

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号  
特許第7425953号  
(P7425953)

(45)発行日 令和6年2月1日(2024.2.1)

(24)登録日 令和6年1月24日(2024.1.24)

(51)国際特許分類 F I  
H 0 3 M 1/56 (2006.01) H 0 3 M 1/56  
H 0 3 M 1/08 (2006.01) H 0 3 M 1/08 A

請求項の数 3 (全9頁)

(21)出願番号	特願2021-553978(P2021-553978)	(73)特許権者	000004226 日本電信電話株式会社 東京都千代田区大手町一丁目5番1号
(86)(22)出願日	令和1年10月31日(2019.10.31)	(74)代理人	100083806 弁理士 三好 秀和
(86)国際出願番号	PCT/JP2019/042755	(74)代理人	100129230 弁理士 工藤 理恵
(87)国際公開番号	WO2021/084678	(72)発明者	美濃谷 直志 東京都千代田区大手町一丁目5番1号 日本電信電話株式会社内
(87)国際公開日	令和3年5月6日(2021.5.6)	(72)発明者	松永 賢一 東京都千代田区大手町一丁目5番1号 日本電信電話株式会社内
審査請求日	令和4年3月15日(2022.3.15)	審査官	及川 尚人

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 A Dコンバータ

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

入力電圧と単位電圧を積算した積算電圧の大きさを比較し、該比較した結果を表す比較信号を出力する積算変換部と、

前記比較信号が変化するまで前記比較する動作を繰り返し、前記比較信号が変化した積算電圧と同じ積算電圧と、前記入力電圧との比較を所定回数繰り返して前記比較信号の変化する状態確率が閾値と等しくなる等価状態積算回数を求める積算比較判定部と、

前記等価状態積算回数をを用いて前記入力電圧の変換データを求める制御部とを備え、  
前記積算比較判定部は、

前記状態確率が前記閾値より低い場合に、前記単位電圧を積算した回数を示す積算回数に1を加算し、現時点の積算電圧に単位電圧を積算した積算電圧と前記入力電圧との比較を前記所定回数繰り返して前記比較信号の変化する状態確率と前記閾値とを比較する処理を、前記状態確率が前記閾値より高くなるまで行い、  
前記状態確率が前記閾値より高い場合に、現時点の積算回数を前記等価状態積算回数として出力する

10

ことを特徴とするA Dコンバータ。

【請求項2】

前記等価状態積算回数は、

前記状態確率が前記閾値以下となる積算回数及び比較器の出力が低出力電圧となる状態確率と、当該積算回数から1を引いた積算回数及び比較器の出力が低出力電圧となる状態

20

確率とを線形補間して求めた値である

ことを特徴とする請求項 1 に記載の A D コンバータ。

【請求項 3】

前記閾値は 0.5 である

ことを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の A D コンバータ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、比較器に入力される電圧の揺らぎの影響を抑制した A D コンバータに関する。

【背景技術】

【0002】

A D コンバータは周知のように既知の電圧を出力する D A コンバータ部、アナログ入力の電圧値を保持するサンプルホールド部と比較器で構成され、D A コンバータ部の出力値を順次変化させ比較器の出力が低出力電圧から高出力電圧に変化する最小の D A コンバータ部の出力値を設定した時のデジタル値を A D コンバータの変換値として使用する（非特許文献 1）。

【0003】

比較器に入力する D A コンバータ部の出力値やサンプルホールド部で保持したアナログ入力の電圧値は、各部を構成する回路の雑音により揺らいでいる。その結果、比較器の出力には不規則な幅と周期のパルス波形が出力される場合がある。

【先行技術文献】

【非特許文献】

【0004】

【文献】A/D変換の概要と仕組み ミームス(MEMES)のサポートページ〔平成31年5月16日検索〕、インターネット（URL: [http://memes.sakura.ne.jp/memes/?page\\_id=1120](http://memes.sakura.ne.jp/memes/?page_id=1120)）

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

比較器の一方の入力電圧の平均値が他方の入力の平均値より低くても揺らぎの影響により比較器の出力が高出力電圧になる場合があるため、比較器の出力が低出力電圧から高出力電圧に変化する最小の D A コンバータ部の出力値を誤って判定してしまい変換誤差が大きくなるという課題がある。

