

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2015年12月3日(03.12.2015)



(10) 国際公開番号
WO 2015/182531 A1

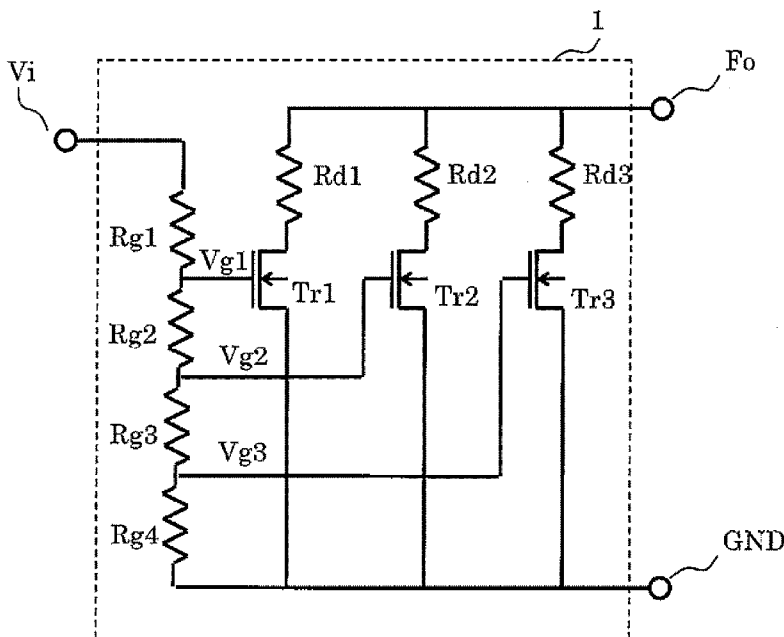
- (51) 国際特許分類:
G01F 1/698 (2006.01) H03K 19/0175 (2006.01)
H03K 17/16 (2006.01)
- (74) 代理人: 井上 学, 外 (INOUE Manabu et al.); 〒1008220 東京都千代田区丸の内一丁目6番1号 株式会社日立製作所内 Tokyo (JP).
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2015/064844
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, 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, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (22) 国際出願日: 2015年5月25日(25.05.2015)
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーロパ (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (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).
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2014-112979 2014年5月30日(30.05.2014) JP
- (71) 出願人: 日立オートモティブシステムズ株式会社 (HITACHI AUTOMOTIVE SYSTEMS, LTD.) [JP/JP]; 〒3128503 茨城県ひたちなか市高場2520番地 Ibaraki (JP).
- (72) 発明者: 安藤 亮 (ANDO Ryo); 〒3128503 茨城県ひたちなか市高場2520番地 日立オートモティブシステムズ株式会社内 Ibaraki (JP). 寺田 大介 (TERADA Daisuke); 〒3128503 茨城県ひたちなか市高場2520番地 日立オートモティブシステムズ株式会社内 Ibaraki (JP). 細川 丈夫 (HOSOKAWA Takeo); 〒3128503 茨城県ひたちなか市高場2520番地 日立オートモティブシステムズ株式会社内 Ibaraki (JP).

[続葉有]

(54) Title: THERMAL-TYPE FLOW METER

(54) 発明の名称: 熱式流量計

図 7



(57) Abstract: A thermal-type flow meter for representing a flow rate of air by the frequency of a periodic signal, wherein abnormalities in the waveform of an output signal due to frequency variation is prevented while high-frequency noise is suppressed. The thermal-type flow meter pertaining to the present invention is provided with a plurality of switching elements connected in parallel, and varies a delay width between the switching elements in accordance with variation of the frequency of a periodic signal for representing a flow rate.

(57) 要約: 周期信号の周波数によって空気の流量を表す熱式流量計において、高周波ノイズを抑えつつ、周波数変化に起因する出力信号の波形異常を回避する。本発明に係る熱式流量計は、並列接続された複数のスイッチング素子を備え、流量を表す周期信号の周波数変化に応じて、スイッチング素子間の遅延幅を変化させる。

WO 2015/182531 A1

添付公開書類:

- 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称：熱式流量計

技術分野

[0001] 本発明は、熱式流量計に関するものである。

背景技術

[0002] 熱式流量計は、周囲を流れる空気によって変化した熱線の温度を元に戻すために必要な電流に基づき、流れた空気の流量を計測するセンサである。計測した流量は、例えばその流量に対応する周波数を有する周期信号によって表すことができる。周期信号は例えばオープンドレイン回路（またはオープンコレクタ回路、以下同様）に入力され、オープンドレイン回路が出力する信号の周波数を周波数測定回路によって測定することにより、流量を検出することができる。

[0003] オープンドレイン回路は、スイッチング素子をON/OFFすることによってHighレベル/Lowレベルの出力信号を出力する。周期信号の周波数に応じてスイッチング素子をON/OFFすることにより、周期信号の周波数が表している流量に対応する出力信号を出力することができる。

[0004] オープンドレイン回路の構成上、その出力信号は矩形波となるので、高周波ノイズが生じる。この高周波ノイズを緩和する手段としては、複数のスイッチング素子を並列接続して多段的に構成し、各スイッチング素子を切り替えるタイミングをずらすことにより、ステップ状の出力信号を出力することが考えられる。下記特許文献1は、各スイッチング素子の切替タイミングが異なるオープンドレイン回路の具体例について記載している。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開平01-228214号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0006] オープンドレイン回路に入力される周期信号の周波数は、計測した流量に応じて変化する。したがって、周期信号の周波数が高くなるとオープンドレイン回路のスイッチング素子のON/OFF周期は短くなる。
- [0007] 上記特許文献1記載の技術においては、スイッチング素子間の遅延時間間隔は一定である。そのため、周期信号の周波数がある程度以上高くなると、例えば最終段のスイッチング素子が動作する前に最初段のスイッチング素子が次周期の動作を開始し、1周期以内に出力信号がHighレベルからLowレベルまで変化することができない可能性がある。この場合、周期信号の周波数が表している流量を正確に検出することは困難である。
- [0008] 本発明は、上記のような課題に鑑みてなされたものであり、周期信号の周波数によって空気の流量を表す熱式流量計において、高周波ノイズを抑えつつ、周波数変化に起因する出力信号の波形異常を回避することを目的とする。

課題を解決するための手段

- [0009] 本発明に係る熱式流量計は、並列接続された複数のスイッチング素子を備え、流量を表す周期信号の周波数変化に応じて、スイッチング素子間の遅延幅を変化させる。

発明の効果

- [0010] 本発明に係る熱式流量計によれば、並列接続された複数のスイッチング素子により高周波ノイズを抑えつつ、周期信号の周波数に変化しても出力信号の波高値や周波数が異常値となることを抑制することができる、

図面の簡単な説明

- [0011] [図1]低帯域通過フィルタを用いて電磁波ノイズを抑制する場合における出力信号波形例である。
- [図2]カレントミラー回路を用いて、オープンドレイン回路に流れる電流に制限をかけた場合における出力信号波形例である。
- [図3]遅延回路によって切り替えの時期に時間差をつけたオープンドレイン回路の例を示す回路図である。

[図4]図3のオープンドレイン回路に対して周期 T_1 のパルス信号が入力された場合の出力信号の波形図である。

[図5]図3のオープンドレイン回路に対して T_1 より短い周期 T_2 のパルス信号が入力された場合の出力信号の波形図である。

[図6]図3のオープンドレイン回路に対して周期 T_3 ($< 4\tau$) のパルス信号が入力された場合の出力信号の波形図である。

[図7]実施形態1に係るオープンドレイン回路1の回路図である。

[図8]入力信号 V_i の波形図である。

[図9]オープンドレイン回路1に接続される周波数測定回路2の構成例を示す図である。

[図10]図9の回路構成において三角波の入力信号 V_i がオープンドレイン回路1に対して入力されたときの出力電圧 V_{f0} の波形図である。

[図11]図9の回路構成において入力信号 V_i の周期が変化した場合の出力電圧 V_{f0} の波形を示す。

[図12]出力信号 V_{f0} が比較電圧 V_c と交差しない波形例である。

[図13]実施形態2に係るオープンドレイン回路1の回路図である。

[図14]図3に示す従来のオープンドレイン回路において、トランジスタ T_{r3} のドレイン端子に接続されている電流制限抵抗を除去して出力端子 F_0 と短絡した回路構成を示す。

[図15]図14のオープンドレイン回路の出力信号波形である。

[図16]実施形態3に係るオープンドレイン回路1の出力信号波形を示す図である。

[図17]実施形態3に係るオープンドレイン回路1の変形例を示す図である。

[図18]図17の回路構成における出力信号波形の1例である。

[図19]実施形態4に係る熱式流量計100の構成図である。

発明を実施するための形態

[0012] <従来技術の課題について>

以下では本発明の理解を容易にするため、まず初めに従来技術の課題につ

いてその詳細を説明し、その後本発明の実施形態について説明する。

[0013] 周波数によって情報を表す出力信号をオープンコレクタ回路から出力する際に生じる輻射電磁波対策としては、以下のものがある。

[0014] 図1は、低帯域通過フィルタを用いて電磁波ノイズを抑制する場合における出力信号波形例である。オープンドレイン回路の出力端子に、インダクタ、コンデンサ、抵抗を組み合わせ構成された低帯域通過フィルタを配置する。この場合は図1に示すように、出力信号電圧の下がり始めと上がり始めにおいて急峻な電圧変化が起こり、出力信号に高周波成分が含まれる。電圧Vが下がる時の波形は下記式1で表わされ、上がる時の波形は下記式2で表わされる。Aは波高値、 β は時定数、 α は定数、tは時間である。電圧が上がり始めるときと下がり始めるときをそれぞれt=0とする。

[0015] $V=A*\text{Exp}(-\beta*t)+\alpha$. . . 式1

$V=A*(1-\text{Exp}(-\beta*t))+\alpha$. . . 式2

[0016] 図2は、カレントミラー回路を用いて、オープンドレイン回路に流れる電流に制限をかけた場合における出力信号波形例である。この場合は図2に示すように、電圧が上がる時には電流制限がかけられない。

[0017] 周期信号として理想的な波形は正弦波である。しかし、オープンドレイン回路を用いて周波数を出力する場合、出力端のトランジスタをON/OFFし、出力信号の電圧は外部電源から受け取る。そのため、オープンドレイン回路が出力する信号波形は原則として矩形波となる。周波数がfの矩形波関数Xをフーリエ展開すると下記式3で表わされる。 $\omega=2\pi f$ である。すなわち、矩形波は信号として必要な周波数よりも高い周波数の正弦波を重ね合わせたものと等価である。

[0018] [数1]

$$X = \frac{1}{2} + \frac{1}{\pi} \sum_1^{\infty} \left\{ \frac{1}{n} (1 - \cos(n\pi) \cdot \sin(n\omega t)) \right\} \quad \cdot \cdot \cdot \text{式3}$$

