfragesignal auf
20 einer LF-Frequenz (LF steht für "Low Frequency" mit Frequenzen zwischen beispielsweise 20kHz und 200kHz) ausgesendet. Das System geht darauf in einen Empfangsmodus im UHF-Bereich (UHF steht für "Ultra High Frequency" mit Frequenzen beispielsweise im dreistelligen MHz-Bereich) und wartet auf Bestätigung. Ist
25 eine mit einem Transponder ausgestatteter Schlüssel in Reichweite, empfängt dieser das LF-Signal, decodiert es und sendet es mit einer neuen Codierung als UHF-Signal wieder aus. Das UHF-Signal wird im Fahrzeug decodiert. Da das Fahrzeug beide Kodiertabellen kennt, kann es die eigene ursprüngliche Aus-
30 sendung mit dem gerade empfangenen Signal vergleichen und bei Übereinstimmung den Zugang gewähren. Gibt es innerhalb einer definierten Zeit keine korrekte Antwort, passiert nichts und das System schaltet wieder auf Standby. Der Motorstartvorgang

entspricht im Wesentlichen dem der Zugangskontrolle, nur dass hier der Motorstartknopf zu betätigten ist.

Als Antenne zum Aussenden des LF-Signals findet überwiegend eine
5 induktive Antenne Verwendung, die beispielsweise als ein mit
einer Wicklung versehener Ferritkern (auch als Magnetantenne
oder Ferritantenne bekannt) ausgeführt ist. Die Induktivität der
induktiven Antenne wird dabei häufig zusammen mit einem Kon-
densator in einem Schwingkreis betrieben. Der Energieverbrauch
10 eines solchen Schwingkreises wird üblicherweise durch eine
möglichst hohe Güte und eine exakte Frequenzabstimmung niedrig
gehalten, um die Gesamtstromaufnahme des Zugangs- und Start-
systems möglichst gering zu halten. Eine geringe Stromaufnahme
ist beispielsweise allein schon deshalb wünschenswert, da bei
15 längerer Standzeit des Fahrzeuges ansonsten die Fahrzeugbatterie
schnell entladen werden würde. Eine hohe Güte schränkt jedoch die
Übertragungsdatenrate ein und eine bei hoher Güte exakte Ab-
stimmung erfordert einigen Aufwand. Gängige Anordnungen stellen
daher meist einen unbefriedigenden Kompromiss zwischen Da-
20 tenrate, Aufwand und Energieverbrauch dar.

Aufgabe der Erfindung ist es, eine diesbezüglich verbesserte
Treiberschaltung für eine Induktivität bereitzustellen. Wei-
terhin soll ein verbessertes Verfahren zum Betreiben einer
25 Induktivität und eine verbesserte aktive Sendeeinrichtung mit
einem Schwingkreis bereitgestellt werden.

Die Aufgabe wird gelöst durch eine Treiberschaltung für eine
Induktivität gemäß Anspruch 1 beziehungsweise ein Verfahren zum
30 Betreiben einer Induktivität gemäß Anspruch 12 beziehungsweise
eine aktive Sendeeinrichtung gemäß Anspruch 19.

Die erfindungsgemäße Treiberschaltung für eine Induktivität
umfasst einen Kondensator, zwei Eingangspfade zum Zuführen einer

- Referenzspannung für den Kondensator und zwei Ausgangspfade zum Anschließen der Induktivität an den Kondensator. Weiterhin umfasst die Treiberschaltung einen ersten steuerbaren Schalter, der in einen der beiden Eingangspfade geschaltet ist, und einen
- 5 zweiten steuerbaren Schalter, der in einen der beiden Ausgangspfade geschaltet ist. Eine Strommesseinrichtung ist in einen der beiden Ausgangspfade geschaltet und ist dazu ausgebildet, den durch die Induktivität fließenden Strom zu messen. Eine Schaltersteuereinrichtung, die der Strommesseinrichtung
- 10 nachgeschaltet ist, wertet den durch die Induktivität fließenden Strom aus und ist dazu ausgebildet, zunächst bei geöffnetem zweiten Schalter den ersten Schalter zu schließen, um den Kondensator mit der Referenzspannung aufzuladen, und dann den ersten Schalter zu öffnen und den zweiten Schalter zu schließen,
- 15 um den Kondensator über die Induktivität schwingend zu entladen, wobei der zweite Schalter erst dann wieder geöffnet wird, wenn der Strom durch die Induktivität eine ganze Schwingungsperiode oder ein Vielfaches davon durchlaufen hat.
- 20 Vorteile der erfindungsgemäßen Treiberschaltung sind ein geringer Schaltungs- und Justieraufwand, ein geringer Stromverbrauch, eine geringere Störsignalabgabe und eine geringere Empfindlichkeit gegenüber Dimensionierungstoleranzen.
- 25 Desweiteren kann eine Strombegrenzung oder Stromeinprägung in Reihe zum ersten Schalter geschaltet werden, sodass vorteilhafterweise Kondensator, Schalter oder Referenzspannungsquelle nicht überlastet werden.
- 30 Die Schaltersteuereinrichtung kann dazu ausgebildet sein, die Nulldurchgänge des gemessenen Stromes zu detektieren und nach einer Anzahl von zwei oder einem ganzzahligen Vielfachen von zwei Nulldurchgängen den zweiten Schalter zu öffnen. Die Erfassung der

Nulldurchgänge stellt eine einfache und effiziente Möglichkeit dar, dass Ende einer Schwingungsperiode festzustellen.

Die Schaltersteuereinrichtung kann einen Modulationseingang für ein Modulationssignal aufweisen und dazu ausgebildet sein, Schaltzyklen des ersten Schalters und des zweiten Schalters in Abhängigkeit von dem Modulationssignal zu steuern, um vorteilhafterweise vielfältige Anwendungsmöglichkeiten zu erschließen.

Die Schaltersteuereinrichtung kann ferner dazu ausgebildet sein, eine Phase-Shift-Keying-Modulation oder eine Amplitude-Shift-Keying-Modulation oder eine Frequency-Shift-Keying-Modulation des Antennenstromes durchzuführen. Die Schaltersteuereinrichtung bietet bei Modulation eine effektive Güte von 1 während der Schwingkreis mit einer hohen Güte und damit sehr energiesparend betrieben wird.

Zumindest erster Schalter und zweiter Schalter können als steuerbare Halbleiterbauelemente ausgeführt sind, wodurch auf einfache Weise und mit geringem Aufwand Schaltvorgänge auch mit höheren Schaltfrequenzen ausgeführt werden können.

Die Strommesseinrichtung kann als ohmscher Widerstand ausgeführt sein, wodurch auf einfache Weise und mit geringem Aufwand Ströme gemessen werden können.

Die Strommesseinrichtung kann aber auch dazu ausgebildet sein, die Ableitung der Spannung am Kondensator auszuwerten, falls eine Strommessung nicht erwünscht oder nicht praktikabel ist.

