

ИЗМЕРИТЕЛЬ УРОВНЯ ЗЕРНА

В. А. Хананов

*Гомельский государственный технический университет
имени П. О. Сухого, Беларусь*

Научные руководители: В. А. Карпов, А. В. Ковалев

В качестве измерителя уровня наиболее удобно использовать емкостные датчики уровня. В настоящее время область применения емкостных датчиков очень обширна. Их используют в качестве датчиков контроля максимального и минимального уровня (жидкостей и сыпучих материалов) при наполнении емкостей; для измерения уровня наполнения емкостей в линиях розлива; для обнаружения металлических и неметаллических объектов, их подсчета и замера промежутков между ними (например, на движущемся конвейере); в качестве датчиков перемещения; для измерения влажности и т. д. Во всех вышеперечисленных случаях емкость датчика является функцией от измеряемой неэлектрической величины.

В связи с широким распространением доступной микропроцессорной техники (дешевых однокристалльных микроконтроллеров) сигналы с датчиков наиболее выгодно обрабатывать в цифровом виде. Поэтому на сегодняшний день является актуальной проблема точного преобразования емкости в цифровой код.

В настоящее время к таким преобразователям предъявляются требования работы на частоте до 100 Гц с точностью до 16 разрядов в пределе от 50-1500 пФ и имеющий низкую стоимость. Поведем анализ различных методов достижения вышеперечисленных требований.

Преобразование емкости в цифровой код осуществляют следующим способом: сначала на выходе измерительной схемы получают напряжение, пропорциональное емкости, а потом это напряжение с помощью АЦП преобразуется в цифровой код.

Перечислим ниже наиболее широко распространенные способы преобразования емкости в напряжения.

Генераторный метод предполагает установку измеряемой емкости в качестве времязадающей для мультивибратора, и, используя второй мультивибратор с опорной емкостью, получают разностные импульсы, среднее напряжение которых пропорционально емкости. Недостатком такого способа является его небольшая точность.

Метод, использующий мостовые схемы, также имеет свои недостатки. Мостовая схема требует генератора синусоидального напряжения, поэтому на точность преобразования влияет непостоянство амплитуды выходного напряжения генератора синусоидального напряжения; вдобавок для преобразования переменного выходного сигнала в постоянное напряжение используются выпрямители, которые могут привести к дополнительным погрешностям. Также имеют место токи утечки через пара-

зитные емкости между выводами детектора нуля и землей. Устранение этих недостатков влечет дополнительное усложнение устройства.

Третий способ предполагает зарядку емкости прецизионным источником тока в течение определенного времени, а затем измерение напряжения на конденсаторе. Недостатком являются повышенные требования к АЦП (очень высокое входное сопротивление).

Наиболее оптимальным способом преобразования емкости в напряжение будет использование зарядового усилителя (рис. 1).

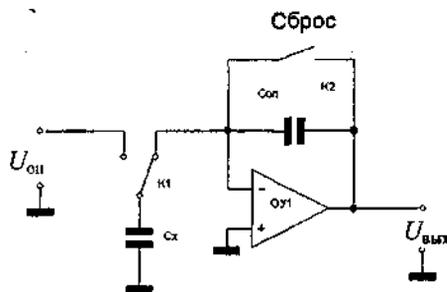


Рис. 1. Схема зарядового усилителя

Емкость C_x определяется следующим образом:

$$C_x = \frac{U_{\text{вых}} \cdot C_{\text{оп}}}{U_{\text{оп}} \cdot N}, \quad (1)$$

где N - количество выборок перед сбросом.

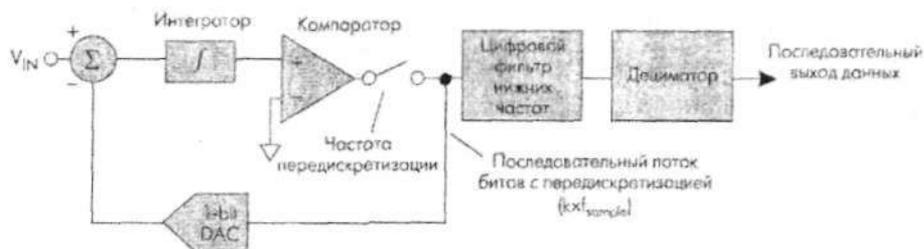
Недостатком таких преобразователей является сквозное прохождение сигнала тактовой частоты, а именно наличие некоторого выходного сигнала (с напряжением приблизительно от 10 до 25 мВ) с частотой тактового колебания.

