

**РАЗРАБОТВАНЕ НА ГРАФИЧЕН ИНТЕРФЕЙС ЗА НЕЗРЯЩИ
НА БАЗАТА НА ДВУПОЗИЦИОННИ СОЛЕНОИДИ****DEVELOPMENT OF GRAPHICAL INTERFACE FOR
VISUALLY IMPAIRED PEOPLE BASED ON BI-STABLE SOLENOIDS**

Stanislav Simeonov
Burgas Free University

Dimitar Karastoyanov
*Central Lab of Mechatronics and
Instrumentation, BAS*

Vladimir Germanov
Burgas Free University

Atanas Dimitrov
Burgas Free University

Abstract

In this paper a concept for hardware realization of graphic tactile display for visually impaired peoples is presented. For realization of tactile actuators bi-stable, solenoids and PIC based control board are used. The selected algorithm for series activation of each row of display allows using minimal number of active components to set and reset the solenoids. Finally, a program algorithm of control board is discussed. The project is funded by Bulgarian National Science Fund – NSF Grant No D-ID-02/14, 2009.

Keywords: tactile display, taxel, bi-stable solenoids, visually impaired people

ВЪВЕДЕНИЕ

Всеки човек на земята изпитва малко или много нуждата да комуникира със заобикалящият го свят. Персонализирането на компютрите и достъпа до интернет премахнаха съществуващите граници и поставиха началото на нова ера в общуването. Така, всеки ден милиарди хора се свързват помежду си, споделят информация, мисли, емоции, изживявания. В едно съвременно общество достъпа до информация е изконно право на всеки гражданин. За съжаление обаче съществува група хора, за които използването на компютрите и глобалната мрежа е свързано с редица ограничения. Хората с увредено зрение възприемат обкръжаващият ги свят най-често чрез директен контакт и в частност чрез допир до обекта. Възприемането на информацията чрез допир се разделя на две основни направления – кинетоестетично и кожно. Първото обикновено се свързва с чувството за позициониране, скорост и сила и се поражда от свиването на мускулите и сухожилията. Устройствата, които са проектирани на

тази основа взаимодействат с потребителя, като му прилагат компютърно контролирана сила и по този начин се създава илюзията за непрекъсната и устойчива връзка с обекта [1].

Кожното възприятие най-често се свързва с директния контакт на кожата с изследваната повърхност изразено чрез усещането за натиск, опън, вибрация, температура и дори в някои случаи и болка причинена от електростимулации.

При традиционните методи за представянето на информация се използва брайловото писмо. То е ефективно обаче, само когато информацията е под формата на текст и е не ефективно, когато трябва да се опише конкретен графичен обект.

През последните години все по-често се говори за интегрирането на тактилните дисплей в компютърните системи. С тяхна помощ интерпретирането на графичната информация значително се улеснява и по този начин се премахва бариерата между компютъра и потребителят с увредено зрение.

Тактилните дисплеи представляват ком-

плексна електромеханична система, в която всеки един пиксел трябва да може да се управлява самостоятелно, като активирането му се отъждествява с преместването и установяването му на определена височина. Към днешна дата се използват различни средства за реализиране на механичното преместване на отделните пиксели. Yobas и др. [2] използват миниатюрни електростатични клапани изградени на базата на еластични тънкослойни мембрани от поли-силиций, които се разширяват при прилагане на въздушно налягане и свиват при подаване на напрежение. Използването на такава технология значително намалява размерите на задвижващият механизъм. Постигнати са размери от порядъка на 70 μ m, което би дало възможност да се реализират тактилни дисплеи с голяма разделителна способност. Въпреки това, проблемите свързани с напукването на мембраната при подаване на напрежение, докато е под налягане не е довело до широкото им разпространение. Предложената от Wu и др. [3] диафрагма, демонстрира значителна здравина и устойчивост на налягане, но слабото място на дизайна се явява необходимостта от презареждане на пневматичната система със сгъстен въздух и опасността от нараняване при евентуална повреда на системата за високо налягане.

