

	<h1>АКУСТИКА</h1> <p><b>Национална конференция “Акустика 2009”</b></p>	Варна
		09- 10.10.2009 г.
		София
		04 - 05.12.2009 г.
Година XI	□ Брой 11	Декември 2009 г.

## ИЗСЛЕДВАНЕ НА ВЪЗМОЖНОСТИТЕ ЗА ИЗГРАЖДАНЕ НА ПОДВОДНА СЕНЗОРНА МРЕЖА С УПРАВЛЕНИЕ ПО СТАНДАРТА IEEE 802.11

**Н. Колев, П. Иванов, И. Илиев,**  
*Катедра „Електроника”, ВВМУ „Н. Й. Вапцаров”, Варна*

### I. ВЪВЕДЕНИЕ

Началото на подводните сензорни мрежи се поставя преди и по време на втората световна война с въвеждането в експлоатация на радиохидроакустичните буйове. Те работят на пасивен принцип и предават звуковия сигнал в реално време до командния пост, където оператор извършва класификация на контакта. В началото на развитието на хидроакустиката необходимата дистанция на откриване на сонара се достига чрез мощни източници и предимно моностатични системи. Увеличаването на дистанцията на откриване на сонарите чрез по-големи мощности на излъчване не винаги е най-ефективното решение. Алтернативно решение за увеличаване на зоната на действие се предлага с мултистатичната концепция, основаваща се на използването на повече от една хидроакустични системи, разпределени в зададената зона за наблюдение [4]. развитието на технологията на сензорните мрежи прави реална възможността за изграждане на мултистатични сонарни системи в последните години. Цифровата обработка в реално време на акустични сигнали от фиксирани и мобилни сензорни нодове работещи в бистатичен и мултистатичен режим е критична точка за увеличаване на отношението сигнал/шум и дистанцията на откриване на подводни обекти в момента. При мултистатичните сонарни сензорни мрежи теоретично с по-маломощни звукови източници се осигуряват зони на откриване съизмерими със зоните на откриване на по-мощни моностатични системи. Един или няколко буя са активни източници на звукови вълни с определени параметри. Отразените от целите сигнали се приемат от пасивни буйове в условия на реверберация и външни шумове. Адаптивното позициониране на сензорите по дълбочина и избора на честота води до намаляване на реверберацията, а кохерентната обработка на сигнала в съответствие с модели за разпространение на звука в зададения район води до увеличаване на отношението сигнал/шум [2,3]. Основни задачи за разработване на подводна сензорна мрежа са [1]:

- Разработване на математически модели на сензорната мрежа, симулация и оценка на тяхната ефективност в различни режими на работа – пасивен, активен, моностатичен, мултистатичен, смесен;
- Обосноваване на методика за подходящо разпределение/разполагане/ и разработване на метод за точно позициониране на сензорните нодове с отчитане на хидрологията, батиметрията, типа и методите за цифрова обработка и предаване на сигналите;
- Адаптиране/разработване на сензорен нод и комуникационен протокол.

В [1] е направена обосновка и изследване на мултистатична хидроакустична система и оценка на възможностите на сензорна мрежа на основата на протокола SIMPLICITY и сензорни нодове ez430-rf2500.

#### **Задачи на настоящото изследване са:**

- Разработване на експериментална постановка с елементи на подводна сензорна мрежа на базата на 802.11 MAC и изследване на нейните възможности и ефективност в симулирани условия на акустичен басейн в среда на LabVIEW;
- Синтезиране, излъчване, приемане и запис на микро SD карта на звукови импулси в мрежова TCP/IP среда при разнесени в пространството акустичен предавател и приемник;
- Изследване на възможностите на HTTP сървър инсталиран на сензорния нод на базата на Cortex M3 микроконтролер за целите на обслужване на заявки в сензорната мрежа за обмен на записаните данни;
- Цифрова обработка на записаните звукови импулси и оценка на времезакъснението им спрямо началото на излъчването.

## **II. ПРОЦЕСИ И АЛГОРИТЪМ ЗА РАБОТА НА ЕКСПЕРИМЕНТАЛНАТА МРЕЖА**

Безжичният сензорен нод е основен компонент на сензорната мрежа. Той трябва да има подходящ интерфейс към реалните физически параметри, предмет на контрол и измерване, достатъчна изчислителна мощ и мрежови способности. Интернет технологията е доказала своята гъвкавост в годините на промени в технологиите и мрежовата среда. Планирането и използването на интернет базирани системи е предимство, тъй като вече са разработени значителен брой приложения и осигуряващ софтуер. В тази връзка се използва безжичния мрежов стандарт 802.11, който в момента е най-широко разпространен. В разработката се използва TCP/IP стек – lwIP [5], адаптиран за микроконтролера Stellaris и доразвит с файлова система и програмно осигуряване за запис на микро SD карта.

