

Портативна мультифункціональна система об'єктивного слухового скринінгу на основі сучасних DSP та "мережа-на-кристалі" технологій

Портативная мультифункциональная система объективного слухового скрининга на основе современных DSP и "сеть-на-кристалле" технологий

Portable multifunctional objective auditory screening system based on DSP and modern "network-on-chip" technology

- 1. Номер державної реєстрації теми - 0113U001596, НТУУ «КПІ» - 2659-п**
- 2. Науковий керівник - д.т.н., проф. Лисенко О.М., Лысенко А.Н., Lysenko Oleksandr M.**

3. Суть розробки, основні результати

(укр.)

На основі сучасних DSP та "мережа-на-кристалі" технологій розроблено вимірювальний та обчислювальний тракти портативної мультифункціональної системи об'єктивного слухового скринінгу, призначеної для діагностування на ранній стадії порушень слуху у дитячого контингенту обстежуваних, в тому числі немовлят, методами багаточастотної тимпанометрії, акустичної рефлексометрії та отоакустичної емісії. Проведено аналіз підходів та топологічних рішень щодо реалізації мультипроцесорного обчислювального блоку портативної системи, розроблено методи підвищення пропускну здатності його складових при мінімізації апаратурних витрат з використанням технології "мережа-на-кристалі", зокрема, методів агрегації каналів та параметричного налаштування. Показано, що запропоновані рішення підвищують пропускну здатність обчислювального блоку портативної системи на 65%-350% при скороченні апаратурних витрат на 62%-66%. Обґрунтовано вибір для застосування в розробці високопотужної процесорної платформи типу OMAP35x фірми Texas Instruments з ARM та DSP обчислювальними ядрами та стерео аудіо кодеком на чипі. Проведено моделювання в середовищі MATLAB синтезованих Simulink-моделей вимірювального каналу та обчислювальних і аудіологічних процедур, що дозволило визначити параметри складових розробки та створити алгоритмічні і програмні рішення цифрового синтезу аудіосигналів різного спектрального складу в діапазоні від 226 Гц до 6000 Гц з рівнем інтенсивності від 30 дБ до 85 дБ, а також реєстрації вимірювальних сигналів. Розроблено і експериментально апробовано на базі міжнародних стандартів IEC60645-5, IEC60645-6 метрологічне методичне та апаратурне забезпечення портативної мультифункціональної системи, яке є основою для проведення подальших робіт по вдосконаленню в Україні системи метрологічного забезпечення обладнання для об'єктивних досліджень слуху.

(рос.)

На основе современных DSP и "сеть-на-кристалле" технологий разработан измерительный и вычислительный тракты портативной мультифункциональной системы объективного слухового скрининга, предназначенной для диагностики на ранней стадии нарушений слуха у детского контингента обследуемых, в том числе младенцев, методами многочастотной тимпанометрии, акустической рефлексометрии и отоакустической эмиссии. Проведен анализ подходов и топологических решений по реализации мультипроцессорного вычислительного блока портативной системы, разработаны методы повышения пропускной способности его составляющих при минимизации аппаратурных затрат с использованием технологии "сеть-на-кристалле", в частности, методов агрегации каналов и параметрической настройки. Показано, что предложенные решения повышают пропускную способность вычислительного блока портативной системы на 65% -350% при сокращении аппаратурных затрат на 62% - 66%. Обоснован выбор для применения в разработке высокопроизводительной процессорной платформы типа OMAP35x фирмы Texas Instruments с ARM и DSP вычислительными ядрами и стерео аудио кодеком на чипе. Проведено моделирование в среде MATLAB синтезированных Simulink-моделей измерительного канала и вычислительных и аудиологических процедур, что позволило определить параметры составляющих разработки и создать алгоритмические и программные решения цифрового синтеза аудиосигналов различного спектрального состава в диапазоне от 226 Гц до 6000 Гц с уровнем

интенсивности от 30 дБ до 85 дБ, а также регистрации измерительных сигналов. Разработаны и экспериментально апробированы на базе международных стандартов IEC60645-5, IEC60645-6 метрологическое методическое и аппаратное обеспечение портативной multifunctionальной системы, которое является основой для проведения дальнейших работ по совершенствованию в Украине системы метрологического обеспечения оборудования для объективных исследований слуха.

(англ.)

Based on advanced DSP and "Network-on-Chip" (NoC) technology the measuring and computing tracts of portable the multifunctional objective auditory screening system intended to diagnose in the early stages of hearing impairment in children's contingent subjects, including infants, by methods multifrequency tympanometry, acoustic reflexometry and otoacoustic emissions developed. The analysis of approaches and topological solutions to the implementation of multiprocessor computing unit of portable system was performed, methods to increase the throughput of its components while minimizing hardware costs using NoC technology , in particular, methods of aggregating feeds and parametric settings developed. It is shown that the proposed solution to increase the throughput of portable computing unit of the system by 65% - 350% while reducing hardware costs by 62% -66%. The choice for use in the development of high-performance processor platform type OMAP35x by Texas Instruments on ARM and DSP computing cores and stereo audio codec on a chip substantiated. The simulation in MATLAB Simulink-synthesized models measuring channel and computing and audiological procedures was performed, that allowed to define the parameters of the components of the design and create software solutions and algorithmic synthesis of digital audio signals in different spectral composition in the range from 226 Hz to 6000 Hz with an intensity level of 30 dB to 85 dB, and the registration of the measuring signals. Developed and experimentally tested on the basis of international standards IEC60645-5, IEC60645-6 methodological and metrological hardware software the portable multifunctional system, which is the basis for further work to improve in Ukraine the system metrological provision of equipment for the objective diagnostics of hearing.