Vorzugsweise hat der durch Kondensator und Induktivität gebildete Schwingkreis eine Resonanzfrequenz, die höher ist als eine zur Übertragung vorgesehene Trägerfrequenz. Die Reso-

nanzfrequenz kann beispielsweise um 5 bis 30 Prozent höher sein als die zur Übertragung vorgesehene Trägerfrequenz.

Ein dritter steuerbarer Schalter kann dem Kondensator parallel geschaltet sein, welcher derart gesteuert werden kann, dass er den Kondensator kurzschließt zum Deaktivieren der Treiberschaltung. Damit kann vorteilhafterweise im deaktivierten Zustand eine definierte Spannung am Kondensator wie zum Beispiel 0 V eingeprägt werden.

10

Die Aufgabe wird weiterhin gelöst durch ein Verfahren zum Betreiben einer Induktivität, bei dem ein Kondensator mittels eines Ladestromes auf eine Referenzspannung aufgeladen wird, der aufgeladene Kondensator über die Induktivität schwingend entladen wird, wobei das Entladen beendet wird, wenn der Strom durch die Induktivität eine ganze Schwingungsperiode oder ein Vielfaches davon durchlaufen hat. Ein solches Verfahren ist sehr effizient und erfordert wenig Aufwand bei der Durchführung.

15

Auch der Ladestrom des Kondensators kann begrenzt oder eingeprägt werden zum Schutz vor Überströmen.

20

Desweiteren können beim erfindungsgemäßen Verfahren die Nulldurchgänge des gemessenen Stromes detektiert werden und nach einer Anzahl von zwei oder einem ganzzahligen Vielfachen von zwei Nulldurchgängen die Entladung des Kondensators beendet werden. Die Erfassung der Nulldurchgänge stellt eine einfache und effiziente Möglichkeit dar, dass Ende einer Schwingungsperiode festzustellen.

25

30

Insbesondere bei der Verwendung als Sendeeinrichtung können die Lade- und Entlade-Zyklen des Kondensators in Abhängigkeit von einem Modulationssignal gesteuert werden.

Dabei kann eine Phase-Shift-Keying-Modulation oder eine Amplitude-Shift-Keying-Modulation oder eine Frequency-Shift-Keying-Modulation durchgeführt werden auf Basis des Modulationssignals. Die Lade- und Entladezyklen können derart ausgestaltet sein, dass die Modulation mit einer effektiven Güte von 1 erfolgt, jedoch der Schwingkreis mit einer hohen Güte betrieben wird, wodurch der Betrieb sehr energiesparend ist.

Zur Strommessung kann alternativ auch die Ableitung der Spannung am Kondensator ausgewertet werden.

Der Kondensator kann zudem, ggfs. auch zum Schutz vor Überströmen, mittels einer Strombegrenzung oder Stromeinprägung, kurzgeschlossen werden zum Deaktivieren der Treiberschaltung, so dass im deaktivierten Zustand ein definierter Zustand am Kondensator vorliegt.

Die Aufgabe wird auch noch gelöst durch eine aktive Sendeeinrichtung mit einer induktiven Antenne, einem Kondensator und einer Referenzspannung. Außerdem umfasst sie zwei Eingangspfade, die zwischen Referenzspannung und Kondensator geschaltet sind, und zwei Ausgangspfade, die zwischen der induktiven Antenne und dem Kondensator geschaltet sind. Ein erster steuerbarer Schalter ist in einen der beiden Eingangspfade geschaltet und ein zweiter steuerbarer Schalter ist in einen der beiden Ausgangspfade geschaltet. Zudem ist eine Strommesseinrichtung in einen der beiden Ausgangspfade geschaltet und misst den durch die induktive Antenne fließenden Strom. Eine Schaltersteuereinrichtung, die der Strommesseinrichtung nachgeschaltet ist, wertet den durch die induktive Antenne fließenden Strom aus und ist dazu ausgebildet, zunächst bei geöffnetem zweiten Schalter den ersten Schalter zu schließen, um den Kondensator mit der Referenzspannung aufzuladen, und dann den ersten Schalter zu öffnen und den zweiten Schalter zu schließen, um den Kondensator über die

induktive Antenne schwingend zu entladen, wobei der zweite Schalter erst dann wieder geöffnet wird, wenn der Strom durch die Antenne eine ganze Schwingungsperiode oder ein Vielfaches davon durchlaufen hat. Eine derartige aktive Sendeeinrichtung kann
5 beispielsweise im Rahmen eines schlüssellosen Fahrzeug-Zugangs- und Startsysteme wie beispielsweise dem Passive Start Entry (PASE) System vorteilhaft eingesetzt werden.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand der in den Figuren der
10 Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiele näher erläutert.
Es zeigt:

Figur 1 in einem Schaltbild eine beispielhafte Treiberschaltung für eine Induktivität bei einer Anwendung als aktive Sende-
15 einrichtung für LF-Signale,

Figur 2 in einem Diagramm den Verlauf der Spannung über dem Kondensator der Treiberschaltung in Bezug auf Steuersignale der Schalter und einem Modulationssignal,
20

Figur 3 in einem Diagramm den Verlauf der Spannung über dem Kondensator der Treiberschaltung bei unterschiedlichen Resonanzfrequenzen in Bezug auf die Trägerfrequenz,

25 Figur 4 in einem Diagramm den zu dem Spannungsverlauf nach Figur 3 korrespondierenden Verlauf des Stromes durch die Antenne,

Figur 5 in einem vergleichenden Diagramm die bei herkömmlichem Rechteckbetrieb und bei Verwendung der erfindungsgemäßen
30 Treiberschaltung erzeugten Harmonischen,

Figur 6 in einem Diagramm den Verlauf des Antennensignals bei Bi-Phase-Shift-Keying-Modulation,

Figur 7 in einem Diagramm den Verlauf des Antennensignals bei Amplitude-Shift-Keying-Modulation und

Figur 8 in einem Diagramm den Verlauf des Antennensignals bei
5 Frequency-Shift-Keying-Modulation.

Figur 1 zeigt ein Ausführungsbeispiel einer Treiberschaltung für eine Induktivität, die im vorliegenden Fall durch eine induktive Antenne 1 wie beispielsweise eine Ferritantenne gegeben ist, bei
10 einer Anwendung als aktive Sendeeinrichtung. Die induktive Antenne 1 kann ersatzweise wie in der Figur 1 dargestellt durch eine elektrische Reihenschaltung aus einem rein induktiven Anteil 2 und einem ohmschen Anteil 3 beschrieben werden. Ein Kondensator 4 ist zum einen mit zwei Eingangspfaden zum Zuführen
15 einer auf Masse M bezogenen Referenzspannung U_r und zwei Ausgangspfaden zum Anschließen der induktiven Antenne 1 verbunden. Dabei ist ein erster steuerbarer Schalter 5 in den oberen der beiden Eingangspfade geschaltet, wobei er alternativ auch in den unteren der beiden Eingangspfade geschaltet sein könnte.