За изследването е избрана експериментална постановка на сензорен нод с ARM Cortex M3 микроконтролер, който има вграден Етернет контролер. Използваният Stellaris LM3S6965 развоен кит включва следните особености [6]:

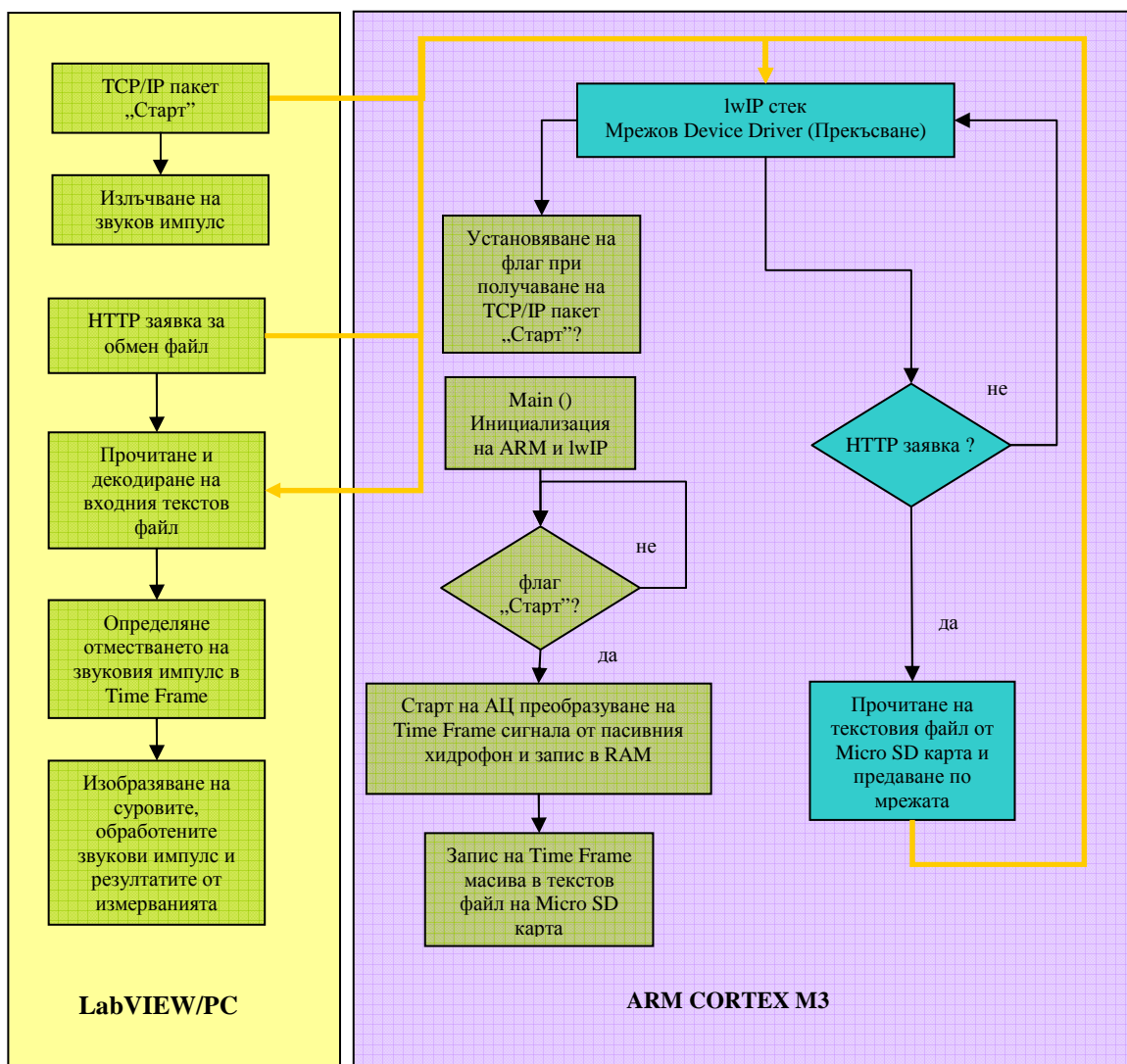
- Stellaris LM3S6965 микроконтролер с интегриран 10/100 Mbit Етернет контролер;
- OLED графичен дисплей с 128 x 96 точки;
- LED, бутони за управление;
- Магнитен високоговорител;
- LM3S6965 входно-изходна разширителна шина;
- Стандартен ARM® JTAG конектор;
- USB интерфейс за програмиране и захранване;
- Слот за микро SD карта.