【0006】

本発明は、この課題に鑑みてなされたものであり、内部の電圧の揺らぎの影響を抑制して変換誤差を低減させる A D コンバータを提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明の一態様に係る A D コンバータは、入力電圧と単位電圧を積算した積算電圧の大きさを比較し、該比較した結果を表す比較信号を出力する積算変換部と、前記比較信号が変化するまで前記比較する動作を繰り返し、前記比較信号が変化した積算電圧と同じ積算電圧と、前記入力電圧との比較を所定回数繰り返して前記比較信号の変化する状態確率が閾値と等しくなる等価状態積算回数を求める積算比較判定部と、前記等価状態積算回数をを用いて前記入力電圧の変換データを求める制御部とを備えることを要旨とする。

【発明の効果】

【0008】

本発明によれば、内部の電圧の揺らぎの影響を抑制して変換誤差を低減させる A D コンバータを提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0009】

10

20

30

40

50

【図 1】本発明の実施形態に係る A/D コンバータの構成例を示す機能ブロック図である。

【図 2】図 1 に示す積算比較判定部の処理手順を示すフローチャートである。

【図 3】図 2 に示す通常積算ステップの処理手順を示すフローチャートである。

【図 4】図 1 に示す比較器の入力電圧の揺らぎを模式的に示す図であり、(a) は  $V_1$ 、(b) は  $V_2$ 、(c) は比較器の出力を示す。

【図 5】図 2 に示す判定積算ステップの処理手順を示すフローチャートである。

【図 6】図 2 に示す通常積算ステップと判定積算ステップの動作タイミングを模式的に示す図である。

【図 7】図 1 に示す比較器の出力が低出力電圧となる確率を数値計算した結果の例を示す図である。

10

【発明を実施するための形態】

【0010】

以下、本発明の実施形態について図面を用いて説明する。複数の図面中同一のものには同じ参照符号を付し、説明は繰り返さない。

【0011】

図 1 に本発明にかかる実施形態の A/D コンバータの構成例を示す機能ブロック図を示す。図 1 に示す A/D コンバータ 100 は、積算変換部 10 と、積算比較判定部 20 と、制御部 30 とを備える。積算変換部 10 は、サンプルホールド部 11、積算回路 12、及び比較器 13 を備える。

【0012】

20

本 A/D コンバータ 100 は、所定の単位電圧を積算した回数である積算回数により D/A コンバートする積算回路 12 の出力電圧である積算電圧  $V_1$  と入力電圧  $V_2$  を比較器 13 で比較して、比較器 13 の出力が変化する最小の積算回数から変換値を導出する。この処理のために A/D コンバータ 100 は、積算電圧  $V_1$  を増加させ入力電圧  $V_2$  と積算電圧  $V_1$  の大きさを比較した結果の比較信号を出力する積算変換部 10 と、少なくとも積算と比較信号モニタを繰返す通常積算ステップと 1 回の積算後比較信号の低出力電圧または高出力電圧の割合を観測する判定積算ステップにより積算回路 12 を制御する積算比較判定部 20 と、積算変換部 10 および積算比較判定部 20 の初期化・起動・停止を制御する制御部 30 とを備える。

【0013】

30

つまり、A/D コンバータ 100 は、入力電圧  $V_2$  と単位電圧を積算した積算電圧  $V_1$  の大きさを比較し、該比較した結果を表す比較信号を出力する積算変換部 10 と、比較信号が変化するまで比較する動作を繰返し、比較信号が変化した積算電圧  $V_1$  と同じ積算電圧  $V_1$  と、入力電圧  $V_2$  との比較を所定回数繰返して比較信号の変化する状態確率が閾値と等しくなる等価状態積算回数を求める積算比較判定部 20 と、等価状態積算回数を用いて入力電圧  $V_2$  の変換データを求める制御部 30 とを備える。

【0014】

A/D コンバータ 100 の動作を詳しく説明する。

【0015】

比較器 13 は  $V_1 > V_2$  の時に低出力電圧を出力し、 $V_1 < V_2$  の時に高出力電圧を出力する。

40

【0016】

本 A/D コンバータ 100 が動作を開始した時では、はじめに INTL 信号により積算回路 12 を初期化するとともに HLD 信号により入力の電圧  $V_{in}$  をサンプルホールド部 11 で保持する。

