

Медицинский ультразвуковой детектор воздуха

Сергей Шишкин (Нижегородская обл.)

В статье приведено подробное описание ультразвукового микроконтроллерного детектора воздуха, который может найти применение в медицинской технике. Дано теоретическое обоснование выбора ультразвукового метода для реализации данного устройства.

Принцип работы ультразвукового детектора воздуха основывается на фиксации изменения энергии ультразвуковой волны, проходящей через жидкость или газ, вследствие резких различий значений акустических сопротивлений этих сред. В преобразователях электрических колебаний высокой частоты в ультразвуковые, распространяющиеся в контролируемой среде между излучателем и приёмником, обычно используется пьезокерамика на основе цирконата-титаната свинца. Преобразователи выполняются в виде круглых пластин диаметром 6...30 мм, толщиной 1...2 мм, с резонансной частотой 0,5...2 МГц. Возбуждение и приём колебаний производится в непрерывном или импульсном режиме.

Ультразвуковые детекторы универсальны и работают с любыми жидкостями: оптически прозрачными и непрозрачными, вязкими и суспензиями взвешенных частиц, пожаро- и взрывоопасными; агрессивными; электропроводными и неэлектропроводными. Кроме того, у них отсутствуют механически движущиеся элементы и детали, что обеспечивает их надёжность и долговечность в процессе эксплуатации.

При работе ультразвуковых детекторов в импульсном режиме используется временная селекция сигналов от жидкости и возможных сигналов помех, например, от газа или металла. Это разделение возможно из-за различных скоростей распространения звука в этих средах: в жидкости – 1500 м/с; газе – 340 м/с, металле – 6000 м/с. Область анализа (расстояние между

излучающим и приёмным преобразователем устройства) обычно составляет 4...40 мм. Время распространения между излучателем и приёмником определяется областью анализа и средой, в которой сигнал распространяется. Если взять область анализа 20 мм, то для воды время распространения колебаний между излучателем и приёмником в детекторе будет равно 13 мкс. Поскольку сигнал помехи от газа распространяется до приёмного преобразователя в 5 раз дольше, легко можно разделить во времени сигнал от газа и сигнал от жидкости. Разделить во времени полезный сигнал и сигнал помехи от металла намного сложнее. При одинаковых путях распространения сигналов в жидкости и в металле последний придёт в четыре раза быстрее. Но так как длительность сигнала, распространяющегося в металле, гораздо больше длительности сигнала, распространяющегося в жидкости, для разделения сигналов целесообразно сделать путь распространения сигнала в металле в 6...10 раз большим области анализа. Например, если путь распространения в металле 180 мм, то время распространения 30 мкс. Возбуждение излучателя осуществляется короткими периодическими видеопульсами прямоугольной формы длительностью порядка 0,5...1 мкс с периодом 3...10 мс. Резонансная частота излучателя около 1 МГц.

Таким образом, ультразвуковой детектор должен состоять из двух частей: передающей и приёмной. Передающая часть включает в себя задающий генератор, который формирует периодические импуль-

сы с указанными выше параметрами, и выходной усилитель, нагрузкой которого является излучатель. Приёмная часть включает в себя входной усилитель, на вход которого поступают сигналы с приёмного акустического датчика, временной селектор и триггер. Временной селектор принимает сигнал с входного усилителя только в момент возможного прихода сигнала от жидкости; то есть открываются временные «ворота» (строб) на время, равное длительности прохождения сигнала от жидкости. Отсчёт времени в цикле обработки идёт по фронту импульса с задающего генератора. В начале цикла временной селектор сбрасывает триггер и при наличии полезного сигнала взводит его. При наличии жидкости между излучателем и приёмником выходной сигнал триггера имеет уровень «лог. 1», а при наличии воздуха – «лог. 0».

Применение микроконтроллера значительно упрощает построение ультразвукового детектора, существенно сокращая количество комплектующих в нём. Приёмная и передающая часть при этом размещаются на одной плате минимальных размеров.

