

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2020/152091 A1

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft einen Auslesesignalgeber (10) für eine kapazitive Vorrichtung (12) und ein Verfahren zum Betreiben einer kapazitiven Vorrichtung (12) durch Bereitstellen eines gepulsten Auslesesignals mit einer Pulsfrequenz (t_{var}) an einem Auslesesignalkanal (17), an welchem zumindest eine Kondensatoreinrichtung (C_{sense} und C_{ref}) der kapazitiven Vorrichtung (12) direkt oder indirekt elektrisch angebundenen ist, und Auslesen der zumindest einen Kondensatoreinrichtung (C_{sense} und C_{ref}) der kapazitiven Vorrichtung (12), welche eine Eigenschwingung mit einer Eigenschwingperiodendauer t_{res} besitzt, mittels des gepulsten Auslesesignals, wobei jeder Spannungspuls des gepulsten Auslesesignals in n zeitlich voneinander versetzten Spannungsstufen auf den

(84) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

Auslesesignalkanal (17) aufgeschaltet wird, wobei n eine natürliche Zahl größer-gleich 2 ist, und wobei zwischen zwei nacheinander aufgeschalteten Spannungsstufen jeweils ein Zeitversatz Δt_i so eingehalten wird, dass für den mindestens einen Zeitversatz Δt_i zwischen den Spannungsstufen gilt: formula (I), wobei m eine natürliche Zahl größer-gleich Null ist.

Beschreibung

Titel

Auslesesignalgeber und Verfahren zum Betreiben einer kapazitiven Vorrichtung

Die vorliegende Erfindung betrifft einen Auslesesignalgeber für eine kapazitive Vorrichtung. Ebenso betrifft die Erfindung eine kapazitive Vorrichtung. Des Weiteren betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Betreiben einer kapazitiven Vorrichtung.

Stand der Technik

Aus dem Stand der Technik sind Signalgeber zum Auslesen einer kapazitiven Vorrichtung, wie beispielsweise der in der DE 10 2016 107 299 A1 beschriebene Anregungssignalgenerator, bekannt. Fig. 1 zeigt ein Diagramm zum Erläutern einer Funktionsweise eines Signalgebers zum Auslesen einer kapazitiven Vorrichtung gemäß dem Stand der Technik.

Der im Weiteren beschriebene herkömmliche Signalgeber betreibt beispielhaft eine kapazitive Messvorrichtung mit (nur) einer Messkapazität, indem der Signalgeber die kapazitive Messvorrichtung mittels eines gepulsten Spannungssignals in einem gepulsten Betrieb ausliest. In dem Diagramm der Fig. 1 ist die Abszisse eine Zeitachse t , während mittels der Ordinate eine Spannungsintensität U eines (analogen) Antwortsignals der Messkapazität der in ihrem gepulsten Betrieb betriebenen kapazitiven Messvorrichtung angezeigt ist. Erkennbar ist anhand des Diagramms der Fig. 1, dass das gepulste Spannungssignal des Signalgebers gemäß dem Stand der Technik beim Auslesen der Messkapazität ein (Einschwing-)Rauschen auf dem Antwortsignal der Messkapazität erzeugt, indem das gepulste Spannungssignal mindestens eine verstellbare Elektrodenkomponente der Messkapazität zu mechanischen Schwingungen anregt. Häufig regt das gepulste Spannungssignal des herkömmlichen Signalgebers ungewollter Weise eine mechanische Eigenmode der Messkapazität an.

Offenbarung der Erfindung

Die Erfindung schafft einen Auslesesignalgeber für eine kapazitive Vorrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 1, eine kapazitive Vorrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 6 und ein Verfahren zum Betreiben einer kapazitiven Vorrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 10.

Vorteile der Erfindung

Die vorliegende Erfindung schafft Möglichkeiten zum Bewirken eines (im Wesentlichen) rauschfreien/einschwingrauschfreien gepulsten Betriebs einer kapazitiven Vorrichtung, wie beispielsweise einer kapazitiven Sensorvorrichtung oder eines Mikrofons. Damit können die Vorteile des gepulsten Betriebs der kapazitiven Vorrichtung, wie insbesondere der geringe Energieverbrauch der kapazitiven Vorrichtung während ihres gepulsten Betriebs, genutzt werden, ohne dass beim Auslesen der kapazitiven Vorrichtung ein (Einschwing-)Rauschen auf dem jeweiligen Messsignal auftritt. Die vorliegende Erfindung trägt somit zu Energieeinsparungen bei, da potentielle Nutzer sich häufiger für im gepulsten Betrieb betriebene kapazitive Vorrichtungen entscheiden werden.

In einer vorteilhaften Ausführungsform des Auslesesignalgebers ist für jeden Spannungspuls des gepulsten Auslesesignals eine maximale Pulsintensität V_{puls} definierbar, wobei die Spannungssignalerzeugungseinrichtung dazu ausgelegt ist, die n Spannungsstufen des Spannungspulses jeweils mit einer gleichen oder unterschiedlichen Spannungsstufenhöhe ΔV_i derart auf den Auslesesignalkanal aufzuschalten, dass gilt: $V_{\text{puls}} = \sum_{i=1}^n \Delta V_i$. Insbesondere kann die Spannungssignalerzeugungseinrichtung dazu ausgelegt sein, die n Spannungsstufen des Spannungspulses jeweils mit der gleichen Spannungsstufenhöhe $\Delta V_i = V_{\text{puls}}/n$ auf den Auslesesignalkanal aufzuschalten. Das Aufschalten des Spannungssignals auf den Auslesesignalkanal in mindestens zwei Teilschritten mit der gleichen Spannungsstufenhöhe und einem Zeitversatz $\Delta t_i = m * t_{\text{res}} + \frac{t_{\text{res}}}{n}$ wirkt einem Anregen der zumindest einen Kondensatoreinrichtung der kapazitiven Vorrichtung zur Eigenschwingung mit der Eigenschwingperiodendauer t_{res} entgegen und trägt deshalb zu einer rauschärmeren Signalermittlung bei.

In einer vorteilhaften Ausführungsform des Auslesesignalgebers ist die Spannungssignalerzeugungseinrichtung dazu ausgelegt, jeden Spannungspuls des gepulsten Auslesesignals in n_e zeitlich voneinander versetzten Spannungsabfallstufen zu reduzieren, wobei n_e eine natürliche Zahl größer-gleich 2 ist, und wobei zwischen zwei nacheinander ausgeführten Spannungsabfallstufen jeweils ein Zeitversatz Δt_{e_i} liegt und für den mindestens einen Zeitversatz Δt_{e_i} zwischen den Spannungsabfallstufen gilt:
$$\Delta t_{e_i} = m_e * t_{res} + \frac{t_{res}}{n_e},$$
 wobei m_e eine natürliche Zahl größer-gleich Null ist.

Mittels der hier beschriebenen Vorgehensweise kann auch beim Zurücknehmen/Reduzieren der maximalen Pulsintensität des gepulsten Auslesesignals eine Anregung der zumindest einen Kondensatoreinrichtung der kapazitiven Vorrichtung zur Eigenschwingung mit der Eigenschwingperiodendauer t_{res} vermieden werden.