【0017】

次に、制御部 30 から積算比較判定部 20 に積算開始信号を出力して積算比較判定部 20 による積算を開始する。図 2 に積算比較判定部の処理フローを示す。積算開始信号が入力されると、はじめに通常積算ステップ S1 を開始する。図 3 に通常積算ステップの処理フローを示す。通常積算ステップでは、INC 信号により積算回路 12 で所定の単位電圧を

50

1 回積算した後で比較信号をモニタする。比較信号に変化が無ければ再度積算する（ステップ S 1 2）。積算回路 1 2 の出力である積算電圧  $V_1$  が  $V_{in}$  近傍になった場合では、積算回路 1 2 とサンプルホールド部 1 1 を構成する回路に起因する揺らぎにより瞬間的に  $V_1 < V_2$  となり比較信号が高出力電圧となる場合がある。

【 0 0 1 8 】

図 4 に比較器 1 3 の入力電圧の揺らぎを模式的に示す。図 4 ( a ) は積算電圧  $V_1$ 、図 4 ( b ) は入力電圧  $V_2$  を示す。図 4 ( c ) は、比較器 1 3 の出力が低出力電圧と高出力電圧を繰り返す様子を示す。

【 0 0 1 9 】

図 4 に示すように、積算電圧  $V_1$  の平均値は入力電圧  $V_2$  の平均値よりも小さいため比較器 1 3 の出力は高出力電圧となるが、 $V_1$  と  $V_2$  の揺らぎによって低電圧出力となる区間が存在する。

【 0 0 2 0 】

比較信号をモニタした時に比較信号が変化した場合には、判定積算ステップ S 2 に遷移する。

【 0 0 2 1 】

図 5 に判定積算ステップ S 2 の処理フローを示す。判定積算ステップ S 2 へ遷移後、所定の比較信号モニタ回数と間隔で比較信号の電圧状態を観測（ステップ S 2 1 を含む S 2 2 の NO のループ）し、低出力電圧であったモニタ回数を記憶する。高出力電圧であったモニタ回数を所定の比較信号モニタ回数で割った割合が、予め設定した割合（0.5 が望ましい）より低い場合（ステップ S 2 3 の割合低）は、積算（ステップ S 2 4）を実施した後再度比較信号の電圧状態を観測する。低出力電圧であったモニタ回数を所定の比較信号モニタ回数で割った割合が、予め設定した割合より高い場合（ステップ S 2 3 の割合高）は、判定積算ステップを終了し積算回数を送信する。図 6 に積算と比較信号モニタのタイミングの例を示す。通常積算ステップ S 1 では積算 1 回に対し比較信号モニタが 1 回となるが、判定積算ステップ S 2 では積算 1 回に対し複数回比較信号モニタを実施する。複数回比較信号モニタは、比較信号モニタを所定の回数  $N_m$  回繰り返し、比較信号が低出力電圧であった回数を所定の回数  $N_m$  で除した確率  $P_L$  を求める。確率  $P_L$  は、比較信号の状態の確率を表すので状態確率と称しても良い。

【 0 0 2 2 】

揺らぎがある場合での比較器 1 3 の出力が低出力電圧となる確率を計算し、 $V_1 = V_2$  となる積算回数（以下では等価状態積算回数と記述する）を導出する方法について以下で説明する。

【 0 0 2 3 】

積算回路 1 2 に起因する揺らぎの標準偏差を  $\sigma_i$  とし積算電圧を  $V_o$  とすると  $V_1$  の確率分布  $P_{V1}(v)$  は以下の式で表される。

【 0 0 2 4 】

【数 1】

$$P_{V1}(v) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_i} \exp\left[-\frac{(v-V_o)^2}{2\sigma_i^2}\right] \quad (1)$$

【 0 0 2 5 】

サンプルホールド部 1 1 を構成する回路に起因する揺らぎの標準偏差を  $\sigma_s$  とし入力電圧を  $V_i$  とすると  $V_2$  の確率分布  $P_{V2}(v)$  は以下の式で表される。

