

**КОМПЮТЪРНО БАЗИРАНА СИСТЕМА ЗА УЛТРАЗВУКОВА
ИДЕНТИФИКАЦИЯ НА ХРАНИТЕЛНИ ПРОДУКТИ****COMPUTER-BASED SYSTEM FOR ULTRASONIC
IDENTIFICATION OF FOODS****Райчо Иларионов**
ТУ-Габрово**Иван Симеонов**
ТУ-Габрово**Николай Шопов**
УХТ-Пловдив**Христо Килифарев**
ТУ-Габрово**Abstract**

In the paper is presented a scheme solution of a system for identification of foods. The system is intended for control of quality and harmlessness of foods and also for their identification. It is used ultrasonic non-contact method. The scheme solution is on the base of one chip microcontroller PIC16F84A. The identification is made with the help of personal computer and the data from the current measurements are discretized and transferred from digital oscilloscope. There are presented algorithms of the software for the microcontroller and the system principle of work is described in detail.

Keywords: ultrasonic, foods, identification, computer-based system, PIC16F84A.

ВЪВЕДЕНИЕ

Животът на всеки организъм е свързан с хранене. Многократно науката е доказвала, че здравословното хранене и начин на живот са основни предпоставки за здрав организъм и дълголетие. В световен мащаб все повече си пробива път теорията, според която храната е безопасната медицина, която да прилагаме върху себе си. Разбира се както в много други сфери и тук може да се появят негативи. А това противоречи на повишаването на качеството на живот на съвременния човек, което има много и разнообразни измерения. Най-приоритетното от тях, което е пряко свързано с гарантирането на самия живот, това е осигуряването на безвредна, качествена и здравословна храна. Само общите усилия на растениевъди, зоотехници, агрономи, ветеринари, технолози, лекари и инженери могат да допринесат за това. Залог за това е достатъчно добрата им квалификация и възможността им да използват надеждни технически средства за идентификация, проследяване и въздействие върху показателите за безвредност, качество и здравословност на храните по цялата хранителна верига. Проблемът за качеството и безвредността на храните и възможността за тяхното проследяване по цялото протежение на хранителната верига (от полето до консуматора) е проблем с постоянно нарастващо значение за Европейския пазар на храни [1]. Всичко това обуславя необходимостта от разработването на съвременни технически средства за технологична обезпеченост при производството на храни.

В настоящия доклад е разгледана възможността за използване на съвременни технически средства и методи за идентификация на продукти.

ИЗЛОЖЕНИЕ

Качеството и безвредността на храните е ежедневен проблем, който непрекъснато налага тяхното регистриране и изследване. За целта могат да се използват различни контактни и безконтактни методи, позволяващи автоматизирано изпълнение на тези дейности.

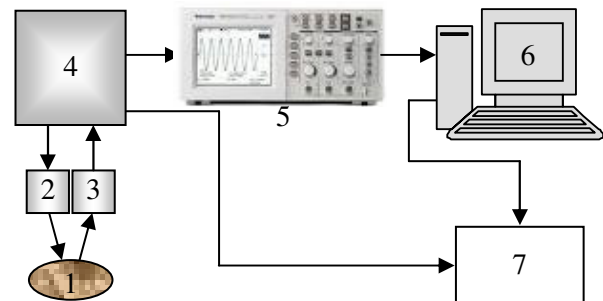
Безконтактния ултразвуков метод, който се базира на ефекта на отражение е един от основните методи за диагностика на хранителни продукти, прилагани в конвенционалния безразрушителен контрол наред с редица други методи. Ултразвуковите методи притежават редица преимущества пред традиционните аналитични методи – те са бързодействащи, неразрушителни, точни, предоставят възможност за автоматизация и др. [2, 3, 4, 5].

За да се приложи този метод е необходимо да има пиезоелектричен елемент, който да излъчва акустични вълни от ултразвуковия диапазон и приемник, който да регистрира върнатия от отразяващата среда ехо-сигнал. Тази отразяваща среда е изследвания хранителен продукт. Излъчвателят (Transmitter) и приемникът (Receiver) са ултразвукови пиезоелектрични преобразуватели.

