



# Programlanabilir Akım Kaynağı ve Sinir İletim Hızı Ölçüm Deneysel Düzenliği

## Programmable Current Source and Nerve Conduction Velocity Experimental Setup

Cengiz TEPE<sup>1</sup>, İlyas Eminoğlu<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümü, Biyomedikal Araştırma Laboratuvarı (BAL-LAB), Ondokuzmayıs Üniversitesi, Samsun, Türkiye  
ctepe@omu.edu.tr, ilyaseminoglu@hotmail.com

**Özetçe**—Bu çalışmada, sinir iletim hızı ölçümü yapabilecek programlanabilir akım kaynağı (PAK) deney düzeni tasarlanmıştır. İlk olarak PAK, 555 entegresi kullanılarak analog olarak gerçekleştirilmiştir. Daha sonra bu devre referans alınarak mikrodenetleyici tabanlı PAK tasarlanmıştır. PAK frekansı ve genliği değişebilen akım işareti üretmektedir. PAK ile uyarılan baş parmak kasından EMG işaretini almak için geri beslemeli EMG yükselteç devresi tasarlanmıştır. Alınan EMG işareti seri port haberleşmesi ile bilgisayara aktarılarak MATLAB ortamında çizdirilmiştir ve bazı yorumlar yapılmıştır.

**Anahtar Kelimeler** — programlanabilir akım kaynağı; stimülatör; EMG.

**Abstract**— In this study, programmable current source (PCS) experimental set-up that measures the nerve conduction velocity is designed. Firstly, analog PCS is implemented with integrated circuit of 555. Then, microprocessor-based PCS is designed by improving existing analog design at hand. PCS can produce current signal with adjustable frequency and amplitude. An EMG amplifier circuit is designed to measure the EMG signal from thumb finger muscle stimulated by PCS device. EMG signal is then send to the computer with a serial communication port. Received EMG signals are plotted in MATLAB and some interpretations are given.

**Keywords**—programmable current source; stimulator; EMG.

### I. GİRİŞ

Elektromiyografi (EMG) kasların dinlenme ve kasılması anında kasların ürettiği elektriksel impulsları ölçer. Diğer elektrofizyolojik sinyaller gibi EMG sinyali de küçük genliktir ve elektrofizyolojik sinyalleri ölçmek için tasarlanan özel yükselteçlerle yükseltilmesi gerekmektedir.

Programlanabilir akım kaynağı (PAK) iki parçadan oluşmaktadır. Birinci bölümü EMG ölçüm parçasıdır. EMG ölçüm parçası elektrotlar, ön-yükselteçler, süzgeçler

ve ana yükselteç olmak üzere dört ana parçadan oluşmaktadır. EMG cihazının ikinci bölümü stimülatör parçasıdır. Stimülatör merkezi sinir sistemi ile ilgili bozukluklarda rol alan kasları denetlemek ve uyarmak için kullanılır. Stimülatörler genliği, frekansı ve darbe süresi periyod oranı değişen darbe (pulse) sinyali üreten sistemlerdir [1-2]. Günümüzde, mikrodenetleyici tabanlı elektronik stimülatör uygulamaları genişçe kullanılmaktadır. Stimülatörler son 30 yılda insan vücudundaki sinirlerin ve kasların uyarılmasında çok önemli bir rol oynamaktadırlar. Sinir-kas stimülatörleri birçok hasarlı organların tanı ve tedavilerinde tercih edilirler. Mevcut ticari stimülatörlerin çoğunda önemli kısıtlamalar getirilmiştir. Bu kısıtlamalar : (a) birbirinden bağımsız çoklu kanallar , (b) programlanabilir parametrelerin çokluğu, (c) Enerji ve veri taşınmasında yüksek derecede verimlilik, (d) kolay kullanılabilir arayüz, (e) yüksek frekansta darbe üretimi, (f) dalga biçimi seçimi çeşitliliği (monofazik, bifazik) [3-5] biçimindedir.

Bu çalışmada, ilk olarak PAK, sinir iletim hızı (SİH) ölçüm deney düzeni ve öbek çizgesi verilmiştir. İkinci olarak analog tabanlı PAK anlatılmıştır. Üçüncü olarak mikrodenetleyici tabanlı PAK tasarımı, uygulaması, MATLAB arayüzü ve işaretlerin osiloskop ekran çıktıları verilmiştir. Dördüncü olarak tartışmalar bölümünde analog ve mikrodenetleyici tabanlı PAK karşılaştırmalı olarak tartışılmıştır. Son olarak çalışmanın sonuçları ve gelecek çalışmalar hakkında hedefler verilmiştir.