Bevorzugter Weise umfasst die Spannungssignalerzeugungseinrichtung n Stufen, welche zeitlich voneinander versetzt derart hochfahrbar sind, dass jede der n Stufen jeweils eine der n Spannungsstufen der Spannungspulse des gepulsten Auslesesignals auf den Auslesesignalkanal aufschaltet. Die hier beschriebene Spannungssignalerzeugungseinrichtung mit den n Stufen ist vergleichsweise kostengünstig herstellbar und benötigt einen relativ geringen Bauraum. Die hier beschriebene Ausführungsform der Spannungssignalerzeugungseinrichtung ist somit leicht in oder benachbart zu einer kapazitiven Vorrichtung verbaubar.

Die Vorteile der vorausgehend beschriebenen Ausführungsformen des Auslesesignalgebers sind auch bei einer kapazitiven Vorrichtung mit einem derartigen Auslesesignalgeber und der zumindest einen Kondensatoreinrichtung, welche eine Eigenschwingung mit der Eigenschwingperiodendauer t_{res} besitzt, direkt oder indirekt an dem Auslesesignalkanal elektrisch angebunden ist und mittels des an dem Auslesesignalkanal bereitgestellten gepulsten Auslesesignals auslesbar ist, gewährleistet.

In einer vorteilhaften Ausführungsform umfasst die kapazitive Vorrichtung mindestens zwei Kondensatoreinrichtungen als ihre zumindest eine Kondensatoreinrichtung, wobei die mindestens zwei Kondensatoreinrichtungen

jeweils eine Eigenschwingung mit der gleichen Eigenschwingperiodendauer t_{res} besitzen. Somit kann das gleiche gepulste Auslesesignal zum rauschfreien/einschwingrauschfreien Auslesen der mindestens zwei Kondensatoreinrichtungen der kapazitiven Vorrichtung genutzt werden.

Beispielsweise kann die kapazitive Vorrichtung als die mindestens zwei Kondensatoreinrichtungen mindestens eine Mess-Kondensatoreinrichtung und mindestens eine Referenz-Kondensatoreinrichtung umfassen. Die hier beschriebene Erfindung ist somit auch zum Ausführen von Messungen unter Berücksichtigung von Referenzmessungen anwendbar.

Vorzugsweise ist die kapazitive Vorrichtung ein kapazitiver Drucksensor, ein kapazitiver Beschleunigungssensor, ein kapazitiver Drehratensensor oder ein Mikrofon. Es wird jedoch darauf hingewiesen, dass die hier beschriebenen Ausführungsbeispiele der kapazitiven Vorrichtung nicht abschließend zu interpretieren sind.

Des Weiteren bewirkt auch ein Ausführen eines korrespondierenden Verfahrens zum Betreiben einer kapazitiven Vorrichtung die oben bereits erläuterten Vorteile. Es wird darauf hingewiesen, dass das Verfahren gemäß den oben beschriebenen Ausführungsformen des Auslesesignalgebers und/oder der kapazitiven Vorrichtung weiterbildbar ist.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

Weitere Merkmale und Vorteile der vorliegenden Erfindung werden nachfolgend anhand der Figuren erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 ein Diagramm zum Erläutern einer Funktionsweise eines Signalgebers zum Auslesen einer kapazitiven Vorrichtung gemäß dem Stand der Technik;

Fig. 2a bis 2d Diagramme zum Erläutern einer Ausführungsform des Verfahrens zum Betreiben einer kapazitiven Vorrichtung; und

Fig. 3a und 3b schematische Teil- und Gesamtdarstellungen einer Ausführungsform des Auslesesignalgebers, bzw. der damit zusammenwirkenden kapazitiven Vorrichtung.

5 Ausführungsformen der Erfindung

Fig. 2a bis 2d zeigen Diagramme zum Erläutern einer Ausführungsform des Verfahrens zum Betreiben einer kapazitiven Vorrichtung.

10 Das im Weiteren beschriebene Verfahren ist für jede kapazitive Vorrichtung, welche zumindest eine Kondensatoreinrichtung aufweist, verwendbar. Unter der zumindest einen Kondensatoreinrichtung ist eine elektrische Einrichtung aus je zwei Elektrodenkomponenten zu verstehen, wobei mindestens eine der zwei Elektrodenkomponenten derart verformbar und/oder verstellbar ist, dass eine
15 zwischen den zwei Elektrodenkomponenten anliegende Kapazität variiert. Lediglich beispielhaft wird das im Weiteren beschriebene Verfahren für eine kapazitive Vorrichtung ausgeführt, deren zumindest eine Kondensatoreinrichtung je eine Membran als Aktorelektrode und je eine ortsfeste Statorelektrode umfasst.

20 Bei der zumindest einen Kondensatoreinrichtung der kapazitiven Vorrichtung besitzt jeweils mindestens eine ihrer zwei Elektrodenkomponenten eine als Eigenschwingung mit einer Eigenschwingperiodendauer t_{res} bezeichnbare mechanische Schwingung. Im Weiteren wird ein derartiger Betriebszustand der
25 zumindest einen Kondensatoreinrichtung als eine Eigenschwingung der zumindest einen Kondensatoreinrichtung mit der Eigenschwingperiodendauer t_{res} bezeichnet. Unter der Eigenschwingperiodendauer t_{res} kann insbesondere die Eigenschwingperiodendauer einer Grundmode einer Eigenschwingung der
30 zumindest einen Kondensatoreinrichtung der kapazitiven Vorrichtung verstanden werden. Die Eigenschwingperiodendauer t_{res} kann somit ein Kehrwert einer Frequenz der Grundmode einer Eigenschwingung der zumindest einen Kondensatoreinrichtung der kapazitiven Vorrichtung sein.

35 Bei einem Ausführen des hier beschriebenen Verfahrens wird zum gepulsten Betreiben der kapazitiven Vorrichtung ein gepulstes Auslesesignal mit einer

Pulsfrequenz an einem Auslesesignalkanal, an welchem die zumindest eine Kondensatoreinrichtung der kapazitiven Vorrichtung direkt oder indirekt elektrisch angebunden ist, bereitgestellt. Die Pulsfrequenz des gepulsten Auslesesignals kann eine während des gepulsten Betriebs der kapazitiven Vorrichtung zeitlich konstante Pulsfrequenz oder eine während des gepulsten Betriebs der kapazitiven Vorrichtung zeitlich variierende Pulsfrequenz sein. Unter dem gepulsten Auslesesignal ist vorzugsweise ein Spannungssignal mit (nahezu) rechteckförmigen Pulsprofilen zu verstehen. Für jeden der Spannungspulse des gepulsten Auslesesignals kann eine Pulsdauer/Pulslänge t_{puls} definiert sein, wobei die Spannungspulse des gepulsten Spannungssignals während des gepulsten Betriebs der kapazitiven Vorrichtung wahlweise die gleiche Pulsdauer t_{puls} oder unterschiedliche Pulsdauern t_{puls} aufweisen können.