【 0 0 2 6 】

【数 2】

$$P_{V2}(v) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_s} \exp\left[-\frac{(v-V_i)^2}{2\sigma_s^2}\right] \quad (2)$$

10

20

30

40

50

【 0 0 2 7 】

$V_2$  が  $V_x$  の時に  $V_1 < V_x$  となる確率  $P_{1x}(V_x)$  は以下の式で表される。

【 0 0 2 8 】

【数 3】

$$P_{1x}(V_x) = \int_{-\infty}^{V_x} P_{v1}(v) dv = \frac{1}{2} \left\{ 1 + \operatorname{erf} \left( \frac{V_x - V_0}{\sqrt{2}\sigma_i} \right) \right\} \quad (3)$$

【 0 0 2 9 】

式 (3) で  $\operatorname{erf}()$  は誤差関数を表す。比較器 13 の出力が低出力電圧となる確率分布は  $V_2$  の確率分布と式 (3) の積となるため、比較器 13 の出力が低出力電圧となる確率  $P_L$  は  $V_2$  を全領域で積分した以下の式となる。

10

【 0 0 3 0 】

【数 4】

$$P_L = \int_{-\infty}^{\infty} P_{v2}(V_x) P_{1x}(V_x) dV_x$$

$$= \frac{1}{2} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_s} \exp \left[ -\frac{(V_x - V_i)^2}{2\sigma_s^2} \right] \left\{ 1 + \operatorname{erf} \left( \frac{V_x - V_0}{\sqrt{2}\sigma_i} \right) \right\} dV_x \quad (4)$$

【 0 0 3 1 】

20

図 7 に式 (4) の数値計算例を示す。 $V_0 = V_i$  の時すなわち  $V_1 = V_2$  の時に比較器 13 の出力が低出力電圧となる確率  $P_L$  は 0.5 となる。したがって、 $P_L$  が 0.5 となる積算回数が等価状態積算回数となる。

【 0 0 3 2 】

積算回数は整数であり離散的に増加するため、 $P_L$  が厳密に 0.5 となることは稀である。このため、 $P_L$  が 0.5 以下になった時の積算回数及びその時の低出力電圧となる確率  $P_{L1}$  と、この積算回数から 1 引いた積算回数及びその時の低出力電圧となる確率  $P_{L0}$  を用いて線形補間して確率  $P_L$  が 0.5 になる積算回数である等価状態積算回数を導出する。

【 0 0 3 3 】

また、図 7 で  $P_L = 0$  は比較器 13 の出力が高出力電圧となる発生確率を表す。図 7 から  $V_0$  が  $V_i$  より低くても高出力電圧となる場合もあれば、 $V_0$  が  $V_i$  より高くなるとはじめて比較器 13 の出力が高出力電圧となる場合もあることが分かる。このため比較器 13 の出力が変化した時を求める積算回数とした場合では、積算 1 回以上の誤差を生じる場合がある。

30

【 0 0 3 4 】

本実施形態では、比較器 13 の出力の変化を検出した後、複数回比較器出力をモニタし比較器 13 の出力の状態の割合から  $V_0 = V_i$  に相当する  $P_L = 0.5$  となる等価状態積算回数を求めるため、比較器 13 の出力の変化をモニタするのみの場合と比較して  $V_0 = V_i$  に近い積算回数を得られる。したがって、本実施形態によれば内部の電圧の揺らぎの影響を抑制して変換誤差を低減させることができる。

40

【 0 0 3 5 】

なお、上記の説明では、比較信号が低電圧出力になる回数を用いて確率  $P_L$  を計算したが、比較信号が高出力電圧になる回数を用いて確率  $P_L$  を求めても良い。