На фиг. 1 са показани процесите и алгоритъма за работа на разработената експериментална мрежова система. Системата се управлява от LabVIEW главна програма, инсталирана на мобилния компютър. Предварителната експериментална постановка с жично свързване е показана на фиг.2, а крайната опитна постановка в инфраструктурен 802.11b/g режим на включване с междинна AP е показана на фиг. 6.

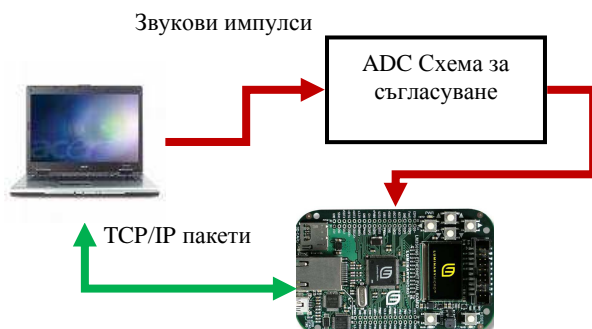
Подготовката на експериментите включва разработване на LabVIEW графични подпрограми (VI) за синтез на звукови сигнали и управление на сензорната мрежа. Графичната - VI за синтез на звуков сигнал чрез звуковата карта на мобилния компютър използва 1ms системно прекъсване като основен тактов генератор на последващите събития по време (фиг. 3). Програмата има възможност за промяна на честотата и продължителността на генерираните звукови импулси. Свързани с генерирането на звуковите импулси са

функциите за предаване на TCP/IP пакет по мрежата. С приемането на зададения TCP/IP пакет от ARM контролера следва процеса на аналого-цифровото преобразуване на звуковите импулси (последователност от 8192 дискрета) и записа им на микро SD карта (фиг.1).

**ПРОЦЕСИ И АЛГОРИТЪМ НА РАБОТА НА ЕКСПЕРИМЕНТАЛНАТА МРЕЖА**



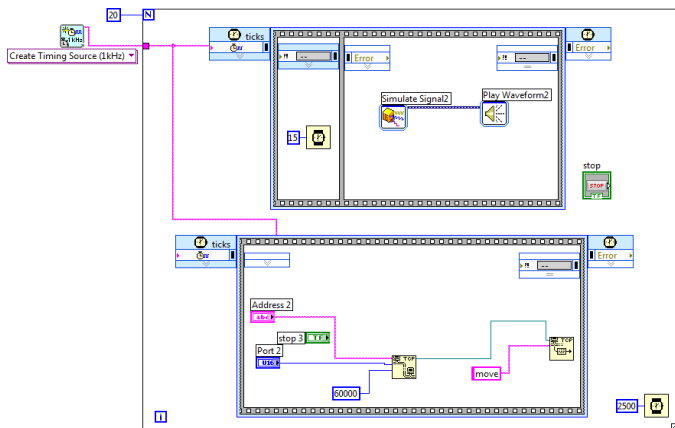
Фиг. 1



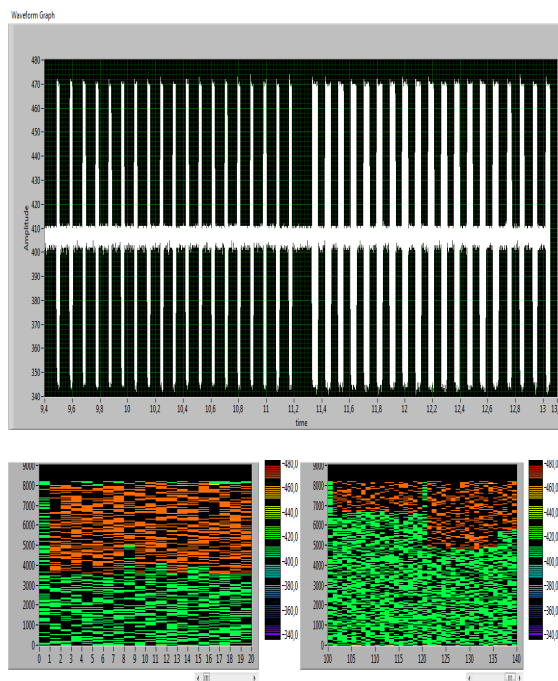
Фиг. 2. Предварителна експериментална постановка

