

УДК 004.351

УСТРОЙСТВО ВВОДА АНАЛОГОВЫХ СИГНАЛОВ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ АЛГОРИТМОВ ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ В СИСТЕМЕ MATLAB

*Ткаченко С.В., Гусев Б.С., Краснокутский В.А.
Донецкий национальный технический университет*

Рассмотрены вопросы построения устройства для оцифровки аналогового сигнала и ввода его цифрового значения в систему моделирования MatLab. Предлагается аппаратный комплекс, позволяющий напрямую работать с исследуемым сигналом в реальном времени. Использование сигнала с реального устройства позволит разрабатывать алгоритмы, которые будут учитывать технические характеристики элементов предварительной обработки.

Введение

В настоящее время большое внимание уделяется цифровой обработке сигналов. Подавляющее большинство современных устройств имеют в своем составе алгоритмы для обработки цифровых сигналов. Практически любой принятый сигнал с внешнего объекта, проходит через определенную стадию обработки, которая проводится над его числовым представлением. Реальный сигнал содержит помехи и побочную информацию. В результате возникает задача выделения полезного сигнала. Для этой цели широко используются цифровые методы обработки сигналов. Большой интерес для разработчиков алгоритмов обработки сигналов представляет собой система моделирования MatLab. Она предоставляет мощные средства для цифровой обработки и анализа, а также позволяет непосредственно работать с сигналом в режиме реального времени. Анализ данных, полученный с устройства сопряжения с MatLab, позволит не только отладить алгоритм на реальном сигнале, но и наладить принимающее оборудование и дать рекомендации по техническим характеристикам электронных компонентов.

Общая постановка проблемы

При разработке устройства, которое принимает сигналы с внешних датчиков, необходимо разрабатывать алгоритмы цифровой обработки данного сигнала. Для разработки алгоритмов наилучшим образом подходит система MatLab. Данная среда позволяет эффективно разрабатывать и отлаживать алгоритмы цифровой обработки сигналов. Система использует одноименный язык программирования MatLab, который работает с матрицами и массивами, с распределенными потоками данных, функциями, особенностями объектно-ориентированного программирования и системой ввода-вывода. Она позволит работать с математической моделью входного сигнала и производить с ними различные действия. Кроме того, MatLab может непосредственно работать с реальным сигналом, который можно ввести с последовательного порта [1]. В работе рассматриваются вопросы построения устройства ввода и обработки аналогового сигнала в системе MatLab.

Предлагаемое решение

Предлагается устройство ввода аналоговых сигналов, состоящее с двух частей: цифровой части и аналоговой.

Цифровая часть представляет собой микроконтроллер с аналогово-цифровым преобразователем. Микроконтроллер обеспечивает измерение аналогового сигнала и передачу данных в персональный компьютер с последующей обработкой в системе MatLab.

Связь с персональным компьютером может осуществляться по двум каналам: проводному и беспроводному. Современные компьютеры не содержат интерфейс RS-232, с которым работает MatLab. Поэтому проводная связь осуществляется с использованием интерфейса USB. Для непосредственной связи с MatLab через интерфейс USB использует драйвер эмулирующий работу RS-232.

Беспроводной канал использует интерфейс Bluetooth с подключением к компьютеру через USB. Драйвер устройства также поддерживает эмуляцию протокола RS-232.

Аналоговая часть представляет собой усилители и нормализаторы сигналов, ориентированные на конкретное применение. Так как, внешние объекты генерируют сигналы с различными амплитудными и частотными характеристиками, то аналоговая часть берет на себя нормализацию входного сигнала к требованиям компонентов микроконтроллера. Структура устройства изображена на рис. 1.

