

スイッチドキャパシタデータ変換器に関する研究

メタデータ	言語: ja 出版者: 静岡大学大学院電子科学研究科 公開日: 2008-04-18 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 近藤, 一之 メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/10297/1755

氏名・（本籍）	近 藤 一 之（三重県）
学位の種類	工 学 博 士
学位記番号	工博乙第 30 号
学位授与の日付	平成 2 年 11 月 27 日
学位授与の要件	学位規則第 5 条第 2 項該当
学位論文題目	スイッチドキャパシタデータ変換器に関する研究

論文審査委員	（委員長）		
	教授 柿 元 章		
	教授 池 田 弘 明	教授 水 品 静 夫	
	教授 助 川 徳 三	教授 渡 辺 健 蔵	

論 文 内 容 の 要 旨

アナログ／デジタル（A／D）変換器及びセンサの信号処理をするデータ変換器は計測制御の分野を始めとして我々の身近な領域においてもなくてはならない存在である。またスイッチドキャパシタ回路はスイッチとキャパシタを用いて等価抵抗を実現する回路であり、その基本動作はキャパシタに蓄えられる電荷をスイッチの開閉でデジタル制御することである。つまり回路自体が元来アナログ・デジタル混成回路である。従って、モノリシック IC 化 A／D 変換器を構築するのに最適な回路である。本研究はスイッチドキャパシタ回路を用いて計測分野の A／D 変換器を開発することを目的としている。第 1 章は序論であり、こうした研究の背景、従来の研究、研究の目的、論文の概要が記されている。

第 2 章では、本研究で試作した回路の基本構成要素であるスイッチドキャパシタアナログ演算回路について概説している。

第 3 章では、浮動小数点型 A／D 変換法が提案されている。その動作原理は二重積分型 A／D 変換法を基礎とするものである。まずアナログ電圧に比例した電荷が積分用キャパシタに蓄積され、次に量子化単位電荷がキャパシタの電荷をゼロにするまで引き出される。分解能を上げるために、電荷蓄積回数がアナログ電圧の大きさに応じて 2 のべき乗回に変化する。従って、電荷蓄積回数と引き出し回数がそれぞれ、浮動小数点形式のデジタル出力の指数部と仮数部に相当する。仮数部 10 ビット、指数部 $2\frac{1}{2}$ ビットの試作器が個別部品で作られ、動作原理が実証された。

第 4 章では、電荷平衡型変換法とシングルスロープ積分型変換法を組み合わせ、変換速度を向上させた。変換原理は N ビットの分解能中、上位 M ビットを電荷平衡型変換し、残り N-M ビットをシン

グルスロープ積分型変換で求める方式である。変換速度は従来の方式では 2^N クロックサイクルを要していたのに対し、 $2^M + 2^{N-M}$ クロックサイクルとなる。また、両変換方式の回路構成は共通な部分が多く、必要となるチップ面積はほとんど増加しない。誤差解析が行われ、MOSIC化した場合、12ビットの精度が期待される。試作器により変換原理と精度が実証された。

第5章では、スイッチドキャパシタ循環型A/D変換器が提案されている。これは少ない部品点数で実現でき、低コストの変換器となる。個別部品を用いて分解能10ビット、変換速度0.2msの変換器を試作し、変換原理を実証した。更にキャパシタンスの不整合、クロック信号のフィードスルーの変換精度への影響が計算された。これによりMOSIC化した場合、キャパシタンスの不整合を0.05%に抑えれば10ビット以上の精度が得られることが明らかになった。

第6章では既製のA/D変換器の精度向上法が提案されている。その方法は、1LSBに相当する振幅を持つ三角波をアナログ入力電圧に重畳させ、三角波の1周期にわたりm回サンプリングし、その平均値を求める方式である。32回のサンプリングで精度が4ビット向上した。

第7章では、容量型変化型センサの信号を処理するためのデータ変換器として、循環型A/D変換器を用いる方法、浮動小数点型A/D変換器を用いる方法の二つが述べられている。循環型データ変換器の動作原理は、まずセンサ容量に比例した電圧をサンプルし、次にこれを循環型A/D変換する方式である。個別部品で作られた試作器は分解能9ビット、測定時間0.2msで誤差0.7%以内であった。またこの回路の応用として湿度センサの信号処理を行った。相対湿度20~90%で測定が行われ、容量値の誤差は0.2%以内となった。

また浮動小数点型A/D変換器を用い、広いダイナミックレンジを持つ、センサ信号処理のためのデータ変換器が考案された。回路は積分器、比較器、デジタル制御回路より構成されている。積分器はまずセンサの容量をそれに比例した電荷の形でサンプルする。次に量子化された単位電荷が積分器出力をゼロとするまで引き出される。サンプルする回数がセンサの容量値に応じて2のべき乗回に変化し、デジタル出力は浮動小数点形式で得られ、ダイナミックレンジが広がる。個別部品で作られた試作器は80dBの測定範囲にわたり誤差1%以内となった。湿度センサの信号処理が試作器を用いて行われた。相対湿度20~90%で測定され、容量値の誤差は0.4%以内となった。

第8章は結論であり、本研究を総括している。

以上、第3章から第7章で提案したデータ変換器に共通する特長は

- (1) いずれも回路構成が簡単であり、MOSIC化した場合小さなチップ面積で実現できる。特にセンサ信号処理回路への応用についてはセンサの製造工程と共通な部分が多く、1チップのセンサー体形のデータ変換器が期待できる。
- (2) またオペアンプのオフセット電圧と有限な開放利得、浮遊容量に影響を受けず、従って高い精度が期待できる。

などが上げられる。本研究で得られた成果は直接あるいは間接に計測制御の分野において利用されるであろう。