[0019] 電圧が矩形波であるときは電流も矩形波なので、式3はオープンドレイン

回路の出力端子に流れ込む電流波形を表わしている。電流 I が流れると I の周りに下記式 4 で表わされる磁界 H が発生する。 r は電流からの距離である。

[0020] $H=I/(2*\pi*r)$. . . 式 4

[0021] マクスウエルの方程式により、磁界 H と電界 E の関係は下記式 5 で表わされる。磁界 H の時間変化が大きいほど強い電界 E が生じる。 μ は透磁率、 t は時間である。したがって矩形波の電流が流れると、周波数は低くても高周波電磁波が放出され、周辺機器に対してノイズの影響をあたえる。

[0022] [数2]

$$\nabla \times E = -\mu * \left(\frac{dH}{dt} \right) \quad \cdot \cdot \cdot \text{式 5}$$

[0023] 式 4 と式 5 より、オープンドレイン回路の出力端子に流れ込む電流の時間変化を小さくすることが、高周波ノイズ対策として有効であることがわかる。これを実現する方法として、複数のオープンドレイントランジスタを出力端子に対して並列接続し、トランジスタを導通させる切り替え時期に時間差をつけて、出力端子に流れ込む電流を複数回に分けて切り替えることが考えられる。

[0024] しかし、物理量を周期信号の周波数によって出力するセンサの場合、出力周波数は一定ではなく時間変化する。このため、出力周波数が高くなると出力波形に異常が生じる。この異常波形について以下に説明する。

[0025] 図 3 は、特許文献 1 記載のように遅延回路によって切り替えの時期に時間差をつけたオープンドレイン回路の例を示す回路図である。図 3 において、電流制限抵抗がドレイン端子に接続されたオープンドレイントランジスタを、出力端子に対して 3 個並列接続している。3 個のオープンドレイントランジスタ $T r 1$ 、 $T r 2$ 、 $T r 3$ のゲート間には、遅延時間 τ を持つ遅延回路 D が配置されている。オープンドレイントランジスタ $T r 1 \sim T r 3$ のソー

ス端子は接地されている。オープンドレイントランジスタ $T_{r1} \sim T_{r3}$ のドレイン端子は出力端子 F_o に接続されている。ドレイン端子にはプルアップ抵抗 R_p が接続され、電圧 V_p によって出力信号がプルアップされる。

[0026] オープンドレイントランジスタ $T_{r1} \sim T_{r3}$ は、周期信号であるパルス信号 (Signal Pulse) をゲート端子に入力することにより制御される。オープンドレイントランジスタ $T_{r1} \sim T_{r3}$ を導通させるパルス信号が入力されると、まず T_{r1} が導通し、 τ だけ遅れて T_{r2} が導通し、さらに τ だけ遅れて T_{r3} が導通する。オープンドレイントランジスタ $T_{r1} \sim T_{r3}$ を非導通にさせるパルス信号が入力されると、まず T_{r1} が非導通になり、 τ だけ遅れて T_{r2} が非導通となり、さらに τ だけ遅れて T_{r3} が非導通となる。

[0027] 図4は、図3のオープンドレイン回路に対して周期 T_1 のパルス信号が入力された場合の出力信号の波形図である。オープンドレイントランジスタ $T_{r1} \sim T_{r3}$ が導通して電流が流れるごとに出力電圧 V_{f_o} が下がり、非導通になるごとに出力電圧 V_{f_o} が上がる。出力信号の周期はパルス信号と同じ T_1 である。

[0028] 図5は、図3のオープンドレイン回路に対して T_1 より短い周期 T_2 のパルス信号が入力された場合の出力信号の波形図である。図4と比べると、遅延時間 τ が変わらないので各トランジスタが導通と非導通との間で切り替わる時間間隔は同じだが、波形周期は図4よりも短くなっている。

[0029] 図6は、図3のオープンドレイン回路に対して周期 $T_3 (< 4\tau)$ のパルス信号が入力された場合の出力信号の波形図である。図6においては、 T_{r1} がスイッチングした 2τ 後において、 T_{r3} が動作する前に T_{r1} が次周期のスイッチング動作を実施してしまう。したがって、オープンドレイントランジスタ $T_{r1} \sim T_{r3}$ が全て同じ動作状態 (導通または非導通) になることがないので、信号波形が上限 (Highレベル) と下限 (Lowレベル) に到達することができない。すなわち、出力信号の波高値が小さくなり、周期は T_3 より短く、一定周期でなくなる。

[0030] 本発明は、複数のスイッチング素子を出力端子に対して並列接続して各スイッチング素子の動作タイミングに時間差を設けることにより波形の急峻な変化を抑制したオープンドレイン回路において、図6に示すような出力信号波形の異常を回避することを目的とするものである。

[0031] <実施の形態1>

図7は、本発明の実施形態1に係るオープンドレイン回路1の回路図である。図7において、3個のオープンドレイントランジスタ $T_{r1} \sim T_{r3}$ がそれぞれ電流制限抵抗 $R_{d1} \sim R_{d3}$ を介して出力端子 F_o に接続されている。入力端子 V_i には、トランジスタ $T_{r1} \sim T_{r3}$ 駆動する入力信号 V_i が入力される。

[0032] 入力信号 V_i を分圧抵抗 $R_{g1} \sim R_{g4}$ によって分圧した電圧 $V_{g1} \sim V_{g3}$ をそれぞれトランジスタ $T_{r1} \sim T_{r3}$ のゲート端子へ入力する。 V_i と $V_{g1} \sim V_{g3}$ との関係は、下記式6～式8で表される。

$$[0033] \quad V_{g1} = V_i * (R_{g2} + R_{g3} + R_{g4}) / (R_{g1} + R_{g2} + R_{g3} + R_{g4}) \quad \dots \text{式6}$$

$$V_{g2} = V_i * (R_{g3} + R_{g4}) / (R_{g1} + R_{g2} + R_{g3} + R_{g4}) \quad \dots \text{式7}$$

$$V_{g3} = V_i * R_{g4} / (R_{g1} + R_{g2} + R_{g3} + R_{g4}) \quad \dots \text{式8}$$

[0034] トランジスタのドレインソース間が導通／非導通となるゲートソース間電圧（閾値電圧 V_{th} ）は各トランジスタ $T_{r1} \sim T_{r3}$ について同じであるとすると、各トランジスタのゲートソース間電圧が V_{th} となるときの V_i は、 T_{r1} から順にそれぞれ下記式9～式11で表される。これら式によれば、各トランジスタの導通と非導通が切り替わる V_i の値がそれぞれ異なることがわかる。

$$[0035] \quad V_i = V_{th} * (R_{g1} + R_{g2} + R_{g3} + R_{g4}) / (R_{g2} + R_{g3} + R_{g4}) \quad \dots \text{式9}$$

$$V_i = V_{th} * (R_{g1} + R_{g2} + R_{g3} + R_{g4}) / (R_{g3} + R_{g4}) \quad \dots \text{式10}$$

$$V_i = V_{th} * (R_{g1} + R_{g2} + R_{g3} + R_{g4}) / R_{g4} \quad \dots \text{式11}$$

[0036] 図8は、入力信号 V_i の波形図である。ここでは例として三角波を用いている。図8に示すように、三角波のそれぞれ異なった電圧値においてトランジスタ $T_{r1} \sim T_{r3}$ が閾値 V_{th} に到達する。したがって各トランジスタ

は、それぞれ異なった時刻において切り替わる。

[0037] 図9は、オープンドレイン回路1に接続される周波数測定回路2の構成例を示す図である。周波数測定回路2は、周波数計測器3、プルアップ電源 V_p 、プルアップ抵抗 R_p を備える。周波数計測器3の入力端子Inputはオープンドレイン回路1の出力端子F_oに接続され、さらにプルアップ抵抗 R_p を介してプルアップ電源 V_p へ接続されている。

[0038] 図10は、図9の回路構成において三角波の入力信号 V_i がオープンドレイン回路1に対して入力されたときの出力電圧 V_{f_o} の波形図である。各トランジスタは入力信号 V_i がそれぞれ式9～式11で表される値になったとき切り替わる。そのため出力電圧 V_{f_o} は図10に示すように階段状に変化する。

[0039] $T_{r1} \sim T_{r3}$ が非導通状態のときにおける出力電圧 V_{f_o} を V_{f_o0} 、 T_{r1} が導通状態で T_{r2} と T_{r3} が非導通状態のときにおける出力電圧 V_{f_o} を V_{f_o1} 、 T_{r1} と T_{r2} が導通状態で T_{r3} が非導通状態のときにおける出力電圧 V_{f_o} を V_{f_o2} 、 $T_{r1} \sim T_{r3}$ が導通状態のときの出力電圧 V_{f_o} を V_{f_o3} とする。これら出力電圧はそれぞれ下記式12～式15で表される。

[0040] $V_{f_o0} = V_p$. . . 式12

$$V_{f_o1} = V_p * R_{d1} / (R_{d1} + R_p) \quad \dots \text{式13}$$

$$V_{f_o2} = V_p * R_{d12} / (R_{d12} + R_p) \quad \dots \text{式14}$$

$$V_{f_o3} = V_p * R_{d123} / (R_{d123} + R_p) \quad \dots \text{式15}$$

[0041] 式14における R_{d12} は R_{d1} と R_{d2} を並列接続した合成抵抗であり下記式16で表される。式15における R_{d123} は $R_{d1} \sim R_{d3}$ を並列接続した合成抵抗であり下記式17で表される。

[0042] $R_{d12} = R_{d1} * R_{d2} / (R_{d1} + R_{d2})$. . . 式16

$$R_{d123} = R_{d1} * R_{d2} * R_{d3} / (R_{d1} * R_{d2} + R_{d2} * R_{d3} + R_{d3} * R_{d1}) \quad \dots \text{式17}$$

[0043] 式13～式15によれば、図1において電流制限抵抗 $R_{d1} \sim R_{d3}$ がないと $V_{f_o1} = V_{f_o2} = V_{f_o3} = 0$ となり、出力波形は階段状に変化せ

ず、高電位側が V_p で低電位側が 0 (V) の矩形波になってしまうことがわかる。

[0044] 図11は、図9の回路構成において入力信号 V_i の周期が変化した場合の出力電圧 V_{fo} の波形を示す。 V_i の周期が T_1 のときの各トランジスタ間の切り替え時期の時間差を τ_1 とし、 V_i の周期が T_2 のときの切り替え時期の時間差を τ_2 とする。図10で説明したとおり、 $T_{r1} \sim T_{r3}$ の切り替え時期は V_i の電位に依存するので、三角波である V_i の周期が変化すると各トランジスタ切り替え時期の時間差は周期に比例する。図11における T_1 、 T_2 、 τ_1 、 τ_2 の関係は下記式18で表される。

$$T1/T2 = \tau_1 / \tau_2 \quad \dots \text{式18}$$

[0045] <実施の形態1：まとめ>

以上のように、本実施形態1に係るオープンドレイン回路1は、各トランジスタ $T_{r1} \sim T_{r3}$ を切り替えるタイミングをトランジスタ毎にずらす遅延回路（本実施形態1においては分圧回路）を備える。遅延回路は、オープンドレイン回路1に対する入力信号 V_i の周波数に応じて、各トランジスタ間の遅延時間間隔 τ を変化させる。したがって、入力信号 V_i の周期が短くなると遅延時間間隔 τ もこれにともなって短くなるので、図6に示したような出力信号の波形異常を抑制することができる。すなわち、入力信号 V_i の周波数によって情報を表し、周波数測定回路2がその周波数を測定することによりその情報を取得する場合において、図6のような測定異常を抑制することができる。