Die zumindest eine Kondensatoreinrichtung der kapazitiven Vorrichtung wird mittels des gepulsten Auslesesignals ausgelesen. Das gepulste Auslesesignal dient somit nur zur Auslesung der zumindest einen Kondensatoreinrichtung der kapazitiven Vorrichtung, da das Funktionsprinzip/Messprinzip der zumindest einen Kondensatoreinrichtung in der Regel keine kontinuierliche Bestromung erfordert. Allerdings wird die zumindest eine Kondensatoreinrichtung herkömmlicherweise bei ihrer Auslesung häufig in eine Eigenschwingung mit der Eigenschwingperiodendauer t_{res} versetzt. Einer Anregung der zumindest einen Kondensatoreinrichtung zur Eigenschwingung mit der Eigenschwingperiodendauer t_{res} wird bei einem Ausführen des hier beschriebenen Verfahrens jedoch entgegengewirkt, indem jeder Spannungspuls des gepulsten Auslesesignals in n zeitlich voneinander versetzten Spannungsstufen auf den Auslesesignalkanal aufgeschaltet wird, wobei n eine natürliche Zahl größer-gleich 2 ist. Außerdem wird zwischen zwei nacheinander aufgeschalteten Spannungsstufen jeweils ein Zeitversatz Δt_i so eingehalten, dass für den mindestens einen Zeitversatz Δt_i zwischen den Spannungsstufen Gleichung (Gl. 1) gilt mit:

$$(Gl. 1) \quad \Delta t_i = m * t_{\text{res}} + \frac{t_{\text{res}}}{n},$$

wobei m eine natürliche Zahl größer-gleich Null ist. Der mindestens eine Zeitversatz Δt_i liegt somit in einem Wertebereich zwischen $\Delta t_{\text{min}} = t_{\text{res}}/n$ bis $\Delta t_{\text{max}} =$

- 7 -

$\Delta t_{\min} + m \Delta t_i$, wobei m vorzugsweise so gewählt ist, dass $\Delta t_{\max}$ deutlich kleiner als die jeweilige Pulsdauer t_{puls} ist. (Die Pulsdauer t_{puls} ist die Zeitspanne zwischen dem abgeschlossenen Aufschalten der n Spannungsstufen auf den Auslesesignalkanal und einem späteren Zurücknehmen/Reduzieren der auf den Auslesesignalkanal aufgeschalteten Spannung.)

Die n Spannungsstufen weisen jeweils eine Spannungsstufenhöhe ΔV_i auf, wobei für die Summe über die Spannungsstufenhöhen ΔV_i der n Spannungsstufen Gleichung (Gl. 2) gilt:

$$(Gl. 2) \quad V_{\text{puls}} = \sum_{i=1}^n \Delta V_i,$$

wobei V_{puls} die maximale Pulsintensität des auf den Auslesekanal fertig aufgeschalteten Spannungspulses ist.

Eine Gesamtaufschaltzeit t_{total} eines Spannungspulses des gepulsten Auslesesignals auf den Auslesesignalkanal berechnet sich somit nach Gleichung (Gl. 3) mit:

$$(Gl. 3) \quad t_{\text{total}} = \sum_{i=1}^{n-1} \Delta t_i,$$

Während eines zu einem Zeitpunkt t_0 begonnenen Aufschaltens der n Spannungsstufen eines Spannungspulses des gepulsten Auslesesignals gilt somit für die aktuell auf den Auslesesignalkanal aufgeschaltete Spannung $V(t)$ mit $t_0 < t < t_0 + t_{\text{total}}$ nach Gleichung (Gl. 4):

$$(Gl. 4) \quad V(t) = \sum_{i=1}^{j \leq n} \Delta V_i,$$

wobei j die größte natürliche Zahl kleiner-gleich n ist, für welche gilt:

$$t = t_0 + \sum_{i=1}^j \Delta t_i$$

Vorzugsweise gilt für eine Abweichung δ von Δt_i : $|\delta| \ll t_{\text{res}} / 2n^2$. Das hier beschriebene Verfahren weist in diesem Fall eine besonders hohe Robustheit auf.

In dem Diagramm der Fig. 2a ist das n-stufige Aufschalten eines Spannungspulses des gepulsten Auslesesignals beispielhaft als zweistufiges Aufschalten bildlich wiedergegeben, wobei m gleich Null ist. In dem Diagramm der Fig. 2a ist die Abszisse jeweils eine Zeitachse t , während mittels der Ordinate die auf den Auslesesignalkanal aufgeschaltete Spannung $V(t)$ wiedergegeben ist.

Zu einem Zeitpunkt t_0 wird eine erste Spannungsstufe auf den Auslesekanal aufgeschaltet. Die erste Spannungsstufe löst eine mittels der Ordinate des Diagramms der Fig. 2b bildlich wiedergegebene erste Beschleunigung a_1 der jeweils als Aktorelektrode eingesetzten Membran der zumindest einen Kondensatoreinrichtung der kapazitiven Vorrichtung aus. (Die Abszisse des Diagramms der Fig. 2b ist eine Zeitachse t .) Man kann dies auch damit umschreiben, dass die erste Spannungsstufe zum Zeitpunkt t_0 eine Eigenschwingung der zumindest einen Kondensatoreinrichtung der kapazitiven Vorrichtung mit der Eigenschwingperiodendauer t_{res} anregt.

Nach dem Zeitversatz Δt_i wird zum Zeitpunkt $t_0 + \Delta t_i$ eine zweite Spannungsstufe auf den Auslesekanal aufgeschaltet. Die zweite Spannungsstufe regt eine zweite Beschleunigung a_2 der jeweils als Aktorelektrode eingesetzten Membran der zumindest einen Kondensatoreinrichtung an, welche mittels der Ordinate des Diagramms der Fig. 2c bildlich wiedergegeben ist. (Die Abszisse des Diagramms der Fig. 2c ist wiederum eine Zeitachse t .)

Beispielhaft liegt zwischen den Zeiten t_0 und $t_0 + \Delta t_i$ ein "idealer" Zeitversatz $t_{res}/2$ von einer Hälfte der Eigenschwingperiodendauer t_{res} . Die zweite Beschleunigung a_2 wirkt deshalb der ersten Beschleunigung a_1 gegenphasig entgegen. Die zweite Spannungsstufe bewirkt damit ab dem Zeitpunkt $t_0 + \Delta t_i$ eine „Dämpfung“ der mittels der ersten Spannungsstufe zum Zeitpunkt t_0 angeregten Eigenschwingung der zumindest einen Kondensatoreinrichtung der kapazitiven Vorrichtung mit der Eigenschwingperiodendauer t_{res} .

Bei dem Diagramm der Fig. 2d ist die Abszisse eine Zeitachse t , während mittels der Ordinate ein Integral $\int 2a(t)dt$ über eine Beschleunigung $a(t)$ der jeweils als Aktorelektrode eingesetzten Membran der zumindest einen Kondensatoreinrichtung aus ihrer jeweiligen Ruhestellung ab der Zeit t_0

wiedergegeben ist. Erkennbar ist anhand des Diagramms der Fig. 2d, dass die jeweilige Membran der zumindest einen Kondensatoreinrichtung ab der Zeit $t_0 + \Delta t_i$ (im Wesentlichen) unbewegt bleibt.

