ЛИТЕРАТУРА

1. *Овчинников И.Е.* Теория вентильных электрических двигателей. - Л.: Наука, 1985. - 164 с.
2. *Чиликин М.Г.* Теория автоматизированного электропривода. - М.: Энергия, 1979. - 616 с.
3. *Чмшкян С.Е., Мероян Е.А.* Экспериментальная "линеаризация в области" многомерного нелинейного объекта //Вопросы повышения эффективности систем управления технологическими процессами : Сб. статей /АРМТЕГ - Ереван, 1991. - С. 80- 81.

НИИЭлектромаш 28.II.1992

Изв. НАН и ГИУ Армении (сер. ТН), т. XLVIII, №1, 1995, с. 32-36.

УДК 681.325.6

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА

С.О. МКРТЧЯН, Т.П. АЛТУНЯН

МЕТОД МОДЕЛИРОВАНИЯ АНАЛОГО-ЦИФРОВОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ НА ЭВМ

Առաջարկված է ԷՀՄ-ի միջոցով անալոգա-թվային կերպափոխման մոդելավորման մեթոդ, որն արագագործության և պահանջվող հիշողության ծավալի տեսանկյունից ավելի արդյունավետ է, քան հայտնի մեթոդները:

Описывается метод моделирования на ЭВМ аналого-цифрового преобразования, который более эффективен, чем известные методы, с точки зрения быстродействия и требуемого объема памяти ЭВМ.

Ил. 1. Библиогр.: 3 назв.

A method for analog-digital conversion simulation on an electronic computer is described, which is more effective than the well-known methods as to computer speed and its required storage size.

Ill. 1. Ref. 3.

При моделировании электронных схем, содержащих аналого-цифровые преобразователи (АЦП), с помощью ЭВМ возникает задача локального моделирования на ЭВМ самого процесса аналого-цифрового преобразования (А/Ц-преобразования). Математическую модель А/Ц-преобразования можно вывести на основе известных электронных схем параллельных АЦП [1-3]. Недостатком известных методов является применение громоздких программ описания схем АЦП и пакетов-анализаторов, что чрезмерно нагружает ОЗУ ЭВМ и не позволяет работать в реальном масштабе времени.

Цель настоящей работы - разработка более эффективного метода моделирования А/Ц- преобразования на ЭВМ.

Пусть на аналоговый вход АЦП подан аналоговый уровень А, вследствие чего на его n-разрядном выходе формируется цифровой двоичный код $<a_0, a_1, a_2, ..., a_i, ..., a_{n-1}>$, где $\forall_i$, $a_i \in \{0,1\}$, $i=\overline{0, n-1}$

a_i - состояние i-го выходного разряда АЦП. Формально-математическое описание функционирования любого АЦП задается очевидным соотношением

$$A = \sum_{i=0}^{n-1} a_i 2^i, \quad A \in N, \tag{1}$$

которое, по существу, является обычным разложением целого десятичного числа A в цифровой двоичный код $< a_0,\ a_1, \ldots,\ a_{n-1} >$. Причем каждому целому десятичному числу A по (1) однозначно соответствует один и только один цифровой двоичный набор $< a_0,\ a_1, \ldots\ a_{n-1} >$. Однако соотношение (1) не является математической моделью А/Ц-преобразования, так как не позволяет определить выходной цифровой двоичный код $< a_0,\ a_1, \ldots,\ a_{n-1} >$ АЦП по заданной аналоговой величине A. Для того, чтобы однозначно определить набор $< a_0, a_1, \ldots, a_{n-1} >$ по заданной A, удовлетворяющей условию (1), необходимо определить множество $\{a_i,\ i = \overline{0,\ n-1}\}$ из (1) путем следующих преобразований. Запишем (1) в следующем виде:

$$A = \sum_{i=0}^{n-2} a_i 2^i + a_{n-1} 2^{n-1}\ , \tag{2}$$

которое имеет место при $n \geq 1$, и разделим обе части (2) на 2^{n-1}, т.е.

$$\frac{A}{2^{n-1}} = \sum_{i=0}^{n-2} a_i 2^{i-n+1} + a_{n-1}\ . \tag{3}$$

Для первого члена правой части выражения (3) справедлива следующая оценка:

$$\sum_{i=0}^{n-2} a_i 2^{i-n+1} \leq \sum_{i=0}^{n-2} 2^{i-n+1} = 1 - 2^{1-n} < 1\ . \tag{4}$$