### III. ЕКСПЕРИМЕНТАЛНИ РЕЗУЛТАТИ

При всяка TCP/IP заявка се генерират последователности от 20 импулса, които се записват на текстов файл на микро SD карта и в последствие по заявка се прочитат по мрежата. При обработката първоначално сигналите се нормират по амплитуда след което се открива началото на импулсите по отношение на прозореца по време при константен праг – 0.5 с функции на LabVIEW. Това е възможно тъй като отношението сигнал/шум е значително (фиг.4, фиг.8).

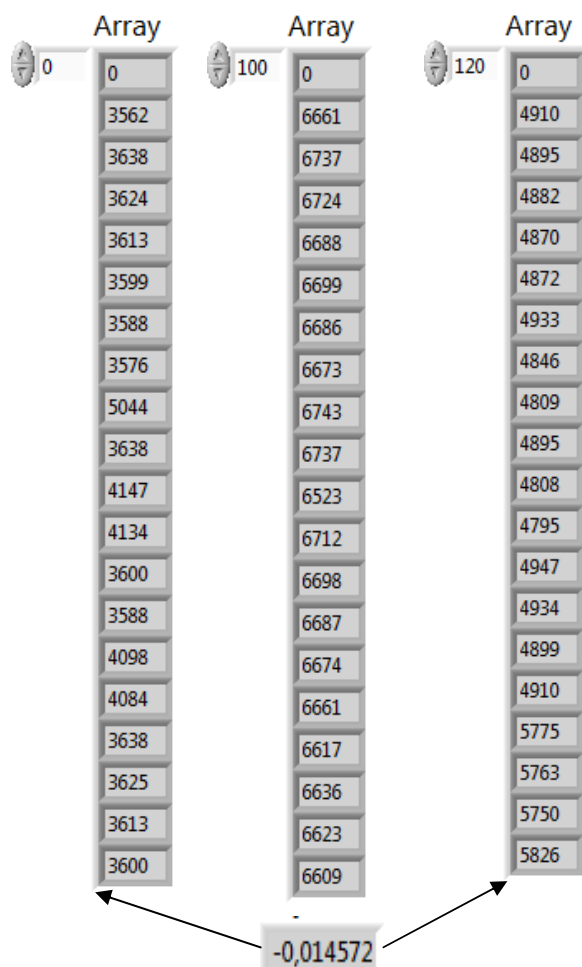


Фиг.3. Графични подпрограми за TCP/IP комуникация и генератор на звукови импулси

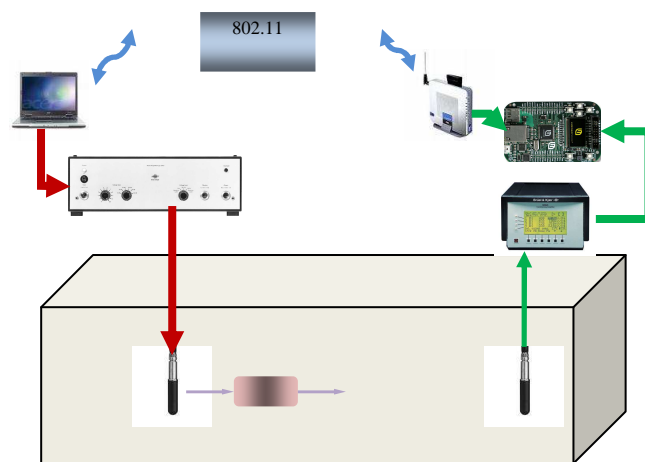


Фиг. 4. Последователност от две серии импулси и контурна карта на записаните звукови импулси

На фиг. 4-5 са показани експериментални измервания при постановката от фиг. 2 (жично свързване). Първата група импулси (1-20) се генерира без начално закъснение. Следваща група импулси се генерира с времезакъснение от 15 mS. Измерената средна разлика по време между групите импулси 1-20 and 121-140 показана на фиг. 4 съответства на зададеното времезакъснение 15 ms (Фиг. 2). Наблюдава се изменение на времезакъснението на началото на импулсите в серията спрямо началото на времевите прозорци, което е свидетелство за недетерминирания характер на моментите на постъпване на заявките за запис на сигнала от времевите прозорци - дължащи се на случайни закъснения при предаване на пакета по мрежата. Това налага усредняване в оценката на параметрите и използване на последователности от импулси.