4. Наявність охоронних документів на об'єкти права інтелектуальної власності

- Патент України на корисну модель № 77040, МПК⁸ H04L 12/56. Маршрутизатор з агрегацією з'єднань / Лисенко О.М. (Україна), Короткий Є.В. (Україна) – № u201208662; заявл. 13.07.12; опубл. 25.01.13, Бюл. № 2.

5. Порівняння зі світовими аналогами

Результати відповідають світовому рівню, що досягається за рахунок реалізації в розробці сучасних DSP та NoC технологій, синтезованих імітаційних SimuLink-моделей вимірювального та обчислювального каналів портативної системи, розроблених оригінальних алгоритмічних рішень по цифровому синтезу акустичних стимулів та реєстрації вимірювальних сигналів, а запропоновані підходи щодо підвищення пропускної здатності мультипроцесорного обчислювального блоку розробки при мінімізації апаратних витрат на його реалізацію не мають аналогів у світовій практиці.

6. Економічна привабливість для просування на ринок

Розроблені технічні рішення, покладені в основу створення серійного портативного зразка системи, дозволять в декілька разів заощадити як бюджетні витрати, так і власні кошти медичних установ України на придбання ними аналогічного закордонного обладнання, забезпечивши при цьому його сервісне обслуговування. Очікуваний економічний ефект від впровадження портативної системи лише в 90 пологових будинках, 470 пологових відділеннях центральних районних лікарень України та 27 дитячих сурдоцентрах складе близько 35 млн. грн.

7. Потенційні користувачі (галузі, міністерства, підприємства, організації)

Портативні multifunctionальні системи об'єктивного слухового скринінгу можуть застосовуватись для проведення експрес-діагностики порушень слуху дитячого контингенту обстежуваних, в тому числі немовлят, в пологових будинках та відділеннях центральних

районних лікарень МОЗ України, а також в дитячих сурдологічних центрах та центрах слухової реабілітації.

8. Стан готовності розробки

Розроблено алгоритмічні та програмні рішення для макету на базі платформи ОМАР35х вимірювального та обчислювального трактів портативної системи, запропоновано методику визначення її метрологічних характеристик. Можлива подальша розробка робочої конструкторської документації та дослідно-промислових зразків портативної системи, проведення їх державних приймальних та клінічних випробувань з наступним впровадженням у серійне виробництво.

9. Існуючі результати впровадження

Результати роботи впроваджено в навчальний процес при викладанні кредитних модулів «Електронно-обчислювальні пристрої та системи-2» (розділ «Програмування задач цифрової обробки сигналів»), «Автоматизація проектування електронних засобів» (розділ «Цифрові сигнальні процесори серії TMS320C55x») та «Периферійні пристрої» (розділи «Бездротові радіомережі ZigBee стандарту IEEE802.15.4», «Технологія периферійного сканування JTAG (“Boundary-Scan”) радіоелектронних обчислювальних засобів та систем»). Розроблено конспект лекцій з кредитного модуля “Електронно-обчислювальні пристрої та системи - 2” та тексти лекцій з кредитного модулю “Периферійні пристрої” (розділи “Бездротові радіомережі ZigBee стандарту IEEE 802.15.4” та “Технологія периферійного сканування JTAG (“Boundary-Scan”) радіоелектронних обчислювальних засобів та систем” (електронні видання з грифом НТУУ «КПІ»). Розроблено 3 нові лабораторні роботи «Алгоритм сортування включенням», «Алгоритм сортування поділом» та «Стек» (кредитний модуль «Алгоритмізація та програмування-3»). Отримані результати знайшли застосування в матеріалах магістерських дисертацій студентів на теми "Високорівнева модель мереж-на-кристалі на основі нерегулярних топологій", "Методи детекції та розпізнавання об'єктів на зображенні та їх реалізація", "Методи та засоби об'єктивної діагностики слуху" та "Система реєстрації слухових викликаних потенціалів", а також дипломних проектів на теми "Діагностичний високочастотний аудіометр", "Підсистема зв'язку мереж на кристалі на основі спрощених маршрутизаторів" та "Портативний електрокардіограф". За матеріалами роботи захищено 2 кандидатські дисертації за темами "Методи агрегації каналів та параметричного налаштування в wormhole мережах-на-кристалі з топологією двовимірної решітки" і "Методи та програмно-апаратні засоби підвищеної ефективності для відслідковування об'єктів на відеопослідовностях". Отримано 1 патент на корисну модель та опубліковано одну наукову монографію «Методи та алгоритми автоматичного відслідковування об'єктів на відеопослідовностях» (гриф НТУУ «КПІ»). Розроблені технічні рішення будуть використані в ТОВ «АудіоДіагностик» (м. Київ), яке є національним виробником медичної аудіологічної техніки і вже проявило свою зацікавленість у впровадженні отриманих результатів, що можуть бути покладені в основу створення серійного зразка системи, очікуваний економічний ефект від впровадження якої лише в 90 пологових будинках, 470 пологових відділеннях центральних районних лікарень України та 27 дитячих сурдоцентрах складе близько 35 млн. грн.

