

УДК 621.391.26 (075): 621.372.542 (575.2) (04)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМПЬЮТЕРОВ ДЛЯ РЕГИСТРАЦИИ РАЗЛИЧНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ

Ю.П. Маханьков – ст. преподаватель,

А.Г. Головкин – преподаватель,

А.А. Аюкасов – студент

In the clause questions of switchboards construction for expansion of quantity of analog signals input channels to audio devices of a computer are considered.

В статье рассмотрена возможность регистрации различных электрических сигналов с применением штатных устройств, входящих в состав компьютеров. К таким устройствам можно отнести всевозможные АЦП как вставляемые в слоты общих шин, так и интегрированные в состав материнской платы компьютера. Выделенные АЦП обладают, как правило, лучшими характеристиками в сравнении с интегрированными, но при этом их цена часто достигает стоимости самого компьютера. Поэтому использование более дешевых, к тому же уже установленных в компьютер, АЦП может оказаться весьма актуальной задачей.

Большой интерес представляют такие характеристики АЦП, как количество аналоговых каналов, подключаемых ко входу, уровень входного сигнала, разрядность оцифрованной выборки сигнала, частота получения выборок по каждому из каналов.

Количества каналов часто не хватает для практической реализации проводимых исследований. Так, звуковая карта обеспечивает оцифровку только двух каналов, а такое устройство, как энцефалограф, служащий для контроля электрических потенциалов коры головного мозга, имеет на своем выходе порядка 30 точек контроля. Возникает необходимость увеличения количества входов АЦП. Эта задача

решается поочередной подачей на один АЦП сигналов от нескольких источников с использованием коммутатора аналоговых сигналов.

Согласно теореме Котельникова [1], для восстановления сигнала по его точечным значениям во времени промежутков между соседними выборками должен быть не больше, чем: $\Delta t = 1/2F$; F – верхняя частота спектра регистрируемого сигнала. Отсюда нетрудно определить, какое количество каналов можно коммутировать на один вход АЦП, исходя из спектрального представления регистрируемых сигналов: $n = F_{АЦП} / 2F$; $F_{АЦП}$ – частота дискретизации АЦП.

Так, для случая энцефалографа полоса регистрируемых частот лежит в пределах до 50 Гц, а АЦП звуковой карты имеет частоту дискретизации до 48 кГц. Отсюда нетрудно определить, что количество каналов при этих условиях может быть увеличено за счет установки коммутатора до $n=480$, что перекрывает возникающие потребности.

Таким образом, возникает необходимость разработки электронного коммутатора, обеспечивающего последовательную коммутацию нескольких сигналов на один вход АЦП. При этом желательно, чтобы это было автономное устройство, имеющее минимальное количество соединений с компьютером.

В качестве таких коммутаторов могут использоваться мультиплексоры, построенные на КМОП-ключках и допускающие коммутацию аналоговых сигналов. Помимо разработки коммутатора, необходимо решить вопрос определения принадлежности выборок преобразуемого сигнала конкретному каналу, т.е. синхронизации. Задачу синхронизации можно решать несколькими путями. Прежде всего это непосредственная выдача управляющего сигнала через последовательный или параллельный порты ввода-вывода, что приведет к увеличению количества разъемных соединений.

Можно поступить иным способом (см. рис. 1) – если учитывать, что необходимо обеспечить коммутацию 30 каналов на 2 аудио-входа и то, что большинство мультиплексоров выполнены кратными 8 входам, т.е. потребуется в аппаратном исполнении 32 канала, то появляется возможность две позиции при коммутации использовать для передачи синхронизирующего напряжения. Для формирования такого напряжения достаточным условием может быть то, что два напряжения, поступающие на различные АЦП аудио-каналов, удовлетворяют условию, что их сумма стремится к 0, а величина их максимально допустимая как в положительную, так и в отрицательную стороны.

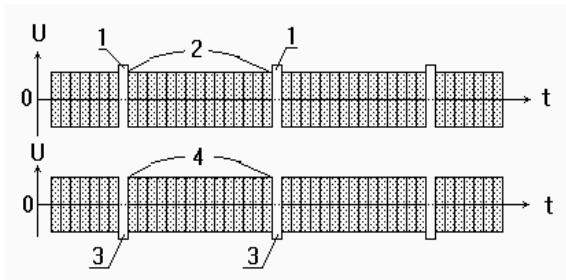


Рис. 1.

На рис. 1: 1 – синхронизирующие импульсы по одному входу, 3 – по второму входу аудио-канала, 2 и 4 – соответственно по 15 уплотненных по времени каналов по этим входам. Подобный подход позволяет программным путем устанавливать реперные точки во времени, относительно которых будет производиться отсчет регистрируемых каналов при

условии, что на время длительности реперной точки и время коммутации одного канала приходится одинаковое число отсчетов со стороны АЦП (рис. 7). Дополнительно коррекцию разделения каналов можно проводить, исходя из разности между соседними выборками, так как в пределах одного канала эта разница будет минимальной.