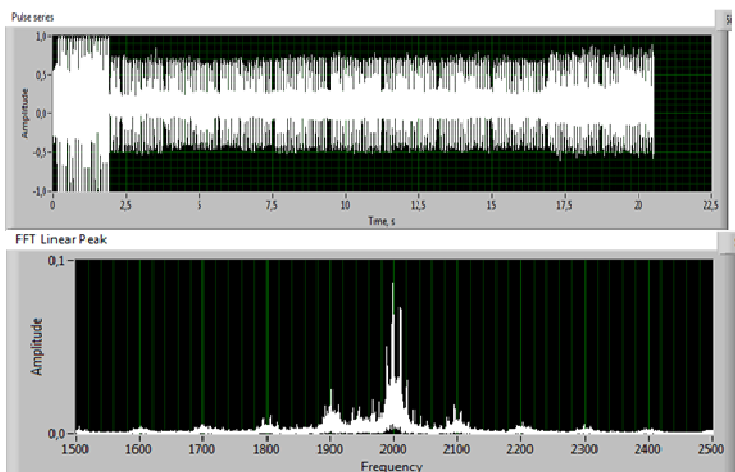


Фиг. 5. Измерено дискретно закъснение на импулсите по отношение на началото на прозореца по време и усреднена стойност на времезакъснението между серии от импулси при жично свързване (фиг.2)

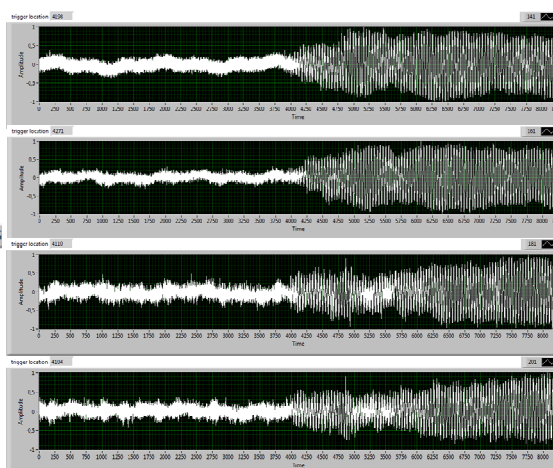


Фиг. 6. Схема на експерименталната постановка в хидроакустичния басейн при безжично свързване

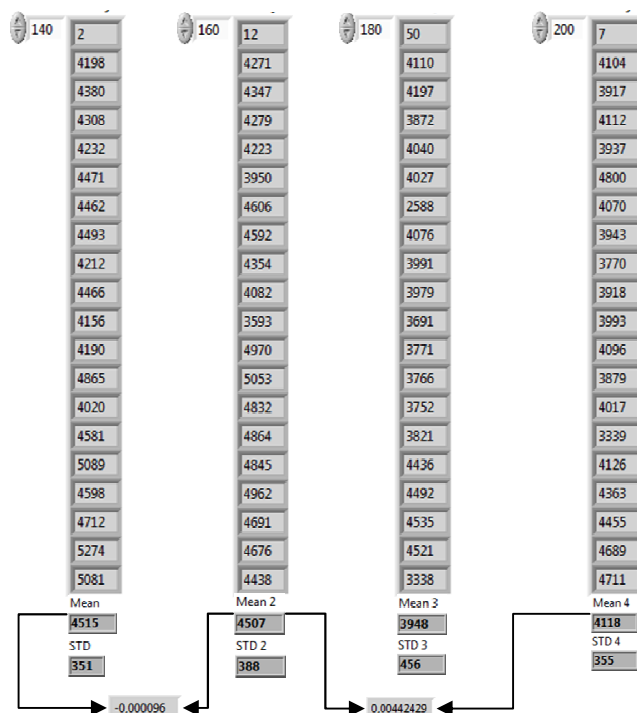
На фиг. 7-9 са представени резултати от обработката на записани импулси в хидроакустичния басейн чрез експерименталната сензорна мрежа построена по блоковата схема от фиг. 6. Средната стойност на времезакъснението за всяка серия, стандартното отклонение и времезакъснението между средните стойности в отделните серии са представени на фиг. 9. Разстоянието между хидрофоните не се изменя по време на измерването на серии с номера на импулсите 140-160 и 160-180 (последователности от по 20 импулса). Разликата в средните времена на началата на импулсите на тези серии е  $\Delta\tau = 0,000096 \text{ mS}$ . Това съответства на средна грешка в измерването на разстоянието  $\Delta D = c \cdot \Delta\tau_0 = 0.14 \text{ m}$ , където  $c = 1482 \text{ m/s}$  е средната скорост на звука в прясна вода при температура  $20^\circ\text{C}$ . Нарастването на средното времезакъснение  $\Delta\tau_1 = 0,00442429 \text{ mS}$  между серии от импулси 160-180 и 200-220 съответства на увеличаването на разстоянието между хидрофоните.



