

## Parça Parça Lineer Memristor Tabanlı Chua Osilatörünün LabVIEW’de Gerçekleştirilmesi

Hasan GÜLER<sup>1\*</sup>, Turgay KAYA<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Fırat Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümü, Elazığ

\*hasanguler@firat.edu.tr

(Geliş/Received: 03.05.2016; Kabul/Accepted: 17.05.2016)

### Özet

Memristörün dördüncü kayıp devre elemanı olarak keşfinden sonra, memristörler birçok elektronik devre uygulamasında kullanılmaya başlanılmıştır. Araştırmacılar memristörün kaotik davranışa sahip olmasından ötürü sahip olduğu kaotikliği göstermek için çalışmalar gerçekleştirmiştir. Bu çalışmada, parça parça lineer memristör tabanlı Chua osilatör devresi LabVIEW ortamında modellenmiş ve devrenin kaotikliği incelenmiştir. Gerçekleştirilen sistemde Chua diyodu ve memristör birlikte kullanılmış ve devrede kaotik etkiyi sağlamak amacıyla devre elemanları için uygun değerler seçilmiştir. Benzetimden elde edilen sonuçlar gösteriyor ki Chua osilatör devresi gibi kaotik devreler devre emülatörlerine ihtiyaç duymadan LabVIEW ortamı kullanılarak daha kolay tasarlanabilir ve gerçek zamanlı uygulamaları gerçekleştirilebilir.

**Anahtar Kelimeler:** Memristor, Kaos, Chua osilatörü, LabVIEW.

## Implementation of PWL Memristor Based Chua’s Oscillator in LabVIEW

### Abstract

After invention of memristor as a missing fourth element, it has been used in many electronic circuit applications. Because of its nonlinear behavior, researchers have widely used it in many chaotic studies. In this paper, it was tried to implement piecewise-linear (PWL) memristor based Chua’s oscillator in LabVIEW environment and chaotic circuit was analyzed. Chua’s diode and memristor were used together in this paper. The developed system was designed with LabVIEW software. The appropriate values were chosen to provide chaotic effects in the circuit. The results obtained from simulation prove that chaotic circuits like Chua’s oscillator circuits can be also realized easily by using of LabVIEW environment and real time applications can be implemented.

**Keywords:** Memristor, Chaos, Chua’s oscillator, LabVIEW

### 1. Giriş

1971 yılında, Leon Chua direnç (R), kapasite (C) ve indüktans (L)’dan sonra dördüncü elektriksel eleman olarak memristörü literatüre kazandırmış ve onu akım (i), gerilim (v), yük (q) ve akı (φ) gibi dört temel devre değişkenlerinden ikisi ile tanımlamıştır [1]. Memristörün en temel karakteristik özelliği bulunduğu devrenin enerjisi kesildiği zaman son durumdaki değerini tutmasıdır. Bu özelliğinden ötürü memristör hafızalı direnç olarak da adlandırılmaktadır.

Memristörün keşfinden sonraki yıllarda, bilim dünyası memristöre karşı mesafeli durmakla beraber çok az sayıda araştırmacı bazı çalışmalar yapmaktan geri durmamıştır. Keşfinden yaklaşık

40 yıl sonra, 2008 yılında Hewlett-Packard (HP) firmasından bir grup araştırmacı nano boyutta TiO<sub>2</sub> tabanlı memristör gibi davranan bir malzeme ürettiklerini rapor etmişlerdir [2]. Bu çalışma ile memristörün fiziksel olarak gerçekleştirilebileceğinin ortaya çıkmasından sonra bilim dünyasında memristöre olan ilgi gitgide artmıştır.