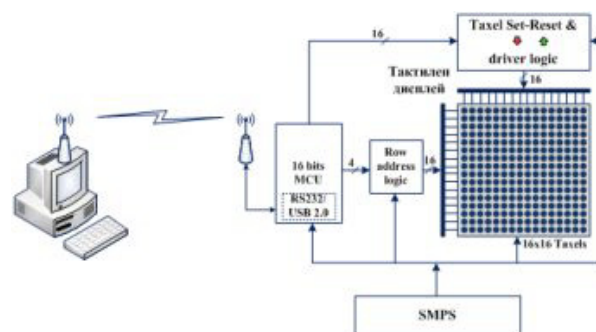
По-безопасни за потребителя са системите, в които задвижването става по електричен път, а не с налягане. Все по-често за позициониране на отделните пиксели се използват пиезо-електрични линейни микро-мотори [4, 7], биметални пластини [6] и сплави Shape Memory Alloy (SMA), които променят размера си при протичане на ток през тях и си възстановяват предишната форма при спирането му [5, 8, 9]. Основен недостатък на по-горе изброените технологии е високата им технологична цена, в следствие на което цените на тактилните дисплеи базирани на тях често надминават 10 000 \$. Имайки в предвид, че повечето хора с увредено зрение не могат да си позволят лукса да притежават такива дисплеи е необходимо да се потърси алтернативно решение при реализацията на такива дисплеи. От друга страна развитието на микро-електромеханичните системи *micro-*

electromechanical systems (MEMS) [2] позволиха създаването на миниатюрни соленоиди, които успешно могат да се използват за разработването на тактилен графичен дисплей, без това да доведе до значително оскъпяване на цената на устройството.

Целта на настоящата публикация е да представи концепция за хардуерната реализация на графичен интерфейс за незрящи на базата на микро двупозиционни соленоиди.

КОНЦЕПЦИЯ ЗА РАЗРАБОТВАНЕ НА ТАКТИЛЕН ГРАФИЧЕН ДИСПЛЕЙ

Използването на соленоиди в тактилните дисплеи не е нова идея. Едни от първите прототипи се базират именно на тази концепция [10]. Въпреки, че в конструктивно отношение реализацията им е проста, те са неефективни заради голямата консумация на енергия, необходима за задействането и поддържането в активно състояние на соленоидите. От друга страна конструирането на графичен дисплей с двупозиционни соленоиди значително ще намали консумацията на енергия, тъй като енергия се консумира само при включване и изключване на соленоидите, а задържането на плунжера след прекъсване на тока става посредством постоянни магнити.



Фиг. 1. Блокова схема на тактилен дисплей за хора с увредено зрение

На фиг. 1 е показана блоковата схема на дисплей с разделителна способност 16x16 таксела [7] за хора с увредено зрение, използващ двупозиционни соленоиди. Схемата включва следните основни блока:

- 16 битов микроконтролер с вграден RS232/USB 2.0 интерфейс;
- Логически блок за адресиране на редовете на дисплея;

- Блок за установяване и нулиране на такселите;
- Соленоидна карта;
- Захранващ блок.

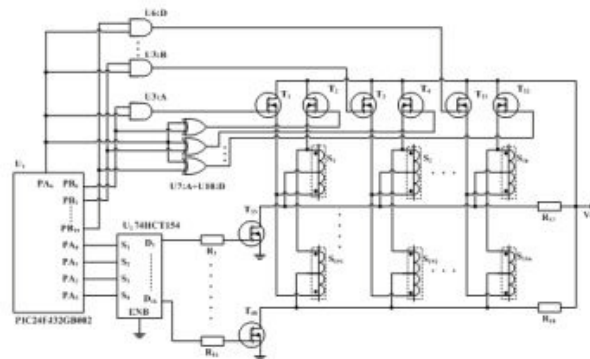
Обосновка на блоковата схема

Основен управляващ блок на дисплея се явява 16 битова периферна карта с микроконтролер PIC24FJ32GB002 на Microchip. Микроконтролерът има реализирана хардуерна поддръжка на USB v2.0 стандарта, което позволява връзката между дисплея и потребителската система да се осъществи по кабел или чрез Wi-Fi. Изборът на 16 битов микроконтролер е продиктуван от условията за едновременно установяване и нулиране на такселите на дисплея. Контролерът има 21 входно/изходни извода, които са напълно достатъчни за последователното обхождане на редовете на дисплея и едновременното установяване на такселите. Четири от изводите на порт А се използват за управление на логиката за избор на ред, а по изводите на порт В се изпращат сигналите за включване и изключване на соленоидите.