[0046] <実施の形態2>

実施形態1で説明した式13～式15に示すように、出力電圧 V_{fo} が階段状に切り替わる際の電圧 $V_{fo1} \sim V_{fo3}$ はプルアップ電源 V_p をプルアップ抵抗 R_p と電流制限抵抗 $R_{d1} \sim R_{d3}$ によって分圧したものである。プルアップ抵抗 R_p や電流制限抵抗 $R_{d1} \sim R_{d3}$ は半導体プロセスによって製造される場合が多い。半導体プロセスによって製造される抵抗体は抵抗値のばらつきがあり、例えば $\pm 20\%$ ほどに達する場合がある。また、抵

抗値の温度特性もばらつきがある。オープンドレイン回路1と周波数測定回路2はそれぞれ別々に製造されるため、プルアップ抵抗 R_p と電流制限抵抗 $R_{d1} \sim R_{d3}$ は抵抗値の比も抵抗値温度特性の比も製品ごとにばらつくことが多い。このような抵抗値ばらつきがあると実製品において次のような問題が発生する。

[0047] 図9の周波数計測器3には、出力電圧 V_{fo} と比較するための電圧 V_c が設定されている。この比較電圧 V_c は0 (V) とプルアップ電圧 V_p との間の電圧に設定されている。周波数計測器3は V_{fo} と V_c との間の大小関係が入れ替わった時刻を測定することにより、出力信号 V_{fo} の周波数や周期を測定する。

[0048] 図12は、出力信号 V_{fo} が比較電圧 V_c と交差しない波形例である。この場合、出力電圧 V_{fo} が比較電圧 V_c より常に大きいため、周波数計測器3は出力信号 V_{fo} の周波数を計測することができない。式13～式15からわかるように、プルアップ抵抗 R_p の抵抗値に対して電流制限抵抗 $R_{d1} \sim R_{d3}$ の抵抗値が大きい方へばらつくと、 $V_{fo1} \sim V_{fo3}$ もこれにともなって大きくなるので、図12に示すような状態になる可能性が生じる。本発明の実施形態2では、このような課題に対処する回路例について説明する。

[0049] 図13は、本実施形態2に係るオープンドレイン回路1の回路図である。図13のオープンドレイン回路1は、図7に示した回路構成において電流制限抵抗 R_{d3} を設けずにトランジスタ T_r3 のドレイン端子を出力端子 F_o と短絡したものである。図13の回路構成においては、 T_r3 が導通状態になると出力電圧 V_{fo} は0 (V) になる。したがってプルアップ抵抗 R_p と電流制限抵抗 $R_{d1} \sim R_{d3}$ の抵抗値ばらつきによらず、 V_{fo} は V_c より低い電位になることができる。

[0050] 図14は、図3に示す従来のオープンドレイン回路において、トランジスタ T_r3 のドレイン端子に接続されている電流制限抵抗を除去して出力端子 F_o と短絡した回路構成を示す。従来の回路構成において本実施形態2と同

様にトランジスタ T_{r3} のドレイン端子と出力端子 F_o を短絡すると、以下に説明するような不具合が生じる。

[0051] 図14の回路構成においては、トランジスタ $T_{r1} \sim T_{r3}$ が非導通から導通へ切り替わる順番と導通から非導通へ切り替わる順番は同じである。すなわちいずれの場合においても T_{r1} が最初に切り替わり、 T_{r3} が最後に切り替わる。

[0052] オープンドレイントランジスタ $T_{r1} \sim T_{r3}$ が非導通から導通へ切り替わる場合は、出力電圧 V_{f_o} は階段状に切り替わる。これに対し導通から非導通へ切り替わる場合は、 T_{r1} と T_{r2} が非導通になっても T_{r3} が導通になっている間は、 V_{f_o} は0 (V) のままである。その後 T_{r3} が非導通へ切り替わったとき V_{f_o} はプルアップ電圧 V_p と同電位になる。 T_{r3} が導通状態になると出力端子 F_o がGNDに短絡されるためである。

[0053] 図15は、図14のオープンドレイン回路の出力信号波形である。図15において、出力波形が低電位 (Lowレベル) から高電位 (Highレベル) へ切り替わる時、波形は段階的に変化せず1段で切り替わっている。出力波形がこのように急峻に切り替わると放射ノイズを低減する効果が減殺されてしまう。

[0054] 図15に示す出力波形の急峻な変化を解消するためには、オープンドレイントランジスタ $T_{r1} \sim T_{r3}$ が非導通から導通へ切り替わる場合は電流制限抵抗の付いていない T_{r3} が最後に切り替わり、導通から非導通へ切り替わる順番は電流制限抵抗の付いていない T_{r3} が最初に切り替わればよい。入力信号 V_i として三角波の周波数信号を用いる実施形態1~2においては、オープンドレイントランジスタ $T_{r1} \sim T_{r3}$ が非導通から導通へ切り替わる順番と導通から非導通へ切り替わる順番が反対である。すなわち、非導通から導通へ切り替わる場合は T_{r3} が最後に切り替わり、導通から非導通へ切り替わる場合は T_{r3} が最初に切り替わる。したがって実施形態1~2に係るオープンドレイン回路1においては、図15に示す出力波形の急峻な変化を抑制することができる。

[0055] <実施の形態2：まとめ>

以上のように、本実施形態2に係るオープンドレイン回路1は、プルアップ抵抗 R_p と電流制限抵抗 $R_{d1} \sim R_{d3}$ の抵抗値ばらつきによって生じる図12のような課題を抑制することができる。さらに、従来のオープンドレイン回路において同様の構成を採用した場合における図15のような急峻な出力変化も抑制することができる。

[0056] 本実施形態2においては T_{r3} のドレイン端子を出力端子 F_o と短絡したが、その他のトランジスタを同様に短絡してもよい。例えば T_{r2} のドレイン端子と出力端子 F_o を短絡してもよい。ただし出力信号 V_{f_o} をできる限り多くの段数で変化させる観点からは、最終段のトランジスタを出力端子 F_o と短絡することが望ましい。

[0057] <実施の形態3>

図16は、本発明の実施形態3に係るオープンドレイン回路1の出力信号波形を示す図である。図16において、各オープンドレイントランジスタ間の切り替え時期の時間差 τ が複数設定されている。 T_{r1} と T_{r2} との間の時間差は τ_1 であり、 T_{r2} と T_{r3} との間の時間差は τ_2 である。 τ_1 と τ_2 は式9～式11にしたがって定まるので、分圧抵抗 $R_{g1} \sim R_{g4}$ による分圧比を調整することにより、 τ_1 と τ_2 を図16のように調整することができる。

[0058] 図16においては、出力電圧 V_{f_o} が高電位(Highレベル)から低電位(Lowレベル)へ切り替わるときは、先に切り替わるスイッチング素子の遅延時間間隔(τ_1)の方が後に切り替わるスイッチング素子の遅延時間間隔(τ_2)よりも小さい。一方で出力電圧 V_{f_o} が低電位から高電位へ切り替わるときは、先に切り替わるスイッチング素子の遅延時間間隔(τ_2)の方が後に切り替わるスイッチング素子の遅延時間間隔(τ_1)よりも大きい。すなわち、 τ_1 も τ_2 も一定である。

[0059] 図17は、本実施形態3に係るオープンドレイン回路1の変形例を示す図である。図16の τ_1 と τ_2 のように各スイッチング素子間の切り替え時期

の時間差を複数設けるためには、各ゲート端子に対して閾値電圧 V_{th} を出力するタイミングに時間差を設ければよい。図 17 に示すオープンドレイン回路 1 は、これを実現するマイコン 4 を備えている。マイコン 4 は入力信号 V_i を受け取り、 V_i にしたがって各トランジスタを切り替える所望タイミングを演算子、そのタイミングにおいて各トランジスタのゲート端子に対して V_{th} を出力する。

[0060] 図 18 は、図 17 の回路構成における出力信号波形の 1 例である。図 18 においては、出力電圧 V_{fo} が高電位から低電位へ切り替わる時は、先に切り替わるスイッチング素子の遅延時間間隔 (τ_1) の方が後に切り替わるスイッチング素子の遅延時間間隔 (τ_2) よりも小さい。一方で出力電圧 V_{fo} が低電位から高電位へ切り替わる時は、先に切り替わるスイッチング素子の遅延時間間隔 (τ_2) の方が後に切り替わるスイッチング素子の遅延時間間隔 (τ_1) よりも小さい。すなわち、時刻によって τ_1 や τ_2 が変化している。

[0061] オープンドレイン回路 1 を用いる実製品においては、サージ保護素子や静電放電からの保護素子として、コンデンサ、抵抗器、ダイオードなどが設けられる場合がある。これら素子が設けられた状態で放射ノイズ低減に最適な設定を行うためには、図 16 や図 18 のように複数の切り替え時間差が必要になる場合がある。本実施形態 3 に係る出力波形はこのような場合において好適である。

[0062] <実施の形態 4>

図 19 は、本発明の実施形態 4 に係る熱式流量計 100 の構成図である。熱式流量計 100 は、空気の流量を測定するセンサであり、計測素子 5、信号生成器 6、実施形態 1～3 いずれかのオープンドレイン回路 1 を備える。計測素子 5 は空気の流量を測定し、測定結果に対応する計測電圧 V_m を出力する。信号生成器 6 は、計測電圧 V_m が表す計測結果を周波数によって表現した周期信号を生成し、これを入力信号 V_i としてオープンドレイン回路 1 に出力する。熱式流量計 100 は、周期信号の周波数によって空気の流量を

表しているので、実施形態 1～3に係るオープンドレイン回路 1 を用いるのが好適である。

[0063] 本発明は上記した実施形態に限定されるものではなく、様々な変形例が含まれる。上記実施形態は本発明を分かりやすく説明するために詳細に説明したものであり、必ずしも説明した全ての構成を備えるものに限定されるものではない。例えば以下のような変形例が考えられる。

[0064] 以上の実施形態において、オープンドレイントランジスタとして電界効果トランジスタ (FET) を用いることを前提としたが、バイポーラトランジスタを用いる場合であっても本発明と同様の構成を用いることができる。すなわち、多段接続されている各スイッチング素子を切り替える毎に出力信号が High レベルと Low レベルとの間で段階的に切り替わる回路構成において、本発明と同様の構成を用いることができる。