При преминаването през дадена среда ултразвукът намалява своя интензитет, което води до неговото отслабване. Това се дължи на феномени като разсейване, абсорбция, отражение, пречупване и лъчева дивергенция. Абсорбцията на ултразвуковата енергия от средата, в която ултразвукът се разпространява, зависи от характеристиките на тази среда (еластичност и плътност), както и от честотата на използвания ултразвук. В резултат на това, характеристиките

параметри на отразената акустична вълна по посока на разпространението ѝ се модифицират. По този начин ултразвуковият сигнал носи информация за характеристиките на средата между излъчвателя и приемника. Така става възможно изследването на хранителни продукти по отношение на качество и безвредност, както и идентифицирането им.

На фиг. 1 е представена блокова схема на системата за изследване на хранителни продукти.

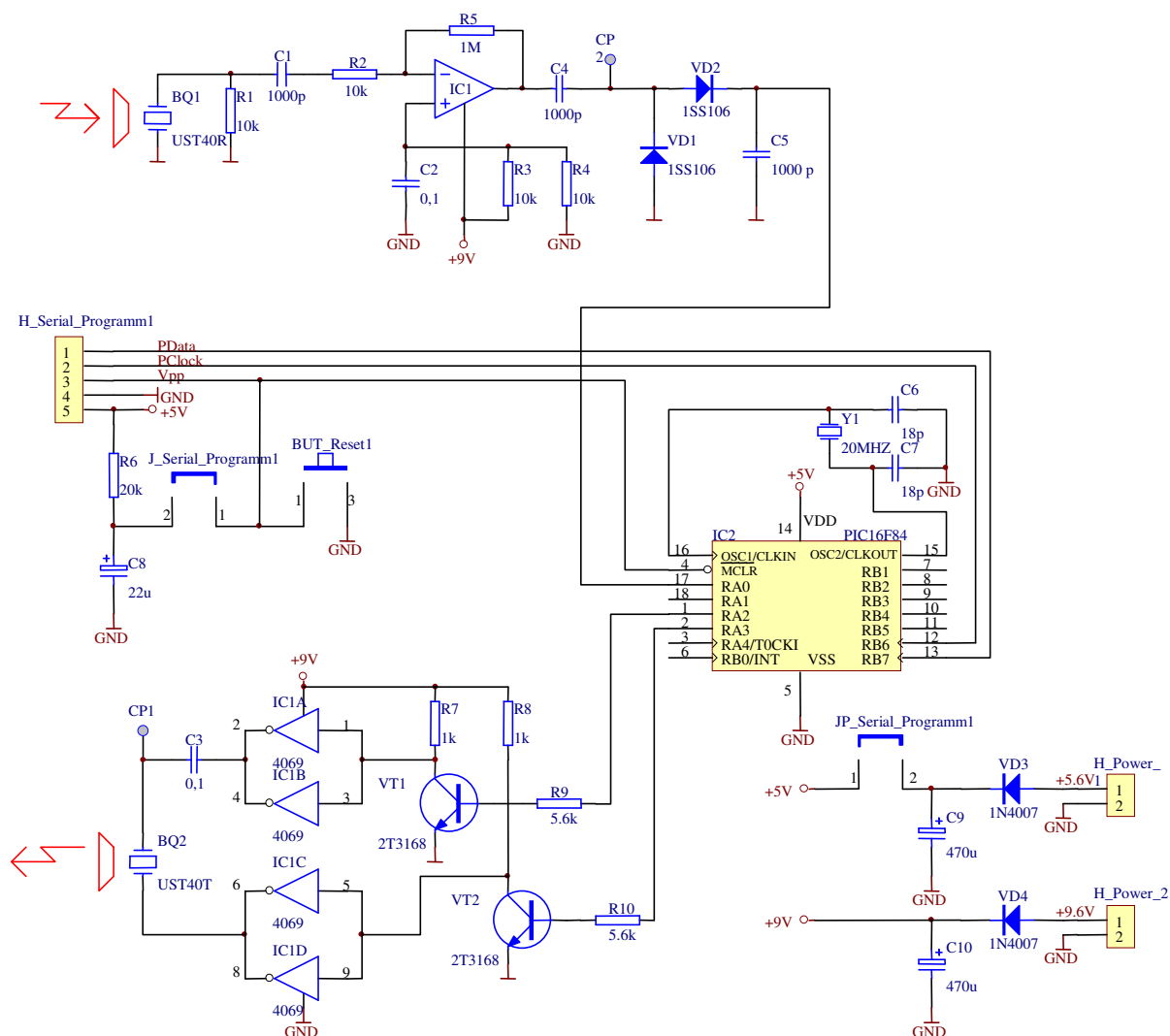


Фиг. 1. Блокова схема на системата за изследване: 1-контролируем хранителен продукт; 2-излъчвател (Transmitter); 3-приемник (Receiver); 4-контролер; 5-осцилоскоп; 6-персонален компютър; 7-изпълнителен механизъм.

Контролируемия хранителен продукт (1) се разполага на определено разстояние според характеристиките на използваните ултразвукови пиезоелектрични преобразуватели (предавател, приемник).

Разстоянието от сензорите до контролируемия обект е по-голямо от тяхната близка зона. Последната се определя от отношението на квадрата на диаметъра на пиезокерамичната пластина с четири пъти дължината на вълната. След близката зона излъчената сферична вълна се преобразува в плоска вълна. Целта е да се избегне работата на системата със сферични вълни. Максималното отдалеченоост на сензорите се определя от съображение за постигане на минимално съотношение сигнал/шум.

За да се проведе измерването, към изследвания продукт се излъчват пакети ултразвукови импулси с определени параметри от излъчвател (2). След отразяването им те попадат върху приемника (3), който ги преобразува на базата на прав пиезоефект в електрически сигнали. Изследването може да се извърши в два режима според момента и мястото на обработка на данните от измерванията - в реално време (on-line) и след определено време (off-line).



