

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2011-191183

(P2011-191183A)

(43) 公開日 平成23年9月29日(2011.9.29)

(51) Int.Cl.
G01R 27/26 (2006.01)

F I
G O 1 R 27/26

テーマコード(参考)
2 G O 2 8

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願2010-57587(P2010-57587)
(22) 出願日 平成22年3月15日(2010.3.15)

(71) 出願人 000010098
アルプス電気株式会社
東京都大田区雪谷大塚町1番7号
(74) 代理人 100121083
弁理士 青木 宏義
(74) 代理人 100138391
弁理士 天田 昌行
(74) 代理人 100132067
弁理士 岡田 喜雅
(74) 代理人 100150304
弁理士 溝口 勉
(72) 発明者 澤田石 智之
東京都大田区雪谷大塚町1番7号 アルプス電気株式会社内

最終頁に続く

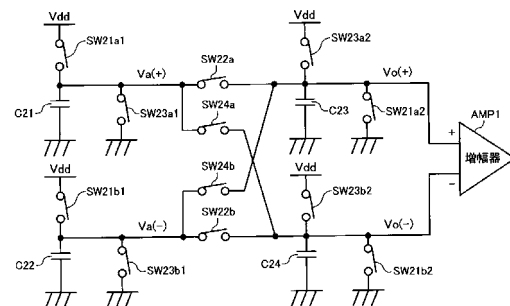
(54) 【発明の名称】 容量検出装置

(57) 【要約】

【課題】 所定時間内での取り込み回数を増加させて検出感度を改善し、電荷平均化による電圧変動量の減少を回避して検出精度の改善を図ること。

【解決手段】 第1区間では被検出容量C21及び参照容量C22をVddにチャージすると共に参照容量C23及びC24をグラウンドにチャージし、第2区間では被検出容量C21及び参照容量C22をグラウンドにチャージすると共に参照容量C23及びC24をVddにチャージするスイッチSW21、SW23と、チャージ期間では被検出容量C21及び参照容量C22と参照容量C23及びC24との間を切り離し、容量分配タイミングでは被検出容量C21及び参照容量C22と参照容量C23及びC24とを接続するスイッチSW22、SW24と、電荷平均化されて参照容量C23及びC24にホールドした電圧が差動入力する差動増幅器AMP1とを備える。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

検出対象であって、固定的に存在するベース容量と可変的容量とを含む第 1 の容量と、前記ベース容量に対応するベース電荷がチャージされる第 2 の容量と、前記第 1 又は第 2 の容量から容量分配を受ける第 3 及び第 4 の容量と、

第 1 区間では前記第 1 及び第 2 の容量を第 1 固定電圧にチャージすると共に前記第 3 及び第 4 の容量を第 2 固定電圧にチャージし、第 2 区間では前記第 1 及び第 2 の容量を第 2 固定電圧にチャージすると共に前記第 3 及び第 4 の容量を第 1 固定電圧にチャージする第 1 のスイッチ手段と、

前記第 1 区間及び第 2 区間におけるチャージ期間では前記第 1 及び第 2 の容量と前記第 3 及び第 4 の容量との間を切り離し、前記第 1 区間及び第 2 区間における容量分配タイミングでは前記第 1 及び第 2 の容量と前記第 3 及び第 4 の容量の双方の容量同士を 1 対 1 で接続する第 2 のスイッチ手段と、

前記第 2 のスイッチ手段によって互いに接続された容量同士で平均化され前記第 3 及び第 4 の容量に保持された平均化電荷に応じた第 1 電圧及び第 2 電圧が差動入力する差動増幅器と、

を具備したことを特徴とする容量検出装置。

【請求項 2】

前記第 2 のスイッチ手段は、前記第 1 の容量と前記第 3 の容量とを接続すると共に前記第 2 の容量と前記第 4 の容量とを接続するストレート接続と、前記第 1 の容量と前記第 4 の容量とを接続すると共に前記第 2 の容量と前記第 3 の容量とを接続するクロス接続とを交互に切り替えることを特徴とする請求項 1 記載の容量検出装置。

【請求項 3】

前記差動増幅器の出力段に、後段工程への信号取り込み極性を反転可能な第 3 のスイッチ手段を備え、

前記第 2 のスイッチ手段は、前記第 1 及び第 2 の容量と前記第 3 の容量及び第 4 の容量との間をストレート接続し、前記第 3 のスイッチ手段が信号取り込み極性を交互に反転させることを特徴とする請求項 1 記載の容量検出装置。

【請求項 4】

前記第 3 の容量及び第 4 の容量と前記差動増幅器の入力段との間に設けられ、前記差動増幅器への信号取り込み極性を反転可能な第 3 のスイッチ手段を備え、

前記第 2 のスイッチ手段は、前記第 1 及び第 2 の容量と前記第 3 の容量及び第 4 の容量との間をストレート接続し、前記第 3 のスイッチ手段が信号取り込み極性を交互に反転させることを特徴とする請求項 1 記載の容量検出装置。

