

Микропроцесорна система за медицинска електростимулация

Анелия Манукова, Любомира Димитрова

Microprocessor system for medical electrostimulation: The purpose of this article is to develop a microprocessor system for medical electrostimulation of acupuncture points and nerve-muscle fibres through the making of rectangular and sinusoidal impulses with varying amplitude and duration of the series.

Key words: Microprocessor system, medical electrostimulation.

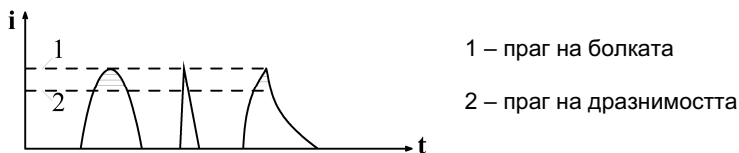
ВЪВЕДЕНИЕ

В съвременното развитие на електрониката съществено място заема медицинска апаратура, основна част от която е апаратурата за електростимулация. За постигане на диагностични, лечебни и тренировъчни цели на живите организми се използва електростимулацията с дразнение на тъканите с постоянен или импулсен електрически ток.

Като имитира физиологични ефекти на нервните импулси, електростимулацията оказва не само управляващо, но и трофично въздействие. Електрическият сигнал за електростимулация се характеризира с вида си, синусоидален или импулсен, формата, дължината на импулсите и честотата. Електростимулацията оказва мощно въздействие върху нервния апарат, предизвиква локална хеперемия, която подобрява кръвообращението, влияе на артериалния и венозния кръвоток [3,5].

Електростимулацията се използва за укрепване мускулната система, при първична и вторична мускулна атрофия, за болни в след оперативен период, като средство за борба с образуването на тромби, способства регенерацията на нервите.

Апаратите за диадинамична терапия, извършващи електростимулация чрез полусинусоидални сигнали, използват източници на специфични нискочестотни токови комбинации от импулси. На фиг.1 са показани различни по вид и форма импулси. Отбелязан е прага на дразнимостта и прага на болката в съответствие изследванията на Вайс [1,2,3].



Фиг.1. Видове импулси, показващи прага на дразнимост и болка

Площта на всеки от показаните импулси има дименсия на количество електричество. Във физиологията е доказано, че терапевтичният ефект се определя основно от частта от площта на импулсите, която е заградена между прага на дразнимостта и прага на болката (защрихованата площ на фиг.1). От фигурата се вижда, че полусинусоидалният импулс има най-голяма защрихована площ между двата прага, което определя най-силно изразения му терапевтичен ефект.

Трябва да се отбележи, че защрихованата площ би била най-голяма при правоъгълен импулс със същата височина и продължителност като разглежданите във фиг.1. Стръмността на тока с приближаване и отдалечаване на прага на болката и прага на дразнимостта е безкрайно голяма и определя болезненото усещане при правоъгълните импулси. По тази причина те се прилагат в по-редки случаи, когато има остри стадии на заболяването [3,5].

При продължителна апликация на полусинусоидалните импулси се стига до привикване от страна на пациента, което довежда до намаляване на терапевтичния

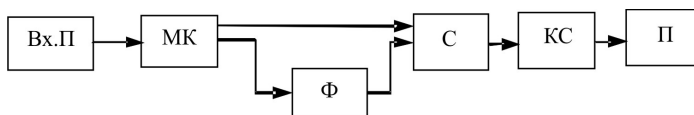
ефект. За да се избегне това, импулсите се модулират по амплитуда и честота. Бързото или мигновеното изменение на честотата е много по-ефективно от плавното. С цел да се избегне привикването на пациента към използваните импулси в медицината се прилагат различни комбинации от импулси [1,3,6].