Логиката за избор на ред е реализирана с един 4 битов приоритетен дешифратор 74НСТ154, изходите на който са свързани през инвертори към гейтовете на MOSFET транзистори. По този начин отделните редове се обхождат последователно, а за селектирането им са необходими само 4 извода от микроконтролера.

Едновременното установяване и нулирането на такселите е възможно благодарение на принципа на действие на двупозиционните соленоиди без това да доведе до прекомерна консумация на енергия. Един от проблемите, които трябва да се реши тук е намаляването броя на активните елементи, необходими за смяната на поляритета на напрежението при активиране и деактивиране на соленоидите. Конвенционалните методи използват полу-мостова или мостова схема за всеки един соленоид. По този начин за управлението на 256 таксела, ще са необходими 512 при полумостовата или 1024 транзистора при мостовата схема, което е неприемливо. Благодарение на заложеният алгоритъм за последователно обхождане на редовете, в логиката за установява-

не и нулиране на такселите се използват само 32 транзистора и 16 извода на контролера. Схемната реализация е показана на фиг. 2, като трябва да се отбележи, че драйверите на MOSFET транзисторите не са показани. Принципът ѝ на действие е следният:



Фиг. 2. Принципна схема за установяване и нулиране на такселите на дисплея с минимален брой активни елементи

Установяване на такселите

Микроконтролерът генерира импулсна поредица на четирите извода на порт А ($PA_0 \div PA_3$), които се подават на входовете $S_1 \div S_4$ на приоритетният дешифратор 74НСТ154. Заради принципа си на действие, приоритетният дешифратор активира само този изход съответстващ на подадената двоична комбинация в следствие на което се подава отпушващ сигнал към транзистора селектиращ необходимият ред. Отпушването на транзистора води до подаване на нисък потенциал на общият извод на соленоидите и може да се пристъпи към активирането им. Кой соленоид ще се задейства се определя чрез двоичната дума, която се подава на порт В - изводи ($PB_0 \div PB_{15}$) и логическото ниво на извод PA_4 . Транзисторите с четни номера служат за активиране на соленоидите, и сигнала към гейтовете им се предава през логически елемент ИЗКЛЮЧАЩО ИЛИ (XOR). Така активирането става при логическа нула на извод PA_4 и логическа единица на съответният извод от порт В. Транзисторите с нечетни номера деактивират соленоидите, като за целта на извод PA_4 и порт В трябва да се подадат логически единици, тъй като гейтовете на тези транзистори са свързани през логически елементи И (AND). Отпушването на транзистор води до протичането на ток през

намотката на соленоида и съответното установяване на плунжера му в горна позиция. След прекратяване на токовият импулс плунжера остава в това положение под действието на постоянният магнит, т.е. консумация на ток има само в момента активирането му. При избора на следващият ред на общият извод на предходно активираните соленоиди има висок потенциал и последващото отпушването на транзисторите няма да доведе до активирането на неактивните таксели.

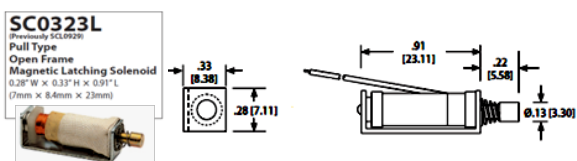
Нулиране на таксели

За деактивирането на соленоидите, трябва да се подаде токов импулс с обратна полярност, като за целта се отпушват транзисторите с нечетни номера. Нулирането отново става поредово, като в този случай на всички изводи на порт В се подава високо логическо ниво. Едновременно с това, високо ниво се подава и на извод РА₄ който разрешава нулирането.