Memristörler kaotik devreler, analog tümdevreler, güvenli haberleşme gibi alanlarda kullanılarak literatürde birçok çalışma yapılmıştır [3-12]. Itoh ve Chua yaptıkları çalışmada Chua diodyudunu kondüktans ve bir akı-kontrollü memristor ile değiştirerek dördüncü derece memristör tabanlı osilatör devresini literatüre kazandırdılar [3]. [4] nolu çalışmada yazarlar

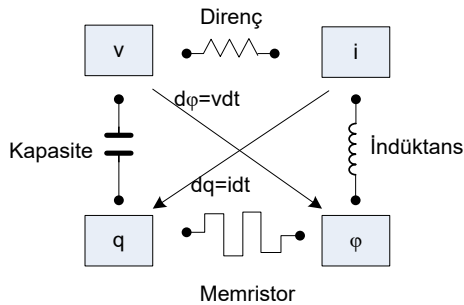
memristörü ilk defa programlanabilir analog devrelerde kullanarak bir uygulama gerçekleştirmişlerdir. Köksal ve Hamamcı yaptıkları çalışmada memristörlü dört element Chua devresinin analizini gerçekleştirerek devrenin kaotikliğini incelemişlerdir [5]. Yener ve arkadaşları TiO2 memristör modelini ve farklı aktif filtrelerde kullanarak çeşitli benzetimler elde ederek memristörün bu alanda da kullanılabileceğini göstermişlerdir [6-8]. Bu incelenen çalışmalar ve daha birçoğu SPICE ve devre benzetim programları gibi programlar kullanılarak gerçekleştirilmiştir [9-16]. Ayrıca literatür incelendiğinde LabVIEW kullanılarak birçok sistem kontrolü gerçekleştirildiği görülmektedir [17-20].

Bu çalışmada Chua osilatör devresinin matematiksel modeli çıkarılıp LabVIEW ortamında gerçekleştirilmesi yapılarak bu devrenin kaotikliği incelenmiştir. Grafikselleştirme dili olan LabVIEW kullanılmasıyla kaotik devrenin incelenmesi daha da kolaylaşmıştır. Ayrıca LabVIEW’in kendi bünyesinde bulunan “Kullanıcı Ara Yüzü” kullanılarak sisteme ait değişkenlerin ve grafiklerin incelenmesi başka bir yapıya ihtiyaç duymadan gerçekleştirilmiştir.

## 2. Yöntem

### 2.1. Memristörler

Memristör kayıp dördüncü devre elemanı olarak literatürdeki yerini almış bulunmaktadır. Temel devre elemanları arasındaki ilişki Şekil 2.1’de verilmiştir.



Şekil 2.1: Temel devre elemanları arasındaki ilişki

Memristör manyetik akı ve yük arasında fonksiyonel bir ilişkiye sahiptir. Bu ilişki denklem 1’de verilmiştir.

$$d\phi = Mdq \quad (1)$$

Memristör için akı-yük ilişkisi incelendiğinde, elektriksel karakteristik olarak memristans elde edilirken, yük-akı ilişkisi memdüksans karakteristikini vermektedir. Memristans direnç ile aynı birime sahip iken, memdüksans direnç biriminin tersi olarak gösterilmektedir.

Memdüksans ve memristans denklemleri sırasıyla Denklem 2 ve 3’de gösterilmiştir.

$$W(\phi) = \frac{dq(\phi)}{d\phi} \quad (2)$$

$$M(q) = \frac{d\phi(q)}{dq} \quad (3)$$

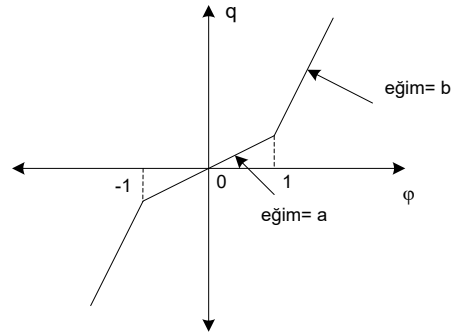
Burada q memristör yükü ve φ memristör akısıdır ve bunlar aşağıdaki şekilde tanımlanmaktadır [8].

$$\phi(t) = \int_{-\infty}^t v(\tau) d\tau \quad (4)$$

$$q(t) = \int_{-\infty}^t i(\tau) d\tau \quad (5)$$

### 2.2. Parça parça lineer memristör

Yük-kontrollü memristörler lineer olmayan sürekli artan ve parça parça lineer bir yapıya sahiptirler [14]. Bu yapı Şekil 2.2’de gösterilmektedir.