Иглорефлексотерапията (или както е по-популярна акупунктурата) се смята от някои специалисти за един от ефективните методи на лечение и профилактика на много заболявания. Тя позволява намаляването на приема на някои лекарства, а понякога и за пълното им отменяне. Според иглотерапията много точки на повърхността на нашата кожа са свързани с вътрешните органи по сложен начин. Електрическото съпротивление на акупунктурните точки разположени върху кожата на човешкото тяло се променя в зависимост от състоянието на съответния орган. Чрез влияние върху потенциала на тези точки се влияе върху вътрешните органи, на които се предполага, че отговарят те.

Целта на статията е да се разработи микропроцесорна система за медицинска електростимулация на акупунктурни точки и диадинамична електростимулация на нервно-мускулни влакна чрез изработване на правоъгълни и синусоидални импулси с различна амплитуда и продължителност на поредиците.

СТРУКТУРНА СХЕМА НА МИКРОПРОЦЕСОРНАТА СИСТЕМА

Блоковата схема на разработваното устройство е представена на фиг.2.



Фиг. 2. Блокова схема на микропроцесорната система за електростимулация
 Вх.П – Входни Параметри; МК – Микроконтролер; Ф – Филтър;
 С – Суматор; КС – Крайно Стъпало; П – Пациент.

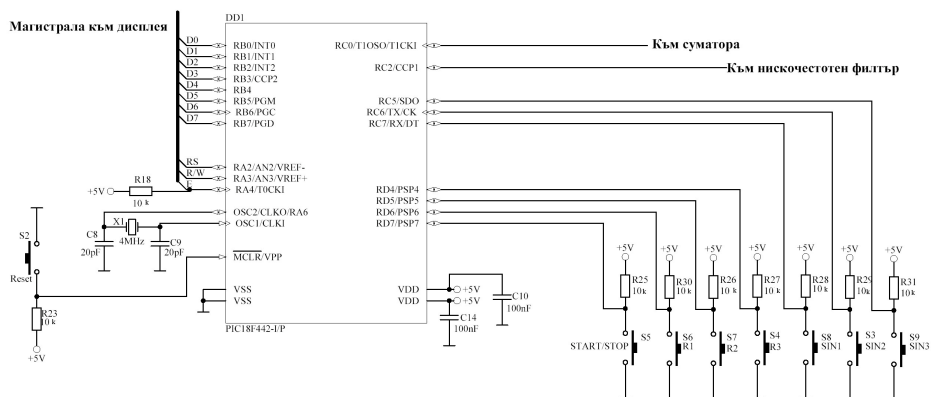
Изборът на микроконтролер е направен на основата на бързодействие, периферия, капацитет на програмната памет, капацитет на временната памет, брой на входно-изходните изводи и специализирана периферия за широчинно-импулсна модулация. Необходимите входно-изходните изводи са 20 на брой и е избран микроконтролер PIC18F442.

Структурната схема на свързване на микроконтролера с периферията е показана на фиг.3, като са отразени основните елементи за нормална работа.

Предвидени са следните режими на работа за електронната система:

Бутон S5	START/ STOP	Стартира/Спира	избрания	на	режима	на
		микроконтролера;				
Бутон S6	R1	Стартира	избора	на	правоъгълни	сигнали R1;
Бутон S7	R2	Стартира	избора	на	правоъгълни	сигнали R2;
Бутон S4	R3	Стартира	избора	на	правоъгълни	сигнали R3;
Бутон S8	SIN1	Стартира	избора	на	диадинамичния	сигнал SIN1;
Бутон S3	SIN2	Стартира	избора	на	диадинамичния	сигнал SIN2;
Бутон S9	SIN3	Стартира	избора	на	диадинамичния	сигнал SIN3;

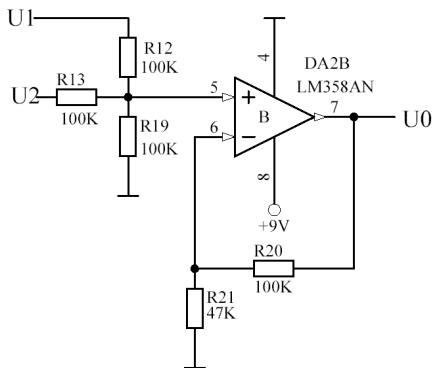
Резистор R23 служи за „издърпване“ към +5V напрежението на извод 1. Ако се подаде логическа нула на микроконтролера, той преминава в начално състояние и се рестартира. Желателно е този извод да се поддържа логическа единица. Бутонът S2 е препоръчителен - когато на извод 1 има логическа нула, принудително да се връща в начално състояние - чрез натискане.