Das in den beiden vorausgehenden Absätzen beschriebene Prinzip der „Dämpfung“ wirkt entsprechend auch bei einem drei- oder mehrstufigen Aufschalten des jeweiligen Spannungspulses des gepulsten Auslesesignals. Auch bei einem Aufschalten des jeweiligen Spannungspulses mittels mindestens drei nacheinander aufgeschalteten Spannungsstufen verharnt z.B. die jeweils als Aktorelektrode eingesetzte Membran der zumindest einen Kondensatoreinrichtung der kapazitiven Vorrichtung (spätestens) ab der Gesamtaufschaltzeit t_{total} (im Wesentlichen) unbewegt. Die vorteilhafte „Dämpfung“ liegt bereits nach einer relativ kurzen Abklingzeit, welche (nahezu) gleich der Gesamtaufschaltzeit t_{total} ist, vor. Die Kürze der Abklingzeit verringert ein Rauschen der mittels des gepulsten Auslesesignals in einem gepulsten Betrieb betriebenen kapazitiven Vorrichtung.

Vorzugsweise weisen die n Spannungsstufen des jeweiligen Spannungspulses jeweils die gleiche Spannungsstufenhöhe $\Delta V_i = V_{\text{puls}}/n$ auf. Eine derartige Vorgehensweise beim Aufschalten der n Spannungsstufen des jeweiligen Spannungspulses bewirkt eine besonders vorteilhafte „Dämpfung“ der Eigenschwingung der zumindest einen Kondensatoreinrichtung der kapazitiven Vorrichtung mit der Eigenschwingperiodendauer t_{res} .

Bei einem drei- oder mehrstufigen Aufschalten des jeweiligen Spannungspulses des gepulsten Auslesesignals sind auch die n Spannungsstufen bevorzugt möglichst äquidistant innerhalb der Gesamtaufschaltzeit t_{total} des jeweiligen Spannungspulses des gepulsten Auslesesignals verteilt. Die Gleichverteilung der n Spannungsstufen verbessert die vorteilhafte „Dämpfung“ der Eigenschwingung der zumindest einen Kondensatoreinrichtung der kapazitiven Vorrichtung mit der Eigenschwingperiodendauer t_{res} zusätzlich. Insbesondere kann bei einem drei- oder mehrstufigen Aufschalten des jeweiligen Spannungspulses des gepulsten Auslesesignals für alle der mindestens zwei Zeitversätze Δt_i zwischen den Spannungsstufen gelten: $\Delta t_i = t_{\text{total}}/(n-1)$

Die mittels des hier beschriebenen Verfahrens bewirkbare „Dämpfung“ der Eigenschwingung der zumindest einen Kondensatoreinrichtung der kapazitiven Vorrichtung mit der Eigenschwingperiodendauer t_{res} verhindert ein Auftreten eines Rauschens/Einschwingrauschens an einem von der zumindest einen Kondensatoreinrichtung der kapazitiven Vorrichtung ausgelesenen elektrischen Antwortsignal. Das Ausführen des hier beschriebenen Verfahrens erleichtert damit auch eine Auswertung des Antwortsignals der kapazitiven Vorrichtung. Außerdem trägt die Rauschfreiheit/Einschwingrauschfreiheit des bei einem Ausführen des hier beschriebenen Verfahrens gewonnenen Antwortsignals zur Verbesserung einer Genauigkeit und/oder zur Verringerung eines Fehlerrisikos bei einem Festlegen mindestens eines Messwerts anhand des Antwortsignals bei. Vorzugsweise wird das Auslesesignal erst nach dem Anlegen aller n Spannungsstufen, d.h. nach der Gesamtaufschaltzeit t_{total} des jeweiligen Spannungspulses des gepulsten Auslesesignals, erfasst.

Auch das spätere Zurücknehmen/Reduzieren der auf den Auslesesignalkanal aufgeschalteten Spannung des jeweiligen Spannungspulses des gepulsten Auslesesignals kann in n_e zeitlich voneinander versetzten Spannungsabfallstufen erfolgen, wobei n_e eine natürliche Zahl größer-gleich 2 ist. Zusätzlich kann zwischen zwei nacheinander ausgeführten Spannungsabfallstufen jeweils ein Zeitversatz Δt_{e_i} so eingehalten werden, dass für den mindestens einen Zeitversatz Δt_{e_i} zwischen den Spannungsabfallstufen Gleichung (Gl. 5) gilt mit:

$$(Gl. 5) \quad \Delta t_{e_i} = m_e * t_{res} + \frac{t_{res}}{n_g},$$

wobei m_e eine natürliche Zahl größer-gleich Null ist. Die n_e Spannungsabfallstufen können jeweils eine Spannungsabfallstufenhöhe ΔV_{e_i} aufweisen, wobei in diesem Fall für die Summe über die Spannungsabfallstufenhöhen ΔV_{e_i} der n_e Spannungsabfallstufen Gleichung (Gl. 6) gilt:

$$(Gl. 6) \quad V_{puls} = \sum_{i=1}^{n_e} \Delta V_{e_i}$$

Vorzugsweise weisen die n_e Spannungsabfallstufen jeweils die gleiche Spannungsabfallstufenhöhe $\Delta V_{e_i} = V_{puls}/n$ auf. Eine Gesamtabschaltzeit t_{total} des

jeweiligen Spannungspulses des gepulsten Auslesesignals auf den Auslesesignalkanal berechnet sich somit nach Gleichung (Gl. 7) mit:

$$(Gl. 7) \quad te_{total} = \sum_{i=1}^{n_e-1} \Delta te_i$$

Bei einem drei- oder mehrstufigen Zurücknehmen/Reduzieren der auf den Auslesesignalkanal aufgeschalteten Spannung des jeweiligen Spannungspulses des gepulsten Auslesesignals sind auch die n_e Spannungsabfallstufen bevorzugt möglichst äquidistant innerhalb der Gesamtabschaltzeit te_{total} des jeweiligen Spannungspulses verteilt. Insbesondere kann gelten: $\Delta te_i = te_{total} / (n_e - 1)$

Sofern das Zurücknehmen/Reduzieren des jeweiligen Spannungspulses des gepulsten Auslesesignals zu einem Zeitpunkt te_0 begonnen wird, gilt für die aktuell auf den Auslesesignalkanal aufgeschaltete Spannung $V(t)$ mit $te_0 < t < te_0 + te_{total}$ nach Gleichung (Gl. 8):

$$(Gl. 8) \quad V(t) = V_{puls} - \sum_{i=1}^{j < n_e} \Delta V_{e_i},$$

wobei j die größte natürliche Zahl kleiner-gleich n_e ist, für welche gilt:

$$t = te_0 + \sum_{i=1}^j \Delta te_i$$

Auch die hier beschriebene Vorgehensweise beim Zurücknehmen/Reduzieren des jeweiligen Spannungspulses des gepulsten Auslesesignals bewirkt eine besonders vorteilhafte „Dämpfung“ der Eigenschwingung der zumindest einen Kondensatoreinrichtung der kapazitiven Vorrichtung mit der Eigenschwingperiodendauer t_{res} .

Fig. 3a und 3b zeigen schematische Teil- und Gesamtdarstellungen einer Ausführungsform des Auslesesignalgebers, bzw. der damit zusammenwirkenden kapazitiven Vorrichtung.

Der in Fig. 3a schematisch dargestellte Auslesesignalgeber 10 kann auch als ein Anregungssignalgeber der kapazitiven Vorrichtung 12 bezeichnet werden. Der Auslesesignalgeber 10 kann Teil der kapazitiven Vorrichtung 12 sein. Ebenso

kann der Auslesesignalgeber 10 jedoch auch getrennt von der damit zusammenwirkenden kapazitiven Vorrichtung 12 montiert sein.