20

In Reihe zum Schalter 5 ist ein ohmscher Widerstand 6 geschaltet, welcher zur Strombegrenzung in den Eingangspfaden dient. Anstelle des ohmschen Widerstandes 6 könnte auch eine Stromquelle oder eine sonstige Art von Stromeinprägung oder Strombegrenzung
25 verwendet werden. Ein zweiter steuerbarer Schalter 7 ist in den oberen der beiden Ausgangspfade und ein ohmscher Widerstand 8, der als Messwiderstand zur Messung des durch die induktive Antenne 1 fließenden Stromes I_a , also als Strommesseinrichtung dient, ist in den unteren der beiden Eingangspfade geschaltet.
30 Alternativ könnten der Schalter 7 und der Widerstand 8 auch in dem jeweils selben Eingangspfad angeordnet werden oder die jeweiligen Eingangspfade können gegeneinander vertauscht sein. Zur Strommessung kann alternativ auch die Ableitung der Spannung am Kondensator (4) ausgewertet werden.

Weiterhin umfasst die Treiberschaltung eine Schaltsteuereinrichtung 9, welche eine dem Strom I_a durch den Widerstand 8 und damit dem Strom durch die Antenne 1 proportionale Spannung über dem Widerstand 8 abgreift und auswertet, beispielsweise die Null-Durchgänge des Stromes I_a ermittelt. Bei geöffnetem zweiten Schalter 7 wird unter Steuerung der Schaltsteuereinrichtung 9 der erste Schalter 5 mittels des Steuersignals S_1 geschlossen, um den Kondensator 4 auf die Referenzspannung U_r aufzuladen. Anschließend wird dann der erste Schalter 5 geöffnet und der zweite Schalter 7 mittels des Steuersignals S_2 geschlossen, um den Kondensator 4 über die induktive Antenne 1 schwingend, d.h. zumindest eine volle Schwingung ausführend entladen, wobei der zweite Schalter 7 erst dann wieder geöffnet wird, wenn der Strom I_a durch die induktive Antenne 1 eine ganze Schwingungsperiode (oder ein Vielfaches davon) durchlaufen hat. Die Schaltsteuereinrichtung 9 weist zudem einen Modulationseingang für ein Modulationssignal MOD auf, auf das unten noch näher eingegangen wird.

Optional kann noch ein dritter steuerbarer Schalter 10, ggfs. zusammen mit einer in Reihe geschalteten Diode 11, dem Kondensator 4 direkt oder - wie gezeigt - über den Widerstand 6 parallel geschaltet sein, welcher mittels eines Steuersignals S_3 derart gesteuert wird, dass er den Kondensator 4 kurzschließt, d.h. entlädt zum Deaktivieren der Treiberschaltung.

Beim vorliegenden Ausführungsbeispiel werden als steuerbare Schalter 5, 7 und 10 Feldeffekttransistoren, insbesondere MOS-Feldeffekttransistoren (MOS ist die Abkürzung für den Begriff "Metall Oxide Semiconductor") verwendet, wobei der steuerbare Schalter 5 ein MOS-Feldeffekttransistoren vom p-Kanal-Typ ist, während die steuerbaren Schalter 7 und 10 vom n-Kanal-Typ sind. Neben den gezeigten

MOS-Feldeffekttransistoren (jeglichen Leitungstyps) können auch alle anderen Arten von geeigneten steuerbaren Schaltern, insbesondere von steuerbaren Halbleiterschaltern Verwendung finden, selbstredend auch in Verbindung mit entsprechenden
5 Treibern, Bootstrap-Schaltungen, Ladungspumpen oder Ähnlichem.

Der Verlauf der Spannung U_c über der Zeit t am Kondensator 4 in Abhängigkeit von den Steuersignalen S_1 , S_2 und S_3 für den Fall einer Bi-Phase-Shift-Keying-Modulation (BPSK-Modulation) ist in
10 Figur 2 gezeigt. Zu Beginn wird bei einem Zeitpunkt T_0 mit der ersten Aufladung des Kondensators 4 von beispielsweise 0 V auf die Referenzspannung U_r begonnen und dementsprechend steigt die Spannung U_c über dem Kondensator 4 von beispielsweise 0 V auf die Referenzspannung U_r (im vorliegenden Fall exponentiell) an. Die
15 vollständige Ladung ist bei einem Zeitpunkt T_1 erreicht. Um auch bei kleinen Abweichungen in den Betriebsbedingungen eine vollständige Ladung sicherzustellen, erfolgt das Umschalten zwischen dem zum Laden geschlossenen ersten Schalter 5 (Schalter 7 öffnet) und dem zum schwingenden Entladen geschlossenen zweiten
20 Schalter 7 (Schalter 5 geöffnet) etwas später als der Zeitpunkt T_1 , nämlich zu einem Zeitpunkt T_2 .

Somit wird zum Zeitpunkt T_2 die Phase des schwingenden Entladens des Kondensators 4 eingeleitet. Dementsprechend fällt nun die
25 Spannung U_c über dem Kondensator 4 wieder (im vorliegenden Fall cosinusförmig) ab, erreicht zunächst null und dann dem Verhalten des aus dem Kondensator 4 und der Antenne 1 gebildeten Schwingkreises entsprechend ein negatives Maximum mit einer güteabhängigen Amplitude zu einem Zeitpunkt T_3 , um dann wieder
30 annähernd auf ein relatives positives Maximum mit einer güteabhängigen Amplitude zu einem Zeitpunkt T_4 hin anzusteigen. Das positive Maximum ist zwar mehr oder weniger annähernd gleich der Referenzspannung U_r , auf alle Fälle aber kleiner als diese. Während der schwingenden Entladephase sendet die Antenne 1 ein

elektromagnetisches Signal aus. Zum Zeitpunkt T4 beginnt dann eine Nachladephase, bei der die volle Ladung zu einem Zeitpunkt T5 erreicht wird. Das Umschalten vom Laden zum schwingenden Entladen erfolgt aber wiederum aus den oben bereits geschilderten
5 Gründen zu einem etwas späteren Zeitpunkt T6. Danach folgt wiederum eine schwingende Entladephase bis zu einem Zeitpunkt T8 einschließlich des Erreichens des negativen Maximums bei einem Zeitpunkt T7.