【請求項 5】

前記第 1 又は第 2 の容量の各一端にそれぞれ接続され、前記第 1 区間及び第 2 区間におけるチャージ期間後に、前記第 1 又は第 2 の容量から一定電荷量を引き抜く電流源を備えたことを特徴とする請求項 1 から請求項 4 のいずれかに記載の容量検出装置。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、微小な静電容量の変化を検出する容量検出装置に関する。

【背景技術】**【0002】**

従来容量検出装置には、検出電圧を差動化してノイズ耐性の向上を図るものがある（例えば、特許文献 1 参照）。図 7 は特許文献 1 に記載された容量検出回路の構成図であり、図 8 はその容量検出回路のタイミングチャートである。

【0003】

10

20

30

40

50

図7に示す容量検出回路は、第1ステージにおいて、スイッチSW1だけをオンして第1容量C11が電圧Vdd、第2容量C12がグラウンドにチャージされ、さらにスイッチSW1をオフし、スイッチSW2をオンすることにより、第1容量C11の電荷量を容量C11、C12、C13で平均化した電圧Vo(+)を得る。この電圧Vo(+)を容量C13でサンプルホールドすることで差動出力の(+)電圧となる。

【0004】

次に、第2ステージにおいて、スイッチSW2をオフし、スイッチSW3をオンして第1容量C11がグラウンド、第2容量C12が電圧Vddにチャージされ、さらにスイッチSW4をオンすることにより、第2容量C12の電荷量を容量C11、C12、C14で平均化した電圧Vo(-)を得る。この電圧Vo(-)を容量C14でサンプルホールドすることで差動出力の(-)電圧となる。

10

【0005】

最後にスイッチSW5がオンになり、差動出力の(+)側と(-)側を同時に差動増幅器AMPへ送り出すことで、検出電圧の差動化が図られる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】特開2006-253764号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

20

【0007】

しかしながら、上記従来の容量検出装置は、出力生成に第1ステージと第2ステージの2ステージ分を要するため、ある時間内での取り込み回数が減ることで検出感度が低下し、取り込み速度の高速化が図られないといった問題がある。また、上記従来の容量検出装置は、第1容量、第2容量、サンプルホールド容量の3つの容量で平均化を行うため、平均化後の電圧変動量が小さくなる問題がある。

【0008】

本発明は、かかる点に鑑みてなされたものであり、所定時間内での取り込み回数を増加させて検出感度を改善し、平均化による電圧変動量の減少を回避して検出精度の改善を図った容量検出装置を提供することを目的とする。

30

【課題を解決するための手段】

【0009】

本発明の容量検出装置は、検出対象であって、固定的に存在するベース容量と可変的容量とを含む第1の容量と、前記ベース容量に対応するベース電荷がチャージされる第2の容量と、前記第1又は第2の容量から容量分配を受ける第3及び第4の容量と、第1区間では前記第1及び第2の容量を第1固定電圧にチャージすると共に前記第3及び第4の容量を第2固定電圧にチャージし、第2区間では前記第1及び第2の容量を第2固定電圧にチャージすると共に前記第3及び第4の容量を第1固定電圧にチャージする第1のスイッチ手段と、前記第1区間及び第2区間におけるチャージ期間では前記第1及び第2の容量と前記第3及び第4の容量との間を切り離し、前記第1区間及び第2区間における容量分配タイミングでは前記第1及び第2の容量と前記第3及び第4の容量の双方の容量同士を1対1で接続する第2のスイッチ手段と、前記第2のスイッチ手段によって互いに接続された容量同士で平均化され前記第3及び第4の容量に保持された平均化電荷に応じた第1電圧及び第2電圧が差動入力する差動増幅器とを具備したことを特徴とする。

40

【0010】

この構成によれば、第1区間及び第2区間の2ステージを要するが、第1及び第2区間の各々で検出差電圧を出力できているため、取り込み回数増による検出感度の低下を回避できる。

【0011】

また本発明は、上記容量検出装置において、前記第2のスイッチ手段は、前記第1の容

50

量と前記第3の容量とを接続すると共に前記第2の容量と前記第4の容量とを接続するストレート接続と、前記第1の容量と前記第4の容量とを接続すると共に前記第2の容量と前記第3の容量とを接続するクロス接続とを交互に切り替えることを特徴とする。

【0012】

この構成により、第1区間で第1の容量から第3の容量へ分配される保持電荷と、第2区間で第1の容量から第4の容量へ分配される保持電荷とは逆極性となるので、第1の容量にノイズが混入したとしても、その後の処理工程（差動化、積分処理）によりノイズ成分を除去することが可能であり、ノイズ耐性の向上を図ることができる。

【0013】

上記容量検出装置において、前記差動増幅器の出力段に、後段工程への信号取り込み極性を反転可能な第3のスイッチ手段を備え、前記第2のスイッチ手段は、前記第1及び第2の容量と前記第3の容量及び第4の容量との間をストレート接続し、前記第3のスイッチ手段が信号取り込み極性を交互に反転させるようにしても良い。

10

【0014】

これにより、電荷平均化する回路部分からクロス接続のための回路構成を除去しても、第3のスイッチ手段による信号取り込み極性の切替えだけで、ノイズ成分を逆極性にして取り込み可能となる。