Фиг.3. Схема на свързване на микроконтролера с периферията

Принципните схеми на отделните блокове на системата са показани от фиг.4 до фиг.6. Синтезирането им се базира на приложението на съвременни решения в схемотехниката.

Схемата от фиг.4 представя суматора от блоковата схема и работи като неинвертиращ усилвател, който определя изходното напрежение U_0 като равно на U_1 или U_2 в зависимост от избора на режим – синусоидални или правоъгълни импулси.



U_1 – изход от микроконтролера;
 U_2 – изход от нискочестотния филтър;
 U_0 – изходното напрежение на суматора;

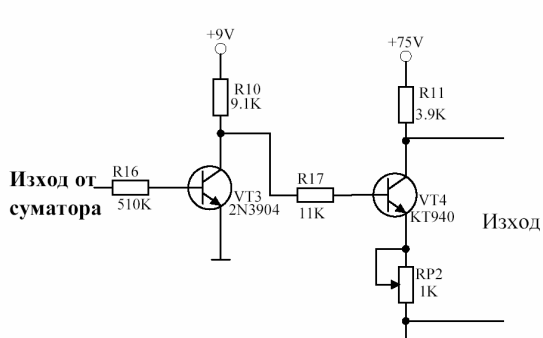
$$U_0 = \frac{R_{19}}{R_{12}} \cdot U_1 + \frac{R_{19}}{R_{13}} \cdot U_2,$$

при условие

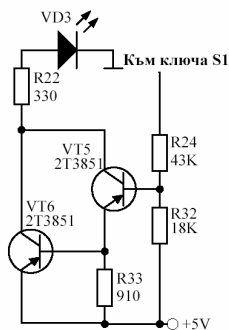
$$\frac{R_{20}}{R_{21}} = \frac{R_{19}}{R_{12}} + \frac{R_{19}}{R_{13}}$$

Фиг.4. Принципна схема на суматора

На фиг.5 е показана принципна електрическа схема на крайно стъпало. Транзисторът VT3 служи за инвертиране на сигнала от суматора, за да се запази поляритета на сигнала. Фиг.6 представя принципната схема на модула за намиране на активна точка. Чрез сондата на прибора се локализира избрания участък от кожата до момента когато светодиода светне – това означава, че е намерена акупунктурната точка. В случай на не функциониране на активната точка, светлинния сигнал няма да има.



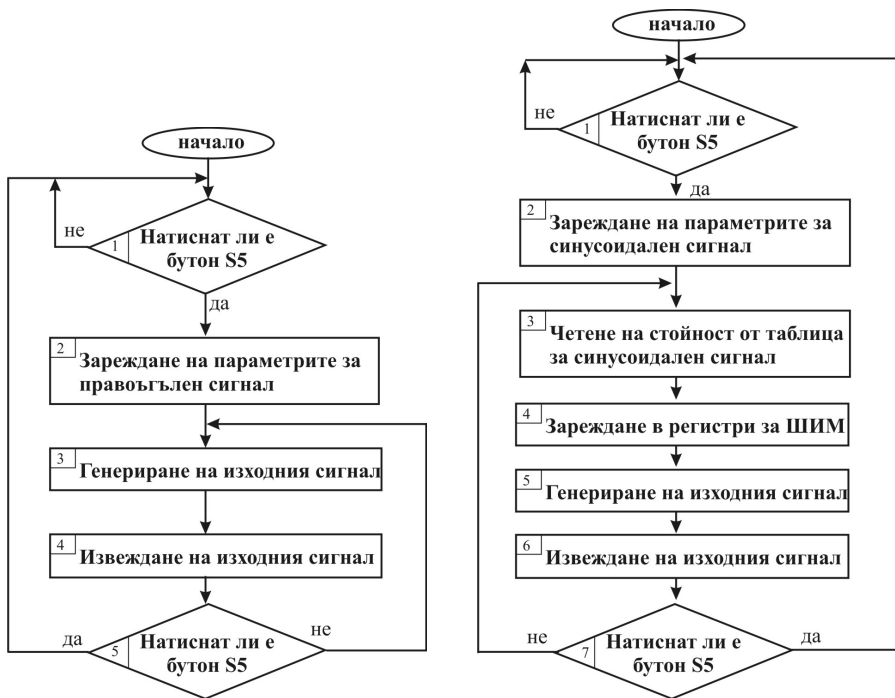
Фиг.5. Принципна електрическа схема на крайно стъпало