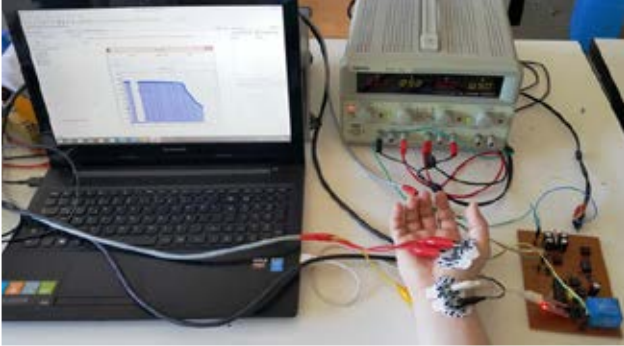
### II. DENEYSEL ÇALIŞMA

PAK ve sinir iletim hızı ölçüm deney düzeni Şekil 1-2' de gösterilmiştir. 30 yaşındaki sağlıklı birey rahat bir şekilde sandalyeye oturmuş sağ elini masa üzerine el içi yukarı bakacak şekilde yerleştirilmiştir. PAK işaretinin uygulanacağı medyan sinir üzerine ve EMG verisi

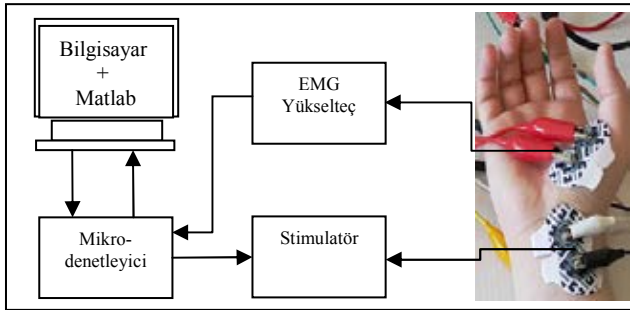
## Cihaz Tasarımı 1

1. Gün / 27 Ekim 2016, Perşembe

alınacak baş parmak kası üzerine Ag/AgCl yüzey elektrotlar yerleştirilmiştir.



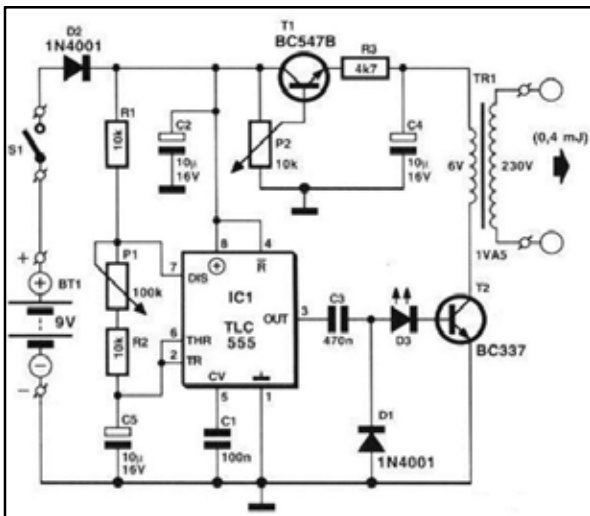
Şekil 1. PAK ve sinir iletim hızı ölçüm deney düzeneği



Şekil 2. PAK öbek çizgesi

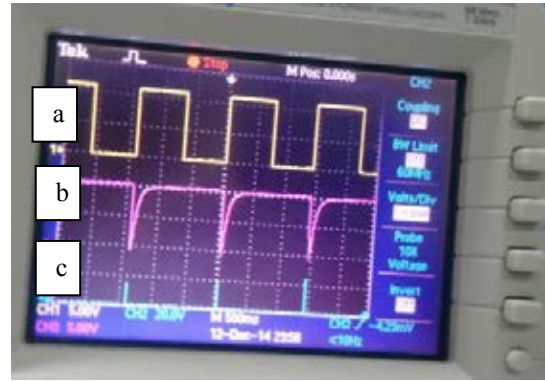
### A. Analog Tabanlı PAK

Analog tabanlı PAK, 555 entegresi ve muhtelif elektronik devre elemanları kullanılarak yapılmıştır. Şekil 3 'te görüleceği üzere darbe genişlik modülasyonu işaretini (PWM), 555 entegresi ile elde edilir. Bu işaret ile T2 (BC337) transistörü sürülür. PWM işaretinin frekans değişimi P1 (100K) potansiyometresi ile denetlenmektedir. PAK işaretinin genliği ise P2 (10K) potansiyometresi ve T1 (BC547) transistörü ile kontrol edilmektedir.