Рассмотрим конкретный пример практической реализации ультразвукового детектора воздуха в приборах и аппаратах, предназначенных для проведения инфузий различных лекарственных препаратов (инфузатов), использующих кровопроводящие и инфузионные магистральи. При перемещении крови или инфузата возникает проблема контроля воздушных включений в крови или инфузате. Конструктивно в применяемых в медицине отечественных и зарубежных кровопроводящих и инфузионных магистральях предусмотрена ловушка воздуха. Контроль воздушных включений должен осуществляться посредством контроля крови или инфузата в вертикально расположенной ло-

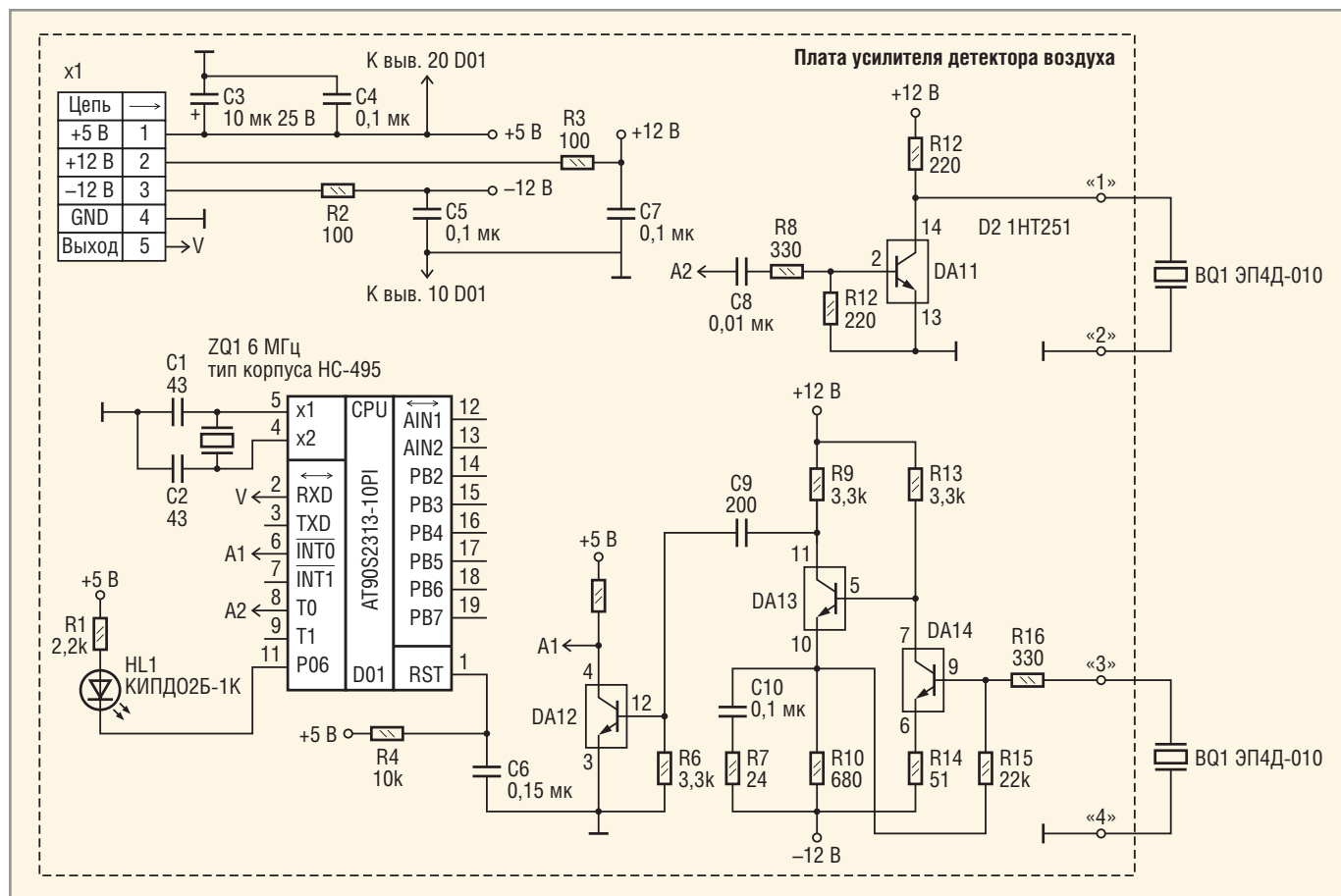


Рис. 1. Принципиальная схема детектора

вушке воздуха. Именно для этого в ловушке воздуха необходим детектор воздуха.