【0015】

上記容量検出装置において、前記第3の容量及び第4の容量と前記差動増幅器の入力段との間に設けられ、前記差動増幅器への信号取り込み極性を反転可能な第3のスイッチ手段を備え、前記第2のスイッチ手段は、前記第1及び第2の容量と前記第3の容量及び第4の容量との間をストレート接続し、前記第3のスイッチ手段が信号取り込み極性を交互に反転させるようにしても良い。

20

【0016】

これにより、電荷平均化する回路部分からクロス接続のための回路構成を除去しても、第3のスイッチ手段による信号取り込み極性の切替えだけで、ノイズ成分を逆極性にして取り込み可能となる。

【0017】

上記容量検出装置において、前記第1又は第2の容量の各一端にそれぞれ接続され、前記第1区間及び第2区間におけるチャージ期間後に、前記第1又は第2の容量から一定電荷量を引き抜く電流源を備えたことを特徴とする。

30

【0018】

この構成により、電流源による電荷の引き抜きによって、大きな容量差を確保でき、感度を改善することができる。

【発明の効果】

【0019】

本発明によれば、所定時間内での取り込み回数を増加させて検出感度を改善でき、平均化による電圧変動量の減少を抑制して検出精度の改善を図ることのできる容量検出装置を実現できる。

【図面の簡単な説明】

40

【0020】

【図1】本発明の第1の実施の形態に係る容量検出装置の回路構成図である。

【図2】第1の実施の形態における各スイッチの開閉タイミングと各部の出力波形のタイミングチャートである。

【図3】第2の実施の形態に係る容量検出装置の構成図である。

【図4】第2の実施の形態における各スイッチの開閉タイミングと各部の出力波形のタイミングチャートである。

【図5】第3の実施の形態に係る容量検出装置の構成図である。

【図6】第3の実施の形態における各スイッチの開閉タイミングと各部の出力波形のタイミングチャートである。

50

【図 7】特許文献 1 に記載された容量検出回路の構成図である。

【図 8】図 7 に示す容量検出回路のタイミングチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0021】

以下、本発明の実施の形態について添付図面を参照して詳細に説明する。

図 1 は本発明の第 1 の実施の形態に係る容量検出装置の回路構成図である。

本実施の形態に係る容量検出装置は、1つの被検出容量 C 2 1 及び 3 つの参照容量 C 2 2、C 2 3、C 2 4 からなる 4 つの容量と、これら容量をチャージ/ディスチャージする第 1 のスイッチ (S W 2 1 (a 1 , a 2 , b 1 , b 2)、S W 2 3 (a 1 , a 2 , b 1 , b 2)) と、保持電荷の平均化のために所定の容量同士を接続する第 2 のスイッチ (S W 2 2 (a , b)、S W 2 4 (a , b)) と、2 つの平均化電荷 (検出電圧) を差動化出力する差動増幅器 A M P 1 と、を主な構成要素としている。

10

【0022】

第 1 の容量である被検出容量 C 2 1 の静電容量変化が検出対象となる。被検出容量 C 2 1 の一端がグラウンドに接続される一方、被検出容量 C 2 1 の他端がスイッチ S W 2 1 a 1 を介して第 1 固定電圧部 (電圧 V d d) に接続されると共にスイッチ S W 2 3 a 1 を介して第 2 固定電圧部 (グラウンド) に接続される。また、被検出容量 C 2 1 の電源側端子は、スイッチ S W 2 2 a を介して第 3 の容量となる参照容量 C 2 3 の電源側端子に接続 (ストレート接続) されると共に、スイッチ S W 2 4 a を介して第 4 の容量となる参照容量 C 2 4 の電源側端子に接続 (クロス接続) される。

20

【0023】

第 2 の容量となる参照容量 C 2 2 は、被検出容量 C 2 1 と同一タイミングで同一のベース電荷 (V d d、グラウンド) がチャージされる。参照容量 C 2 2 の一端が第 2 固定電圧部 (グラウンド) に接続される一方、参照容量 C 2 2 の他端がスイッチ S W 2 1 b 1 を介して第 1 固定電圧部 (電圧 V d d) に接続されると共にスイッチ S W 2 3 b 1 を介して第 2 固定電圧部 (グラウンド) に接続される。また、参照容量 C 2 2 の電源側端子 (他端) は、スイッチ S W 2 2 b を介して参照容量 C 2 4 の電源側端子に接続 (ストレート接続) されると共に、スイッチ S W 2 4 b を介して参照容量 C 2 3 の電源側端子に接続 (クロス接続) される。