Şekil 2.2: Sürekli artan parça parça lineer memristörün q-φ karakteristiği

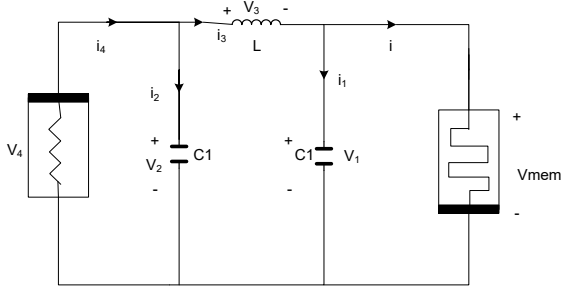
Yük ve akı arasındaki q(φ) fonksiyonu denklem 6’da verilmektedir.

$$q(\phi) = b * \phi + 0.5 * (a - b)(|\phi + 1| - |\phi - 1|) \quad (6)$$

### 2.3. Dördüncü derece Chua osilatör devresi

Dördüncü dereceden geliştirilmiş Chua osilatör devresi Şekil 2.3’de verilmiştir. Şekilden de görüleceği üzere Chua diyodu ve memristör bu devrede birlikte kullanılmıştır. Bu devreden elde edilen durum denklemleri aşağıdaki verilmiştir.

$$\begin{aligned} C_1 \frac{dv_1}{dt} &= i_3 - W(\varphi)v_1 \\ L \frac{di_3}{dt} &= v_2 - v_1 \\ C_2 \frac{dv_2}{dt} &= -i_3 + F(v_2) \\ \frac{d\varphi}{dt} &= v_1 \end{aligned} \quad (7)$$



Şekil 2.3: Dördüncü dereceden Chua osilatör devresi

Burada,

$$q(\varphi) = 9 * \varphi + 0.5 * (0.2 - 9) * (|\varphi + 1| - |\varphi - 1|)$$

$$W(\varphi) = \frac{dq(\varphi)}{d\varphi} = \begin{cases} |\varphi| < 1 \rightarrow 0.2 \\ |\varphi| > 1 \rightarrow 9 \end{cases} \quad (8)$$

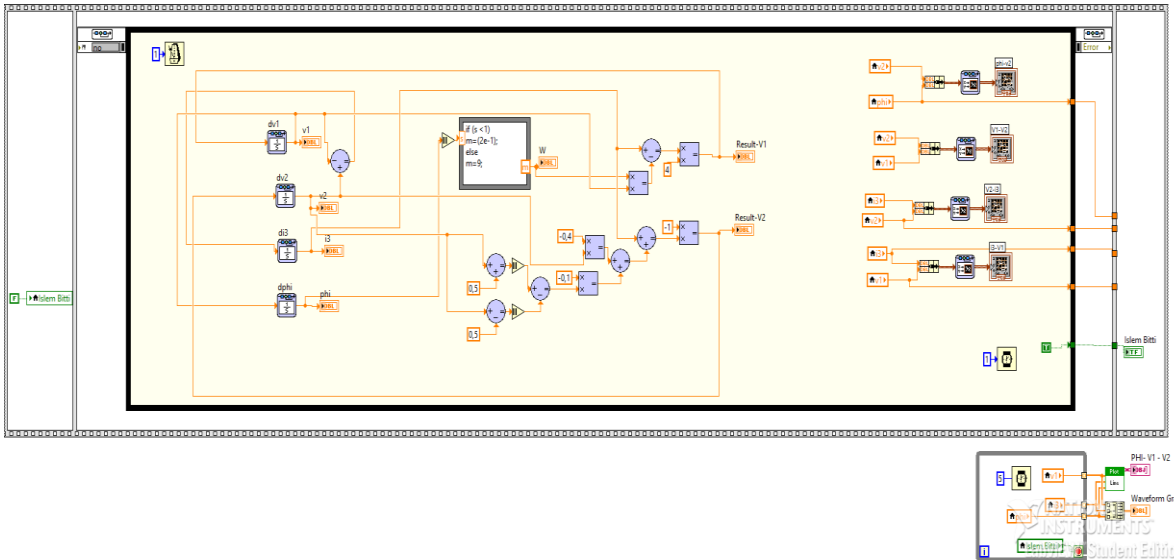
$$F(v_2) = G_b * v_2 + 0.5 * (G_a - G_b) * (|\varphi + B_p| - |\varphi - B_p|) \quad (9)$$

C1=0.25F, L=1H, C2=1F, Ga=-0.4, Gb=-0.6 ve Bp=0.5 olarak seçilmiştir [14].