В качестве микроконтроллера используется xmega128A1[2]. Серия микроконтроллеров A1 предназначена специально для обработки сигналов. В данный микроконтроллер встроены два новых 12-ти битных аналогово-цифровых преобразователя которые позволят делать 2 Msps выборки. Микроконтроллер имеет 78 программируемых линий I/O, чего будет достаточно для подключения внешнего аналогово-цифрового преобразователя. Это будет актуально, в случае если встроенный аналого-цифровой преобразователь не будет удовлетворять необходимым требованиям. Также в состав микроконтроллера входит 6-ть модулей USART, что используются для передачи данных.

Устройство сопряжения для проводного канала реализовано на микроконтроллере AT32UC3B1256. Он будет реализовывать стек протоколов USB с поддержкой интерфейса передачи данных RS-232.

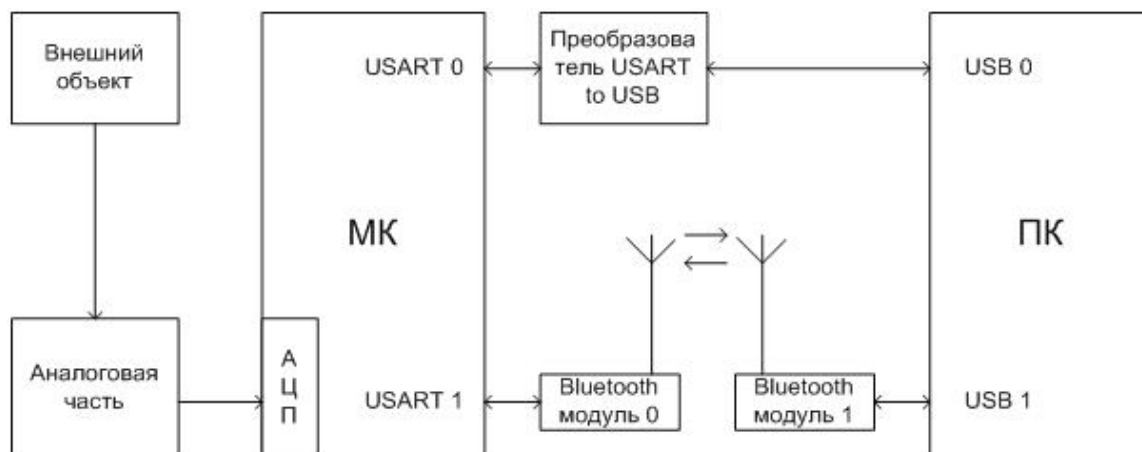


Рисунок 1. Структурная схема устройства

Реализации беспроводного канала использует модуль BTM-112.

Для обоих устройств сопряжений, на стороне компьютера, устанавливается соответствующее программное обеспечение, которое будет эмулировать последовательный интерфейс в компьютере.

Программная часть реализует ввод конечного числа значений, и их вывод. Установка соединения и синхронизация осуществляются следующим образом. С программы MatLab посылается строка запроса «!» к контролеру, который в свою очередь пересылает её обратно, чем подтверждает готовность и начинает передавать поток данных. Ввод двоичных данных осуществляется оператором fscanf(s), вывод соответственно fprintf(s, '!'). Ввод данных осуществляется в синхронном режиме, пока все данные не будут введены, выполнение других операторов будет невозможно. После ввода двоичных данных MatLab выдаст в контроллер строку завершения приема данных “@” и сможет обработать полученные данные. Пример простейшей программы, которая показывает механизм работы, приведен ниже:

```
s = serial('COM1');
set(s, 'BaudRate', 115200);
fopen(s);
fprintf(s, '!');
out = fscanf(s);
out1 = fread(s, 256, 'int16');
fprintf(s, '@');
n = 0:1:59;
d = out1*2.5/4095-1.25;
plot(n, d(1:60));           % из массива d выбираются элементы с 1 по 60
axis ([0 30 -2 2])         % управление масштабом графика
fclose(s);
delete(s);
```

Одним из вариантов аналоговой части является типичная схема для одноканального электрокардиографа [3]. Структурная схема изображена на рис. 2.