30

【0024】

参照容量 C 2 3 及び参照容量 C 2 4 は、被検出容量 C 2 1 または参照容量 C 2 2 との間での保持電荷の平均化 (容量分配) が行われる。参照容量 C 2 3 の一端は第 2 固定電圧部 (グラウンド) に接続される一方、参照容量 C 2 3 の電源端子側となる他端はスイッチ S W 2 3 a 2 を介して第 1 固定電圧部 (電圧 V d d) に接続されると共にスイッチ S W 2 1 a 2 を介して第 2 固定電圧部 (グラウンド) に接続される。参照容量 C 2 3 の電源側端子は差動増幅器 A M P 1 の + 入力端子に接続されており、+ 入力 (V o (+)) をホールドする。また、参照容量 C 2 4 の一端は第 2 固定電圧部 (グラウンド) に接続され、参照容量 C 2 4 の電源端子側となる他端はスイッチ S W 2 3 b 2 を介して第 1 固定電圧部 (電圧 V d d) に接続されると共にスイッチ S W 2 1 b を介して第 2 固定電圧部 (グラウンド) に接続される。参照容量 C 2 4 の電源側端子は差動増幅器 A M P 1 の - 入力端子に接続されており、- 入力 (V o (-)) をホールドする。

40

【0025】

図 2 は本実施の形態の容量検出装置における各スイッチの開閉タイミングと各部の出力波形のタイミングチャートを示している。図 2 を参照して本実施の形態の動作について説明する。

【0026】

タイミング T 1 では、被検出容量 C 2 1 及び参照容量 C 2 2 を第 1 固定電圧部に接続するスイッチ S W 2 1 a 1、S W 2 1 a 2、S W 2 1 b 1、S W 2 1 b 2 を ON 状態にする。他のスイッチは OFF 状態とする。これにより、被検出容量 C 2 1 及び参照容量 C 2 2 は第 1 固定電圧 (V d d) にチャージされ、参照容量 C 2 3、C 2 4 は第 2 固定電圧 (グラウン

50

ド)にチャージされる。

【0027】

タイミングT2では、スイッチSW21a1、SW21b1をOFF状態にするが、被検出容量C21及び参照容量C22はタイミングT1でチャージされた電荷量が保持される。

【0028】

タイミングT3では、スイッチSW22a、SW22bをON状態にする。スイッチSW22aを介して被検出容量C21の電源側端子と参照容量C23の電源側端子とが接続され、被検出容量C21と参照容量C23の保持電荷が平均化されて電圧Vo(+)となる。同様に、スイッチSW22bを介して参照容量C22の電源側端子と参照容量C24の電源側端子とが接続され、参照容量C22と参照容量C24の保持電荷が平均化されて電圧Vo(-)になる。この時点で、差動増幅器AMP1に対して電圧Vo(+)、Vo(-)が入力し、検出電圧が差動化される。

10

【0029】

このときの検出差電圧Voは、被検出容量C21をCs、参照容量C22をCb、参照容量C23、C24をCmとすると下式のようになる。

【数1】

$$\Delta V_o = \frac{C_s - C_b}{C_s + C_b + C_m + \frac{C_s \cdot C_b}{C_m}} \cdot V_{dd}$$

20

以上のタイミングT1からT3を含んだステージ(スイッチSW23が投入される前まで)が第1区間となる。

【0030】

タイミングT4では、スイッチSW23(a1, a2, b1, b2)がON状態になる。被検出容量C21の電源側端子がスイッチSW23a1を介して第2固定電圧部(グラウンド)に接続され、参照容量C22の電源側端子がスイッチSW23b1を介して第2固定電圧部(グラウンド)に接続され、その結果、被検出容量C21及び参照容量C22は第2固定電圧部(グラウンド)にチャージされる。また、参照容量C23の電源側端子がスイッチSW23a2を介して第1固定電圧部(電圧Vdd)に接続され、参照容量C24の電源側端子がスイッチSW23b2を介して第1固定電圧部(電圧Vdd)に接続され、その結果、参照容量C23及び参照容量C24が第1固定電圧(電圧Vdd)にチャージされる。

30

【0031】

タイミングT5では、スイッチSW23(a1, a2, b1, b2)がOFF状態になるが、タイミングT4で参照容量C23、C24にチャージされた電荷量は保持している。

【0032】

タイミングT6では、スイッチSW24(a, b)がON状態になる。スイッチSW24aを介して被検出容量C21の電源側端子と参照容量C24の電源側端子とが接続され、被検出容量C21と参照容量C24の保持電荷が平均化されて電圧Vo(-)となる。また、スイッチSW24bを介して参照容量C22の電源側端子と参照容量C23の電源側端子とが接続され、参照容量C22と参照容量C23の保持電荷が平均化されて電圧Vo(+)となる。この時点で差動増幅器AMP1に対して電圧Vo(+)、Vo(-)が入力し、検出電圧が差動化される。このときの検出差電圧Voは、上記の式と同じ特性式となる。

40

以上のタイミングT4からT6を含んだステージ(次周期でスイッチSW21が投入される前まで)が第2区間となる。

【0033】

以上のように、本実施の形態は、被検出容量C21及び参照容量C22が第1固定電圧(電圧Vdd)にチャージされる一方、参照容量C23、C24が第2固定電圧(グラウンド)にチャージされ、各容量の接続を解除した後、被検出容量C21と参照容量V23の