Der Auslesesignalgeber 10 weist zumindest eine Spannungssignalerzeugungseinrichtung 14 auf, welche mittels eines Taktgebers 16 ansteuerbar ist. Der Taktgeber 16 kann ein Auslesesignalgeber-eigener oder Auslesesignalgeber-externer Taktgeber 16 sein. Die Spannungssignalerzeugungseinrichtung 14 ist mittels des Taktgebers 16 derart ansteuerbar, dass die Spannungssignalerzeugungseinrichtung 14 ein gepulstes Auslesesignal mit einer von dem Taktgeber 16 vorgegebenen Pulsfrequenz t_{var} an einen Auslesesignalkanal 17 des Auslesesignalgebers 10 bereitstellt. Zumindest eine direkt oder indirekt an dem Auslesesignalkanal 17 elektrisch angebundene Kondensatoreinrichtung C_{sense} und C_{ref} der kapazitiven Vorrichtung 12 ist mittels des gepulsten Auslesesignals auslesbar. Allerdings besitzt die zumindest eine Kondensatoreinrichtung C_{sense} und C_{ref} auch eine Eigenschwingung mit einer Eigenschwingperiodendauer t_{res} . Unter der Eigenschwingperiodendauer t_{res} kann insbesondere eine Eigenschwingperiodendauer einer Grundmode einer Eigenschwingung der zumindest einen Kondensatoreinrichtung C_{sense} und C_{ref} verstanden werden.

Die Spannungssignalerzeugungseinrichtung 14 ist dazu ausgelegt, jeden Spannungspuls des gepulsten Auslesesignals in n zeitlich voneinander versetzten Spannungsstufen auf den Auslesesignalkanal 17 aufzuschalten, wobei n eine natürliche Zahl größer-gleich 2 ist. Zusätzlich ist die Spannungssignalerzeugungseinrichtung 14 dazu ausgelegt, zwischen zwei nacheinander aufgeschalteten Spannungsstufen jeweils einen Zeitversatz Δt_i einzuhalten, wobei für den mindestens einen Zeitversatz Δt_i zwischen den Spannungsstufen die oben bereits zitierte Gleichung (Gl. 1) gilt mit:

$$(Gl. 1) \quad \Delta t_i = m * t_{res} + \frac{t_{res}}{n},$$

wobei m eine natürliche Zahl größer-gleich Null ist.

Somit bewirkt auch der hier beschriebene Auslesesignalgeber 10 eine „Dämpfung“ der Eigenschwingung der zumindest einen Kondensatoreinrichtung

C_{sense} und C_{ref} der kapazitiven Vorrichtung 12 mit der Eigenschwingperiodendauer t_{res} . Auch ein von der zumindest einen Kondensatoreinrichtung C_{sense} und C_{ref} ausgelesenes Antwortsignal ist deshalb verglichen mit dem Stand der Technik deutlich rauschfreier. Aufgrund der Verwendung des hier beschriebenen Auslesesignalgebers 10 liefert die kapazitive Vorrichtung 12 ein besonders rauscharmes Antwortsignal. Weitere Maßnahmen zur Unterdrückung des Einschwingrauschens des Antwortsignals müssen bei der Verwendung des Auslesesignalgebers 10 nicht getroffen werden. Da die Verwendung des Auslesesignalgebers 10 eine rauscharme Signalermittlung ermöglicht, können zur Auswertung des jeweils ermittelten Antwortsignals der kapazitiven Vorrichtung 12 kostengünstige und wenig Bauraum benötigende Auswerteeinrichtungen 18 bis 22 eingesetzt werden.

Auch die Spannungssignalerzeugungseinrichtung 14 kann kostengünstig und mit einem geringen Bauraumbedarf ausgebildet sein. Beispielsweise kann die Spannungssignalerzeugungseinrichtung 14 n Stufen umfassen, welche zeitlich voneinander versetzt derart hochfahrbar sind, dass jede der n Stufen jeweils eine der n Spannungsstufen der Spannungspulse des gepulsten Auslesesignals auf den Auslesesignalkanal 17 aufschaltet.

In der Regel ist für jeden Spannungspuls des gepulsten Auslesesignals eine maximale Pulsintensität V_{puls} definierbar, wobei die Spannungssignalerzeugungseinrichtung 14 dazu ausgelegt ist, die n Spannungsstufen des Spannungspulses jeweils mit einer gleichen oder unterschiedlichen Spannungsstufenhöhe ΔV_i derart auf den Auslesesignalkanal 17 aufzuschalten, dass die oben bereits aufgeführte Gleichung (Gl. 2) gilt mit:

$$\text{(Gl. 2)} \quad V_{\text{puls}} = \sum_{i=1}^n \Delta V_i,$$

Bevorzugter Weise ist die Spannungssignalerzeugungseinrichtung 14 dazu ausgelegt, die n Spannungsstufen des Spannungspulses jeweils mit der gleichen Spannungsstufenhöhe $\Delta V_i = V_{\text{puls}}/n$ auf den Auslesesignalkanal 17 aufzuschalten. Die hier beschriebene Vorgehensweise trägt zusätzlich zur „Dämpfung“ der Eigenschwingung der zumindest einen Kondensatoreinrichtung

C_{sense} und C_{ref} der kapazitiven Vorrichtung 12 mit der Eigenschwingperiodendauer t_{res} bei.

Die kapazitive Vorrichtung 12 kann mindestens zwei Kondensatoreinrichtungen C_{sense} und C_{ref} als ihre zumindest eine Kondensatoreinrichtung C_{sense} und C_{ref} umfassen. Vorzugsweise besitzen die mindestens zwei Kondensatoreinrichtungen C_{sense} und C_{ref} jeweils eine Eigenschwingung mit der gleichen Eigenschwingperiodendauer t_{res} . Die mindestens zwei Kondensatoreinrichtungen C_{sense} und C_{ref} können auch in Form von Wheatstonebrücken 24a und 24b miteinander verschaltet sein (siehe Fig. 3b). Außerdem können die mindestens zwei Kondensatoreinrichtungen C_{sense} und C_{ref} mindestens eine Mess-Kondensatoreinrichtung C_{sense} und mindestens eine Referenz-Kondensatoreinrichtung C_{ref} sein. Bei der mindestens einen Mess-Kondensatoreinrichtung C_{sense} ist mindestens eine ihrer zwei Elektrodenkomponenten als Reaktion auf eine mittels der jeweiligen Mess-Kondensatoreinrichtung C_{sense} zu bestimmende Messgröße derart verformbar und/oder verstellbar, dass eine zwischen den zwei Elektrodenkomponenten der Mess-Kondensatoreinrichtung C_{sense} anliegende Kapazität variiert. Demgegenüber ist bei der mindestens einen Referenz-Kondensatoreinrichtung C_{ref} ein Verformen oder Verstellen ihrer zwei Elektrodenkomponenten als Reaktion auf die jeweilige Messgröße (im Wesentlichen) unterbunden.

