

# 誤り許容符号を用いた デペンダブルA/D変換器の構成法

7B-7

川村恭也      松原隆      古賀義亮  
防衛大学校 情報工学教室

## 1 はじめに

フラッシュ型のA/D変換器は、 $n$ ビットの2進コードに変換するのに $2^n - 1$ 個のコンパレータを必要とするため、個々のコンパレータの特性のばらつき等が起因して変換誤差を生じる場合がある。実際に高周波入力の際に、コンパレータ出力が変化点付近で伝播遅延等によりまだらになる場合が多い。また、内部素子の故障の影響を受ける場合もある。これらのA/D変換器の機能に損失を与える原因をフォールトと称することにする。もし、A/D変換器内部のフォールトが2進コードの上位のビットに影響を与える場合には、入力したアナログ値から大きくかけ離れた変換誤差が生じることになる。

コンパレータ又はA/D変換器内部の回路素子等のフォールトに対して、変換誤差を許容範囲に抑えるための誤り検出・訂正回路を構成する方法については、既に文献で紹介されている[1][2][3]。本報告では、誤り許容符号の特性を用いることにより同様の目的のA/D変換器を構成する方法を提案する。

誤り許容符号は、既に文献等で紹介されており、一般に距離を持つ情報空間の符号化について、情報の誤りがある程度許される場合に定義される符号である[4]。コンパレータ出力の変化点にばらつきが生じた場合等に、コンパレータ出力を誤り許容符号に変換することにより適切な出力に補正することができる。

ここでは、コンパレータ7つで構成されるフラッシュ型A/D変換器を例に考えることにする。

## 2 デペンダブルA/D変換器

表1(1)に示すように、各コンパレータは、基準電圧とアナログ値とを比較し、アナログ値の方が大きければ1を出力するため、コンパレータ全体の出力は、アナログ値に応じてある変化点を境界に1と0とに分かれる。この温度計に似たコンパレータ出力は、サーモメータ符号と呼ばれる。また、コンパレータにフォールトが生じた場合、表1(2)に示すようにまだらな出力になる。

本研究では、問題を単純にし、A/D変換器内部の単一フォールトの発生のみを考える。

表1 コンパレータ出力の例

(1) 正しい出力	00001111
	00011111
(2) エラー出力	00101111
	01010111

表2 サーモメータ符号と誤り許容符号との対応

入力	サーモメータ符号	誤り許容符号	代理
0	00000000	0000	
1	00000001	0001	0010
2	00000011	0011	0101
3	00001111	0111	1011
4	00011111	1111	0110
5	00111111	1110	1101
6	01111111	1100	1010
7	11111111	1000	

表2にサーモメータ符号と誤り許容符号との対応を示す。A/D変換器にアナログ値が入力されると、入力は各コンパレータによりサーモメータ符号に変換される。サーモメータ符号は、図1の回路により誤り許容符号に変換され、誤り許容符号がA/D変換器の出力となる。表2で示した代理とは、誤り許容符号の適当な符号語に許容誤差範囲内で近似できる非符号語の

A Dependable A/D Converter  
Using Error-Tolerating Code  
Kyoya Kawamura, Takashi Matsubara  
and Yoshiaki Koga  
Department of Computer Science  
National Defense Academy  
1-10-20 Hashirimizu, Yokosuka 239, Japan

ことである。この誤り許容符号を用いると、A/D変換器がフォールトに対しても許容範囲内の変換誤差で動作するようになる。すなわち、A/D変換器のコンパレータのフォールト、他の内部素子のフォールト等に対して桁違いの誤差の発生を避けることができる。

次に、いくつかの例を挙げながら考えることにする。

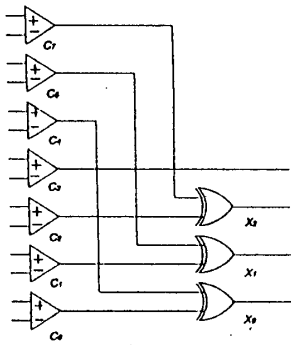


図1 デペンダブルA/D変換器の一例

表3 コンパレータのフォールトによる出力

サーモメータ符号	正常時	フォールト時
	0000111	0010111
変換出力	0111	0110
代理	-	1111

表3に、コンパレータ  $C_4$  のフォールトによるA/D変換器の出力の例を示す。フォールトが生じた場合のサーモメータ符号は、右から5桁目のコンパレータのフォールトのため、0010111となる。この場合のA/D変換器の出力は0110となり、正しい誤り許容符号は1110か0111と推定できるが、出力結果のみからはどちらが正しいか判断できない。もし1110が正しいと判断した場合、フォールトがない場合の正しい誤り許容符号は0111であるので、両符号語間の距離は2量子になる。これを避けるために、近似符号語として1111を選定すれば、正しい符号語にはならないが、常に1量子以内の誤差とすることができる。このとき0110は1111の代理であるといい、近似符号語を1111とすることができる

表4 内部素子のフォールトによる出力

サーモメータ符号	正常時	フォールト時
	0000111	0000111
変換結果	0111	0110
代理	-	1111

表4に、内部素子  $X_0$  のフォールトによるA/D変換器の出力の例を示す。サーモメータ符号は正しいが、 $X_0$ にフォールトが発生しているため、A/D変換器の

出力は0110となる。このとき、0110の代理は1111であり近似符号語として用いることができる。

表5 内部素子のフォールトによる

変換器出力が符号語になる例

サーモメータ符号	正常時	フォールト時
	0000111	0100111
変換結果	0111	0011

表5に、内部にフォールトが発生した場合でもA/D変換器出力が符号語になる例を示す。サーモメータ符号は、左から2桁目のフォールトのため0100111となり、A/D変換器の出力は0011になる。フォールトがない場合の正しい符号語は0111であるが、0011は誤り許容符号の符号語でもあり、出力結果のみからは正誤の判定はできない。しかし、この場合のようにフォールトが生じても変換出力が誤り許容符号の符号語であれば、変換誤差は1量子であるので近似符号語として値をそのまま用いることができる。

このように、サーモメータ符号を誤り許容符号に変換することにより、A/D変換器内部にフォールトが生じた場合でも、出力が符号語又は代理であれば、その値を適切な近似値として用いることができる。ここでは、コンパレータ、内部素子、回路の断線・短絡等の単一フォールトつに限定したが、いずれの場合においても変換誤差を一量子化以内に抑えることができ、大きな変換誤差が生じることはない方式を考えている。

### 3 むすび

本報告では、誤り許容符号を用いることによりA/D変換器の変換誤差を最小限に抑える方法を示した。現段階では誤り許容符号が4桁の場合のみ考えているが、今後はより大きな規模へと拡張を考えている。

### 参考文献

- [1] 松沢 昭 「高速A/Dコンバータの現状と将来予測」 信学技法 ICD91-84, pp21-27, 1991.
- [2] 岩田 穆 「A/D、D/A変換器の技術動向」 信学技法 ICD89-112, pp-8, 1989.
- [3] T.Matsubara, K.Kawamura and Y.Koga, "On a Realization of Fault-Tolerant A/D Converter", PRFITS'93, pp195-197, Dec. 1993.
- [4] T.Matsubara, Y.Koga, "A Proposal for Error-Tolerant codes", FTCS-23, pp130-136, Jun 1993.