50

一端同士を接続し、参照容量 C 2 2 と参照容量 C 2 4 の一端同士を接続したところで、1 回目の検出差電圧を得る。次に、被検出容量 C 2 1、参照容量 C 2 2 を第 2 固定電圧（グラウンド）にチャージし、参照容量 C 2 3、C 2 4 を第 1 固定電圧（Vdd）にチャージし、各容量の電圧接続を解除した後、被検出容量 C 2 1 と参照容量 C 2 4 の一端同士、参照容量 C 2 2 と参照容量 C 2 3 の一端同士を接続したところで、2 回目の検出差電圧を得ることができる。タイミング T 1 からタイミング T 6 の間の出力を差動増幅器 A M P 1 で差動化すると、差動増幅器 A M P 1 のコモンモード電圧と被検出容量 C 2 1 の静電容量差に応じた差電圧との繰り返し信号となる。

【 0 0 3 4 】

本実施の形態によれば、被検出容量 C 2 1 及び参照容量 C 2 2 を第 1 固定電圧（Vdd）にチャージすると共に参照容量 C 2 3 及び参照容量 C 2 4 を第 2 固定電圧（グラウンド）にチャージし、被検出容量 C 2 1 の保持電荷を参照容量 C 2 3 へ分配（平均化）する第 1 ステージと、被検出容量 C 2 1 及び参照容量 C 2 2 を第 2 固定電圧（グラウンド）にチャージすると共に参照容量 C 2 3 及び参照容量 C 2 4 を第 1 固定電圧（Vdd）にチャージし、被検出容量 C 2 1 の保持電荷を反対極性側の参照容量 C 2 4 へ分配（平均化）する第 2 ステージとの 2 ステージを要するが、第 1 及び第 2 のステージの各々で検出差電圧を出力できているため、取り込み回数増による検出感度の低下を回避できる。しかも、第 1 ステージで被検出容量 C 2 1 から参照容量 C 2 3 へ分配される保持電荷と、第 2 ステージで被検出容量 C 2 1 から参照容量 C 2 4 へ分配される保持電荷とは逆極性となるので、被検出容量 C 2 1 にノイズが混入したとしても、その後の処理工程（差動化、積分処理）によりノイズ成分を除去することが可能であり、ノイズ耐性の向上を図ることができる。

【 0 0 3 5 】

次に、本発明の第 2 の実施の形態に係る容量検出装置について説明する。

上記第 1 の実施の形態は、電荷平均化が行なわれる回路部分にて信号取り込み極性反転のためにクロス接続しているが、第 2 の実施の形態は電荷平均化後の後段処理の過程で信号取り込み極性を反転させる構成とした。

【 0 0 3 6 】

図 3 は、第 2 の実施の形態に係る容量検出装置の構成図である。

同図に示すように、電荷平均化が行なわれる回路部からクロス接続のためのスイッチ S W 2 4 a , 2 4 b を除去し、全差動増幅器 A M P 2 の出力段に信号取り込み極性を反転させるスイッチ S W 3 4 を設けている。ただし、スイッチ S W 3 4 の挿入位置は全差動増幅器 A M P 2 の出力段に限定されるものではなく、電荷平均化後の処理過程で信号取り込み極性を反転できるのであれば、全差動増幅器 A M P 2 の前段に挿入しても良い。

【 0 0 3 7 】

本実施の形態に係る容量検出装置は、1 つの被検出容量 C 3 1 及び 3 つの参照容量 C 3 2、C 3 3、C 3 4 からなる 4 つの容量と、これら容量をチャージ/ディスチャージする第 1 のスイッチ（S W 3 1（a 1 , a 2 , b 1 , b 2）、S W 3 3（a 1 , a 2 , b 1 , b 2））と、所定の容量同士を接続して保持電荷を平均化する第 2 のスイッチ（S W 3 2（a , b））と、全差動増幅器 A M P 2 と、全差動増幅器 A M P 2 の出力段に接続され第 1 出力と第 2 出力を入れ替えて信号取り込み極性を反転させるスイッチ S W 3 4 と、を主な構成要素としている。なお、本実施の形態は、全差動増幅器 A M P 2 よりも前段の構成は、第 1 の実施の形態の回路構成からクロス接続構成を除去した構成と同一であるので、接続構成の説明は省略する。

【 0 0 3 8 】

図 4 は本実施の形態の容量検出装置における各スイッチの開閉タイミングと各部の出力波形のタイミングチャートを示している。図 4 を参照して本実施の形態の動作について説明する。

【 0 0 3 9 】

タイミング T 2 1 では、被検出容量 C 3 1 及び参照容量 C 3 2 を第 1 固定電圧部（電圧 Vdd）に接続するスイッチ S W 3 1（a 1、a 2 , b 1 , b 2）を ON 状態にする。他のス

10

20

30

40

50

スイッチはOFF状態とする。これにより、被検出容量C31及び参照容量C32は第1固定電圧(Vdd)にチャージされ、参照容量C33、C34は第2固定電圧(グラウンド)にチャージされる。