К медицинской технике предъявляются особые требования по электробезопасности. Необходимо учесть вероятность попадания на прибор жидкостей и обеспечить устойчивость его корпуса к многократной дезинфекции. Необходимо обеспечить быстрое действие, высокую вероятность обнаружения воздуха в жидкости и низкий уровень радиопомех. Кроме того, работа датчика не должна зависеть от прозрачности жидкости. При перемещении крови в ловушке воздуха в некоторых случаях происходит активное пенообразование, но датчик должен исключить любые ложные срабатывания.

Область анализа определяется диаметром ловушки воздуха. Разработанный детектор работает с одноразовыми полимерными магистральями, у которых внешний диаметр ловушки воздуха составляет 18...20 мм, толщина стенки до 1,5 мм. Основные технические характеристики ультразвукового детектора воздуха:

- Питающие напряжения.....+5, +12, -12 В
- Допустимые отклонения каждого питающего напряжения.....±5 %
- Размеры, не более91 × 70 × 47 мм
- Масса, не более250 г
- Выходной сигнал уровня ТТЛ
- жидкость – «лог. 1»; воздух – «лог. 0»
- Нагрузочная способность выхода20 мА
- Допустимое отклонение жидкости от контролируемого уровня, не более
-10 мм
- Диапазон рабочих температур
--10...+50°C
- Частота запускающих импульсов5 кГц
- Время непрерывной работы детектора
-не менее 12 ч

Принципиальная схема детектора приведена на рис. 1. Осциллограммы, поясняющие работу детектора, приведены на рис. 2. Детектор разработан на базе микроконтроллера семейства AVR AT90S2313-10PI фирмы Atmel. Микроконтроллер DD1 вырабатывает импульс длительностью 1 мкс, который с вывода 8 в виде «лог. 1» подаётся на вход усилителя, собранного на DA1.1 (см. рис. 2а). Этот импульс через цепь C8, R8 поступает на базу транзистора DA1.1. Усиленный сиг-

нал подаётся на излучатель BQ1 (рис. 2б).

Сигнал через время t2 (отсчёт времени идёт по фронту запускающего импульса) поступает на приёмник детектора BQ2 (см. рис. 2в). Время распространения между излучателем и приёмником t2, как уже вычислялось выше, составляет около 13 мкс.

С приёмника BQ2 сигнал поступает на вход двухкаскадного усилителя, собранного на DA1.3 и DA1.4. Положительные полуволны сигнала через фильтр C9, R6 поступают на базу DA1.2, а с его коллектора сигналы «лог. 0» поступают на вывод 6 микроконтроллера DD1 (рис. 2г). В микроконтроллере временной селектор организован программно следующим образом. В момент времени t2 микроконтроллер начинает анализировать состояние вывода 6 и при наличии уровня «лог. 0» устанавливает на выводе 2 сигнал уровня «лог. 1». Время t2 = 20 мкс задаётся программно. Отсчёт времени (начало каждого цикла) идёт по фронту запускающего импульса с вывода 8 микроконтроллера DD1. С момента времени t2