10 Es folgt danach erneut eine Nachladephase beginnend mit dem Zeitpunkt T8, bei der zu einem Zeitpunkt T9 die volle Ladung erreicht ist. Danach folgt aber eine längere Wartezeit bis zu einem Zeitpunkt T11, welche einer 180° Phasenverschiebung aufgrund der BPSK-Modulation geschuldet ist. Zum Vergleich ist
15 in Figur 2 auch noch ein Zeitpunkt T10 eingetragen, der die minimale Wartezeit zwischen den Zeitpunkten T10 und T11 angibt. Ab dem Zeitpunkt T11 erfolgt wiederum eine schwingende Entladung bis zu einem Zeitpunkt T13 einem negativen Maximum zu einem Zeitpunkt T12. Danach kommt es noch zu einer Nachladung bis zum
20 Zeitpunkt T14, welche aber aufgrund der Deaktivierung der Treiberschaltung zum Zeitpunkt T14 durch eine finale Entladung auf etwa 0 V (ggf. Diodenspannung über Diode 11) mittels des Schalters 10 abgebrochen wird.

25 Dem Schaltverhalten der Schalter 5, 7 und 10 entsprechend ist das Steuersignal S1 während jeder Ladephase (zwischen den Zeitpunkten T0 bis T1, T4 bis T6, T8 bis T1, T13 bis T14) auf dem Pegel H und das Steuersignal S2 zunächst auf dem Pegel L. Zur jeweils nachfolgenden Entladephase (zwischen den Zeitpunkten T2 bis T4,
30 T6 bis T8, T11 bis T13) geht das Steuersignal S1 in den Pegel L und das Steuersignal S2 in den Pegel H über. Das Steuersignal S3 ist bis zum finalen Entladen beim Zeitpunkt T14 auf dem Pegel L und dann auf dem Pegel H. Der besseren Übersichtlichkeit halber stehen bei dem Ausführungsbeispiel nach Figur 2 grundsätzlich der

Pegel H für einen geschlossenen Schalter (leitend) und der Pegel L für einen geöffneten Schalter (nicht leitend). Jedoch können sich abhängig vom Typ eines einzelnen oder aller tatsächlich verwendeter Schalter und dessen spezifische Signal-Schalt-Konstellationen davon abweichende tatsächliche Ansteuersignale ergeben.

Das Modulationsignal MOD, das den in Figur 2 gezeigten Verlauf der Spannung U_c über dem Kondensator 4 zur Folge hat, ist ebenfalls in Figur 2 gezeigt. Das Modulationssignal MOD führt bis zum Zeitpunkt T2 den Pegel H, dann bis zum Zeitpunkt T3 den Pegel L, zum Zeitpunkt T3 den Pegel H, dann bis zum Zeitpunkt T4 den Pegel L, vom Zeitpunkt T4 bis zum Zeitpunkt T6 den Pegel H, vom Zeitpunkt T6 bis zum Zeitpunkt T8 den Pegel L mit Ausnahme des Pegels H zum Zeitpunkt T7, vom Zeitpunkt T8 bis zum Zeitpunkt T11 den Pegel H und vom Zeitpunkt T11 bis zum Zeitpunkt T13 den Pegel L mit Ausnahme des Pegels H zum Zeitpunkt T13. Im Wesentlichen führt damit das Modulationssignal MOD in den Ladephasen des Kondensators 4 und beim Auftreten des negativen Maximums der Spannung U_c am Kondensator 4 den Pegel H und ansonsten den Pegel L.

Figur 3 zeigt nochmals im Detail den Verlauf der Spannung U_c am Kondensator 4 über der Zeit t bei zwei unterschiedlichen Resonanzfrequenzen F_1 und F_2 an, wobei Resonanzfrequenz F_1 um 5 % über einer gewünschten Trägerfrequenz liegt und die Resonanzfrequenz F_2 um 30 % über der gewünschten Trägerfrequenz liegt. Figur 4 zeigt den jeweils hierzu korrespondierenden Stromverlauf I_a über der Zeit t für die beiden Resonanzfrequenzen F_1 und F_2 , wie er beispielsweise sich am Widerstand 8 darstellt. Wie zu erwarten war beträgt Phasenverschiebung zwischen den jeweiligen Spannungen und Strömen ca. 90° .

In Figur 5 sind schematisch die sich ergebenden Harmonischen in den Spektren der durch die Antenne 1 abgestrahlten Signale als

Amplituden A der Harmonischen über der Frequenz f dargestellt, wobei für beide Fälle von einer Grundschwingung mit derselben Amplitude (nicht gezeigt) ausgegangen wird. Wie zu ersehen ist, ist das vorliegende Verfahren gegenüber bekannten Verfahren mit

5 Rechtecksignalen bezüglich der von den Harmonischen beigetragen Energie deutlich günstiger, d.h. es erzeugt weniger Störenergie und ist damit im Hinblick auf die elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) vorteilhafter bei darüber hinaus geringerem Aufwand wie aus der Schaltung nach Figur 1 ersichtlich

10 ist. Bei rechteckförmigem Betrieb der Antenne werden nur ungerade Harmonische erzeugt, während im vorliegenden Fall sowohl gerade als auch ungerade Harmonische generiert werden. Das günstige Verhalten der vorliegenden Treiberschaltung ergibt sich daraus, dass der durch die Antenne 1 fließende Strom I_a über einen weiten

15 Bereich sinusförmig ist und nur die Unterbrechung während der Nachladezeit zwischen den sinusförmigen Schwingungsvorgängen zur Erzeugung harmonischer Anteile beiträgt. Die Amplituden der Grundschwingung und der Harmonischen ändern sich dabei mit dem Verhältnis zwischen der Antennenresonanzfrequenz und der

20 Trägerfrequenz.

Bei dem Beispiel nach Figur 2 wurde von einer BPSK-Modulation ausgegangen. Das sich hierzu ergebende Sendesignal als Amplitude A über der Zeit t ist im Einzelnen in Figur 6 dargestellt. In

25 gleicher Weise sind alternativ auch viele andere Modulationsarten geeignet wie beispielsweise die ASK-Modulation (ASK steht für "Amplitude Shift Keying"), dessen zugehöriges Sendesignal in Figur 7 dargestellt ist, oder die FSK-Modulation (FSK steht für "Frequency Shift Keying"), dessen zugehöriges Sendesignal in Figur 8 dargestellt ist.

30

Die BPSK-Modulation bedeutet bei der vorliegenden Treiberschaltung, dass 180° Phasenverschiebungen in das Trägersignal eingefügt werden in Abhängigkeit von dem zu übertragenden lo-

gischen Wert. Beispielsweise kann für den logischen Wert L eine Phasenverschiebung von 0° und für den logischen Wert H eine Phasenverschiebung von 180° vorgesehen werden. Bei der vorliegenden Treiberschaltung wird eine Phasenverschiebung um 180° dadurch erreicht, dass der jeweils anstehende Entladevorgang um eine entsprechende Zeit verzögert durchgeführt wird. Obwohl bei der vorliegenden Treiberschaltung der Gütefaktor Q ohnehin sehr hoch ist, wird die BPSK-Modulation sofort erzeugt, so dass der Gütefaktor Q als gleich eins erscheint. Demzufolge ist die Verlustenergie äußerst gering, da der Resonanzkreis aus Kondensator 4 und Antenne 1 nicht entladen werden muss zum Zwecke der Modulation.