В схеме приведено традиционное для подобных систем решение на основе инструментального и операционного усилителя вход, которого подключен к правой ноге пациента.

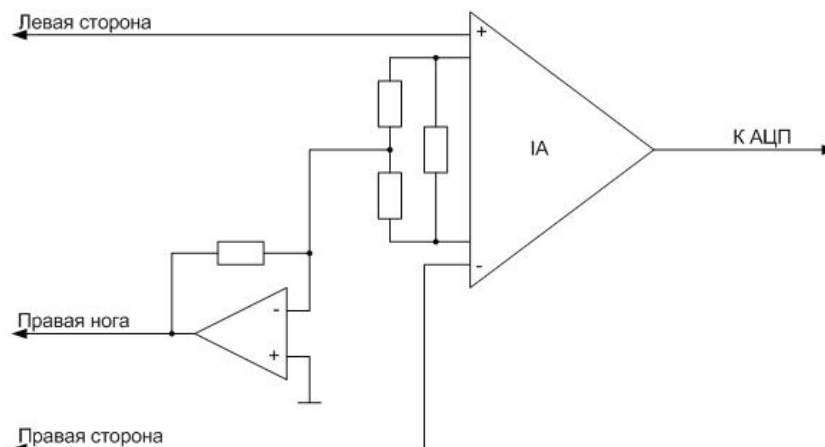


Рисунок 2. Типичная схема усилителя одноканального электрокардиографа

Фильтрация сигнала

Рассмотрим пример сигнала зашумленного помехой, т.е.

$$y[n] = x[n] + e[n], \quad (1)$$

где $y[n]$ – сигнал, $x[n]$ – полезный сигнал и $e[n]$ – помеха. Если известны свойства помехи, влияющие на сигнал, то возможно эффективно подобрать параметры цифрового фильтра которые ее устранят. Входными параметрами для алгоритма цифрового фильтра является сигнал $y[n]$, который измерен в дискретные моменты времени $n = 1, 2, 3 \dots, N$. Он содержит информацию о полезном сигнале $x[n]$ зашумленном помехой $e[n]$. Для иллюстрации возьмем два гармонических сигнала $z1[n] = \sin(2\pi \cdot f_1 \cdot n)$ и $z2[n] = 0,4\sin(2\pi \cdot f_2 \cdot n)$ с частотами $f1=1$ Гц и $f2=50$ Гц. На рис. 3 показан фрагменты сигналов $z1$, $z2$ и $z1+z2$ с $N = 5000$ отсчетов при частоте дискретизации 1000 Гц.

На рис. 4 изображен отфильтрованный сигнал полосно-заграждающим фильтром Баттерворта 4-го порядка, с полосой заграждения от 45 до 55 Гц.