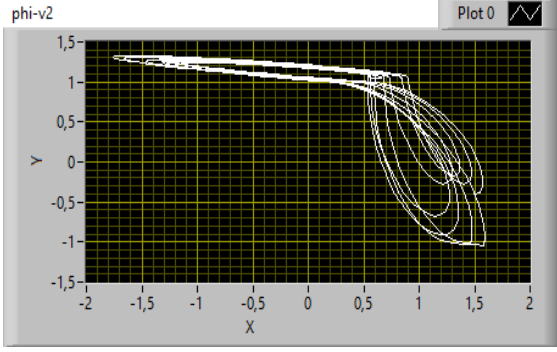
### 3. Sonuçlar ve Tartışma

Parça parça lineer memristör tabanlı Chua osilatör devresi için LabVIEW ortamında gerçekleştirilen program Şekil 3.1’de verilmiştir.

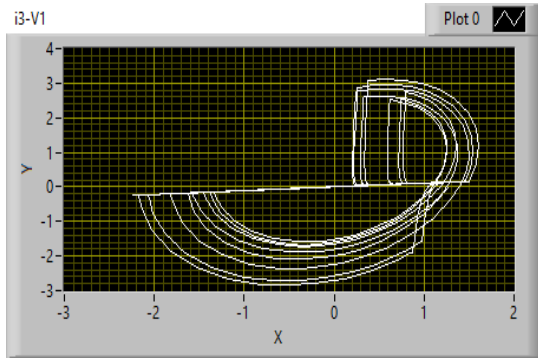
Kaotik durum sergileyen Chua osilatör devresinden elde edilen 2 boyutlu şekiller Şekil 3.2, 3.3, 3.4 ve 3.5’de gösterilmiştir.



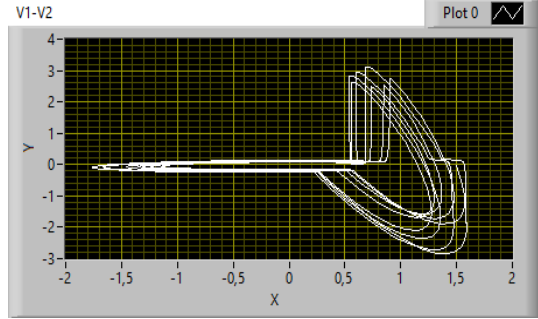
Şekil 3.1:Gerçekleştirilen sisteme ait blok diyagramı



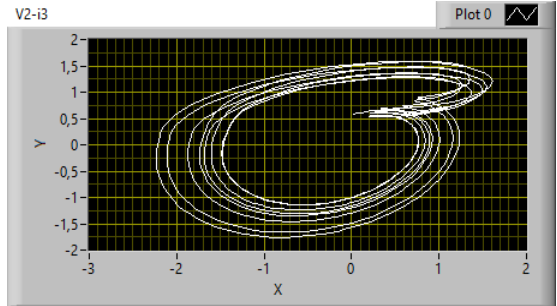
Şekil 3.2:  $\phi$ -V2 arasında görülen 2 boyutlu kaotik durum