Съображения при избор на соленоиди и конструктивно оформление на соленоидната карта

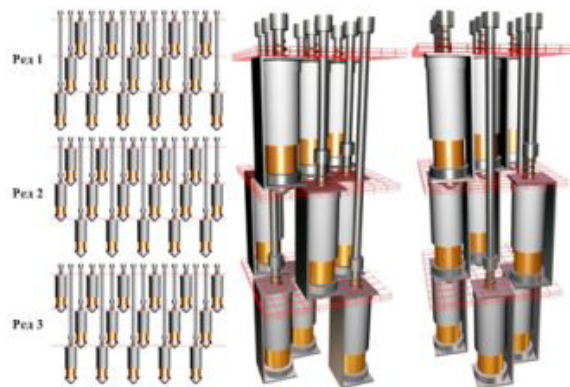
Няколко са основните съображения, които трябва да се вземат под внимание при изборът на соленоиди. Първото и най-важното е соленоидите да са двупозиционни, като активирането и деактивирането им се осъществява през различни намотки. На второ място е силата на натиск, която могат да издържат без да се получи механично ресетване на плунжера и типа. Третото съображение е свързано с габаритите на соленоида, активната площ и конструкция на плунжера, времето му за реакция. Четвъртото съображение е начина му на захранване – с постоянен ток или импулсен.

В момента на пазара съществуват соленоиди, с размери от порядъка на няколко милиметра. На фиг. 3 е показан модел на фирмата BRICON Electronics Company с размери 7x8.4x23 mm и тегло 6 гр.



Фиг. 3. Двупозиционен соленоид модел SC0323L на фирмата BRICON

Размерът на соленоида има отношение към гъстотата на таксели. Оптимално използване на пространството може да се получи при триредово разположение на соленоидите, а примерна конфигурация е показана на фиг. 4.



Фиг. 4. Конструктивно разположение на соленоидите по редове и колони

Вижда се, че такова разположение осигурява достатъчно пространство за циркулация на въздуха между отделните соленоиди и по този начин се удовлетворява изискването за охлаждане.

Силата на натиск, която може да издържи плунжера в активно състояние само под въздействието на постоянният магнит е около 500 гр., което е достатъчно имайки в предвид, че хората с увредено зрение разпознават обектите посредством опипване без да прилагат сила.

Изборът на режим на управление – дали да е с постоянен ток или импулсен има значение от гледна точка на осигуряване на продължителната работа на соленоида без това да доведе до прегряването му. Обикновено в каталожните данни се дава стойността на номиналното постоянно напрежение за непрекъсната работа при температура 20°C. В случаите, обаче че се избере импулсен режим на управление, това напрежение трябва да се преизчисли в съответствие с коефициента на запълване δ :

$$U_P = U_{DC} \cdot \frac{1}{\delta}, \quad (1)$$

където:

U_P – е стойността на импулсното напрежение, V;

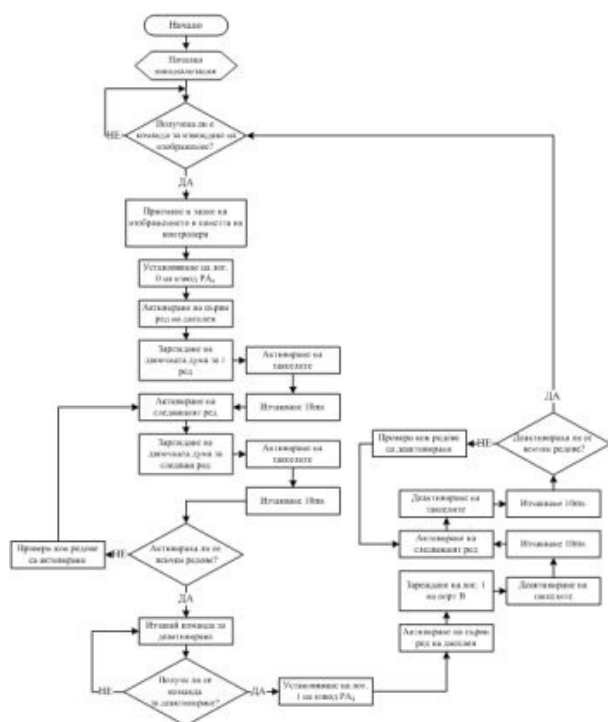
U_{DC} – стойността на номиналното постоянно напрежение, V;

δ – коефициент на запълване.