Şekil 3. Analog tabanlı PAK devresi

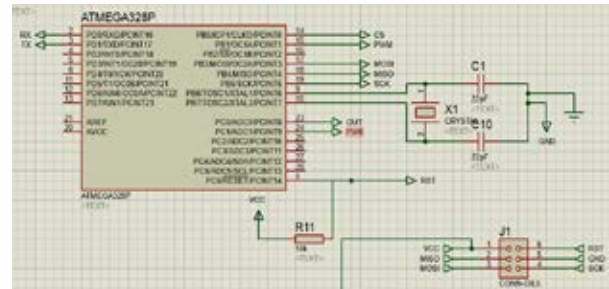
Şekil 3 'teki devrede P1 potansiyometresi değiştirilerek 555 entegresinin 3 numaralı çıkışındaki farklı frekanslarda PWM işareti elde edilir (Şekil 4.a). Bu PWM işareti ile T2 transistörü anahtarlanır. T2 transistörü ile TR1 transformatörü sürülür. Transformatörün birincil sargısında oluşan işaret Şekil 4.b 'de gösterilmiştir. Transformatörün ikincil sargısında oluşan PAK işareti ise Şekil 4.c 'de gösterilmiştir. Şekil 4.a 'da transformatörü süren PWM işaretini deyişmemesine rağmen Şekil 4.c 'deki PAK işaretinin genliğı deyişmektedir.



Şekil 4. Analog tabanlı PAK devresi çıkış işaretleri ; a-) PWM b) transformatörün birincil sargısı c) transformatörün ikincil sargısı

### B. Mikrodenetleyici Tabanlı PAK

Mikrodenetleyici olarak Şekil 5 'deki ATMEGA328P kullanılmıştır. Mikrodenetleyicinin 2kb belleğı vardır. Ve 16MHz de çalıştırılmaktadır. Sayısal potansiyometre (MCP41010-10K) ve program yükleme için seri port haberleşmesi kullanılmaktadır. Mikrodenetleyicinin MATLAB ile yapacağı haberleşme için ft232 seri port – USB dönüştürücü modülü kullanılmıştır. Kasta üretilen EMG işareti mikro denetleyicinin analog girişiyle alınarak yaklaşık 116bus de bir örnek olacak şekilde örneklenerek 10 bitte kuantalamaktadır.



Şekil 5. Atmega328P mikrodenetleyicisi

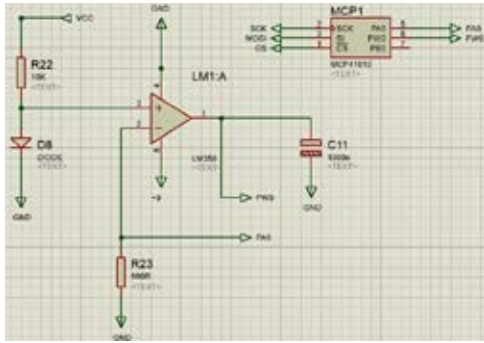
PAK işareti üretmek için LM358 opamp ve MCP4110 sayısal potansiyometre kullanılarak Şekil 6 'daki evirmeyen yükselteç devresi yapılmıştır. Bu devre ve MATLAB ortamında hazırlanan arayüz (Şekil 9) ile PAK işaretinin genliğı ayarlanmaktadır. Mikrodenetleyici ve transistör ile Şekil 7 'deki transformatör sürülmüştür.

## Cihaz Tasarımı 1

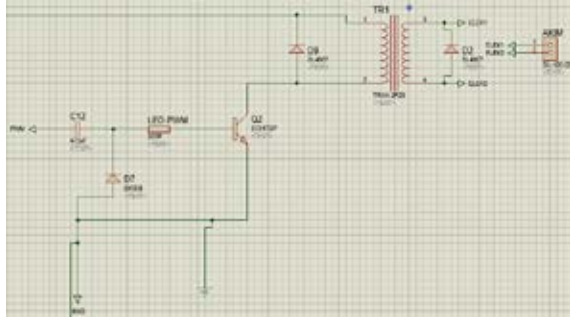
1. Gün / 27 Ekim 2016, Perşembe

Mikro denetleyici ile oluşturulan PWM işaretleri Şekil 8.a 'da verilmiştir. PWM işaretleri ile PAK işaretinin frekansı değiştirilmektedir. Transformatörün ikincil sargısında oluşan PAK işareti ise Şekil 8.b 'de gösterilmiştir.