Bei ASK-Modulation werden zwei verschiedene Amplituden abhängig von dem zu übertragenden logischen Wert erzeugt. Bei einer speziellen Form, dem OOK (On-Off Keying) ist einer der Amplituden-Werte null und der andere beispielsweise der Maximalwert. In Bezug auf die vorliegende Treiberschaltung hat diese besondere Art der Modulation zur Folge, dass die Antenne 1 die ganze Zeit ausgeschaltet bleibt, solange beispielsweise der logische Wert L übertragen werden soll, andernfalls ist die Antenne 1 eingeschaltet, wenn der logische Wert H übertragen werden soll. Dies korrespondiert mit einer Phasenverschiebung von n -mal 360° für eine Dauer von n Trägerperioden. Auch in diesem Fall ist der Gütefaktor eins und auch hier wird dem System zur Modulation keine Energie entzogen.

Die FSK-Modulation sieht für jeden logischen Wert eine eigene Trägerfrequenz vor. Bei der vorliegenden Treiberschaltung wird hierzu eine entsprechende Phasenverschiebung nach jeder Entladephase eingefügt zur Erzeugung einer niedrigeren Trägerfrequenz als die nominale Trägerfrequenz. Auch in diesem Fall ist der Gütefaktor eins und auch hier wird dem System zur Modulation keine Energie entzogen.

Vorteile der erfindungsgemäßen Treiberschaltung sowie der
erfindungsgemäßen aktiven Sendeeinrichtung sind, dass hohe
Schwingkreis-Gütefaktoren Q erzielt werden können ohne dabei die
5 Übertragungsqualität zu beeinträchtigen und ohne einen spe-
zifischen Gütefaktor Q zu benötigen, dass die EMV-Emissionen
vergleichsweise sehr gering sind, dass die Verlustleistung sehr
gering ist und dass durch Verwendung von Multiplexern auch
mehrere verschiedene Antennen mit dem selben Treiber betrieben
10 werden können.

Bezugszeichenliste

	1	Antenne
5	2	rein induktiver Anteil
	3	rein ohmscher Anteil
	4	Kondensator
	5	erster steuerbarer Schalter
	6	Strombegrenzung, Widerstand
10	7	zweiter steuerbarer Schalter
	8	Strommesseinrichtung, Widerstand
	9	Schaltersteuereinrichtung
	10	dritter steuerbarer Schalter
	11	Diode
15	A	Amplitude
	f	Frequenz
	F1	Resonanzfrequenz
	F2	Resonanzfrequenz
	H	Pegel
20	Ia	Strom
	L	Pegel
	M	Masse
	MOD	Modulationssignal
	Q	Gütefaktor
25	S1	Steuersignal
	S2	Steuersignal
	S3	Steuersignal
	t	Zeit
	T0-T14	Zeitpunkte
30	Uc	Spannung am Kondensator
	Ur	Referenzspannung

Patentansprüche

1. Treiberschaltung für eine Induktivität (1) mit
einem Kondensator (4),
5 zwei Eingangspfaden zum Zuführen einer Referenzspannung
(Ur) für den Kondensator (4),
zwei Ausgangspfaden zum Anschließen der Induktivität (1) an
den Kondensator (4),
einem ersten steuerbaren Schalter (5), der in einen der
10 beiden Eingangspfade geschaltet ist,
einem zweiten steuerbaren Schalter (7), der in einen der
beiden Ausgangspfade geschaltet ist,
einer Strommesseinrichtung (8), die in einen der beiden
Ausgangspfade geschaltet ist und dazu ausgebildet ist, den durch
15 die Induktivität (1) fließenden Strom (Ia) zu messen, und
einer Schaltersteuereinrichtung (9), die der Strommess-
einrichtung (8) nachgeschaltet ist, die den durch die Induk-
tivität (1) fließenden Strom (9) auswertet und die dazu aus-
gebildet ist, zunächst bei geöffnetem zweiten Schalter (7) den
20 ersten Schalter (5) zu schließen, um den Kondensator (4) auf die
Referenzspannung (Ur) aufzuladen, und dann den ersten Schalter
(5) zu öffnen und den zweiten Schalter (7) zu schließen, um den
Kondensator (4) über die Induktivität (1) schwingend zu entladen,
wobei der zweite Schalter (7) erst dann wieder geöffnet wird, wenn
25 der Strom (Ia) durch die Induktivität (1) eine ganze Schwin-
gungsperiode oder ein Vielfaches davon durchlaufen hat.
2. Treiberschaltung nach Anspruch 1, bei der eine Strombegrenzung
(6) oder Stromeinprägung in Reihe zum ersten Schalter (5)
30 geschaltet ist.
3. Treiberschaltung nach einem der vorherigen Ansprüche, bei der
die Schaltersteuereinrichtung (9) dazu ausgebildet ist, die
Nulldurchgänge des gemessenen Stromes (Ia) zu detektieren und

nach einer Anzahl von zwei oder einem ganzzahligen Vielfachen von zwei Nulldurchgängen den zweiten Schalter (7) zu öffnen.

4. Treiberschaltung nach einem der vorherigen Ansprüche, bei der
5 die Schaltersteuereinrichtung (9) einen Modulationseingang für ein Modulationssignal (MOD) aufweist und dazu ausgebildet ist, Schaltzyklen des ersten Schalters (5) und des zweiten Schalters (7) in Abhängigkeit von dem Modulationssignal (MOD) zu steuern.
- 10 5. Treiberschaltung nach Anspruch 4, bei der die Schaltersteuereinrichtung (9) dazu ausgebildet ist, eine Phase-Shift-Keying-Modulation oder eine Amplitude-Shift-Keying-Modulation oder eine Frequency-Shift-Keying-Modulation durchzuführen.
- 15 6. Treiberschaltung nach einem der vorherigen Ansprüche, bei der zumindest der erste Schalter (5) und der zweite Schalter (7) als steuerbare Halbleiterbauelemente ausgeführt sind.
7. Treiberschaltung nach einem der vorherigen Ansprüche, bei der
20 die Strommesseinrichtung (8) als ohmscher Widerstand ausgeführt ist.
8. Treiberschaltung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, bei der die Strommesseinrichtung dazu ausgebildet ist, die Ableitung der
25 Spannung am Kondensator (4) auszuwerten.
9. Treiberschaltung nach einem der vorherigen Ansprüche, bei der ein durch den Kondensator (4) und die Induktivität (1) gebildeter Resonanzkreis eine Resonanzfrequenz hat, die höher ist als eine
30 zur Übertragung vorgesehene Trägerfrequenz.
10. Treiberschaltung nach Anspruch 9, bei der die Resonanzfrequenz um 5 bis 30 Prozent höher ist als die zur Übertragung vorgesehene Trägerfrequenz.