[0065] 以上の実施形態において、三角波を入力信号 V_i として用いているが、例えば正弦波や台形波などその他の周期信号を用いる場合であっても、本発明と同様の構成を用いることができる。

[0066] 以上の実施形態において、入力信号 V_i の周期と遅延時間 τ は比例することを説明したが、必ずしも 1 次比例関係に限られるものではなく、 V_i の増減に応じて τ が増減するのであればその他の対応関係を有するものであってもよい。

符号の説明

[0067] 1 : オープンドレイン回路、2 : 周波数測定回路、3 : 周波数計測器、4 : マイコン、5 : 計測素子、6 : 信号生成器、 $Tr1 \sim Tr3$: オープンドレイントランジスタ、 $Rg1 \sim Rg4$: 分圧抵抗、 $Rd1 \sim Rd3$: 電流制限抵抗。

請求の範囲

- [請求項1] 空気の流量を周波数によって表す出力信号を出力する熱式流量計であって、
- 前記流量を周波数によって表す周期信号を生成する信号生成器、
- 並列接続された複数のスイッチング素子によって構成され、前記周期信号に対応する前記出力信号を出力する分流回路、
- 各前記スイッチング素子がそれぞれ前記周期信号の異なる位相においてONになるように、各前記スイッチング素子の動作タイミングを前記スイッチング素子毎に遅延させる遅延回路、
- を備え、
- 前記分流回路は、各前記スイッチング素子がONになる毎に前記出力信号の信号レベルをHighレベルから段階的に下げ、全ての前記スイッチング素子がONになると前記出力信号の信号レベルをLowレベルまで低下させるように構成されており、
- 前記遅延回路は、前記周期信号の周波数が高くなるにつれて前記遅延の時間幅を短く変化させ、前記周期信号の周波数が低くなるにつれて前記遅延の時間幅を長く変化させる
- ことを特徴とする熱式流量計。
- [請求項2] 前記遅延回路は、前記周期信号の周波数に比例して、前記遅延の時間幅を変化させる
- ことを特徴とする請求項1記載の熱式流量計。
- [請求項3] 前記スイッチング素子のうち少なくとももいずれかは、前記出力信号を出力する側の端子に接続された電流制限抵抗を備える
- ことを特徴とする請求項1記載の熱式流量計。
- [請求項4] 前記分流回路の最終段に配置されている前記スイッチング素子は前記電流制限抵抗を備えておらず、前記分流回路のその他の前記スイッチング素子は前記電流制限抵抗を備えている
- ことを特徴とする請求項3記載の熱式流量計。

- [請求項5] 前記遅延回路は、前記分流回路が備える各前記スイッチング素子を ON 状態から OFF 状態へ切り替える順番と、OFF 状態から ON 状態へ切り替える順番とが互いに反対になるように、各前記スイッチング素子の動作タイミングを調整することを特徴とする請求項 1 記載の熱式流量計。
- [請求項6] 前記分流回路の最終段に配置されている前記スイッチング素子は前記電流制限抵抗を備えておらず、前記分流回路のその他の前記スイッチング素子は前記電流制限抵抗を備えており、
前記遅延回路は、前記分流回路が備える各前記スイッチング素子を ON 状態から OFF 状態へ切り替える順番と、OFF 状態から ON 状態へ切り替える順番とが互いに反対になるように、各前記スイッチング素子の動作タイミングを調整し、
前記遅延回路は、前記出力信号が High レベルから Low レベルに切り替わるときは前記電流制限抵抗を備えていない前記スイッチング素子を最後に ON 状態とし、前記出力信号が Low レベルから High レベルに切り替わるときは前記電流制限抵抗を備えていない前記スイッチング素子を最初に OFF 状態とする
ことを特徴とする請求項 3 記載の熱式流量計。
- [請求項7] 前記遅延回路は、各前記スイッチング素子のゲート端子に印加される電圧を前記スイッチング素子毎にそれぞれ異なる値へ分圧する分圧回路を用いて構成されている
ことを特徴とする請求項 1 記載の熱式流量計。
- [請求項8] 前記遅延回路は、前記周期信号の周期に応じて前記遅延の時間幅を計算しその時間幅にしたがって前記スイッチング素子を駆動する演算回路を用いて構成されている
ことを特徴とする請求項 1 記載の熱式流量計。
- [請求項9] 前記遅延回路は、いずれかの前記スイッチング素子間の前記遅延の時間幅が、他の前記スイッチング素子間の前記遅延の時間幅とは異なる

るように、前記遅延の時間幅を調整する

ことを特徴とする請求項 1 記載の熱式流量計。

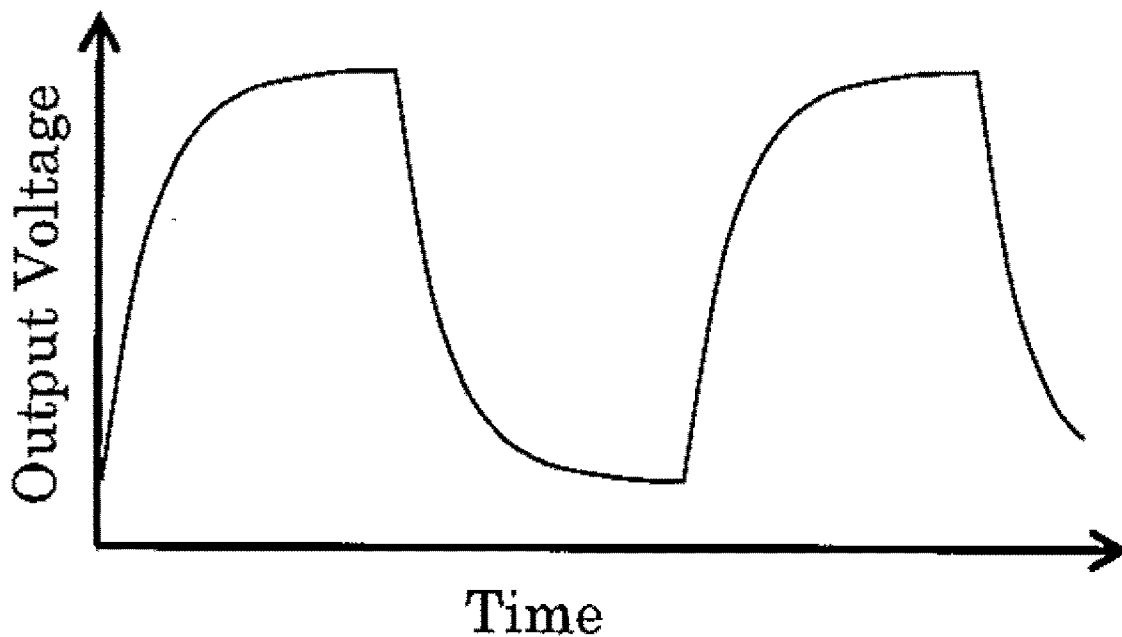
[請求項10]

前記信号生成器は、前記周期信号として三角波信号を生成する

ことを特徴とする請求項 1 記載の熱式流量計。

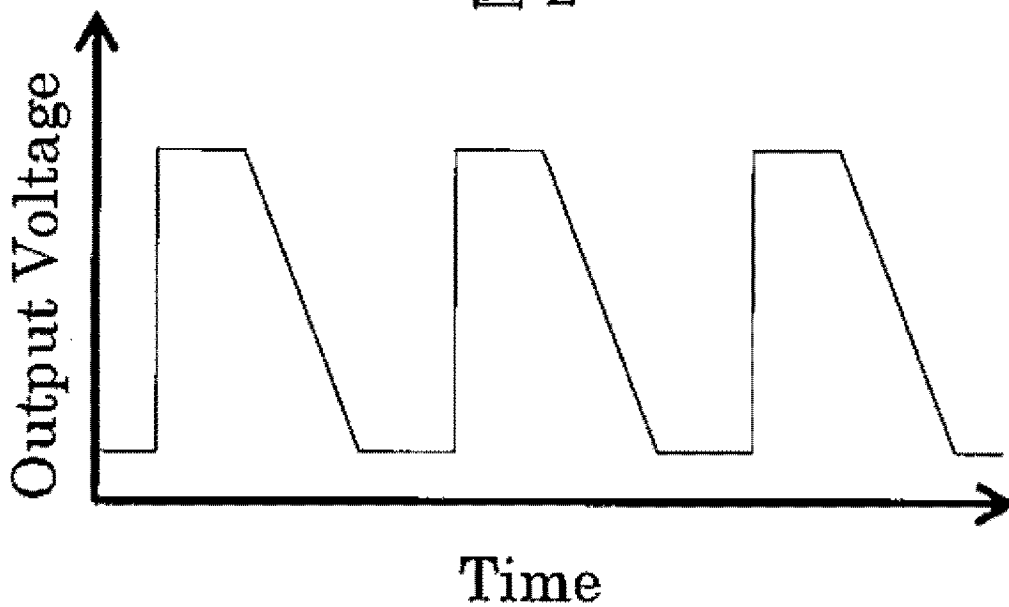
[図1]

図 1

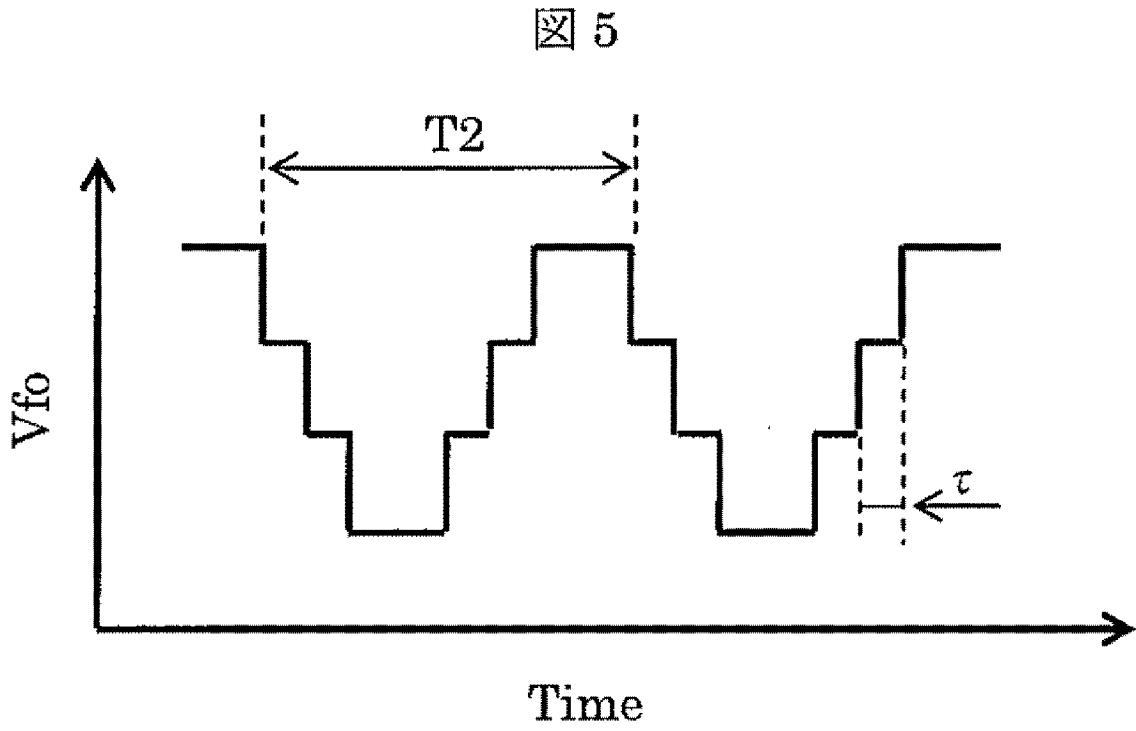


[図2]