Фиг. 7. Спектър на последователността от 220 импулса, предмет на анализ



Фиг. 8. Част от записаните импулси с начала (trigger location) във времеви прозорец, предмет на анализ



Фиг. 9 Измерено дискретно начало на звукови импулси и средна разлика във времезакъснението между серии от импулси при различни разстояния между активния и пасивния хидрофон, mS

#### IV. ИЗВОДИ

Представени са начални експериментални резултати по разработването на сензорен нод на основата на ARM микроконтролер с IEEE 802.11 MAC и сензорна мрежа с LabVIEW управление на процесите. На ARM контролера е инсталиран lwIP TCP/IP стек и елементи на HTTP сървър. Разработен е софтуер за обслужване на TCP/IP пакети за начало на записа на акустичен сигнал във времеви прозорец с продължителност 8192 дискрета последователно в RAM памет, а след това в текстов файл на микро SD карта. По заявка от WEB клиента на мобилния компютър, реализиран на LabVIEW, HTTP сървърът на ARM контролера

извършва обмен на текстовия файл със записания масив с размер равен на броя заявени за запис времеви прозорци (time frame). В последствие се извършва преобразуване на ASCII информацията в числен формат, преобразуване, обработване и анализ на параметри на звуковите импулси.

- При експериментите с безжичен режим на работа (инфраструктурен режим на 802.11 с безжичен рутер - AP) се установиха значителни стойности на средно квадратичното отклонение (STD) – 4 mS, на дискретното отстояние на предните фронтове на записаните импулси спрямо началото на записаните прозорци по време, което поставя въпроса за измерване на времезакъсненията при предаване на пакетите в сензорната мрежа;

- Независимо от значителната дисперсия, при усредняване на времезакъснението на достатъчен брой импулси средната му стойност съответства на измененето на разстоянието между хидрофоните.

**Необходими са бъдещи изследвания в следните насоки:**

- По пълно усвояване на възможностите на 802.11b/g MAC за целите на подобряване на синхронизацията на процесите на излъчване и запис на звукови импулси в сензорната мрежа чрез измерване на времезакъсненията на командните пакети в мрежата;

- Увеличаване на ефективността на алгоритмите за намиране на времеотстоянието на предните фронтове на импулсите във времевите прозорци за анализ при намалено отношение сигнал/шум.

1. Колев Н. Калоянчев П., “Система за подводно наблюдение на акваторията на пристанища и военноморски бази” Отчет на научна разработка по тема „Изграждане на център за трансфер на морски технологии” № BG 2005/017-353.10.06/ESC/G/ТТО-03, 2008.
2. Иванов П.В., Колев Н.Ж., Експериментално изследване на акустическото поле от неподвижен излъчвател и подвижна цел под вода. Сборник трудове на ВВМУ „Н.Й. Вапцаров” 2008, стр. 80-87, ISSN 1310-9278.
3. Kolev N., Georgiev G., Reduced Rank Shallow Water Matched Field Processing for Vertical Sonar Array Source Localization. 15-th International Conference on Digital Signal Processing, Cardiff, UK, pp. 87– 90, 2007. Digital Object Identifier: 10.1109/ICDSP. 2007.
4. Pihl J., Dalberg E., Hegethorn J., Ivansson S., et al. Multistatic Sonar for Shallow Water Surveillance. Methodology Report. FOA Defense research establishment. ISSN 1104-9154. 2000.
5. Dunkels A., Design and Implementation of the lwIP TCP/IP Stack. Swedish Institute of Computer Science February 20, 2001.
6. EK-LM3S6965-05. Stellaris® LM3S6965 Evaluation Board USER’S MANUAL.