Фиг. 2. Схема принципна електрическа на контролера на системата за идентификация на хранителни продукти

Режим реално време се използва за контрол на технологични процеси при обработка на хранителни продукти, където обработката води до явна промяна в параметрите на получения аналогов сигнал на изхода на ултразвуковия приемник (амплитуда, закъснение от момента на излъчване, честота, дефазиране и др.). При този режим е възможно да се извърши обработка директно върху аналоговия сигнал с помощта на контролера (4) в системата и да се изработи управляващ сигнал към изпълнителния механизъм (7) без необходимостта от използване на останалите блокове в системата (осцилоскоп (5) и персонален компютър (6)).

Режимът с обработка на данните след определено време е приложим при процеси, когато не е необходима реакция в ограничен интервал от време. Обработката на данните се извършва с помощта на софтуерни продукти в персонален компютър след дискретизацията на сигнала чрез цифров осцилоскоп. В резултат от анализа на данните може да се извърши класификация (разпознаване, идентификация) на продукта според желаните характеристики или задействане на съответен изпълнителен механизъм.

И при двата режима на работа функционирането на системата може да се раздели на два етапа.

При режима в реално време е необходимо предварително да се извърши настройка на контролера за параметрите на аналоговия сигнал, съответстващи на желани характеристики на хранителния продукт.

При втория режим е необходимо предварително да се извърши обучение на системата според избрания класификатор. На тази база може да бъде извършена идентификация на хранителния продукт според неговите желани характеристики и признаци.

В блоковата схема е предвидена възможност за свързване на изпълнителен механизъм (7), който може да бъде за сигнализация, сортиране по зададен критерий, промяна на параметри в процес на обработка и др.

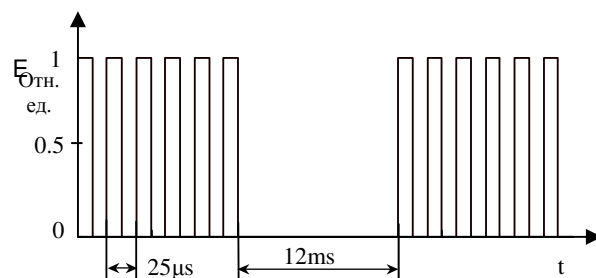
Ултразвуковият пиезоелектричен преобразувател сам по себе си няма технологично приложение. За ефективното му използване са необходими добре проектирана електроника за предавателя (transmitter), приемника (receiver) и интелигентна обработка на данните [6].