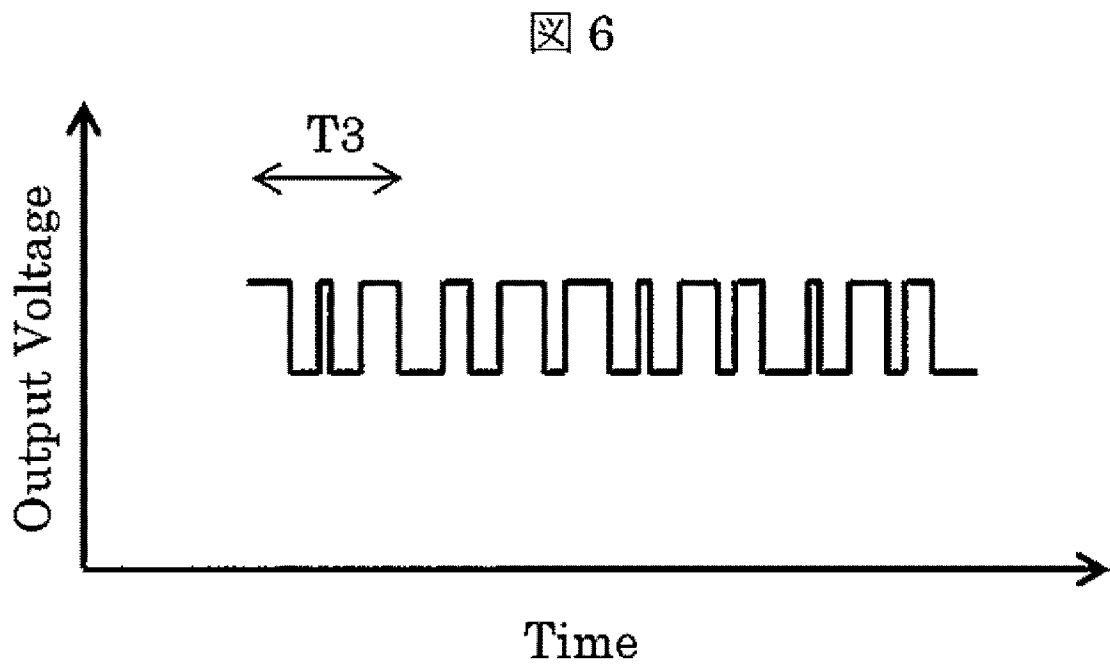
図 2



[図5]

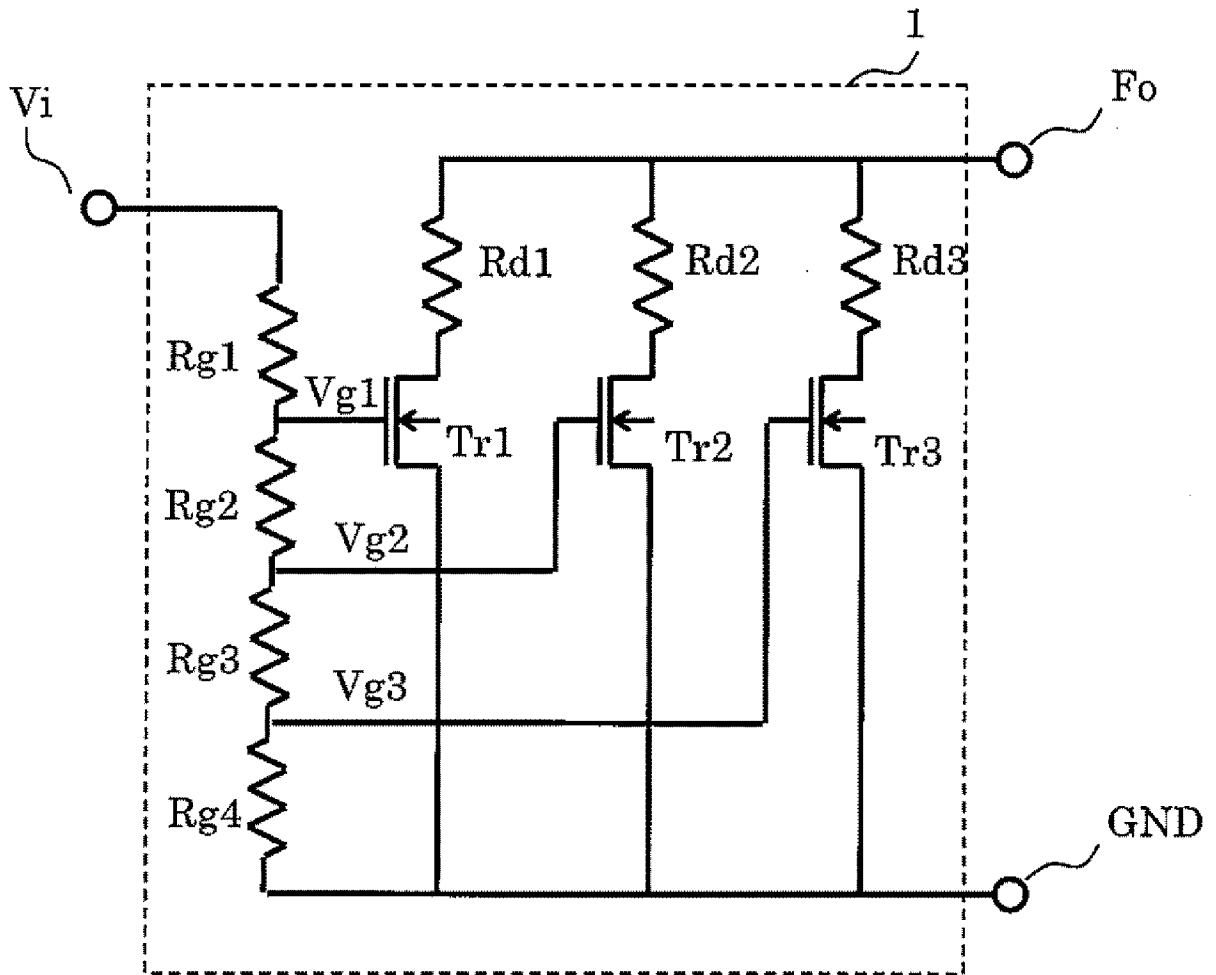


[図6]



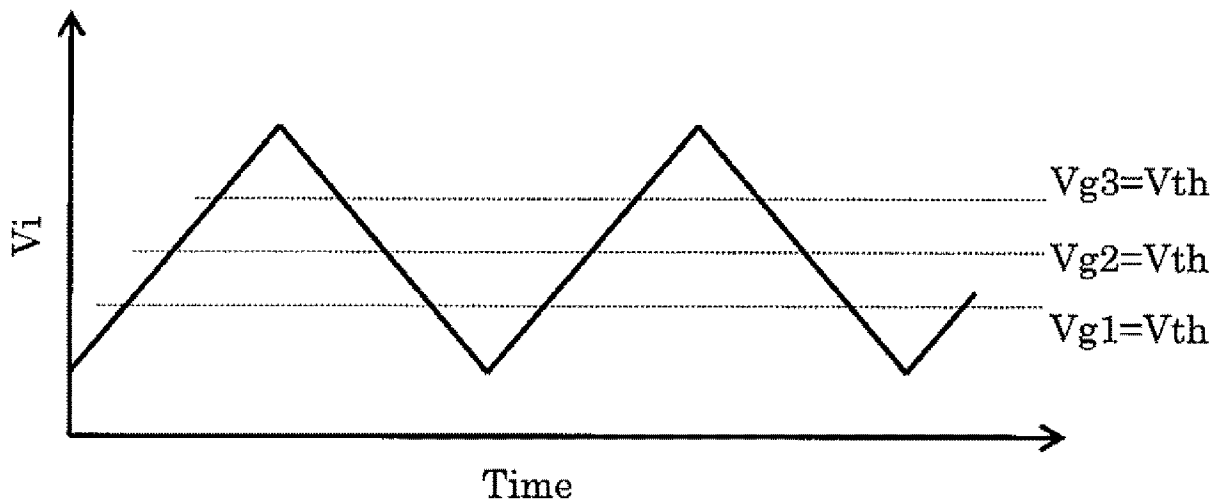
[図7]

図 7

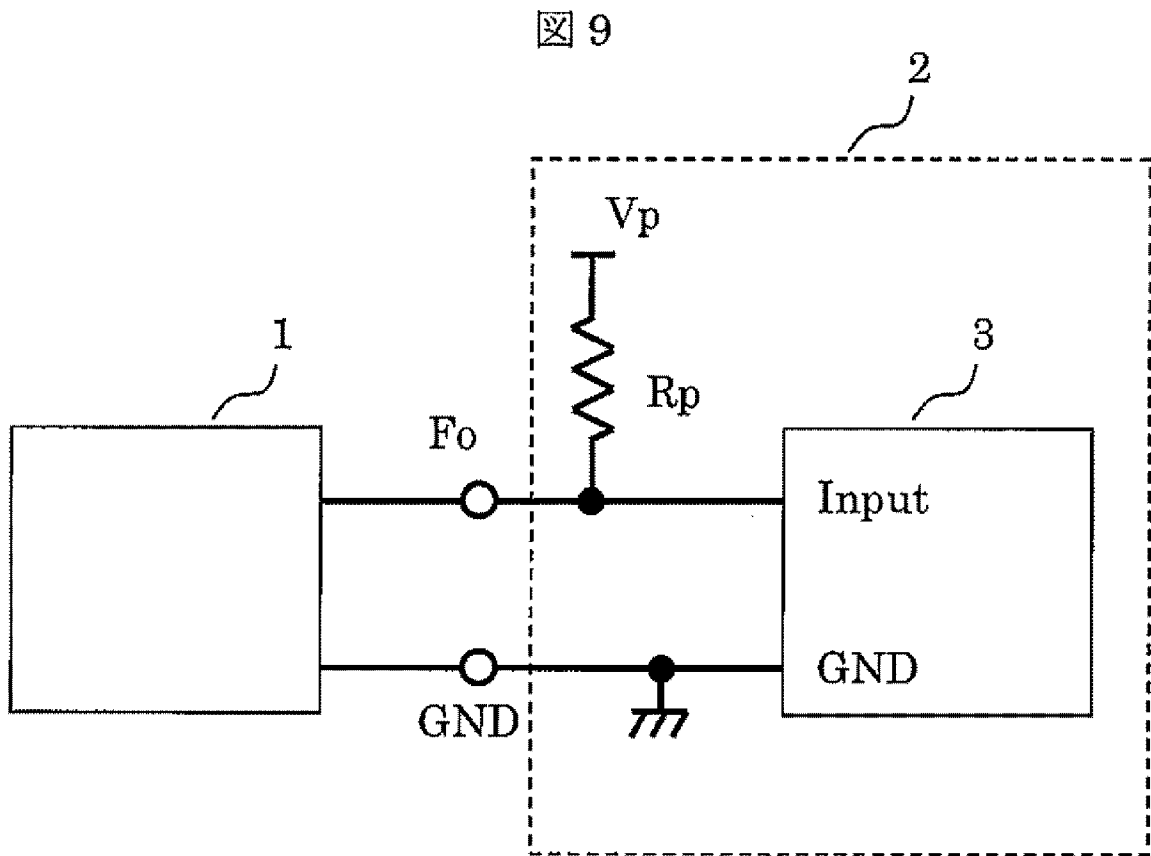


[図8]