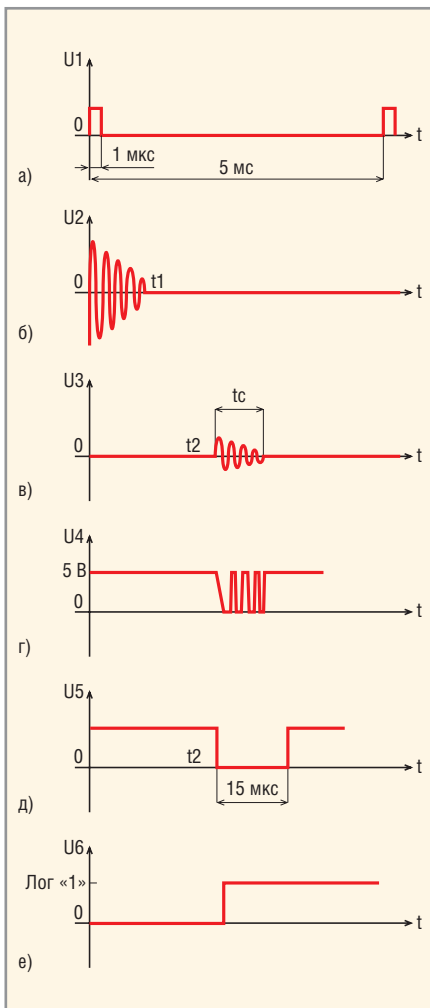


Рис. 2. Осциллограммы, поясняющие работу детектора

микроконтроллер анализирует состояние вывода 6 (ждёт «лог. 0») только 15 мкс. Именно микроконтроллер управляет временным стробом. Задержка $t_2 = 20$ мкс (рис. 2д) подобрана экспериментально с учётом сред, с которыми будет работать детектор. Длительность строба определяется длительностью принимаемого сигнала, приходящего с излучателя через рабочую среду на приёмник. Длительность принимаемого сигнала t_c (рис. 2в) может составлять 10...60 мкс и определяется рядом факторов: пьезоэлементами ВQ1, ВQ2, качеством склейки данных пьезоэлементов в стаканах приёмника и излучателя, центровкой, коэффициентом усиления транзисторов в транзисторной матрице, акустическим контактом стакана с корпусом ловушки воздуха и т.д.

В момент времени t_2 , перед тем как открыть строб, микроконтроллер устанавливает вывод 2 в «лог. 0». Таким образом, временные ворота

настроены только на полезный сигнал от жидкости. Если между излучателем и приёмником в области анализа есть жидкость, то в интервале времени $t_2..t_3$ на входе запроса прерывания INT0 (вывод 6 микроконтроллера) будет присутствовать уровень «лог. 0», тогда на выводе 2 микроконтроллера – «лог. 1» (рис. 2е) и индикатор HL1 будет включен. В противном случае индикатор HL1 детектора выключен. Время каждого цикла 35 мкс. Период следования запускающих импульсов (время между циклами) составляет 5 мс.

В детекторе использованы резисторы типа С2-33Н, но подойдут любые с допуском $\pm 5\%$. Конденсатор С3 типа К50-35 USL, остальные типа К10-176-Н90, С9 типа К10-17а-М47. Кварцевый резонатор ZQ1 имеет рабочую частоту 6 МГц, тип корпуса НС-49S. Индикатор HL1 типа КИПД02Б-1К красного цвета. Тип пьезоэлемента ЭПЧД-010. Чертеж детектора приведён в дополнительных материалах к статье на сайте журнала.

Правильно собранный детектор начинает работать сразу. В детекторе нет никаких настроек и регулировок. Проверку работоспособности детектора нужно проводить в следующей очередности:

- подать на детектор питающие напряжения;
- проконтролировать на контакте 5 соединителя X1 (сигнал «выход») детектора воздуха сигнал уровня «лог. 0», индикатор HL1 должен быть выключен;
- установить вертикально ловушку воздуха перфузионной магистрали в держатель ловушки воздуха детектора (метка на корпусе держателя ловушки воздуха должна быть на нижней поверхности), проконтролировать на контакте 5 соединителя X1 детектора воздуха сигнал уровня «лог. 0», индикатор HL1 должен быть выключен;
- заполнить ловушку воздуха водой до уровня риски на корпусе держателя ловушки воздуха, проконтролировать включение индикатора HL1, проконтролировать на контакте 5 соединителя X1 детектора воздуха сигнал уровня «лог. 1»;
- слить воду из ловушки так, чтобы уровень воды был на 10 мм ниже

уровня риски, проконтролировать выключение индикатора HL1, проконтролировать на контакте 5 соединителя X1 детектора воздуха сигнал уровня «лог. 0»;

- проверить реакцию детектора на пену (мыльный раствор). Для этого необходимо заполнить магистраль и ловушку воздуха пеной, индикатор HL1 должен быть выключен, проконтролировать на контакте 5 соединителя X1 детектора воздуха сигнал уровня «лог. 0».