10. Назва організації, телефон, E-mail

НТУУ"КПІ", науково-дослідний інститут прикладної електроніки
454-95-38, 454-90-75, o.lysenko@kpi.ua



Макет
обчислювального
та
вимірювального
каналів системи
на основі
процесорної
платформи
ОМАР 35х



Макет акустичного зонду з набором
вушних вкладок різного типорозміру

11. Перелік публікацій за матеріалами досліджень за період виконання розробки

1. Korotkyi I., Lysenko O. A highly efficient behavioural model of router for network-on-chip with link aggregation // International Journal of Embedded Systems.– 2013.– Vol.5, №1/2.– P.3-12.
2. Varfolomieiev A. An Improved Algorithm of Median Flow for Visual Object Tracking and Its Implementation on ARM Platform [Електронний ресурс] / A. Varfolomieiev, O. Lysenko // Journal of Real-Time Image Processing (JRTIP), Springer. – 2013. – Режим доступу: <http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs11554-013-0354-1>.
3. Romanov O., Lysenko O. The Evolutionary Computation Method for the Synthesis of Networks-on-Chip Quasi-optimal Topologies // In Proceedings of the XXXIV IEEE International Scientific Conference “Electronics and nanotechnology”.– Kiev, 2014.– P.403-407. – Режим доступу: <http://ieeexplore.ieee.org/xpl/login.jsp?tp=&arnumber=6873434&url=http%3A%2F%2Fieeexplore.ieee.org%2Fstamp%2Fstamp.jsp%3Ftp%3D%26arnumber%3D6873434>.
4. Феськов Д.О., Романов О.Ю., Короткий Є.В. Програмна модель мереж на кристалі з нерегулярними топологіями // Проблеми інформатизації та управління. Збірник наукових праць. – Київ: НАУ, 2013. - Вип. 2 (42). – С. 118-123.
5. Лебедев Д.Ю. Моделювання блоку реєстрації сигналів затриманої викликанної отоакустичної емісії // Вісник інженерної Академії України. – Київ. - НАУ, 2014. - № 3. – С. 45- 49.
6. Лебедев Д.Ю. Моделювання органу слуху новонародженої дитини // Збірник наукових праць SWorld. – Вип. 3. Том 8. – Одеса, 2013. – С. 125-129.
7. Мартинова А.А. Мережі на кристалі для багатоядерних систем // Матеріали науково-технічної конференції “Фізика, електроніка, електротехніка”. - Суми. – СумДУ, 2013. – С. 140.
8. Романов О.Ю. Синтез квазіоптимальних топологій МНК із застосуванням методу еволюційних обчислень // Матеріали науково-технічної конференції “Інформатика, математика, автоматика”. - Суми. – СумДУ, 2013. – С. 47.
9. Романов О.Ю. Зниження ресурсотрат мереж на кристалі шляхом застосування квазіоптимальних топологій // Матеріали науково-технічної конференції “Інформатика, математика, автоматика”. – Суми. - СумДУ, 2013. – С. 137.
10. Заїка В.В. Аналіз технології CUDA та рекомендації щодо застосування // Збірник статей VII Міжнародної науково-технічної конференції молодих вчених «Електроніка 2014». – К. – НТУУ «КПІ», 2014. – С. 170.
11. Варфоломеев А.Ю. Методи та алгоритми автоматичного відслідковування об’єктів на відеопослідовностях: монографія. – К.: Видавництво КІМ, 2013. – 112с. (гриф НТУУ «КПІ»).
12. Патент України на корисну модель № 77040, МПК⁸ H04L 12/56. Маршрутизатор з агрегацією з’єднань / Лисенко О.М. (Україна), Короткий Є.В. (Україна) – № u201208662; заявл. 13.07.12; опубл. 25.01.13, Бюл. № 2.
13. Короткий Є.В. Методи агрегації каналів та параметричного налаштування в wormhole мережах-на-кристалі з топологією двовимірної решітки: Дис. канд. техн. наук. – Київ, 2014. – 249 с.
14. Варфоломеев А.Ю. Методи та програмно-апаратні засоби підвищеної ефективності для відслідковування об’єктів на відеопослідовностях: Дис. канд. техн. наук. – Київ, 2014. – 195 с.