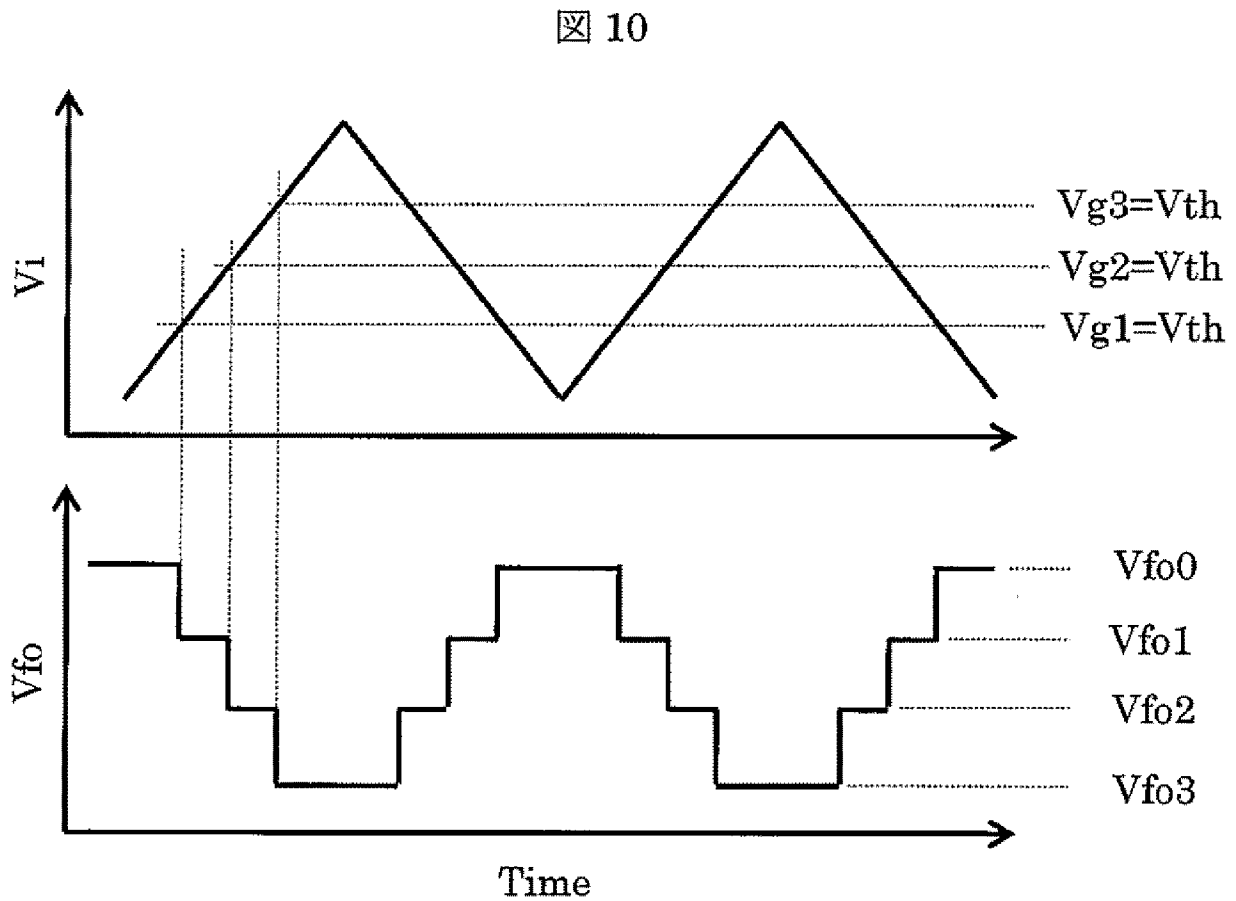
図 8



[図9]

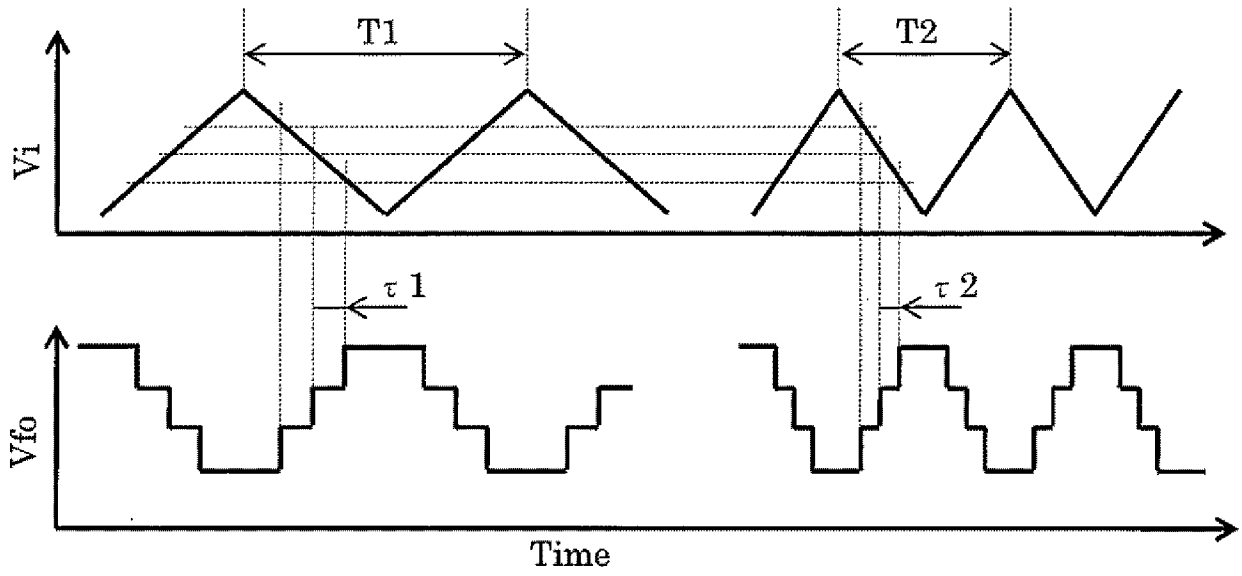


[図10]



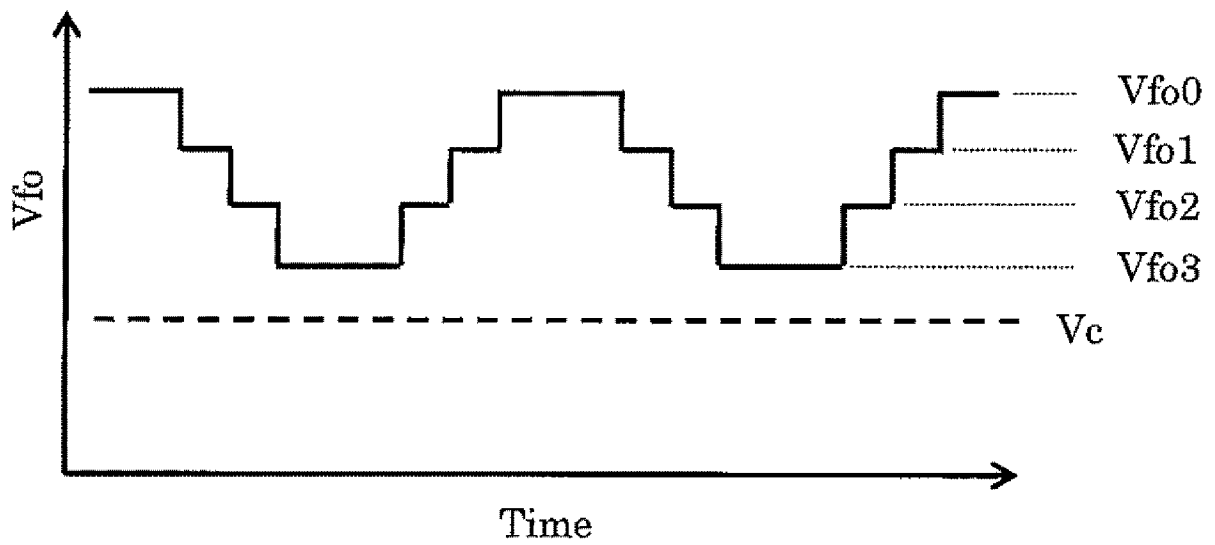
[図11]