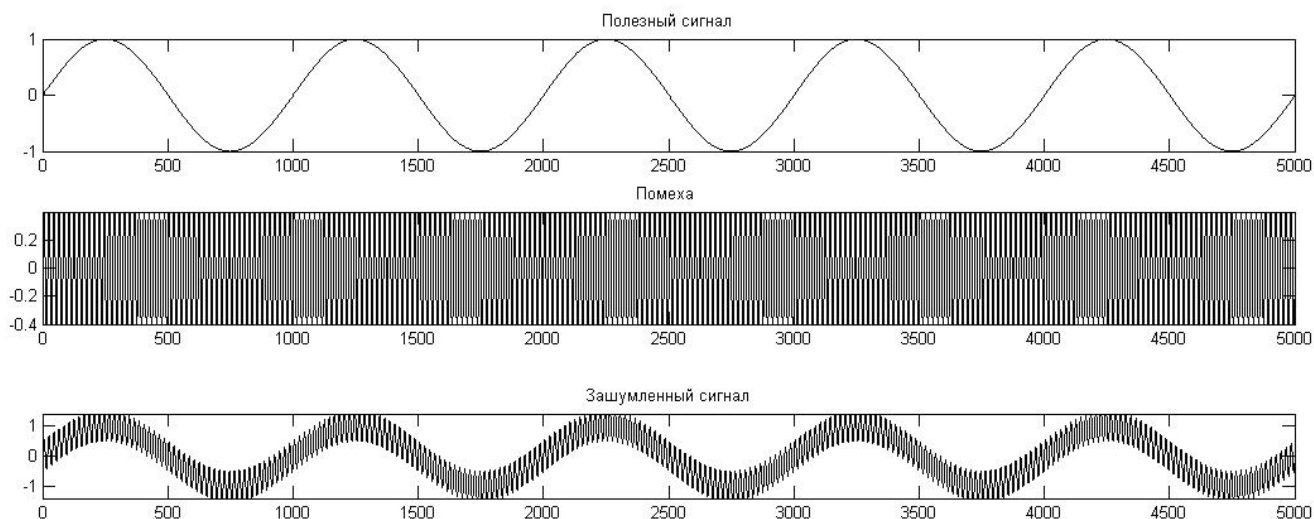


Рис.3. Входные сигналы

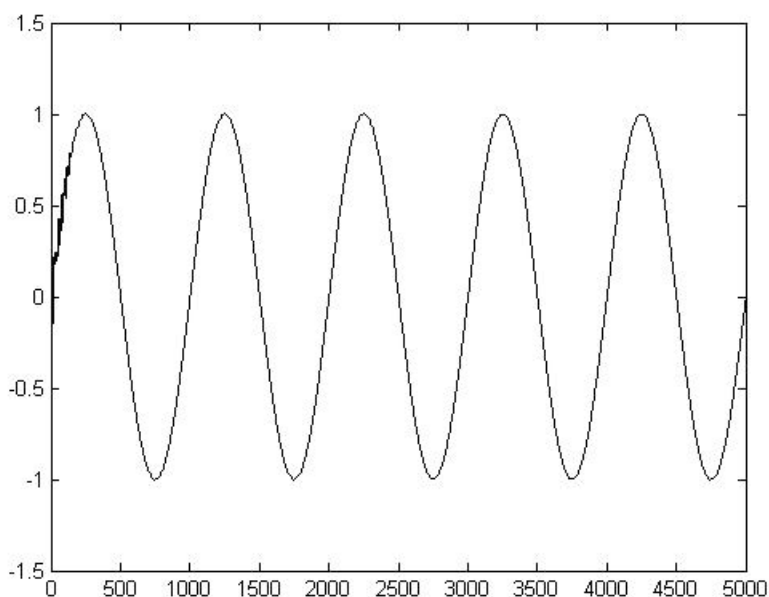


Рисунок 4. Типичная схема усилителя одноканального электрокардиографа

Результат фильтрации практически без потерь отражает собой полезный сигнал. Данного результата удалось достичь, потому что была априори известна входная функция и параметры помехи воздействующей на нее. Предложенное устройство поможет более точно подобрать параметры для будущих алгоритмов.

Выводы

Предлагаемое устройство позволяет эффективно разрабатывать алгоритмы цифровой обработки сигналов с учетом разрядной сетки аналого-цифрового преобразователя и тестировать их на различных форматах данных.

Список источников

- [1] Matlab Serial Port I/O [Electronic resource] / Интернет-ресурс.-Режим доступа: http://www.mathworks.com/help/techdoc/matlab_external/f38496.html
- [2] 8/16-bit XMEGA A1 Microcontroller [Electronic resource] / Интернет-ресурс.- Режим доступа: <http://www.atmel.com/Images/doc8067.pdf>
- [3] ECG Front-End Design is Simplified with MicroConverter [Electronic resource] / Интернет-ресурс. – Режим доступа: <http://www.analog.com/library/analogDialogue/archives/37-11/ecg.pdf>