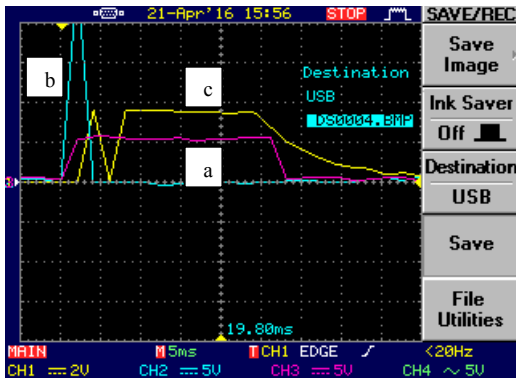
Şekil 1 ve Şekil 2 'de gösterildiği üzere sağlıklı bir bireyin (30 yaş) sağ bilek median sinirine PAK işareti uygulanmıştır. Uyarılan baş parmak median sinirine karşılık baş parmak ileri geri şeklinde hareket etmiştir. Bir uyarıma karşılık baş parmak üzerinden alınan yüzey EMG Şekil 8.c 'de ve PAK işareti Şekil 8.b 'de gösterilmiştir.



Şekil 6.Sayısal potansiyometre



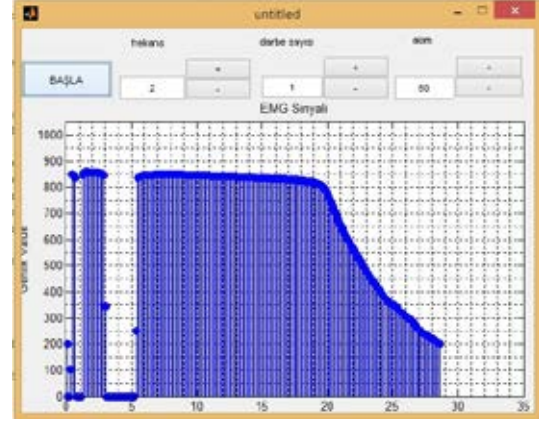
Şekil 7.Transformatörü denetleyen devre



Şekil 8.Mikrodenetleyici tabanlı PAK devresi işaretleri

Aynı zamanda yüzey EMG işareti gerçek zamanlı olarak alınarak Şekil 9'da görüleceği üzere bilgisayar ve Matlab ortamında çizdirilmiştir. EMG işaretinin alınmasında iki kanal geri beslemeli yükselteç devresi [6] kullanılmıştır.

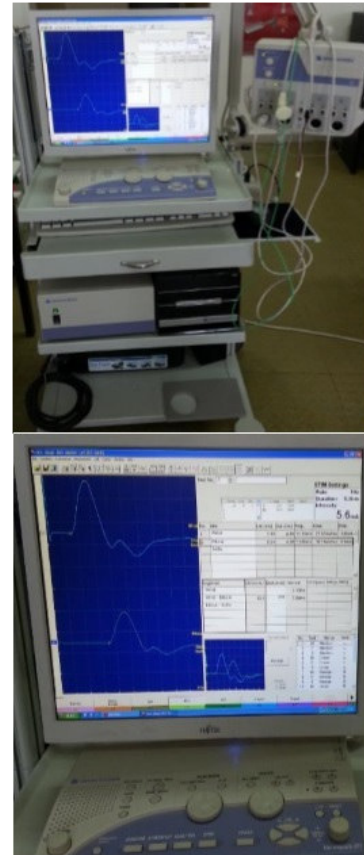
Bu Matlab arayüzü ile PAK işaretinin genliği ve frekansı değiştirilebilmektedir



Şekil 9.PAK MATLAB arayüzü

## III. TARTIŞMA

Bu çalışma lisans bitirme tezinden [7] türetilmiştir ve geliştirilmeye devam edilmektedir. Bu çalışmanın hedeflenen hali, mevcut ticari ürünlerle (Şekil 10) benzer işlevselliği olan PAK tasarlamaktır.