Фиг.6. Принципна схема за намиране на активна точка

АЛГОРИТМИ НА МИКРОПРОЦЕСОРНАТА СИСТЕМА

На фиг.7. са показани алгоритмите за получаване на правоъгълни и синусоидални сигнали.



а) правоъгълни сигнали

б) синусоидални сигнали

Фиг. 7. Блокова схема на алгоритми за управление на режимите за получаване на правоъгълни сигнали (а) и на синусоидални сигнали (б)

При началната инициализация на микроконтролера се извършва

конфигуриране на неговата периферия, зареждане на работните регистри с необходимата информация и начална инициализация на LCD дисплея.

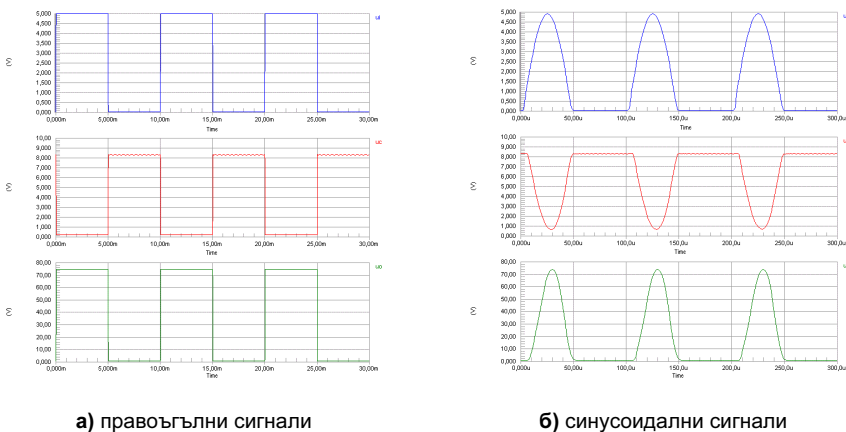
Подпрограмите за получаване на правоъгълни сигнали R1, R2, R3 имат идентична структура и алгоритъмът им е показан на фиг.7а. В блок 1 се извършва проверка дали е натиснат бутон S5, който отговаря на режим START/STOP. В блок 2 се зареждат параметрите на правоъгълния сигнал - периода и продължителността на пакета. В блок 3 и 4 се генерира и извежда изходния сигнал. В блок 5 се проверява да ли е натиснат бутон S5, като в този случай служи за край на поредицата от сигнала.

Подпрограмите за получаване на синусоидални сигнали SIN1, SIN2, SIN3 имат идентична структура и алгоритъмът им е показан на фиг.7б. В блок 1 се проверява натиснат ли е бутон S5, който отговаря на режим START/STOP. В блок 2 се зареждат параметрите на синусоидалния сигнал - периода и продължителността на пакета импулси. В блок 3 се прочита текущата стойност от таблицата за образуване на синусоидалния сигнал. В табличен вид предварително са записани данните, които образуват синусоида. Колкото по-малка е стъпката на изменение на табличните данни, толкова синусоидата е по-изгладена и идеална. В блок 4 прочетената стойност от блок 3 се зарежда в регистрите на ШИМ, а в блок 5 и 6 се генерира и извежда изходния сигнал. В блок 7 се проверява за натиснат бутон S5, като в случая служи за край на поредицата от сигнала.