В съответствие с блоковата схема от фиг. 1 е проектирана схема принципна електрическа на контролера на системата за идентификация на хранителни продукти (фиг. 2). Използвани са ултразвукови пиезоелектрични преобразуватели UST40T/UST40R на фирма Nippon Ceramic company.

Описание на контролера и формирането на импулси за възбуждане

За възбуждане на ултразвуковия излъчвател UST40T на основата на обратен пиезоефект са използвани CMOS инвертори 4069. Последните са свързани в паралел по два за увеличаване на мощността и амплитудата на излъчения сигнал. Напреженията, които се прилагат на изходите на ултразвуковия излъчвател са дефазирани на 180

градуса. Тъй като постоянният ток не се пропуска през кондензатора C3, върху излъчвателя UST40T се прилага напрежение около два пъти по-високо от това на изходите на инверторите. Транзисторите VT1 и VT2 се управляват от изходите RA2 и RA3 от порт A на едночиповия микроконтролер PIC16F84A. В колекторните вериги на двата транзистора са включени двойките инвертори, които работят в противотакт. VT1 и VT2 се използват и за съгласуване на нивата от PIC16F84A с тези на CMOS инверторите 4069. Захранващото напрежение на схемата за възбуждане на излъчвателя BQ2 (UST40T) е 9V [8, 9].



Фиг. 3. Пакети от правоъгълни импулси за възбуждане на излъчвателя

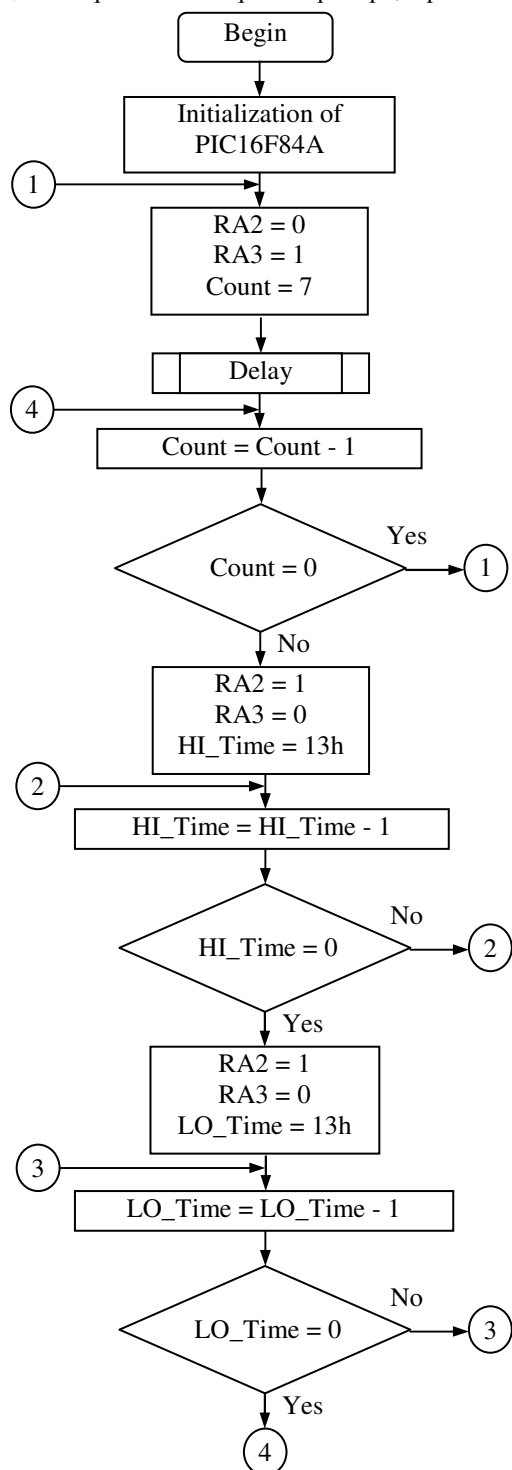
Към ултразвуковия излъчвател се подава поредица от шест импулса с продължителност на всеки един от тях 12,5 μ s следвани от пауза от 12 ms (фиг. 3). Този възбуждащ сигнал се получава на изхода на едночиповия микроконтролер (ЕЧМ) PIC16F84A. Изборът му е направен от гледна точка на сравнително ниска цена и достатъчно възможности за бъдещо разширение на функциите на контролера. За генерирането му се използва обстоятелството, че за изпълнението на една инструкция е необходимо време равно на 200 ns. Следователно ако се намалява с единица стойността на брояча, първоначално зареден с числото 13h (19 десетично) до неговото нулиране ще отнеме интервал от около 12,5 μ s. В зависимост от това дали е необходимо да се получи високо или ниско ниво преди да се изпълни цикъла на броене, изходът се установява в съответното състояние. За получаването на пауза от 12 ms е взета под внимание същата логика. Всичко това е необходимо за по-доброто разколебаване на ултразвуковия излъчвател.