11. Treiberschaltung nach einem der vorherigen Ansprüche, bei der ein dritter steuerbarer Schalter (10) dem Kondensator (4) parallel geschaltet ist, welcher derart gesteuert wird, dass er den Kondensator (4) kurzschließt zum Deaktivieren der Treiberschaltung.

12. Verfahren zum Betreiben einer Induktivität (1), bei dem ein Kondensator (4) mittels eines Ladestromes auf eine Referenzspannung (U_r) aufgeladen wird und

der aufgeladene Kondensator (4) über die Induktivität (1) schwingend entladen wird, wobei das Entladen beendet wird, wenn der Strom (I_a) durch die Induktivität (1) eine ganze Schwingungsperiode oder ein Vielfaches davon durchlaufen hat.

13. Verfahren nach Anspruch 12, bei der der Ladestrom des Kondensators (I_a) begrenzt oder eingepreßt wird.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 oder 13, bei der Nulldurchgänge des gemessenen Stromes (I_a) detektiert werden und nach einer Anzahl von zwei oder einem ganzzahligen Vielfachen von zwei Nulldurchgängen die Entladung des Kondensators (4) beendet wird.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 bis 14, bei dem Lade- und Entlade-Zyklen des Kondensators (4) in Abhängigkeit von einem Modulationssignal (MOD) gesteuert werden.

16. Verfahren nach Anspruch 15, bei dem eine Phase-Shift-Keying-Modulation oder eine Amplitude-Shift-Keying-Modulation oder eine Frequency-Shift-Keying-Modulation durchgeführt wird auf Basis des Modulationssignals (MOD).

17. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 bis 16, bei dem die Ableitung der Spannung am Kondensator (4) zur Strommessung ausgewertet wird.

5 18. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 bis 17, bei dem der Kondensator (4) kurzgeschlossen wird zum Deaktivieren der Treiberschaltung.

19. Aktive Sendeeinrichtung mit
10 einer induktiven Antenne (1),
 einem Kondensator (4),
 einer Referenzspannung (U_r),
 zwei Eingangspfaden, die zwischen Referenzspannung (U_r) und
Kondensator (4) geschaltet sind,
15 zwei Ausgangspfaden, die zwischen der induktiven Antenne
(1) und den Kondensator (4) geschaltet sind,
 einem ersten steuerbaren Schalter (5), der in einen der
beiden Eingangspfade geschaltet ist,
 einem zweiten steuerbaren Schalter (7), der in einen der
20 beiden Ausgangspfade geschaltet ist,
 einer Strommesseinrichtung (8), die in einen der beiden
Ausgangspfade geschaltet ist und dazu ausgebildet ist, den durch
die induktive Antenne (1) fließenden Strom (I_a) zu messen, und
 einer Schaltersteuereinrichtung (9), die der Strommess-
25 einrichtung (8) nachgeschaltet ist, die den durch die induktive
Antenne (1) fließenden Strom (I_a) auswertet und die dazu
ausgebildet ist, zunächst bei geöffnetem zweiten Schalter (7) den
ersten Schalter (5) zu schließen, um den Kondensator (4) mit der
Referenzspannung (U_r) aufzuladen, und dann den ersten Schalter
30 (5) zu öffnen und den zweiten Schalter (7) zu schließen, um den
Kondensator (1) über die induktive Antenne (1) schwingend zu
entladen, wobei der zweite Schalter (7) erst dann wieder geöffnet
wird, wenn der Strom (I_a) durch die Antenne (1) eine ganze
Schwingungsperiode oder ein Vielfaches davon durchlaufen hat.