図 11



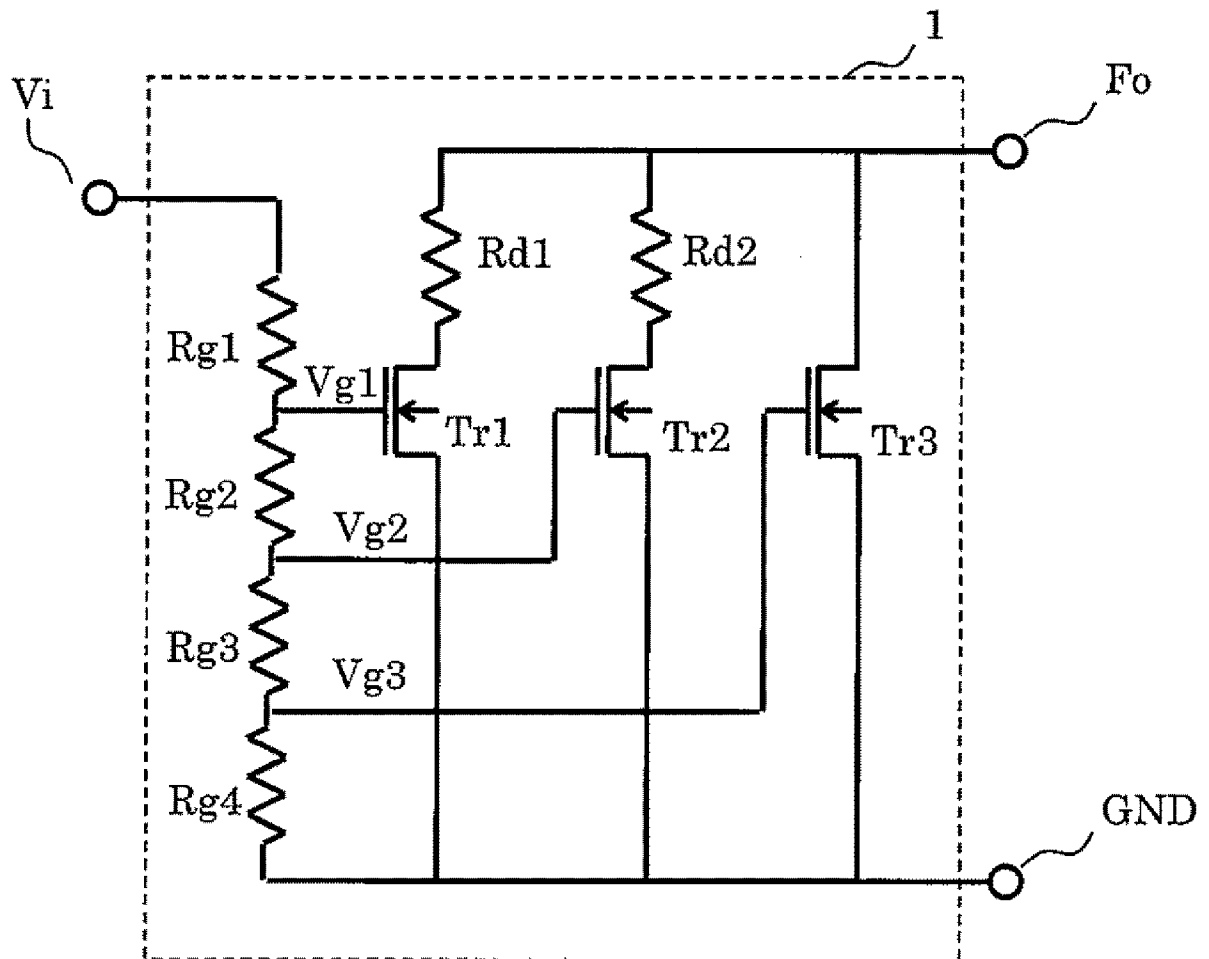
[図12]

図 12



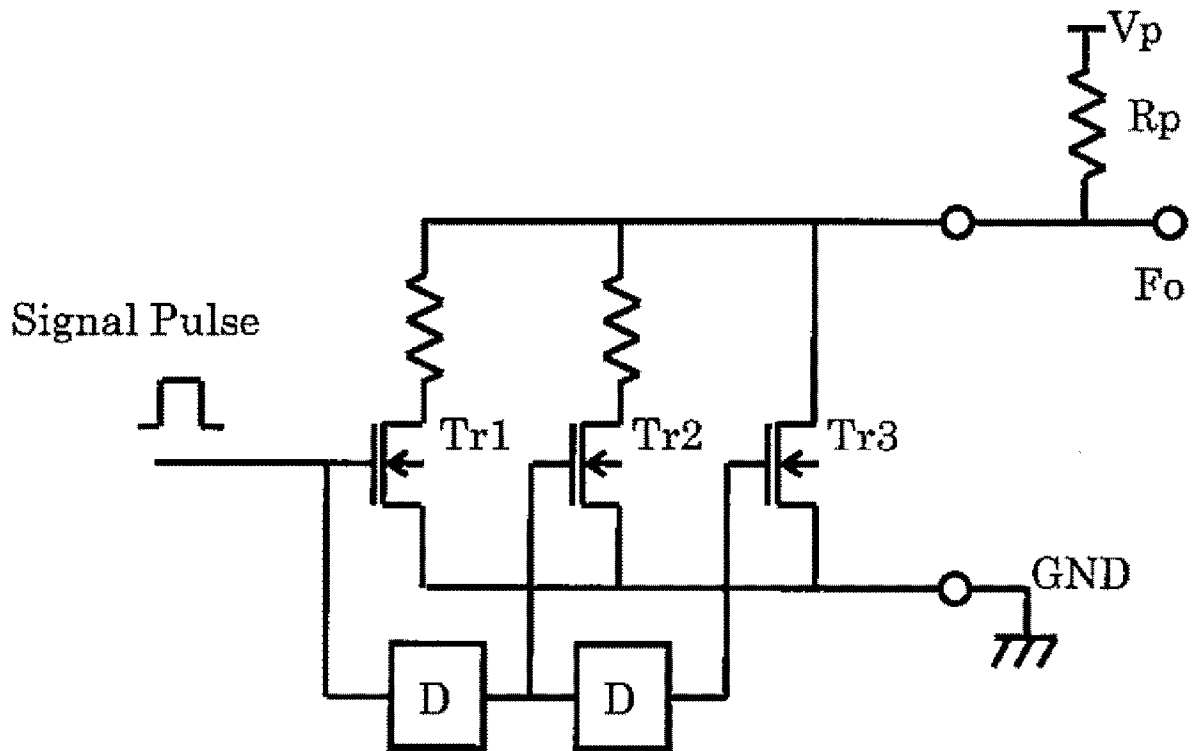
[図13]

図 13



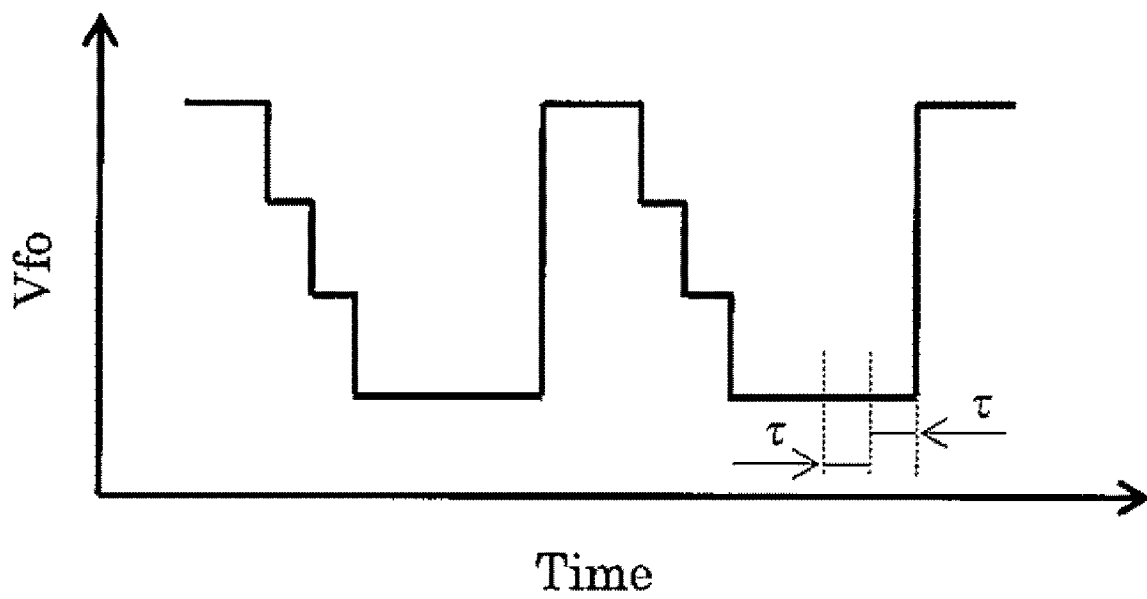
[図14]

図 14



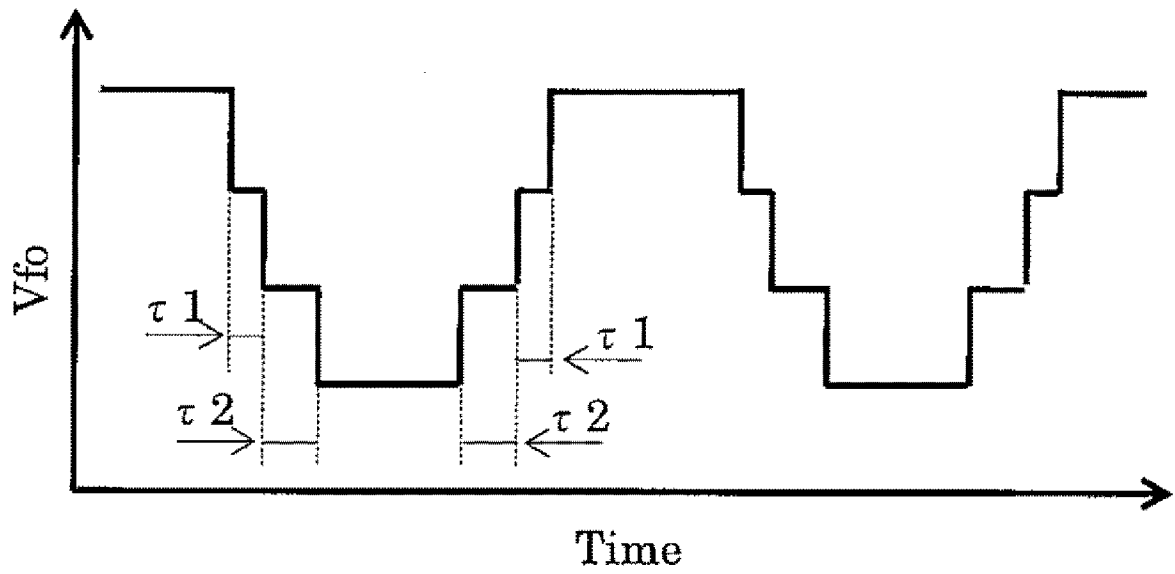
[図15]