Възможни са и други схемни реализации. Например, за реализирането на времедиagramата от фиг. 3 могат да се използват два таймера от типа NE555, единият от които работи с честота 40 kHz и се управлява от втория с честота 82,3 Hz. Такъв вариант е добър като схемно решение, но има следните недостатъци:

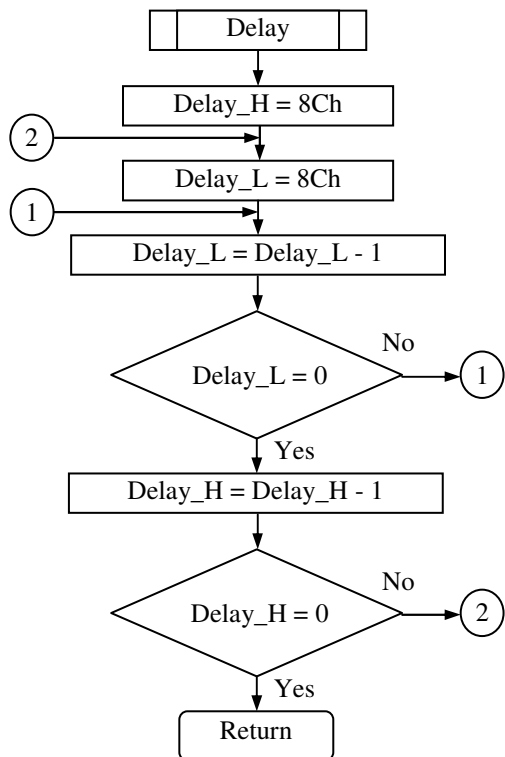
- изпълнението му е свързано със сравнително голям брой елементи, което не е изгодно от гледна точка на редица технико-икономически показатели;
- по-трудна настройка поради производствени толеранси на елементите;
- по-лоша повторяемост на резултатите;
- пренастройка при необходимост от импулси с други параметри трудно се постига.

С цел избягване на посочените недостатъци вместо хардуерно, в предложеното решение (фиг. 2), получаването на импулсно модулиран сигнал представляващ пакети с по 6 правоъгълни импулси с честота 40 kHz се извършва с микроконтролер PIC16F84A софтуерно.

Програмата за генериране на импулсно модулиран сигнал, заредена в микроконтролера PIC16F84A се стартира след включване на стабилизираното захранващо напрежение. Първоначално се изпълнява еднократно инициализиране на микроконтролера, при което се



Фиг. 4а. Блокова схема на алгоритъма на програмата за формиране на импулси в PIC16F84A, възбуждащи излъчвателя



Фиг. 4б. Блокова схема на алгоритъма на програмата за формиране на импулси в PIC16F84A, възбуждащи излъчвателя

записват стойности в контролните регистри за конфигуриране на портовете и модулите в микроконтролера и се задават начални стойности на променливите в програмата. Блоковата схема на алгоритъма на програмата, заредена в PIC16F84A за формиране на импулси, възбуждащи излъчвателя е показана на фиг. 4а и 4б.