Возможно иное решение этой задачи, основанное на том, что динамический диапазон аудио-каналов лежит в пределах 12–16 бит. Но для вывода на экран дисплея необходимо 1200 точек по вертикали, или всего около 10 бит. Таким образом, для представления получаемой информации на экране дисплея потребуется разрешающая способность АЦП по крайней мере в 4 раза ниже, чем есть на самом деле, это при условии, что информация будет представлена на всю высоту экрана, а если на эту высоту будет выводиться несколько каналов параллельно, как это происходит на реальном энцефалографе, то на каждый из каналов потребуется $1024/8=128$ точек по вертикали, т.е. всего 7 бит. В подобной ситуации можно разбить динамический диапазон на $2^5=32$ ($12-7=5$) интервала по амплитуде и присвоить каждому каналу свой интервал напряжений. Это позволит обходиться без системы синхронизации, так как значение напряжения однозначно указывает, к какому каналу относится данная выборка.

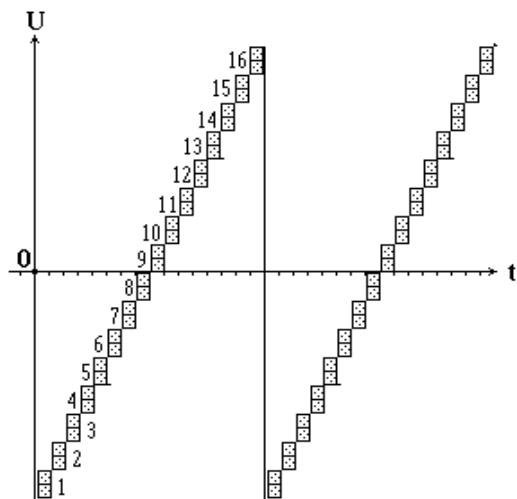


Рис. 2.

Однако в этом случае точность по каждому из каналов будет определяться 128 уровнями, расположенными в младших разрядах, что может оказаться недостаточным. Учитывая наличие двух аудио-входов, можно разбить динамический диапазон на 16 позиций (см. рис. 2), что увеличит точность в два раза.

В этом случае можно рассматривать сигнал, поступающий на входы аудио-каналов, как некоторые множества непересекающихся значений как по амплитуде, так и по времени, но периодически повторяющихся. Но обязательно ли, чтобы эти множества не пересекались по амплитуде? Учитывая, что постоянная составляющая в каждом из каналов отсутствует, можно проводить периодические выборки с разнесением по каналам без присвоения им номера канала, а затем определять, к какому каналу принадлежит та или иная выборка, пользуясь преобразованием Фурье для нулевой гармоники, т.е. постоянного напряжения:

$$u_n = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^{j=m} u_j.$$

где m – количество отсчетов за время регистрации сигналов.

При этом необходимо различные уровни постоянной составляющей подмешивать к сигналу каждого из каналов (рис. 3).

Использование такого подхода позволяет расширить динамический диапазон регистрируемых сигналов, доведя его до 2^{10} . Для этого решения недостатком является невозможность точно определить количество отсчетов, приходящихся на одну выборку.

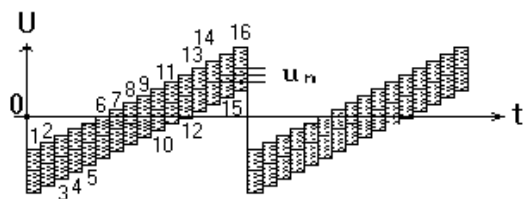


Рис. 3.

Из рис. 3 видно, что множества значений, принадлежащих 1-му и 16-му каналам, не пересекаются между собой по амплитуде. Можно расположить каналы таким образом, что в соседних по времени каналах пересечений по

амплитуде не будет (рис. 4). Такая упаковка каналов во времени позволяет четко отделять множество значений одного канала от другого, используя различие в значениях сигналов в соседних по времени выборках.

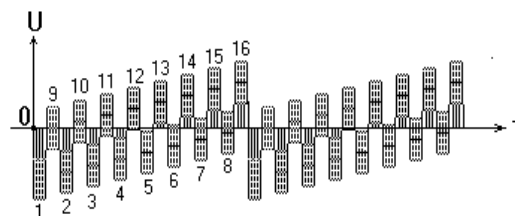


Рис. 4.

При такой реализации каждая последующая позиция легко определяется путем дифференцирования, при цифровой обработке достаточно определять разницу между соседними значениями. Начало отсчета при этом соответствует максимальному значению дифференциала. Подобный подход позволяет производить программным путем разделение упакованных для одного аудио-входа 16 каналов без использования синхронизации. Этот процесс наглядно представлен на рис. 5.

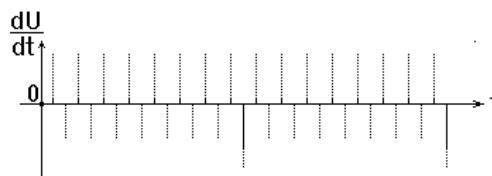


Рис. 5.