РЕЗУЛТАТИ

Разработената микропроцесорна система е тествана на две нива – симулация на отделните електронни блокове и тестово изследване на цялата система чрез режимите за акупунктурна и диадинамична електростимулация.

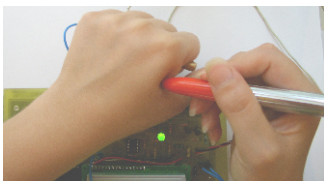
След проведените симулационни изследвания на крайното стъпало с програмният продукт Altium Designer 6 са получени резултатите, отразени на фиг.8.



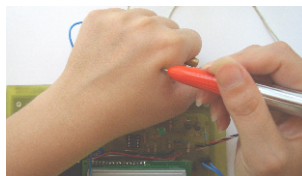
Фиг. 8. Резултати от симулационното изследване на крайното стъпало

Вижда се, че нивото на изходния сигнал достига до необходимите 75V.

При тестване на модула за определяне на активна точка за акупунктурна електростимулация е използван светодиод за индициране на намерената точка. След откриването ѝ се стартира електронната система и електростимулацията. На фиг.9 са показани двата възможни варианта.



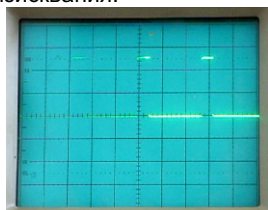
а) намерена активна точка



б) ненамерена активна точка

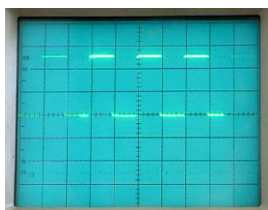
Фиг. 9. Резултати от тестването на модула за определяне на активна точка

При тестване на модула диадинамична електростимулация, фиг.10, са получени резултати за правоъгълните сигнали, които съвпадат със зададените изисквания.



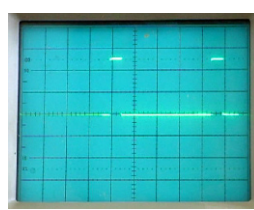
а) Режим R1

$T=16\text{ms}$ $t_p=4\text{ms}$, $A=75\text{V}$



б) Режим R2

$T=16\text{ms}$ $t_p=8\text{ms}$, $A=75\text{V}$



в) Режим R3

$T=24\text{ms}$ $t_p=4\text{ms}$, $A=75\text{V}$

Фиг. 10. Резултати от тестването на модула за диадинамична стимулация

От получените амплитуди и продължителност на сигналите се вижда, че основните използвани пакети сигнали за електростимулация са покрити.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработената микропроцесорна система за медицинска електростимулация включва електростимулация на акупунктурни точки и нервно-мускулни влакна. Основните използвани стимули са чрез изработване на правоъгълни и синусоидални импулси с различна амплитуда и продължителност на поредиците.

Предложената микропроцесорна система е базирана на съвременни схемни решения и е предназначена за диагностични и лечебни медицински цели.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Димитров Д., Медицинска система за въздействие на електромагнитна поле върху човека, София, 2008г.
- [2] Игнатов Д., Н.Василев. Акупунктурна терапия, Екатеринбург, 1990г.
- [3] Игнатов М., В.Лясков. Токозахранващи устройства, София, Техника, 2003г.
- [4] Кенаров Н., PIC Микроконтролери 2, Варна, Млад конструктор, 2006г.
- [5] <http://www.nauka.relis.ru>
- [6] <http://www.magneticofoft.com>

За контакти:

гл.ас. маг. инж. Анелия Манукова, катедра "Електроника", Русенски университет "Ангел Кънчев", Тел.: 082/ 888 366, E-mail: amanukova@ecs.ru.acad.bg
 инж. Любомира Илиева Димитрова, катедра "Електроника", Русенски университет "Ангел Кънчев", E-mail: lusyto@googlemail.com

Докладът е рецензиран.