Описание на схемата за усилване на приетия ехо-сигнал

След като се отрази от контролирания хранителен продукт, ултразвукът вълна акустически въздейства върху приемника на програмируемия контролер от системата. За приемник се използва ултразвуков датчик тип UST40R (означен с BQ1 на схемата показана на фиг. 2). Вследствие правия пиезоефект от ултразвуковия датчик се получава електрически сигнал, който през кондензатора C1 се подава на входа на операционен усилвател IC1 (LM833N). Последният усилва сигнала от датчика 100 пъти (40dB) по напрежение. В схемата се използва едностъпален усилвател, тъй като не е нужно по-голямо усилване за определеното разстояние на ултразвуковите сензори до контролирания хранителен продукт. Освен това в тези граници нивото на полезния сигнал е достатъчно високо. Предвидена е възможност за включване на още едно усилвателно стъпало в случай, че се налага отдалечаване на датчиците от контролирания хранителен продукт или в случай, че се налага да се измерват интервали от време. Тогава отдалечеността е по-голяма и се отразява на амплитудата на полезния сигнал.

Схемата работи с еднополярно захранване от +9V. Създадена е виртуална маса, получена чрез използването на делителя R3 и R4, към който е включен положителния вход на операционния усилвател LM833N (IC1). Това напрежение е опорно. Стойностите на двата резистора са равни, така че опорното напрежение да бъде равно на половината от захранващото. Така се постига еднакво усилване на положителната и отрицателната част на променливотоковия сигнал до 4,5 V около средното ниво без изкривявания. Кондензаторът C2 е включен за стабилизиране на виртуалната маса и филтрация на сигналите.

Времезадаващата верига R6, C8 определя закъснението за фактическото стартиране на програмата. За това е необходимо напрежението на извод *MCLR* да се повиши до ниво логическа единица. Бавното нарастване на напрежението на този вход е необходимо, за да се стартира програмата при вече установено захранващо напрежение. Основната роля на тази програма е изработването на необходимите сигнали за пълното разколебаване на пиезокерамичния излъчвател BQ2 от схемата, представена на фиг. 2. Тези сигнали се получават на два изхода от порт A (RA2 и RA3) на PIC16F84A, дефазирани на 180 ° един спрямо друг. За формата на сигнала, получен на изход RA2 може да се съди от графиката, показана на фиг. 3.

Тактовата честота, с която работи микроконтролерът е 20 MHz. За отмерването на интервалите от време, през които се превключва състоянието на изходите RA2 и RA3, в програмата са организирани цикли от инструкции, времето за изпълнението, на които е пресметнато предварително в съответствие с реалната работна честота (5MHz). Паузата от 12 ms в изходния сигнал съответства на времето за изпълнение на подпрограмата DELAY. В нея са организирани два вложени цикъла от инструкции, всеки от които се повтаря определен брой пъти. За изработването на пакетите от по 6 импулса с период 25 μ s в основната програма са организирани два цикъла от инструкции, съответстващи на времетраенето на високото и ниското ниво на RA2 (RA3 е инверсен на

RA2). Тъй като времето за ниско ниво на последния от импулсите в пакета (12,5 μ s) се прибавя към времето за паузата от 12 ms (по време на тази пауза RA2 остава с ниско ниво), е направена корекция във времетраенето на подпрограмата DELAY. Програмата, заредена в микроконтролера се изпълнява циклично неограничен брой пъти, а прекратяването ѝ става само чрез изключване на захранващото напрежение.

При стартиране на измерване от осцилоскопа се дискретизират и записват данните само от текущо излъчения пакет ултразвукови импулси (фиг. 5). Тези данни се записват във Flash паметта на осцилоскопа или се прехвърлят посредством серийна комуникация в персоналния компютър. Обработката върху данните се извършва с помощта на софтуерни продукти: Teck Visa (за трансфер на данни от осцилоскопа към PC), Excel (за таблично форматиране на данните от измерванията), MATLAB (за предварително обучение и идентификация, анализиране, класифициране, получаване на резултат от работата на класификатора).