【符号の説明】

【 0 0 3 6 】

10 : 積算変換部

11 : サンプルホールド部

12 : 積算回路

13 : 比較器

20 : 積算比較判定部

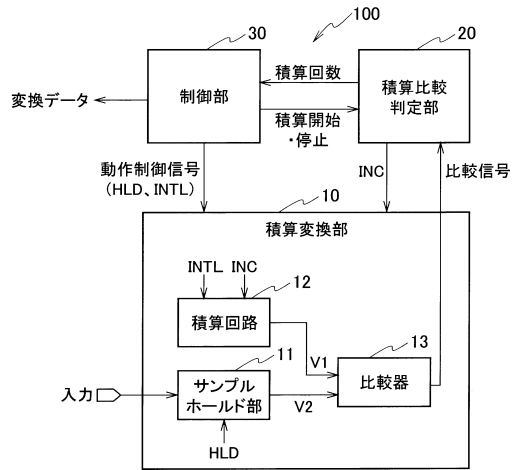
50

30 : 制御部

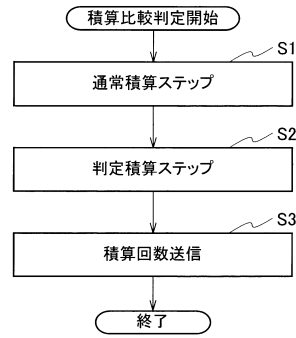
100 : A/Dコンバータ

【図面】

【図1】



【図2】



10

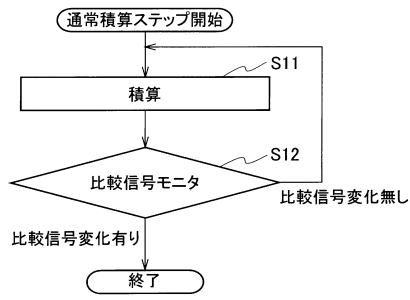
20

30

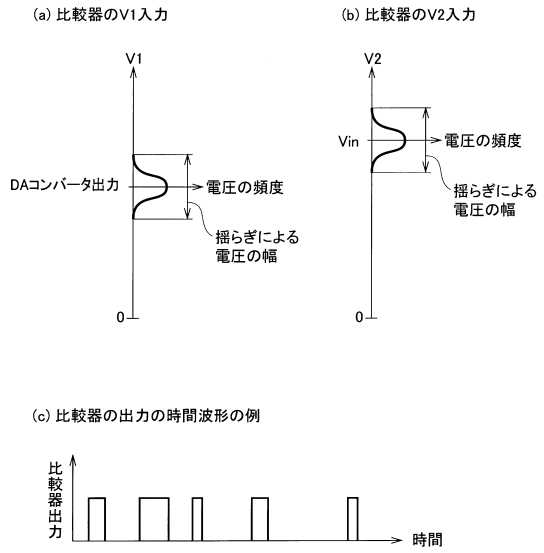
40

50

【 図 3 】



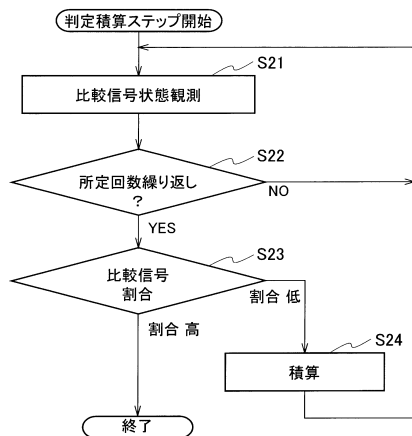
【 図 4 】



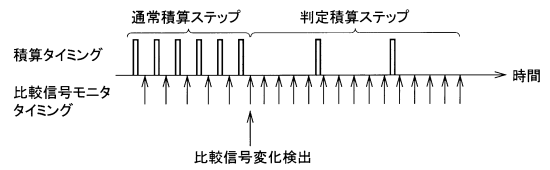
10

20

【 図 5 】



【 図 6 】

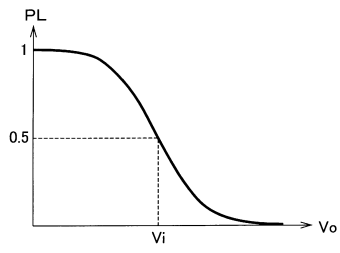


30

40

50

【 7 】



10

20

30

40

50

---

フロントページの続き

- (56)参考文献 独国特許出願公開第03825884 (DE, A1)  
特開2016-213531 (JP, A)  
特開昭58-031618 (JP, A)  
米国特許出願公開第2018/0198460 (US, A1)  
特開2006-222782 (JP, A)  
米国特許出願公開第2013/0293402 (US, A1)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)  
H03M 1/00 - 1/88