Die kapazitive Vorrichtung 12 kann ein kapazitiver Drucksensor, ein kapazitiver Beschleunigungssensor, ein kapazitiver Drehratensensor oder ein Mikrofon sein. Lediglich beispielhaft ist in der Ausführungsform der Fig. 3a und 3b die kapazitive Vorrichtung 12 ein kapazitiver Drucksensor mit zwei Wheatstonebrücken 24a und 24b, wobei jede der zwei Wheatstonebrücken 24a und 24b je zwei Mess-Kondensatoreinrichtungen C_{sense} und je zwei Referenz-Kondensatoreinrichtungen C_{ref} aufweist. (Als Weiterbildung kann auch für jede der in Fig. 3b dargestellten Kondensatoreinrichtungen C_{sense} und C_{ref} eine Vielzahl von parallel geschalteten Kondensatoreinrichtungen C_{sense} und C_{ref} in die zwei Wheatstonebrücken 24a und 24b eingebunden sein.) Die Mess-Kondensatoreinrichtungen C_{sense} weisen jeweils eine als Aktorelektrode eingesetzte Membran auf, welche aufgrund eines an ihrer Außenoberfläche vorherrschenden Drucks in eine Referenzdruckkavität einwölbbar und/oder aus der Referenzdruckkavität auswölbbar ist, wobei in jeder

Referenzdruckkavität der Mess-Kondensatoreinrichtungen C_{sense} eine Gegenelektrode derart angeordnet ist, dass eine druckabhängige Kapazität zwischen jeder Membran der Mess-Kondensatoreinrichtungen C_{sense} und der ihr zugeordneten Gegenelektrode anliegt. Demgegenüber sind die Referenz-Kondensatoreinrichtungen C_{ref} so als "feste Kapazitäten" ausgebildet, dass eine zwischen ihrer Membran und der zugeordneten Gegenelektrode anliegende Kapazität (im Wesentlichen) druckunabhängig ist.

Während des Auslesens der zwei Wheatstonebrücken 24a und 24b mittels des Auslesesignalgebers 10 können die Signale der zwei Wheatstonebrücken 24a und 24b zu einem Antwortsignal summiert werden. Ein Signalverstärker 18 kann das Antwortsignal verstärken. Anschließend kann das verstärkte Antwortsignal mittels eines ADC-Wandlers 20 in ein digitales Signal umgewandelt werden. Ein Filter 22 kann das digitale Signal über mehrere Pulse mitteln.

Als vorteilhafte Weiterbildung kann die Spannungssignalerzeugungseinrichtung 14 auch dazu ausgelegt sein, jeden Spannungspuls des gepulsten Auslesesignals in n_e zeitlich voneinander versetzten Spannungsabfallstufen zu reduzieren, wobei n_e eine natürliche Zahl größer-gleich 2 ist, und wobei zwischen zwei nacheinander ausgeführten Spannungsabfallstufen jeweils ein Zeitversatz Δt_{e_i} liegt und für den mindestens einen Zeitversatz Δt_{e_i} zwischen den Spannungsabfallstufen jeweils die oben genannte Gleichung (Gl. 5) gilt mit:

$$(Gl. 5) \quad \Delta t_{e_i} = m_e * t_{res} + \frac{t_{res}}{n_e},$$

wobei m_e eine natürliche Zahl größer-gleich Null ist. Die vorteilhafte „Dämpfung“ der Eigenschwingung der zumindest einen Kondensatoreinrichtung C_{sense} und C_{ref} der kapazitiven Vorrichtung 12 mit der Eigenschwingperiodendauer t_{res} ist somit auch beim Zurücknehmen/Reduzieren des jeweiligen Spannungspulses des gepulsten Auslesesignals bewirkbar.

Der Auslesesignalgeber 10/seine Spannungssignalerzeugungseinrichtung 14 kann auch zum Ausführen weiterer der oben beschriebenen Verfahrensschritte ausgebildet sein. Auf eine wiederholte Beschreibung dieser Verfahrensschritte wird hier verzichtet.

PAGE INTENTIONALLY LEFT BLANK

Anspruch

1. Auslesesignalgeber (10) für eine kapazitive Vorrichtung (12) mit:

einer Spannungssignalerzeugungseinrichtung (14), welche mittels eines Auslesesignalgeber-eigenen oder Auslesesignalgeber-externen Taktgebers (16) derart ansteuerbar ist, dass die Spannungssignalerzeugungseinrichtung (14) ein gepulstes Auslesesignal mit einer von dem Taktgeber vorgegebenen Pulsfrequenz (t_{var}) an einem Auslesesignalkanal (17) des Auslesesignalgebers (10) so bereitstellt, dass zumindest eine direkt oder indirekt an dem Auslesesignalkanal (17) elektrisch angebundene Kondensatoreinrichtung (C_{sense} und C_{ref}) der kapazitiven Vorrichtung (12), welche eine Eigenschwingung mit einer Eigenschwingperiodendauer t_{res} besitzt, mittels des gepulsten Auslesesignals auslesbar ist;

dadurch gekennzeichnet, dass

die Spannungssignalerzeugungseinrichtung (14) dazu ausgelegt ist, jeden Spannungspuls des gepulsten Auslesesignals in n zeitlich voneinander versetzten Spannungsstufen auf den Auslesesignalkanal (17) aufzuschalten, wobei n eine natürliche Zahl größer-gleich 2 ist,

und wobei zwischen zwei nacheinander aufgeschalteten Spannungsstufen jeweils ein Zeitversatz Δt_i liegt und für den mindestens einen Zeitversatz Δt_i zwischen den Spannungsstufen gilt: $\Delta t_i = m * t_{res} + \frac{t_{res}}{n}$,

wobei m eine natürliche Zahl größer-gleich Null ist.

2. Auslesesignalgeber (10) nach Anspruch 1, wobei für jeden Spannungspuls des gepulsten Auslesesignals eine maximale Pulsintensität V_{puls} definierbar ist, und wobei die Spannungssignalerzeugungseinrichtung (14) dazu ausgelegt ist, die n Spannungsstufen des Spannungspulses jeweils mit

einer gleichen oder unterschiedlichen Spannungsstufenhöhe ΔV_i derart auf den Auslesesignalkanal (17) aufzuschalten, dass gilt: $V_{puls} = \sum_{i=1}^n \Delta V_i$

3. Auslesesignalgeber (10) nach Anspruch 2, wobei die
Spannungssignalerzeugungseinrichtung (14) dazu ausgelegt ist, die n
Spannungsstufen des Spannungspulses jeweils mit der gleichen
Spannungsstufenhöhe $\Delta V_i = V_{puls}/n$ auf den Auslesesignalkanal (17)
aufzuschalten.
4. Auslesesignalgeber (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
wobei die Spannungssignalerzeugungseinrichtung (14) dazu ausgelegt ist,
jeden Spannungspuls des gepulsten Auslesesignals in n_e zeitlich
voneinander versetzten Spannungsabfallstufen zu reduzieren, wobei n_e
eine natürliche Zahl größer-gleich 2 ist, und wobei zwischen zwei
nacheinander ausgeführten Spannungsabfallstufen jeweils ein Zeitversatz
 Δt_{e_i} liegt und für den mindestens einen Zeitversatz Δt_{e_i} zwischen den
Spannungsabfallstufen gilt: $\Delta t_{e_i} = m_e * t_{res} + \frac{t_{res}}{m_e}$, wobei m_e eine
natürliche Zahl größer-gleich Null ist.
5. Auslesesignalgeber (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
wobei die Spannungssignalerzeugungseinrichtung (14) n Stufen umfasst,
welche zeitlich voneinander versetzt derart hochfahrbar sind, dass jede der
n Stufen jeweils eine der n Spannungsstufen der Spannungspulse des
gepulsten Auslesesignals auf den Auslesesignalkanal (17) aufschaltet.
6. Kapazitive Vorrichtung (12) mit:

einem Auslesesignalgeber (10) nach einem der vorhergehenden
Ansprüche; und

der zumindest einen Kondensatoreinrichtung (C_{sense} und C_{ref}), welche eine
Eigenschwingung mit der Eigenschwingperiodendauer t_{res} besitzt ist, direkt
oder indirekt an dem Auslesesignalkanal (17) elektrisch angebunden ist
und mittels des an dem Auslesesignalkanal (17) bereitgestellten gepulsten
Auslesesignals auslesbar ist.