図 15



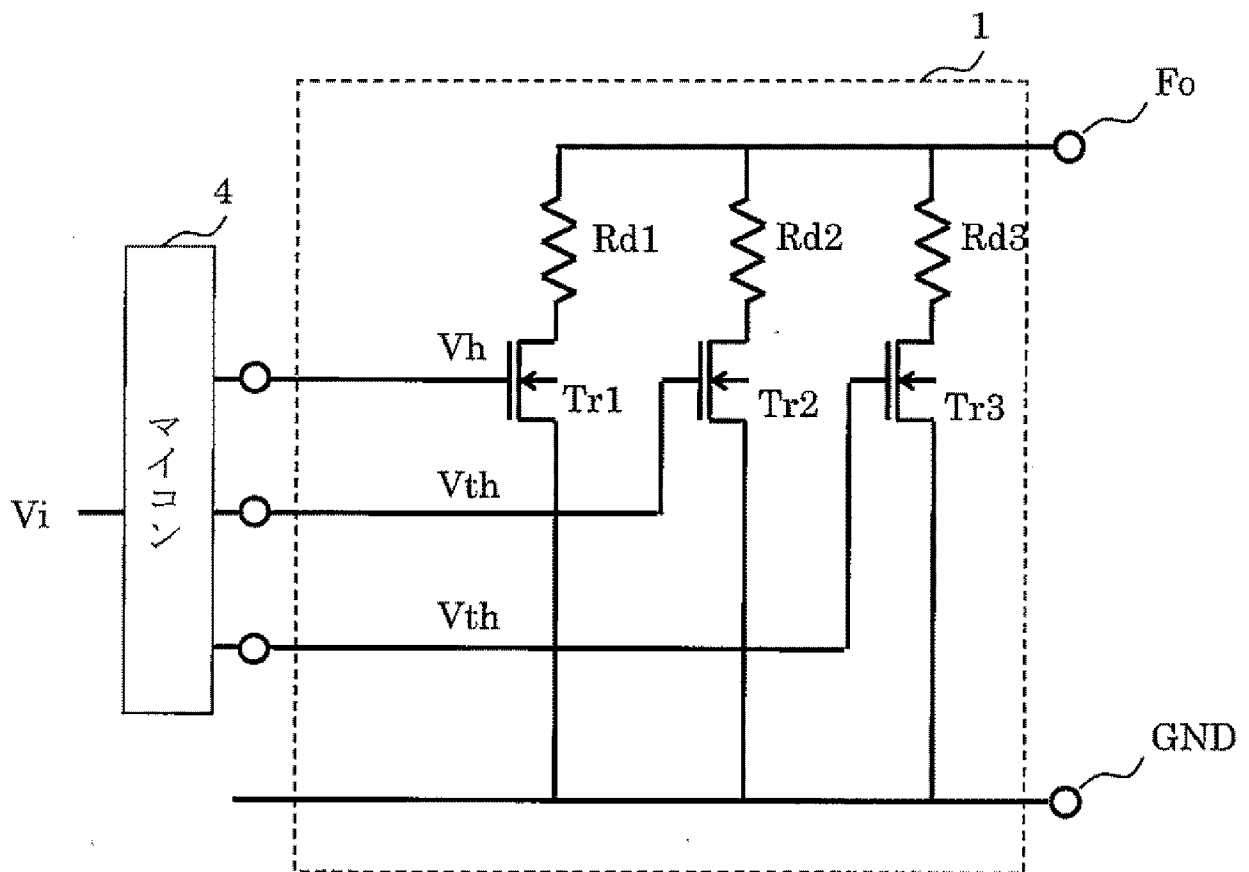
[図16]

図 16



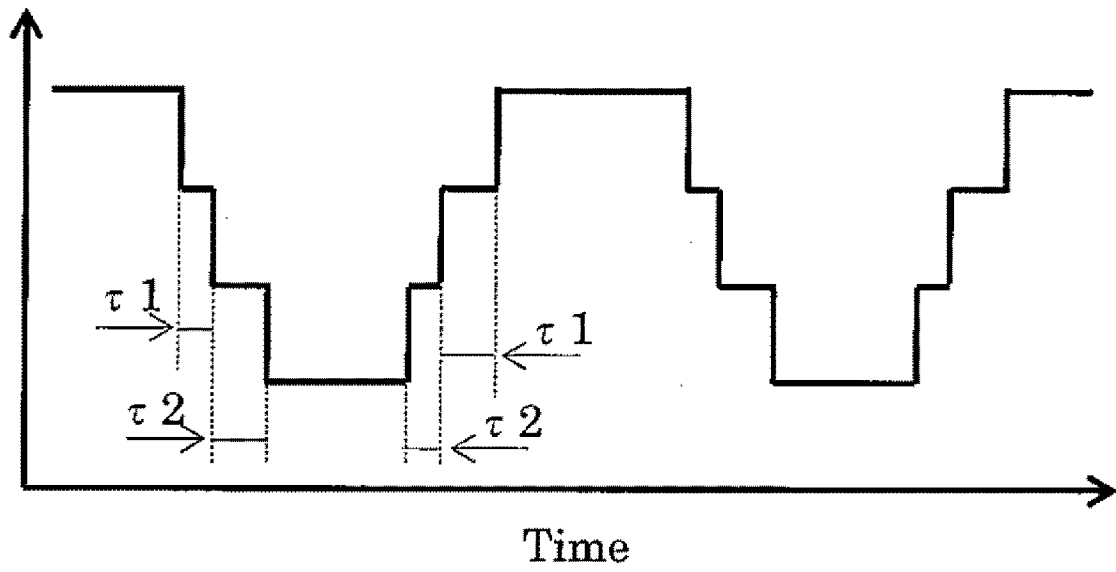
[図17]

図 17



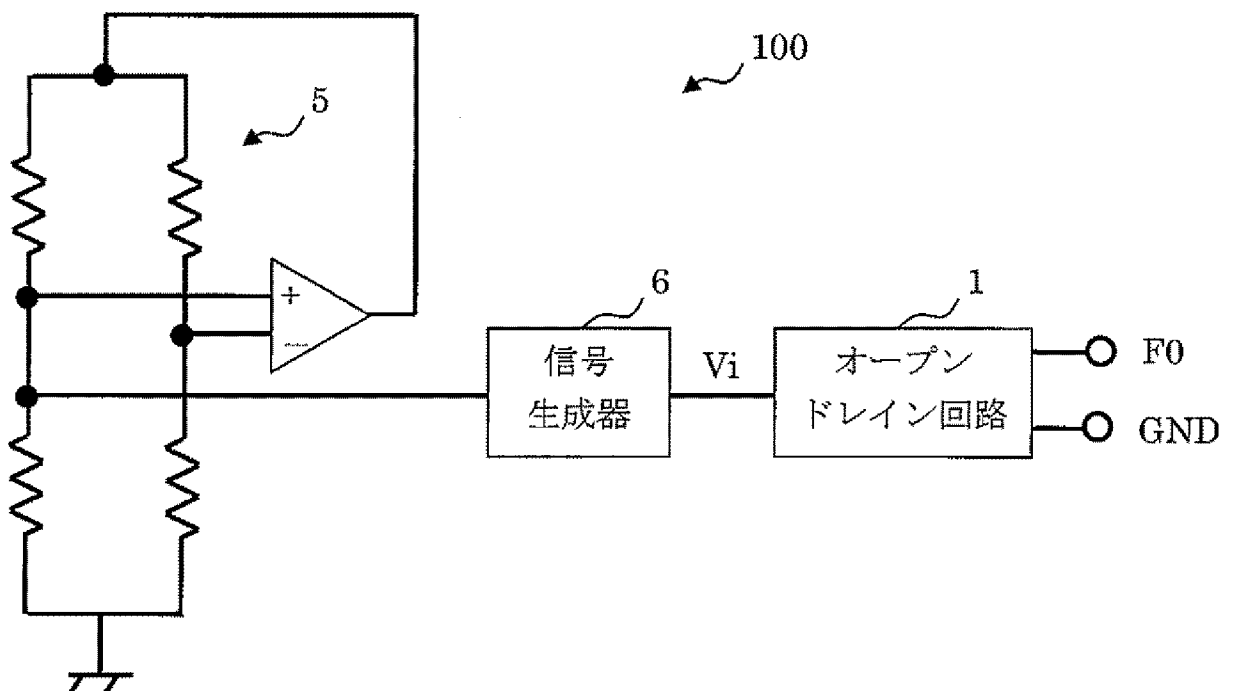
[図18]

図 18



[図19]

図 19



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2015/064844

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
G01F1/698(2006.01)i, H03K17/16(2006.01)i, H03K19/0175(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)
G01F1/68-1/699, H03K17/16, H03K19/0175

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2015
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2015	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2015

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2005-311664 A (Hitachi, Ltd.), 04 November 2005 (04.11.2005), entire text; all drawings & US 2005/0237095 A1 & EP 1589660 A2 & EP 1589660 A3	1-10
A	JP 2010-010767 A (Hitachi, Ltd.), 14 January 2010 (14.01.2010), entire text; all drawings (Family: none)	1-10
A	JP 64-035218 A (Hitachi, Ltd.), 06 February 1989 (06.02.1989), entire text; all drawings (Family: none)	1-10

Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"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
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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
"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)	"&" document member of the same patent family
"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	

Date of the actual completion of the international search 17 August 2015 (17.08.15)	Date of mailing of the international search report 01 September 2015 (01.09.15)
--	--

Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Authorized officer Telephone No.
--	---

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/064844

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2005-333618 A (NEC Electronics Corp.), 02 December 2005 (02.12.2005), entire text; all drawings & US 2005/0237085 A1	1-10
A	JP 08-228141 A (Kawasaki Steel Corp.), 03 September 1996 (03.09.1996), paragraphs [0010] to [0014]; fig. 6 & US 5672983 A	1-10
A	JP 2001-285051 A (Kawasaki Steel Corp.), 12 October 2001 (12.10.2001), entire text; all drawings (Family: none)	1-10
A	JP 11-239046 A (NEC Corp.), 31 August 1999 (31.08.1999), entire text; all drawings (Family: none)	1-10

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））
 Int.Cl. G01F1/698(2006.01)i, H03K17/16(2006.01)i, H03K19/0175(2006.01)i

B. 調査を行った分野
 調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））
 Int.Cl. G01F1/68-1/699, H03K17/16, H03K19/0175

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの
 日本国実用新案公報 1922-1996年
 日本国公開実用新案公報 1971-2015年
 日本国実用新案登録公報 1996-2015年
 日本国登録実用新案公報 1994-2015年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2005-311664 A（株式会社日立製作所）2005.11.04, 全文, 全図 & US 2005/0237095 A1 & EP 1589660 A2 & EP 1589660 A3	1-10
A	JP 2010-010767 A（株式会社日立製作所） 2010.01.14, 全文, 全図（ファミリーなし）	1-10
A	JP 64-035218 A（株式会社日立製作所） 1989.02.06, 全文, 全図（ファミリーなし）	1-10

C欄の続きにも文献が列挙されている。 パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー	の日の後に公表された文献
「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの	「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの	「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）	「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献	「&」同一パテントファミリー文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願	

国際調査を完了した日 17.08.2015	国際調査報告の発送日 01.09.2015
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（ISA/J P） 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	特許庁審査官（権限のある職員） 羽飼 知佳 電話番号 03-3581-1101 内線 3216

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2005-333618 A (NECエレクトロニクス株式会社) 2005.12.02, 全文, 全図 & US 2005/0237085 A1	1-10
A	JP 08-228141 A (川崎製鉄株式会社) 1996.09.03, 【0010】 - 【0014】 , 【図6】 & US 5672983 A	1-10
A	JP 2001-285051 A (川崎製鉄株式会社) 2001.10.12, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-10
A	JP 11-239046 A (日本電気株式会社) 1999.08.31, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-10