Требования, предъявляемые к АЦП: разрядность - 16 бит, частота дискретизации 100 Гц. По этим требованиям подходят интегрирующие АЦП, сигма-дельта АЦП и АЦП последовательных приближений. Недостатком первых является низкая частота дискретизации, а последних - их низкая помехоустойчивость.

Несмотря на все многообразие способов преобразования емкость-напряжение-код, все они имеют существенный недостаток: снижение точности из-за суммирования ошибок преобразователя емкости и АЦП.

В целях повышения точности было принято решение поместить измерительную схему непосредственно в АЦП. Без лишних затрат это можно будет сделать в интегрирующих АЦП, так как в интегрирующих цепях уже применяются конденсаторы. Заменяв известную опорную емкость на неизвестную C_x и подключив к ней опорное напряжение, фактически будем измерять время переходного процесса пропорциональное неизвестной емкости. Для повышения точности можно заменить интегратор зарядовым усилителем.

Недостатком интегрирующего АЦП является низкая частота дискретизации. Для увеличения частоты этот же принцип следует использовать в сигма дельта АЦП.

Рис. 2. Структурная схема $\Sigma\Delta$ -АЦП

Если в сигма дельта АЦП поставить интегратор на переключающихся конденсаторах, где одним из конденсаторов будет датчик, и на этот датчик подавать известное напряжение, то ЕД модулятор будет выдавать код пропорциональный неизвестной емкости датчика. Таким образом, данные преобразователи имеют все преимущества ЕД-АЦП, не должны требовать настройки и могут производиться в виде единой интегральной микросхемы. Стоимость одного такого преобразователя будет равна стоимости ЕД-АЦП.

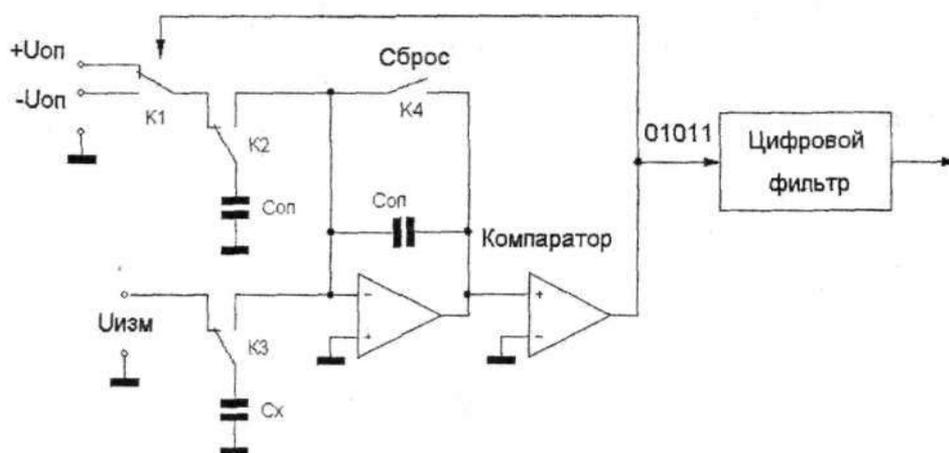


Рис. 3. Схема преобразователя емкость-цифровой код на основе сигма дельта АЦП

В процессе патентного поиска было определено, что такой метод уже используется фирмой Analog Devices в измерителях емкости AD7746.

Вывод: в процессе работы был определен принципиальный метод создания дешевых прецизионных преобразователей емкости в цифровой код на основе сигма дельта модулятора. Данные преобразователи имеют разрядность 16 бит при частоте дискретизации до 100 Гц, не требуют предварительной настройки и могут производиться в виде одной интегральной микросхемы.

Литература

1. Сайт Analog Devices [Электронный ресурс]. - 2009. - Режим доступа: <http://www.analog.com/>. - Дата доступа 06.03.2009.
2. Гауси, М. Активные фильтры с переключаемыми конденсаторами / М. Гауси. - Москва : Радио и связь, 1986.