Така например, ако за активиране и деактивиране на плунжера е необходимо постоянно напрежение 12V, то при работа в импулсен режим с коефициент на запълване $\delta = 0$.

Програмно осигуряване

Избраният PIC микроконтролер е с 16 битова архитектура и разполага с 32 KB програмна памет и 8 KB RAM памет. Производителността му достига до 16 MIPS–а и е оптимизиран за програмиране с езика C. На фиг. 5 е показан примерен алгоритъм на работа на микроконтролера. Идеята на алгоритъма е след включване на захранващото напрежение дисплея винаги да е в готовност. При получаване на команда за извеждане на изображение на дисплея, започва последователното обхождане на редовете и активирането на съответните таксели. Веднъж, след като изображението е визуализирано контролера изчаква оператора да подаде команда за изчистване на дисплея, след което започва повторно обхождане на редовете и привеждането му в начално състояние.



Фиг. 5. Програман алгоритъм на работа на дисплея

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В доклада е предложена и обоснована концепция за апаратна реализация на графичен тактилен дисплей на базата на двупозиционни соленоиди с последователно активиране и деактивиране на такселите на дисплея, предназначен за хора с увредено зрение.

Предложена е принципна схема базирана на 16 битов PIC микроконтролер и програмнен алгоритъм на работа за ефективно управление на активирането и деактивирането на соленоидите с минимални апаратни средства.

За оптимизиране на гъстотата на такселите е предложено използването на три редово разположение на соленоидите, което допринася и за свободното циркулиране на въздуха необходим за охлаждането им.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] G. Burdea, Force and touch feedback for virtual reality, 1996, New York, Wiley Interscience
- [2] L. Yobas, D. M. Durand, G. G. Skebe, F. J. Lisy, M. A. Huff, A Novel Integrable Microvalve for Refreshable Braille Display System, Journal of microelectromechanical systems, vol. 12, no. 3, june 2003 pp. 252-263
- [3] X. Wu, H. Zhu, S. Kim, M. G. Allen, A portable pneumatically-actuated refreshable braille cell, The 14th International Conference on Solid-State Sensors, Actuators and Microsystems, Lyon, France, June 10-14, 2007.
- [4] Hyun-Cheol Cho, Byeong-Sang Kim, Jung-Jun Park, Jae-Bok Song, Development of a Braille Display using Piezoelectric Linear Motors, SICE-ICASE International Joint Conference 2006, Oct. 18-21, 2006 in Bexco, Busan, Korea
- [5] T. Matsunaga, K. Totsu, M. Esashi and Y. Haga, Tactile Display for 2-D and 3-D Shape Expression Using SMA Micro Actuators, Proceedings of the 31st Annual International IEEE EMBS Special Topic Conference on Microtechnologies in Medicine and Biology Kahuku, Oahu, Hawaii u 12 - 15 May 2005.
- [6] Gi-Hun Yang, Ki-Uk Kyung, M.A. Srinivasan, Dong-Soo Kwon, Quantitative Tactile Display Device with Pin-Array Type Tactile Feedback and Thermal Feedback, Proceedings of the 2006 IEEE International Conference on Robotics and Automation Orlando, Florida - May 2006.
- [7] Hermes Hernandez, Enrique Preza, and Ramiro Vel'azquez, Characterization of a Piezoelectric

- Ultrasonic Linear Motor for Braille Displays, 2009. Electronics, Robotics and Automotive Mechanics Conference.
- [8] Feng Zhao, Keishi Fukuyama and Hideyuki Sawada, Compact Braille display using SMA wire array, The 18th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication Toyama, Japan, Sept. 27-Oct. 2, 2009
- [9] D. R. Chaves, I. L. Peixoto, M. F. Vieira, A.C.O. Lima, C. J. de Araújo, Microactuators of SMA for Braille display system, MeMeA 2009 - International Workshop on Medical Measurements and Applications Cetraro, Italy May 29-30, 2009.
- [10] Sarah F. Frisken-Gibson, Paul Bach-Y-Rita, Willis J. Tompkins, John G. Webster, A 64-Solenoid, Four-Level Fingertip Search Display For The Blind, Ieee Transactions On Biomedical Engineering, Vol. Bme-34, No. 12, December 1987.