Şekil 3.3: i3-V1 arasında görülen 2 boyutlu kaotik durum

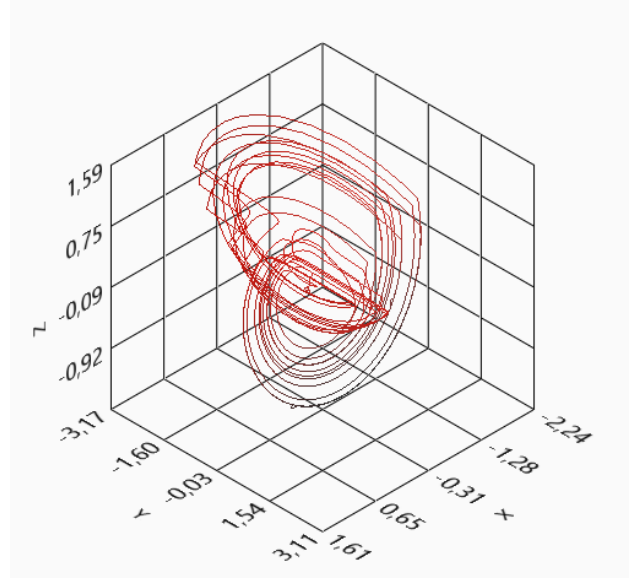


Şekil 3.4: V1-V2 arasında görülen 2 boyutlu kaotik durum

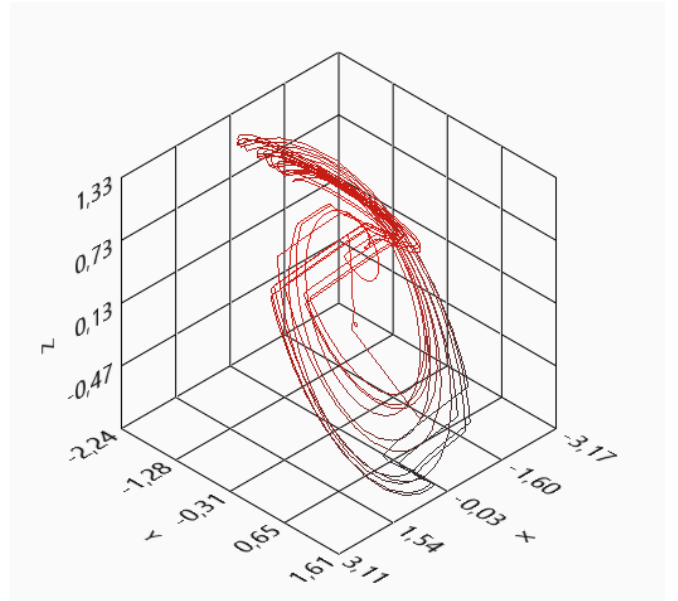


Şekil 3.5: V2-i3 arasında görülen 2 boyutlu kaotik durum

Sistemden elde edilen 3 boyutlu kaotik durum Şekil 3.6 ve 3.7'de verilmiştir.



Şekil 3.6:  $\phi$ -i3-V1 arasında görülen 3 boyutlu kaotik durum



Şekil 3.7: V2-i3-V1 arasında görülen 3 boyutlu kaotik durum

Şekillerden de görüleceği üzere, Chua osilatör devresinde Chua diyodu ve memristörün birlikte kullanılmasıyla sistemin kaotiklik özelliği yine sağlanmaktadır. Gerçekleştirilen sistem Windows için LabVIEW v.12.0f3 (32 bit) service pack 1 (SP1) yazılımı kullanılarak oluşturulmuştur. Diferansiyel denklemlerin çözümü için sistemde Control&Simulation

bloğunda ODE45 denklem çözümü seçilmiştir. Ayrıca integratörlerin başlangıç şartları V1, V2, i3 ve  $\phi$  için sırasıyla 0.1, 0, 0 ve 0 olarak belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar gösteriyor ki hali hazırda memristörün ticari bir ürün olarak mevcut olmadığı durumlarda memristörlü Chua devresi gibi kaotiklik gösteren birçok devre LabVIEW ortamında çok daha kolay bir şekilde modellenebilir ve uygun çevresel cihazlar yardımıyla güvenli haberleşme, aktif filtre devreleri gibi sistemlerin gerçek zamanlı uygulamaları mümkün olabilmektedir.