Запишем соотношение (3) в целых частях, применяя при этом функцию $int(\cdot)$ выделения целой части своего аргумента в виде

$$int\left(\frac{A}{2^{n-1}}\right) = int\left(\sum_{i=0}^{n-2} a_i 2^{i-n+1} + a_{n-1}\right). \tag{5}$$

Из оценки (4) следует тождество

$$int\left(\sum_{i=0}^{n-2} a_i 2^{i-n+1} + a_{n-1}\right) \equiv int(a_{n-1}) \equiv a_n - 1\ . \tag{6}$$

С учетом (6) из (5) получаем

$$a_{n-1} = int\left(\frac{A}{2^{n-1}}\right). \tag{7}$$

Через некоторое число аналогичных преобразований достигнем величины a_0. Тогда на основе (7) можно записать обобщенное соотношение для определения $\{a_j,\ \ i = \overline{0,\ n-1}\}$ в виде

$$a_j = int\left(\frac{A}{2^j} - \sum_{i=j+1}^{n-1} a_i 2^{i-j}\right), \quad j = \overline{n-1, 0}\ . \tag{8}$$

Запись $j=\overline{n-1,0}$ означает, что j от начального значения $j=n-1$ уменьшается с шагом 1, пока не достигает конечного значения $j=0$. Выражение (8) позволяет определить все a_j при изменении j от $n-1$ до 0 с шагом уменьшения 1 для заранее заданного значения A.

Для того, чтобы пользоваться выражением (8), необходимо заранее иметь значение n. Следовательно, значение n для выражения (8) следует определить, исходя из значения A, до того как будет применена формула (8). Поскольку $A \le 2^n - 1$, то

$$n \ge \frac{ln(A+1)}{ln(2)}. \tag{9}$$

Так как $n \in N$, то минимальное значение n, удовлетворяющее условию (9), можно определить в виде

$$n = \begin{cases} \dfrac{ln(A+1)}{ln(2)}, & if\ \dfrac{ln(A+1)}{ln(2)} \in N, \\ 1+int\left(\dfrac{ln(A+1)}{ln2}\right), & if\ \dfrac{ln(A+1)}{ln(2)} \notin N. \end{cases} \tag{10}$$

Благодаря определению n по (10) значение n всегда равно ближайшему верхнему целому числу значения $ln(A+1)/ln(2)$. Однако легко заметить, что соотношение (10) непригодно для программирования на ЭВМ.

Таким образом, возникает задача преобразования соотношения (10) в форму, пригодную для программирования на ЭВМ. Для этого введем переменную ξ в следующем виде:

$$\xi = \frac{ln(A+1)}{ln(2)} - int\left(\frac{ln(A+1)}{ln(2)}\right) \tag{11}$$

и рассмотрим свойства этого выражения. Если $ln(A+1)/ln(2) \in N$, то $int\{ln(A+1)/ln(2)\} = ln(A+1)/ln(2)$, следовательно, $\xi = 0$. Если же $ln(A+1)/ln(2) \notin N$, то всегда $int\{ln(A+1)/ln(2)\} < ln(A+1)/ln2$, и, следовательно, $\xi > 0$. Получается, что

$$\frac{ln(A+1)}{ln(2)} \in N \Rightarrow \xi = 0, \qquad \frac{ln(A+1)}{ln(2)} \notin N \Rightarrow \xi > 0. \tag{12}$$

Тогда соотношение (10) можно записать в виде

$$n = int\left(\frac{ln(A+1)}{ln(2)}\right) + sgn(\xi), \tag{13}$$

где функция $sgn(\cdot)$ есть обычная знакопеременная функция вида

$$sgn(x) = \begin{cases} 1, & if\ x > 0, \\ 0, & if\ x = 0, \\ -1, & if\ x < 0. \end{cases} \tag{14}$$

Подстановка (11) в (13) дает

$$n = int\left(\frac{ln(A+1)}{ln(2)}\right) + \operatorname{sgn}\left\{\frac{ln(A+1)}{ln(2)} - int\frac{ln(A+1)}{ln(2)}\right\} \tag{15}$$

Это и есть искомая преобразованная форма соотношения (10). Она позволяет определить значение n для любого заранее заданного A. Кроме того, выражение (15) очень удобно для программирования на ЭВМ, так как функции $int(\cdot)$, $sgn(\cdot)$ и $ln(\cdot)$ имеются в составе библиотечных функций любого алгоритмического языка высокого уровня.