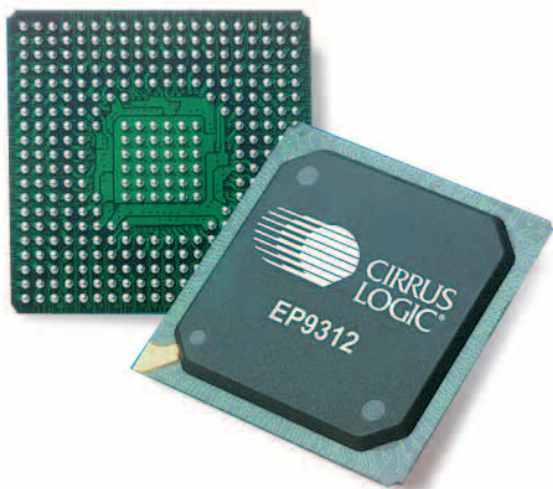
Коды программы в формате Intel HEX для микроконтроллера DD1 приведены на сайте журнала. Программа состоит из четырёх основных частей: процедуры инициализации, основной программы, работающей в замкнутом цикле, подпрограммы обработки прерывания от таймера T/C0, подпрограммы обработки прерывания по входу INT0 микроконтроллера DD1 (вывод 6), а также подпрограмм, реализующих временные задержки. Запрос прерывания по входу INT0 имеет приоритет по отношению к прерыванию от таймера T/C0. Период следования запускающих импульсов с вывода 8 микроконтроллера, длительностью 5 мс, реализован на таймере T/C1. Временная задержка 20 мкс и строб длительностью 15 мкс формируются регистром R20. В этот промежуток времени разрешается прерывание по входу INT0 микроконтроллера, и при наличии «лог. 0» на данном входе микроконтроллер выставляет на выводе 2 (сигнал «выход») и выводе 9 (включение индикатора HL1) «лог. 1». Следует отметить, что все временные интервалы и задержки, реализованные в программе, соответствуют частоте кварцевого резонатора 6 МГц.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бабиков О.И. Ультразвуковые приборы контроля. Л.: Машиностроение, Ленингр. отд., 1985.
2. Бродин В.Б., Шагури И.И. Микроконтроллеры. Архитектура, программирование, интерфейс. М.: ЭКОМ, 1999.
3. Пухальский Г.И., Новосельцева Т.Я. Проектирование дискретных устройств на интегральных микросхемах: Справочник. М.: Радио и связь, 1990.
4. Донской А.В., Келлер О.К., Кратыш Г.С. Ультразвуковые технологические установки. Л.: Энергия, 1982.



Процессоры с архитектурой ARM: Мобильные системы на кристалле



Процессор EP9312

Основные достоинства

- Высокая производительность
- Система на кристалле, требующая минимум внешних компонентов
- Большое количество интегрированных интерфейсов:
 - Ethernet интерфейс
 - интегрированный графический контроллер с поддержкой сенсорного экрана (до 1024×768 точек)
 - Контроллер IDE
 - Контроллер USB
 - Поддержка PCMCIA
- Минимальный ток потребления: идеальное решение для портативных устройств

ARM процессоры седьмой серии

Наименование	Ядро	Скорость (МГц)	Кэш	MMU	Контроллер DRAM	Встроенная SRAM (КБ)	LCD контроллер	DAI	Ethernet MAC	Температурный диапазон	Корпус
EP7309	ARM720T	74	8 КБ	+	-	48	+	+	-	Комм. / Индустр.	208 LQFP 256 PBGA 204 TFBGA
EP7311	ARM720T	90 и 74	8 КБ	+	SDRAM	48	+	-	-	Комм. / Индустр.	208 LQFP 256 PBGA 204 TFBGA
EP7312	ARM720T	90 и 74	8 КБ	+	SDRAM	48	+	+	-	Комм. / Индустр.	208 LQFP 256 PBGA 204 TFBGA

ARM процессоры девятой серии

Наименование	Скорость (МГц)	Ethernet MAC	Поддержка PCMCIA	Контроллер IDE	Портов USB	Контроллер дисплея	Графический контроллер	Сенсор. экр / АЦП	Корпус
EP9310	166	+	-	-	2	-	-	5 АЦП	208 TQFP
EP9302	200	+	-	-	2	-	-	5 АЦП	208 LQFP
EP9307	200	+	-	-	3	+	+	8-пров.	272 TFBGA
EP9312	200	+	-	2 канала	3	+	-	8-пров.	352 PBGA
EP9315	200	+	+	2 канала	3	+	+	8-пров.	352 PBGA

Реклама