#### 4. Kaynaklar

1. Chua, L.O., "Memristor—the missing circuitelement", *IEEE Trans. Circuit Theory*, vol. 18, pp.507–519, 1971.
2. D. B. Strukov, G. S. Snider, D. R. Stewart, S. R. Williams, "The missing memristor found," *Nature*, vol. 453, no. 7191, pp. 80-83, 2008.
3. Chua L.O., Itoh M., Kocarev L., Eckert K., "Chaos synchronization in chua's circuit", *Journal of circuit syst comp* 03, 1993.
4. A.Yesil, Y. Babacan, F. Kacar, "A new DDCC based memristor emulator circuit and its application". *Microelectronic J.* vol. 45, pp. 282-287, 2014
5. M. Koksall, S.E. Hamamci, "Analysis of four element chua circuit containing new passive component-memristor", *Proc. Of NSC'10, 3rd Conf. on Nonlinear Science and Complexity*, p.33, Cankaya University, Ankara, Turkey, July 28-31, 2010.
6. Ş.Ç.Yener, H. Kuntman, "A new CMOS based memristor implementation", *Applied Electronics (AE)*, 2012 International Conference, pp.1-4, 2012.
7. Ş.Ç.Yener, R. Mutlu, H. Kuntman, "Memristör temelli sallan-key süzgeçler" *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi*, vol.30,no.2,173-187,2015
8. Ş.Ç.Yener, R. Mutlu, H. Kuntman, "Analysis" of filter characteristics based on pwl memristor", *Istanbul University Journal of Electrical-Electronics Engineering*, vol.14, no.1, 1709-1719,2014.
9. Ş.Ç.Yener, R. Mutlu, H. Kuntman, "Performance analysis of memristor-based biquad filter using a dynamic model", *Journal of Microelectronics, Electronic Components and Materials*, vol.44, no.2, 109-118,2014.
10. A. Rak, G. Cserey, "Macromodeling of the memristor in SPICE", *IEEE Trans. on Computer-Aided Design of Integrated Circuits and Systems*, vol.29, no.4, pp.1-5, 2010.
11. S. Jameel, "Computer aided design of the biquadratic filters using memristors" M.S. thesis, Dept. Elect-Electron. Eng, Gaziantep Univ. Gaziantep, Turkey, 2013.
12. Z. Biolek, D. Biolek, V. Biolkova, "SPICE model of memristor with nonlinear dopant drift" *Radioengineering*, vol.18 no.2, pp.210-214, 2009.
13. M. Mahvash, A. C. Parker, "A memristor SPICE model for designing memristor Circuits" *Midwest Symposium on Circuits and Systems*, pp. 989-992, 2010.
14. T.T.Xuan, N.T. Dzung, T.M.Hoang, " Chaos in Chua's Oscillator with Chua's Diode and Memristor", *International Symposium on Nonlinear Theory and its Applications*, NOLTA2010,Krakow,Poland,346-349,2010.
15. T.X.Bo, X.Hui, "The design and simulation of titanium oxide memristor-based programmable analog filter in a simulation program with integrated circuit emphasis", *Chinees Physics B*, vol.22, no.8,2013
16. K. Zaplatilek, "Memristor modeling in Matlab&Simulink", *Proceeding of European Computing Conference*, European computing conference, Paris, France 62-67, 2011.
17. Guler H., Turkoglu I., Ata F., "Designing Intelligent Mechanical Ventilator and User Interface Using LabVIEW (R)" *Arabian Journal for Science and Engineering*, vol.39, no.6, pp. 4805-4813, 2014.
18. Guler H., Ata F., "Design of a Fuzzy-Labview-Based Mechanical Ventilator" *Computer Systems Science and Engineering*, vol.29, no.3, pp.219-229, 2014.
19. Guler H., Ata F., "The Comparison of Manual and LabVIEW-Based Fuzzy Control on Mechanical Ventilation" *Proceedings of The Institution of Mechanical Engineers Part H-Journal of Engineering in Medicine*, vol.228, no. 9, pp.916-925, 2014
20. Guzel S., Kaya T., Guler H., "LabVIEW -based analysis of EEG signals in determination of sleep stages" *23th Signal Proces. and Commu. Applications Conf. (SIU)*, pp. 799-802, 2015.