На оцифровку одной точки канала приходится до 30 отсчетов со стороны АЦП. С целью сокращения количества записываемой информации и увеличения точности получаемых результатов имеет смысл производить запись среднего значения всего ансамбля из этих отсчетов:

$$U = \frac{1}{n} \sum_{m=1}^{m=n} U_m.$$

Техническая часть может быть выполнена по блок-схеме, приведенной на рис. 6.

Сигнал с тактового генератора поступает на счетчик импульсов, на выходе которого формируется четырехразрядный код для управления 16-канальными аналоговыми комму-

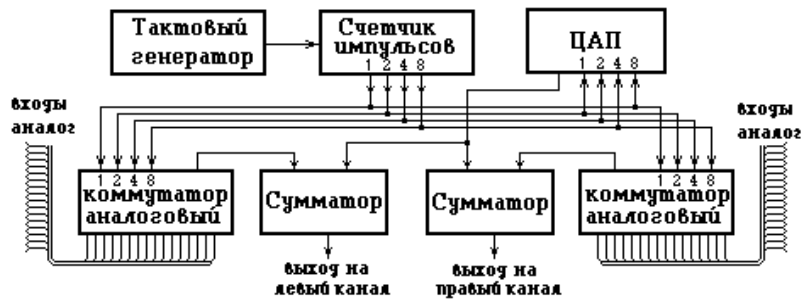


Рис. 6.

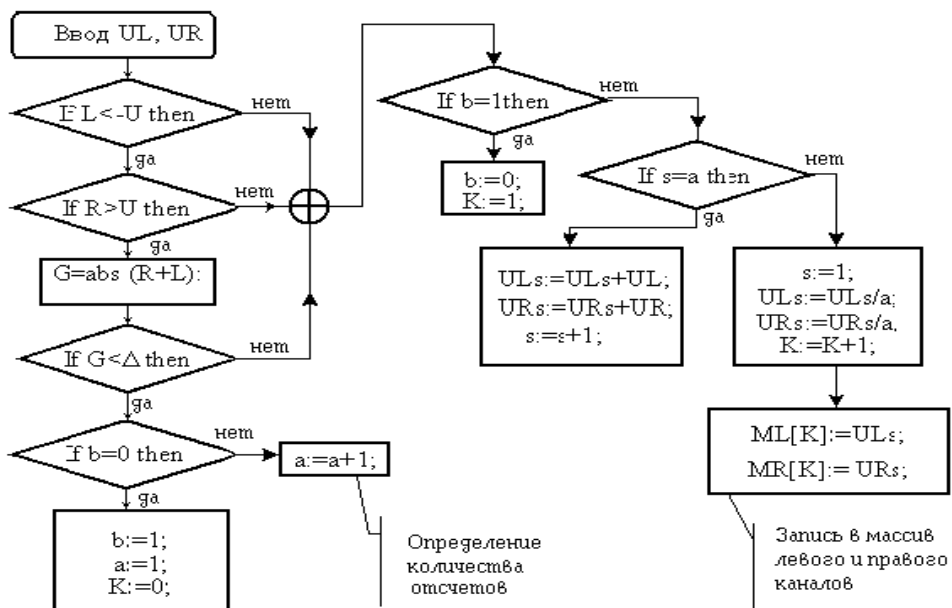


Рис. 7.

таторами. На входы коммутаторов подаются сигналы с датчиков. Выходные сигналы коммутаторов суммируются с напряжением, формируемым цифро-аналоговым преобразователем в соответствии с тем же управляющим кодом. В результате аналоговый сигнал в каждом канале получает свое определенное приращение, позволяющее разделять каналы при последующей обработке информации. По приведенной блок-схеме можно производить регистрацию сигналов и для предыдущих случаев, путем изменения порядка подачи разрядов

двоичного кода на ЦАП и изменения амплитуды с его выхода.

Блок-схема программы для выделения сигналов синхронизации, определения количества отсчетов, приходящихся на одну выборку, определения номера регистрируемого канала, вычисления среднего значения одной выборки и записи в массив, для случая, изображенного на рис. 1, приведена на рис. 7.

В данном случае производится ввод значений напряжений правого и левого аудио-каналов. Если напряжение на входе левого ка-

нала меньше заданной величины, а напряжение на входе правого канала больше заданной величины, то значения этих напряжений складываются между собой. Если полученное значение суммы будет меньше заданной маленькой величины, то тогда производится увеличение количества отсчетов на единицу. В случае несоблюдения одного из этих условий производится переключение на вычисление среднего значе-

ния по нескольким отсчетам и места в массиве, принадлежащего регистрируемому каналу.

Литература

1. [http // media.karelia.ru/~keip/circuit/](http://media.karelia.ru/~keip/circuit/) Теория сигналов и цепей.
2. *Давыдов А.В.* Цифровая обработка сигналов // Тематические лекции. – Екатеринбург, 2005.