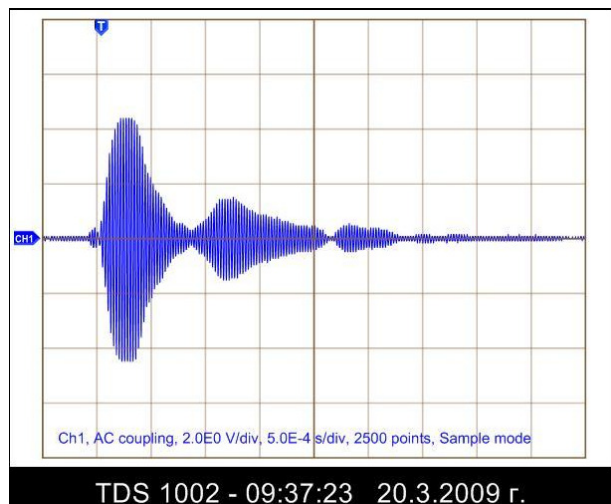
ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представеното схемно решение е възможно да бъде доразвито като функциите на осцилоскопа се поемат от контролера. За целта е необходимо да се избере бърз модул за аналогово-цифрово преобразуване на сигнала от ултразвуковия приемник след тяхното усилване. Микроконтролерът ще бъде заменен с друг, който ще има по-големи възможности – да поддържа серийна комуникация с персоналния компютър, да поддържа външна памет за съхраняване на данни от измерванията, а също и да има достатъчно ресурси за управление на изпълнителни механизми в системата.

Възможно е също част от предварителните обработки върху данните от измерванията да се извършват от микроконтролера. За тази цел е необходимо той да има разширени възможности за аритметични действия.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Дамянов, Ч. И. Неразрушаващо разпознаване на качеството в системите за автоматично сортиране на хранителни продукти, УХТ, Пловдив, 2006.
- [2] Dolatowski, Z. J., J. Stadnik, D. Stasiak. Applications of ultrasound in food technology, Acta Sci. Pol., Technol. Aliment. 6(3) 2007, 89-99.
- [3] Dolatowski, Gan T. H., P. Pallav, D. A. Hutchins Non-contact ultrasonic quality measurements of food products, Journal of Food Engineering 77 (2006) 239–247.
- [4] Refe O'Driscoll B., C. Smyth, A. C. Alting, R. W. Visschers, V. Buckin, recent applications for high-resolution ultrasonic spectroscopy, American Laboratory, pp. 54-57, 2003.
- [5] Димов, Н., Я. Шаличев, П. Чернев, Л. Бакалова, Х. Чомаков. Мляко. С., ДИ за селскостопанска литература, 1971.



Фиг. 5. Върнат ехо-сигнал от едно текущо измерване

- [6] Baltes, H., W. Göpel, J. Hesse. Sensors Update. Volume 3. Sensor Technology-Applications-Markets. Weinheim-Berlin-New York-Chichester-Brisbane-Singapore-Toronto, Wiley-VCH Verlag GmbH, 1998.ence source. Reference source. Reference source.
- [7] Дьяконов Вл., И. Абраменкова, MATLAB обработка сигналов и изображений. Специальный справочник, Питер, Санкт-Петербург, 2002.
- [8] PIC16F84A Data Sheet. Microchip Technology Inc, 2001.
- [9] GM Electronic spol. s r.o. 1990-2008, UST40T, <http://www.gme.cz/cz/index.php?page=product&detail=641-019>, 2009.
- [10] Шопов, Н. А., Р. Т. Иларионов, И. С. Симеонов. КЛАСИФИКАЦИЯ ПО МАСЛЕНОСТ НА КИСЕЛО МЛЯКО С УЕЙВЛИТЕН СИНТЕЗ НА ПРИЗНАКОВИ ПРОСТРАНСТВА. Сборник с научни трудове от научна конференция с международно участие „Хранителна наука, техника и технологии 2009”, Том LVI, Свитък 2, Пловдив, 23-24 октомври 2009, стр. 127-132.