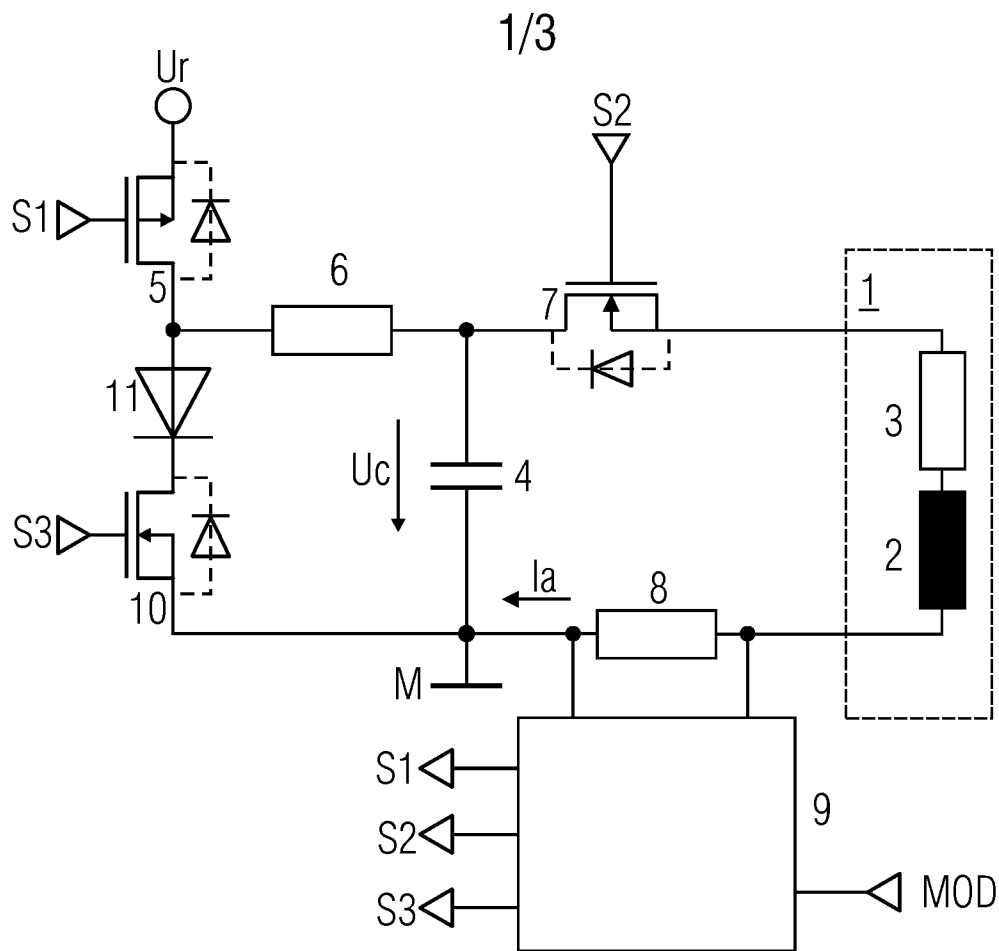


FIG 1

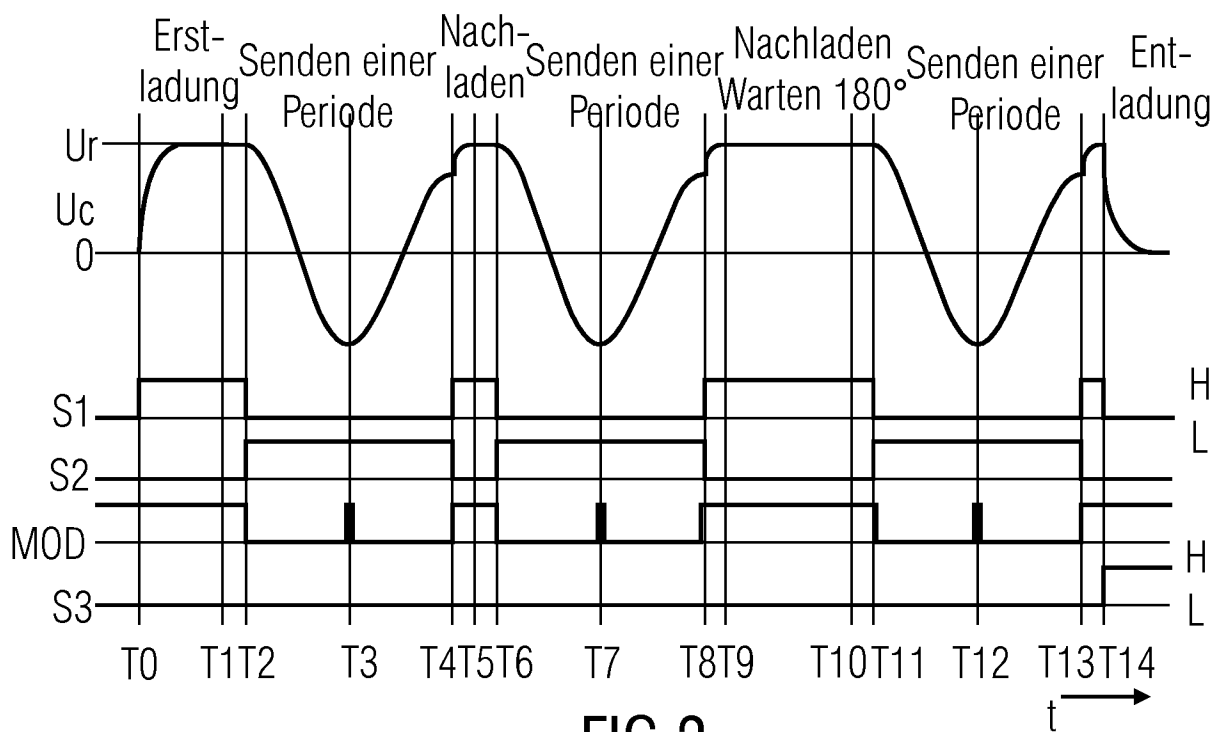
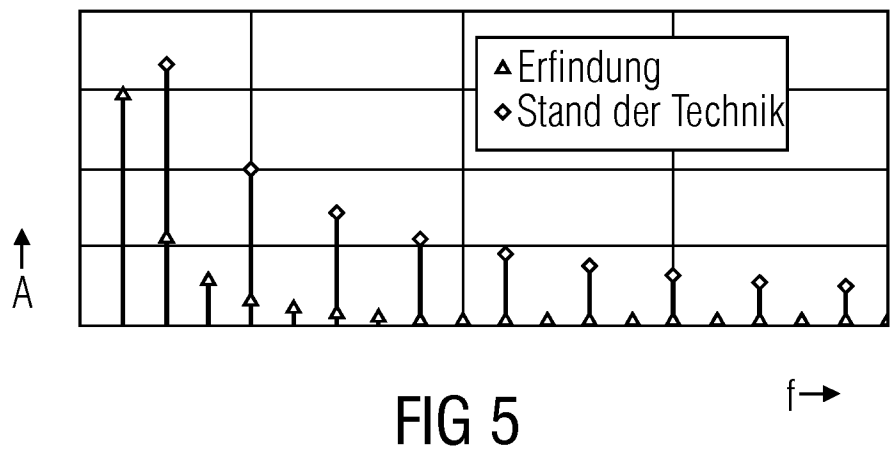
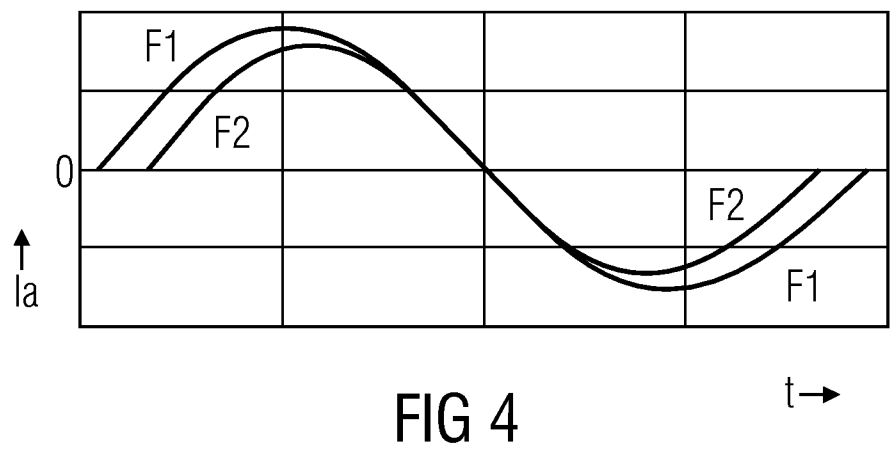
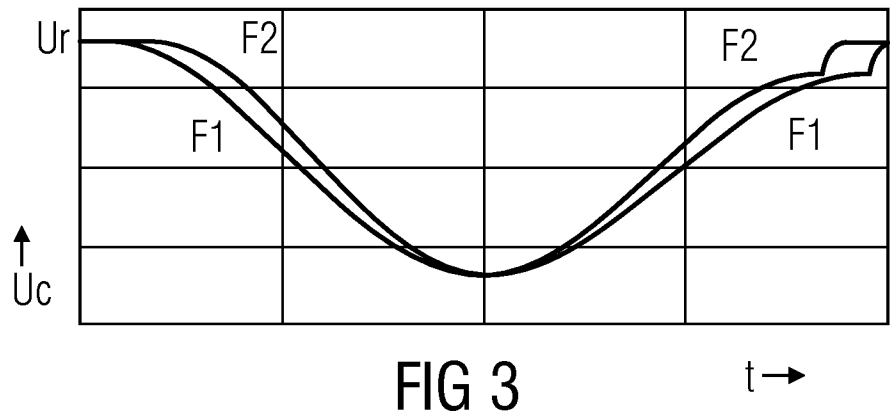