【0040】

タイミングT22では、スイッチSW31(a1、a2、b1、b2)をOFF状態にするが、被検出容量C31及び参照容量C32はタイミングT21でチャージされた電荷量が保持される。また、スイッチSW31(a1、a2、b1、b2)のOFFに同期して、スイッチSW34が信号取り込み極性を反転させない接続(図3に図示する状態)に設定される。

【0041】

タイミングT23では、スイッチSW32(a、b)をON状態にする。スイッチSW32aを介して被検出容量C31と参照容量C33の端子同士が接続され、被検出容量C31と参照容量C33の保持電荷が平均化されて電圧Vo(+)となる。同様に、スイッチSW32bを介して参照容量C32と参照容量C34の端子同士が接続され、参照容量C32と参照容量C34の保持電荷が平均化されて電圧Vo(-)になる。この時点で全差動増幅器AMP2に対して電圧Vo(+)、Vo(-)が入力し、検出電圧が差動化される。このときの検出差電圧Vo(第1出力と第2出力の電位差)は、実施の形態と同一の計算式で計算された値となる。全差動増幅器AMP2の第1出力と第2出力は極性を反転させないで後段処理へ渡される。また、全差動増幅器AMP2の差動出力は取り込み極性を反転しないで後段処理工程に取り込まれる。

【0042】

タイミングT24では、スイッチSW33(a1、a2、b1、b2)がON状態になる。被検出容量C31がスイッチSW33a1を介して第2固定電圧部(グラウンド)に接続され、参照容量C32がスイッチSW33b1を介して第2固定電圧部(グラウンド)に接続され、その結果、被検出容量C31及び参照容量C32は第2固定電圧部(グラウンド)にチャージされる。また、参照容量C33がスイッチSW33a2を介して第1固定電圧部(電圧Vdd)に接続され、参照容量C34の電源側端子がスイッチSW33b2を介して第1固定電圧部(電圧Vdd)に接続され、その結果、参照容量C33及び参照容量C34が第1固定電圧(電圧Vdd)にチャージされる。

【0043】

タイミングT25では、スイッチSW33(a1、a2、b1、b2)がOFF状態になるのに同期して、スイッチSW34が信号取り込み極性を反転させる接続に切り替わる。

【0044】

タイミングT26では、スイッチSW32(a、b)がON状態になり、被検出容量C31と参照容量C33の保持電荷が平均化されて電圧Vo(+)となり、参照容量C32と参照容量C34の保持電荷が平均化されて電圧Vo(-)になる。この時点で全差動増幅器AMP2に対して電圧Vo(+)、Vo(-)が入力し、検出電圧が差動化される。

【0045】

このとき、タイミングT25でスイッチSW34が信号取り込み極性を反転させる接続に設定されているので、全差動増幅器AMP2の第1出力と第2出力の信号取り込み極性が反転されて後段へ出力される。よって、タイミングT23で得られた検出差電圧Vo(ストレート)とタイミングT26で得られた検出差電圧Vo(クロス)とは信号の取り込み極性が反転する。その後、両者を差動化または積分すればノイズの向きが逆となって取り込まれているので相殺され、ノイズが低減される。

【0046】

このように、スイッチSW34の信号取り込み極性を第1ステージと第2ステージとで反転させることで、実施の形態1においてタイミングT6でクロス接続したのと同様のノイズキャンセル効果を奏することができ、検出精度の改善を図ることができる。

【0047】

次に、本発明の第3の実施の形態に係る容量検出装置について説明する。

10

20

30

40

50

本実施の形態は、センサ容量となる被検出容量が大きくなると感度が低下するので、感度低下を補うために被検出容量（及び対になる参照容量）から一定電荷を引き抜く電流源を設けた構成としている。

【0048】

図5は、第3の実施の形態に係る容量検出装置の構成図である。

本実施の形態に係る容量検出装置は、1つの被検出容量C41及び3つの参照容量C42、C43、C44からなる4つの容量と、これら容量をチャージ/ディスチャージする第1のスイッチ(SW41(a1, a2, b1, b2)、SW43(a1, a2, b1, b2))と、保持電荷の平均化のために所定の容量同士を接続する第2のスイッチ(SW42(a, b)、SW44(a, b))と、2つの平均化電荷(検出電圧)を差動化出力する差動増幅器AMP1と、被検出容量C41及び参照容量C42から一定量の電荷を引き抜く可変電流源I1、I2を主な構成要素としている。なお、本実施の形態は、可変電流源I1、I2を追加した以外は、第1の実施の形態の回路構成と同一であるので、接続構成の説明は省略する。

10

【0049】

図6は本実施の形態の静電容量検出装置における各スイッチの開閉タイミングと各部の出力波形のタイミングチャートを示している。図6を参照して本実施の形態の動作について説明する。

【0050】

タイミングT31では、スイッチSW41a1、SW41b1をON状態にし、他のスイッチはOFF状態として、被検出容量C41及び参照容量C42は第1固定電圧(Vdd)にチャージされ、参照容量C43、C44は第2固定電圧(グラウンド)にチャージされる。チャージ後にスイッチSW41a1、SW41b1をOFF状態にする。