7. Kapazitive Vorrichtung (12) nach Anspruch 6, wobei die kapazitive Vorrichtung (12) mindestens zwei Kondensatoreinrichtungen (C_{sense} und C_{ref}) als ihre zumindest eine Kondensatoreinrichtung (C_{sense} und C_{ref}) umfasst, und wobei die mindestens zwei Kondensatoreinrichtungen (C_{sense} und C_{ref}) jeweils eine Eigenschwingung mit der gleichen Eigenschwingperiodendauer t_{res} besitzen.
8. Kapazitive Vorrichtung (12) nach Anspruch 7, wobei die kapazitive Vorrichtung (12) als die mindestens zwei Kondensatoreinrichtungen (C_{sense} und C_{ref}) mindestens eine Mess-Kondensatoreinrichtung (C_{sense}) und mindestens eine Referenz-Kondensatoreinrichtung (C_{ref}) umfasst.
9. Kapazitive Vorrichtung (12) nach einem der Ansprüche 6 bis 8, wobei die kapazitive Vorrichtung (12) ein kapazitiver Drucksensor, ein kapazitiver Beschleunigungssensor, ein kapazitiver Drehratensensor oder ein Mikrofon ist.
10. Verfahren zum Betreiben einer kapazitiven Vorrichtung (12) mit den Schritten:
- Bereitstellen eines gepulsten Auslesesignals mit einer Pulsfrequenz (t_{var}) an einem Auslesesignalkanal (17), an welchem zumindest eine Kondensatoreinrichtung (C_{sense} und C_{ref}) der kapazitiven Vorrichtung (12) direkt oder indirekt elektrisch angebundenen ist; und
- Auslesen der zumindest einen Kondensatoreinrichtung (C_{sense} und C_{ref}) der kapazitiven Vorrichtung (12), welche eine Eigenschwingung mit einer Eigenschwingperiodendauer t_{res} besitzt, mittels des gepulsten Auslesesignals;
- dadurch gekennzeichnet, dass
- jeder Spannungspuls des gepulsten Auslesesignals in n zeitlich voneinander versetzten Spannungsstufen auf den Auslesesignalkanal (17)

aufgeschaltet wird, wobei n eine natürliche Zahl größer-gleich 2 ist, und wobei zwischen zwei nacheinander aufgeschalteten Spannungsstufen jeweils ein Zeitversatz Δt_i so eingehalten wird, dass für den mindestens einen Zeitversatz Δt_i zwischen den Spannungsstufen gilt:

5

$$\Delta t_i = m * t_{res} + \frac{t_{res}}{n},$$

wobei m eine natürliche Zahl größer-gleich Null ist.

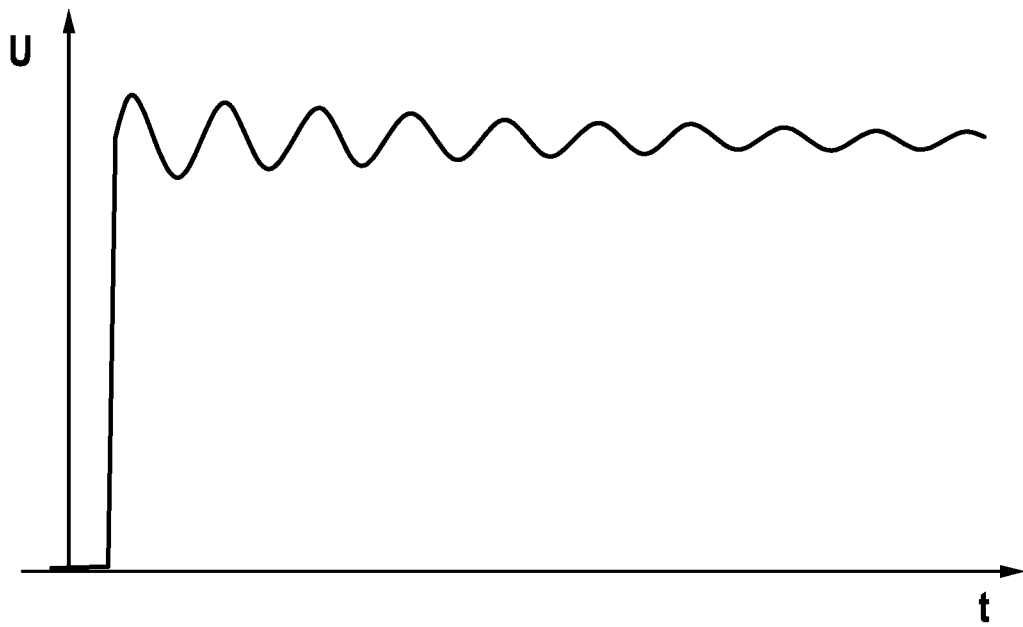
Fig. 1

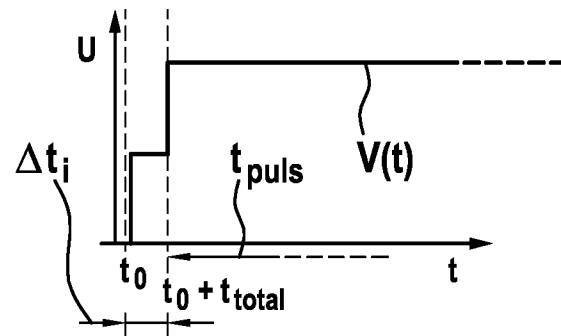
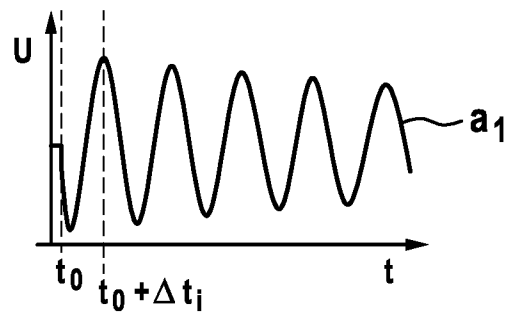
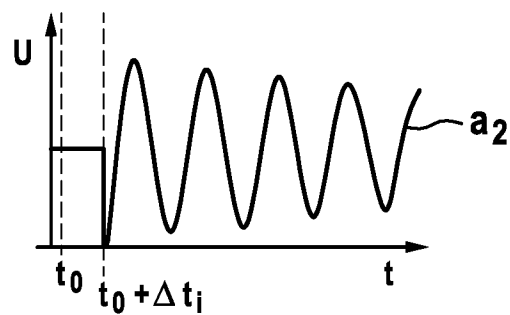
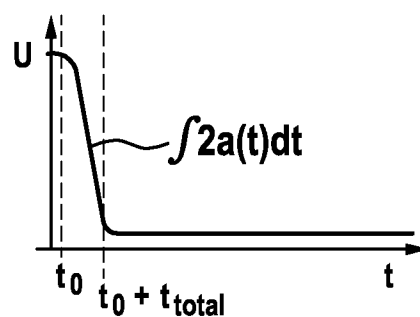
Fig. 2a**Fig. 2b****Fig. 2c****Fig. 2d**