Şekil 10.Ticari ürün EMG Cihazı ve PAK [8]





## Cihaz Tasarımı 1

1. Gün / 27 Ekim 2016, Perşembe

Birincil olarak, analog tabanlı PAK kaynağı gerçekleştirilmiştir. Bu analog tabanlı PAK'a değişiklikler yapılarak mikrodenetleyici tabanlı PAK elde edilmiştir. 555 entegresi yerine Atmel328P mikrodenetleyicisi kullanılarak, PAK işaretinin frekansı denetlenebilir hale getirilmiştir. İkincil olarak, P2 potansiyometresi yerine sayısal potansiyometre (MCP4110) kullanılarak PAK işaretinin genliği ayarlanabilir hale getirilmiştir. Üçüncül olarak, analog tabanlı tasarımda çıkış akımı genlikleri değişkenlikler gösterirken, sayısal tabanlı tasarımda genlik değişimi büyük ölçüde ortadan kaldırılmıştır. Son olarak, vücuda PAK ile verilen akım darbesine karşılık gelen yüzey EMG işareti, geri beslemeli EMG yükselteç devresi marifetiyle kayıt altına alınmıştır.

30 yaşında sağlıklı bir bireyin sağ bilek medyan sinirinde deneme yanılma ile PAK yüzey elektrotlarının yeri değiştirilerek sağ el baş parmağı uyarılmıştır. Uyarılan baş parmağın hareketi ile baş parmak üzerinden yüzey EMG işareti alınmıştır ve oluşturulan PAK-Matlab arayüzünde alınan EMG işareti çizdirilmiştir. PAK-Matlab arayüzünde PAK işaretinin frekansı değiştirilerek baş parmağın saniyedeki hareket sayısı değiştirilebilir. Aynı zamanda PAK işaretinin genliği Matlab arayüzünde değiştirilerek baş parmağın hareket şiddeti denetlenebilir durumdadır. Bu çalışmada PAK işaretinin darbe süresi frekanstan bağımsız olarak değiştirilememektedir.

## IV. SONUÇLAR

Bu çalışmada elektrik-elektronik, biyomedikal ve tıp fakültesi öğrencilerinin lisans laboratuvarlarında kullanabilecekleri PAK ve SİH ölçüm deney düzeneği donanımsal ve yazılımsal olarak gerçekleştirilmiştir. Aynı zamanda PAK 'nın çalışması sağlıklı bireyin sağ eli üzerinde başarı şekilde denenmiştir.

Gelecek çalışmada; i-) mevcut PAK işaretinin darbe süresi de frekanstan bağımsız olarak ayarlanabilmesi, ii-)

SİH ölçümünün otomatik olarak yapılması hedeflenmektedir.

## V. TEŞEKKÜR

Bu çalışma PYO.MUH.1906.10.001-BAL-LAB numaralı Ondokuz Mayıs Üniversitesi BAP projesi tarafından desteklenmiştir.

## KAYNAKÇA

- [1] Koçer, S., "Genel Amaçlı Mikrodenetleyici Tabanlı Neuromuscular Stimulatorü Tasarımı", Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 1998.
- [2] Koçer, S., Rahmi, M., Güler, İ., "Design of Low-Cost General Purpose Microcontroller Based Neuromuscular Stimulator", Journal of Medical Systems, Vol. 24, No. 2, 2000.
- [3] Cheng KW, Lu Y, Tong KY, Rad AB, Chow DH, Sutanto D., "Development of a circuit for functional electrical stimulation", IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng;12(1):43-7, 2004.
- [4] Tekin, L.H., "Dört Farklı Dalga Formunu Destekleyen Bir Elektroakupunktur Stimülör Tasarımı Ve Gerçekleştirilmesi", Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2006, 132s.
- [5] Arieta, A.,H., "Development Of A Multi-Channel Functional Electrical Stimulation System For Prosthetic Applications Of Limbs", Doctor Thesis, The University of Tokyo, 2007,195s.
- [6] Tepe, C., Eminoğlu, İ., "Düşük Maliyetli Mayo-Elektrik Denetimli Protez El Projesi: Kontrol Mühendisliği Laboratuvarı Deney Düzeneği Tasarımı", Otomatik Kontrol Ulusal Toplantısı, TOK2014, 11-13 Eylül 2014, Kocaeli, Türkiye
- [7] Günay, M. "Akım Kaynağı ve EMG Yükseltecinin MATLAB Arayüzü ile Kontrolü", Lisans Bitirme Tezi, Ondokuzmayıs Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği, 2015.
- [8] <http://www.nihonkohden.de/> (Ziyaret tarihi: 25.08.2016)