20

【0051】

タイミングT32では、被検出容量C41及び参照容量C42から正電荷を引き抜く方向に可変電流源I1、I2を所定期間だけ動作させ、被検出容量C41及び参照容量C42から一定電荷量を引き抜く。

【0052】

タイミングT33では、スイッチSW42a、SW42bをON状態にし、被検出容量C41と参照容量C43の保持電荷が平均化されて電圧Vo(+)となり、参照容量C42と参照容量C44の保持電荷が平均化されて電圧Vo(-)になる。この時点で、差動増幅器AMPに対して電圧Vo(+)、Vo(-)が入力し、検出電圧が差動化される。

30

【0053】

タイミングT34では、スイッチSW43(a1, a2, b1, b2)がON状態になる。その結果、被検出容量C41及び参照容量C42は第2固定電圧部(グラウンド)にチャージされ、参照容量C43及び参照容量C44が第1固定電圧(電圧Vdd)にチャージされる。

【0054】

タイミングT35では、被検出容量C41及び参照容量C42から負電荷を引き抜く方向に可変電流源I1、I2を所定期間だけ動作させ、被検出容量C41及び参照容量C42から一定電荷量(負電荷)を引き抜く。

40

【0055】

タイミングT36では、スイッチSW44(a, b)がON状態になる。スイッチSW44aを介して被検出容量C41と参照容量C44の保持電荷が平均化されて電圧Vo(-)となり、スイッチSW44bを介して参照容量C42と参照容量C43の保持電荷が平均化されて電圧Vo(+)となる。この時点で、差動増幅器AMPに対して電圧Vo(+)、Vo(-)が入力し、検出電圧が差動化される。

【0056】

タイミングT33、T36において得られる検出差電圧Voは、容量C41をCs、容量C42をCb、容量C43、C4をCm、電流源I1、I2をIref、電流源のON時間をTとす

50

ると下式のようになる。

【数 2】

$$\Delta V_o = \frac{C_s - C_b}{C_s + C_b + C_m + \frac{C_s \cdot C_b}{C_m}} \cdot V_{dd} \cdot \left(1 + \frac{I_{ref} \cdot T}{V_{dd} \cdot C_m} \right)$$

上記算出式より、第 1 の実施の形態の検出感度を $(1 + I_{ref} \cdot T / (V_{dd} \cdot C_m))$ 倍にすることが出来ることが判る。

【0057】

10

このように、本実施の形態によれば、被検出容量 C 4 1 及び参照容量 C 4 2 をチャージした後に、被検出容量 C 4 1 及び参照容量 C 4 2 から可変電流源 I 1 , I 2 で一定電荷を引き抜いて保持電荷を減少させた後、電荷平均化によって容量分配して差動増幅器 AMP から検出差電圧を得ているので、可変電流源 I 1 , I 2 による定電荷の引き抜きによって大きな容量差を確保でき、感度を改善することができる。

【0058】

上記第 3 の実施の形態では、スイッチ SW 4 4 a , SW 4 4 b によって取り込み信号の極性を反転させているが、上記第 2 の実施の形態と同様に、全差動増幅器 AMP 2 の前段又は後段にスッチ SW 3 4 を設けて取り込み信号の極性を反転させる構成としても良い。

【符号の説明】

20

【0059】

AMP 1 差動増幅器

AMP 2 全差動増幅器

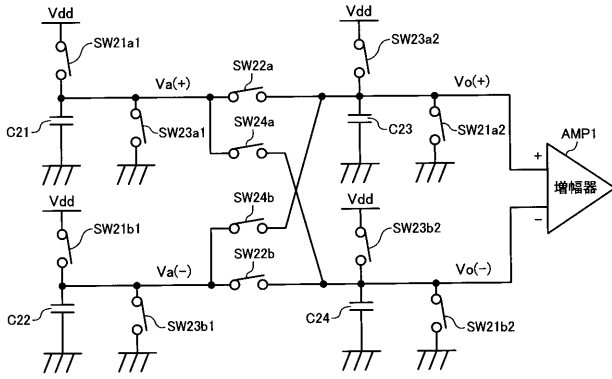
SW 2 1 ~ SW 2 4、SW 3 1 ~ SW 3 3、SW 3 4、SW 4 1 ~ SW 4 5 スイッチ

C 2 1、C 3 1、C 4 1 被検出容量 (センサ容量)

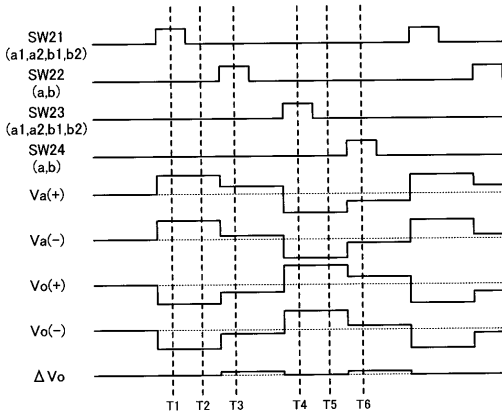
C 2 2 ~ C 2 4、C 3 2 ~ ~ C 3 4、C 4 2 ~ ~ C 4 4 参照容量