Fig. 3a

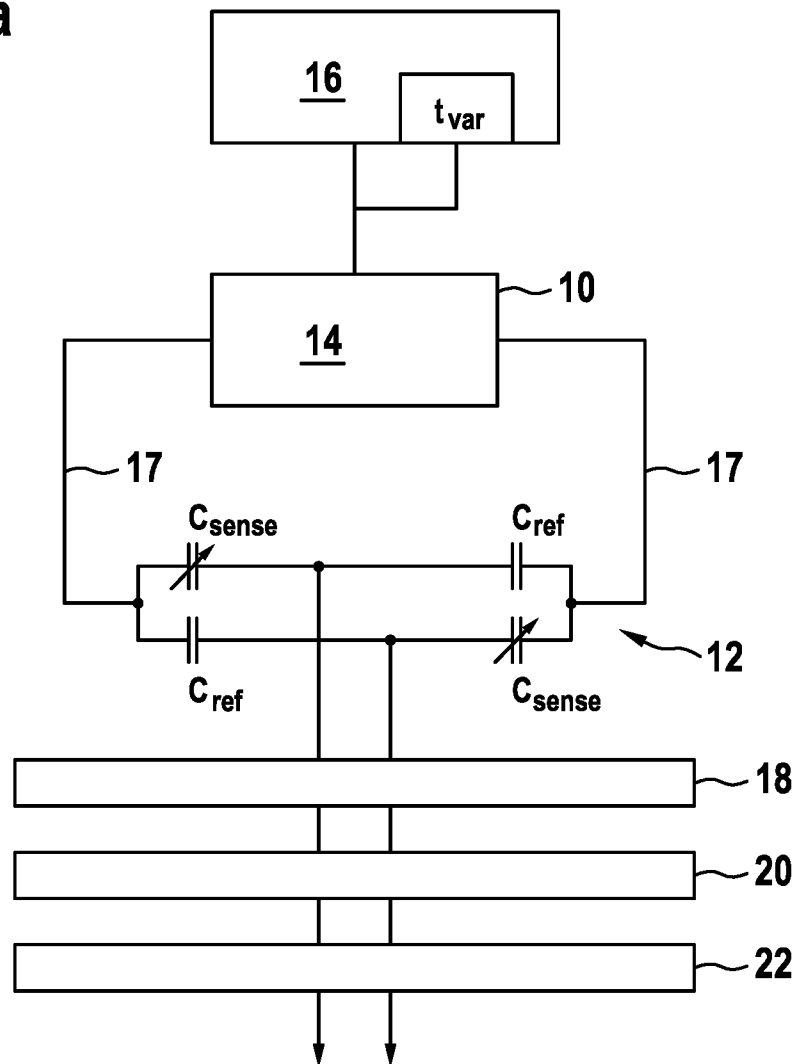
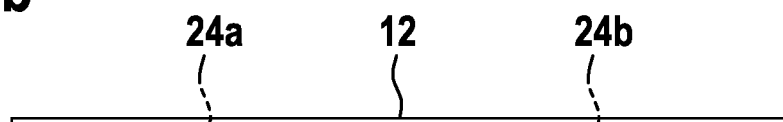


Fig. 3b



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2020/051258

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**G01D 5/24**(2006.01)i; **G01D 3/036**(2006.01)i; **G01L 9/12**(2006.01)i; **G01P 15/125**(2006.01)i; **G01R 27/26**(2006.01)i

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)

G01D; G01P; G01L; G01R; H03K

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, COMPENDEX, INSPEC, IBM-TDB, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	DE 102016107299 A1 (INFINEON TECHNOLOGIES AG [DE]) 20 October 2016 (2016-10-20) cited in the application abstract paragraph [0034] paragraph [0041] - paragraph [0043]; figure 1 paragraph [0048] - paragraph [0050]; figures 3, 4	1-10
Y	JP S55150285 A (MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD) 22 November 1980 (1980-11-22) the whole document	1-10
A	DE 60026031 T2 (AUTOMOTIVE SYSTEMS LAB [US]) 14 September 2006 (2006-09-14) paragraph [0068] - paragraph [0069]; figure 10b paragraph [0087]; figure 15	1-10



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

25 March 2020

Date of mailing of the international search report

22 April 2020

Name and mailing address of the ISA/EP

European Patent Office
p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk
Netherlands

Telephone No. (+31-70)340-2040

Facsimile No. (+31-70)340-3016

Authorized officer

Jakob, Clemens

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2020/051258

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
DE	102016107299	A1	20 October 2016	CN	106066217	A	02 November 2016
				DE	102016107299	A1	20 October 2016
				KR	20160124697	A	28 October 2016
				US	2016305838	A1	20 October 2016
JP	S55150285	A	22 November 1980	JP	S6019677	B2	17 May 1985
				JP	S55150285	A	22 November 1980
DE	60026031	T2	14 September 2006	DE	60026031	T2	14 September 2006
				EP	1112502	A1	04 July 2001
				JP	2003504624	A	04 February 2003
				US	6392542	B1	21 May 2002
				WO	0104648	A1	18 January 2001

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. G01D5/24 G01D3/036 G01L9/12 G01P15/125 G01R27/26 ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) G01D G01P G01L G01R H03K		
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, COMPENDEX, INSPEC, IBM-TDB, WPI Data		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	DE 10 2016 107299 A1 (INFINEON TECHNOLOGIES AG [DE]) 20. Oktober 2016 (2016-10-20) in der Anmeldung erwähnt Zusammenfassung Absatz [0034] Absatz [0041] - Absatz [0043]; Abbildung 1 Absatz [0048] - Absatz [0050]; Abbildungen 3, 4	1-10
Y	JP S55 150285 A (MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD) 22. November 1980 (1980-11-22) das ganze Dokument	1-10
A	DE 600 26 031 T2 (AUTOMOTIVE SYSTEMS LAB [US]) 14. September 2006 (2006-09-14) Absatz [0068] - Absatz [0069]; Abbildung 10b Absatz [0087]; Abbildung 15	1-10
☐ 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		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
25. März 2020		22/04/2020
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 Jakob, Clemens

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2020/051258

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 102016107299 A1	20-10-2016	CN 106066217 A	02-11-2016
		DE 102016107299 A1	20-10-2016
		KR 20160124697 A	28-10-2016
		US 2016305838 A1	20-10-2016

JP S55150285 A	22-11-1980	JP S6019677 B2	17-05-1985
		JP S55150285 A	22-11-1980

DE 60026031 T2	14-09-2006	DE 60026031 T2	14-09-2006
		EP 1112502 A1	04-07-2001
		JP 2003504624 A	04-02-2003
		US 6392542 B1	21-05-2002
		WO 0104648 A1	18-01-2001