На основе выражений (8) и (15) составим схему алгоритма для эффективного определения всех членов множества $\{a_i,\ i=\overline{0,\ n-1}\}$ по заданному значению A $(A \in N)$. Предварительно введем следующие обозначения:

$$S_j = \sum_{i=j+1}^{n-1} a_i 2^{i-j}, \tag{16}$$

$$P = \frac{ln(A+1)}{ln(2)}. \tag{17}$$

Из (16) следует, что $S_{n-1} = 0$ и справедливо рекуррентное соотношение

$$S_j = 2(S_{j+1} + a_{j+1}). \tag{18}$$

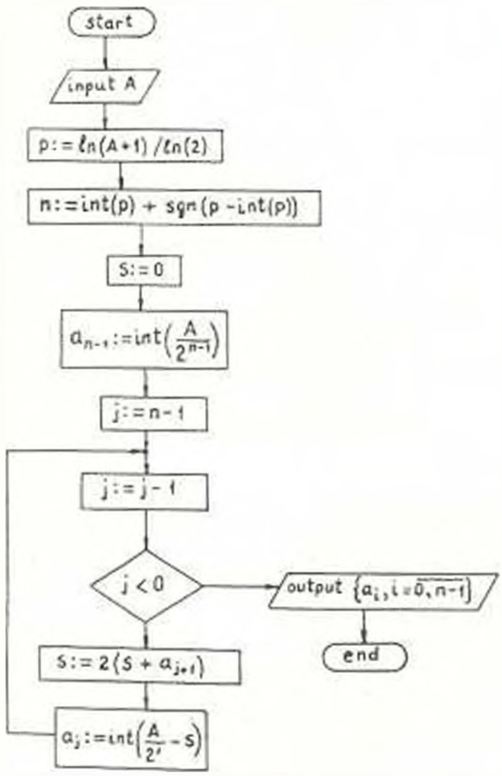

Рис. Схема алгоритма программы А/Ц-преобразования на ЭВМ

С учетом обозначений (16) и (17) выражения (8) и (15) запишутся в виде

$$a_j = int\left(\frac{A}{2^j} - S_j\right), \quad j = \overline{n-1,0}, \tag{19}$$

$$n = int(P) + sgn(P - int(P)) \,. \tag{20}$$

Схема алгоритма, реализующая вычисление коэффициентов $\{a_i, \ i=\overline{0,\ n-1}\}$ ряда (1) по заданной A, представлена на рисунке. За ее основу положены выражения (17)-(20), и предлагаемый алгоритм определения $\{a_i, \ i=\overline{0,\ n-1}\}$ по заданной A имеет всего лишь n циклов обращений к подциклическим соотношениям. Этим и обусловлена высокая скорость работы алгоритма.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Федорков Б.Г., Телец В.А.* Микросхемы ЦАП и АЦП: Функционирование, параметры, применение. - М.: Энергоатомиздат, 1990. - 320 с.
2. *Коломбет Е.А.* Микроэлектронные средства обработки аналоговых сигналов. - М.: Радио и связь, 1991. - 376 с.
3. *Марцинкявичус А.К.* Быстродействующие АЦП и ЦАП для обработки широкополосных сигналов//Электронная промышленность. - 1986. - Вып. 10. - С. 5-8.

ГИУА 20.IX.1993

Изв. НАН и ГИУ Армении (сер. ТН), т. XLVIII, №1, 1995, с. 36-40.

УДК 621.391.1

РАДИОЭЛЕКТРОНИКА

Б.Г. ГЕМИЛЯН, Л.М. ТАТИКЯН

К ВОПРОСУ ПРИМЕНЕНИЯ АНАЛОГОВЫХ ФИЛЬТРОВ ЧЕБЫШЕВА И БАТТЕРВОРТА ПРИ ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКЕ СИГНАЛОВ

Նախկինում առաջարկված մեթոդիկային համապատասխան բերված են հաշվարկային բանաձևեր հաճախականությունների շերտում նմանակային ազդանշանների թվային մշակման ոչ գծային աղավաղումների գնահատման համար: Անցկացված են աղավաղումների հաշվարկները Չեբիշևի և Բաթերվորտի նմանակային ֆիլտրերի դեպքերի համար և նրանց համեմատումը:

В соответствии с предложенной ранее методикой приведены расчетные формулы для оценивания нелинейных искажений при цифровой обработке аналоговых сигналов в полосе частот. Проведены расчеты искажений для случаев чебышевских и баттервортовских аналоговых фильтров. Дается их сравнение.

Ил. 3. Библиогр. 3 назв.

In accordance with the early proposed technique the design formulae are given for evaluating non-linear distortions during digital treatment of analog signals in a frequency