I 1、I 2 可変電流源

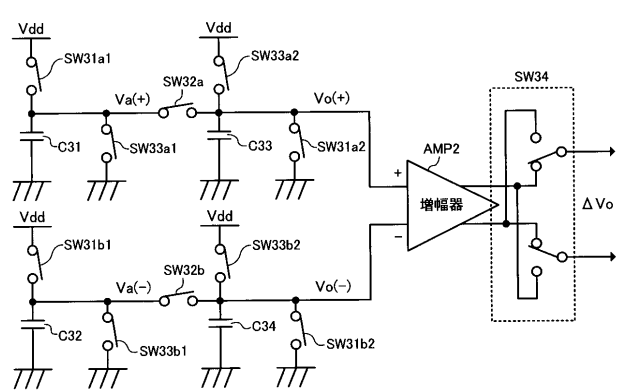
【 図 1 】



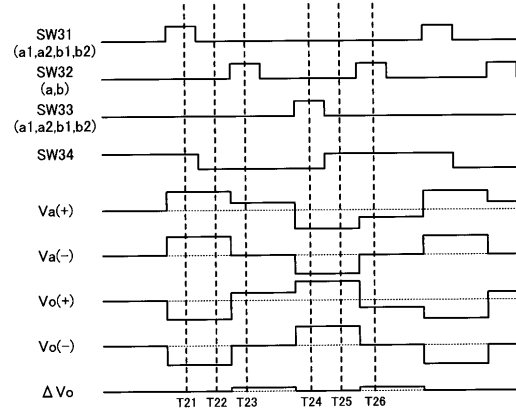
【 図 2 】



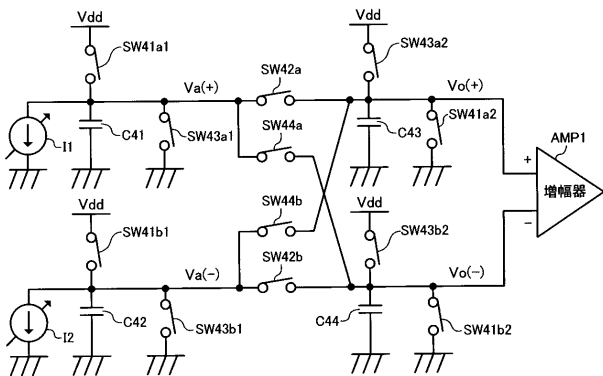
【 図 3 】



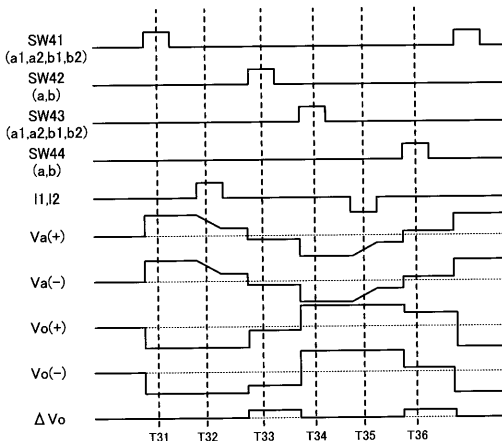
【 図 4 】



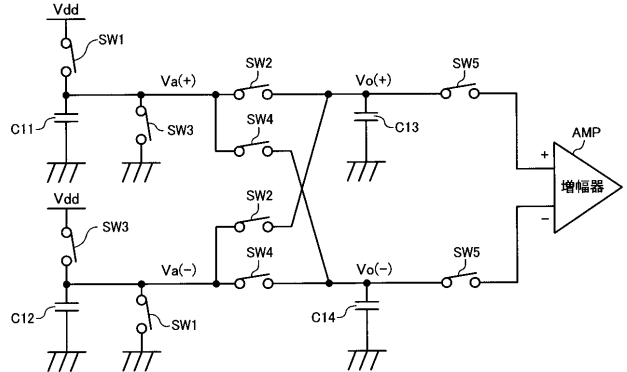
【 図 5 】



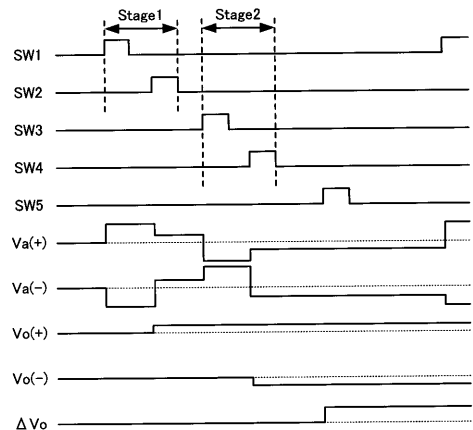
【 図 6 】



【 図 7 】



【 図 8 】



フロントページの続き

(72)発明者 尾屋 隼一郎

東京都大田区雪谷大塚町1番7号 アルプス電気株式会社内

Fターム(参考) 2G028 AA01 AA02 BB06 CG07 DH03 DH12 DH13 FK01