FIG 2



3/3

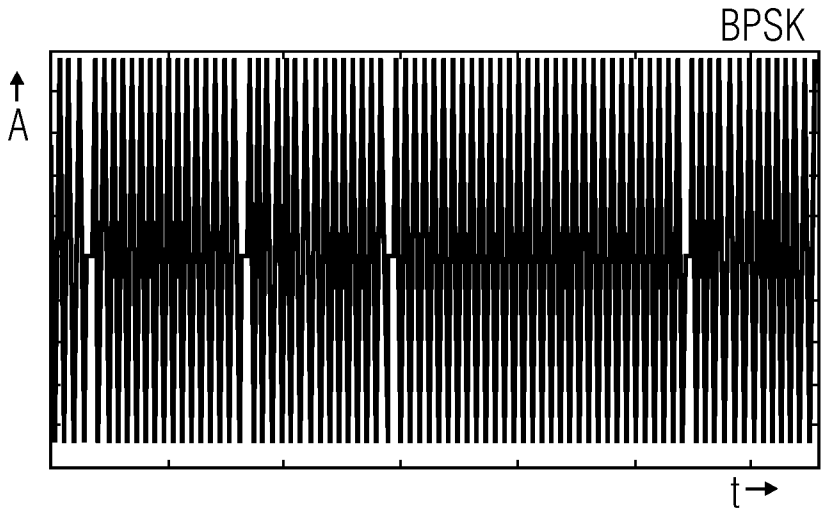


FIG 6

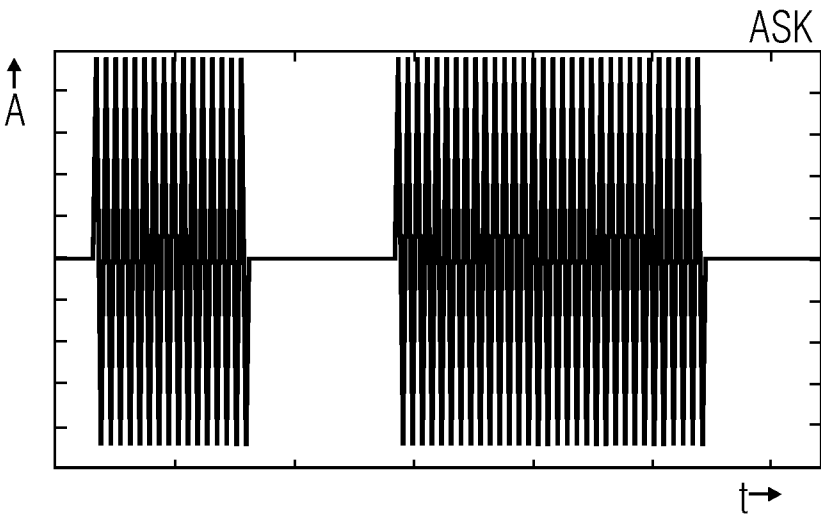


FIG 7

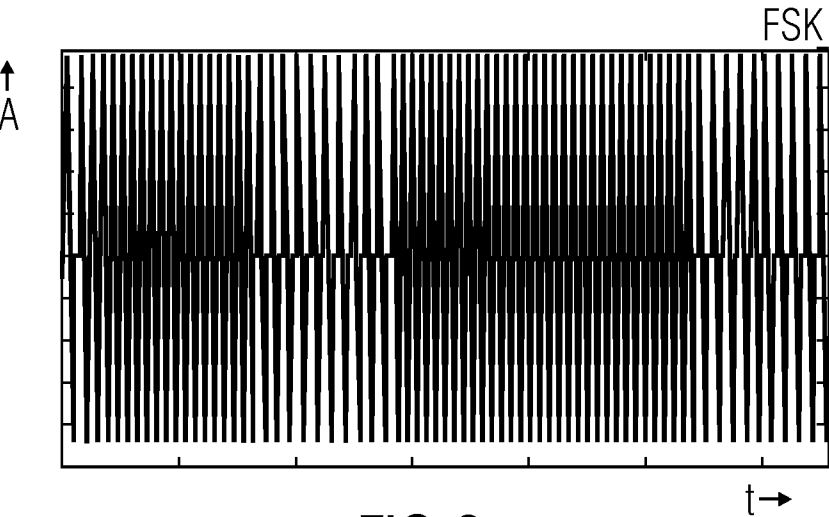


FIG 8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2014/070831

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER INV. H03H1/00 H01Q1/00 G07C9/00 B60R25/00 ADD.		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) H03H H01Q G07C B60R		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) EPO-Internal, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 3 582 734 A (BRYDEN JOSEPH E) 1 June 1971 (1971-06-01) the whole document -----	1-19
A	US 2009/243795 A1 (GHABRA RIAD [US] ET AL) 1 October 2009 (2009-10-01) the whole document -----	1-19
A	DE 10 2005 032379 A1 (CONTI TEMIC MICROELECTRONIC [DE]) 11 January 2007 (2007-01-11) the whole document -----	1-19
☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☒ See patent family annex.		
* Special categories of cited documents :		
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family	
Date of the actual completion of the international search 16 December 2014	Date of mailing of the international search report 05/01/2015	
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer Tamme, H	

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2014/070831

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 3582734	A	01-06-1971	NONE

US 2009243795	A1	01-10-2009	CN 101544220 A 30-09-2009
			DE 102009013759 A1 08-10-2009
			US 2009243795 A1 01-10-2009

DE 102005032379	A1	11-01-2007	CN 101218608 A 09-07-2008
			DE 102005032379 A1 11-01-2007
			DE 112006000660 A5 27-12-2007
			EP 1902426 A1 26-03-2008
			JP 2009500247 A 08-01-2009
			US 2009261946 A1 22-10-2009
			WO 2007006245 A1 18-01-2007

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2014/070831

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

INV. H03H1/00 H01Q1/00 G07C9/00 B60R25/00
ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

H03H H01Q G07C B60R

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 3 582 734 A (BRYDEN JOSEPH E) 1. Juni 1971 (1971-06-01) das ganze Dokument	1-19
A	US 2009/243795 A1 (GHABRA RIAD [US] ET AL) 1. Oktober 2009 (2009-10-01) das ganze Dokument	1-19
A	DE 10 2005 032379 A1 (CONTI TEMIC MICROELECTRONIC [DE]) 11. Januar 2007 (2007-01-11) das ganze Dokument	1-19



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

16. Dezember 2014

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

05/01/2015

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Tamme, H

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2014/070831

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 3582734	A	01-06-1971	KEINE

US 2009243795	A1	01-10-2009	CN 101544220 A 30-09-2009
			DE 102009013759 A1 08-10-2009
			US 2009243795 A1 01-10-2009

DE 102005032379	A1	11-01-2007	CN 101218608 A 09-07-2008
			DE 102005032379 A1 11-01-2007
			DE 112006000660 A5 27-12-2007
			EP 1902426 A1 26-03-2008
			JP 2009500247 A 08-01-2009
			US 2009261946 A1 22-10-2009
			WO 2007006245 A1 18-01-2007
