

Translineer Temelli Negatif Direnç Kullanılarak Kaotik Çeker Yapılarının Gerçekleştirilmesi

Mustafa Alçı¹

Sezai Alper Tekin²

^{1,2}Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Erciyes Üniversitesi, Kayseri
¹e-posta: malci@erciyes.edu.tr

²e-posta: satekin@erciyes.edu.tr

ÖZETÇE

Translineer devre prensibi, daha düşük güç tüketimi, daha düşük kaynak gerilimi ve daha yüksek frekanslarda çalışma ihtiyacına olan eğilimlerden dolayı elektronik devre tasarımında ilgi çekici bir alternatif oluşturmaktadır. Translineer devrelerin akım modlu olması, tümdevre yapıları için uygun olması, devrede analizin ve sentezin bu prensip ile basitleşmesi ve frekans performanslarının iyileştirilmiş olması avantaj olarak kabul edilmektedir. Bu çalışmada translineer prensibi yardımı ile tasarlanmış negatif direnç yapısı değiştirilerek kaotik yapılarda kullanılması amaçlanmıştır. Dört çekerli kaotik devre yapısı gerçekleştirilmiştir. Ayrıca opamp kullanılarak gerçekleştirilen negatif direnç yapısı ile translineer temelli negatif direnç yapısının sıcaklık davranışları ve frekans performansları açısından karşılaştırılmaları yapılmıştır.

1.Giriş

Son zamanlarda, düşük güç tüketimi ve küçük kaynak gerilimi ve yüksek çalışma frekansına olan eğilimler yeni tasarım tekniklerine ilgiyi artırmıştır. Translineer devreler, akım modlu ve gerilimdeki salınım az olan devreler olduğu için düşük güç tüketimi, düşük kaynak gerilimi ve yüksek frekanslarda çalışabilecek özelliklere sahiptir. Sıcaklıktan bağımsız transfer fonksiyonları vardır. Bununla birlikte tüm devre teknolojisine de uyumlu olması translineer devrelerin son yıllarda ilgi odağı olmasına sebep olmuştur.

Translineer prensibi transistör gibi bazı aktif elemanlardaki elektriksel değişkenlerin geçiş iletkenliği ile doğrusallık göstermesinden oluşmaktadır. Bu prensip, bipolar transistörler için geçiş iletkenliği ile akım, MOS transistörler için geçiş iletkenliği ile gerilim arasındaki doğrusallığa dayanmaktadır. Böylece akım-gerilim karakteristikleri kullanılarak akım modlu transfer fonksiyonları oluşturulmaktadır. Translineer prensibi bipolar transistörlerdeki akım-gerilim arasındaki eksponansiyel ilişkiye dayanmaktadır. Translineer devreler ilk önce akım ve voltaj arasındaki eksponansiyel ilişkiden dolayı bipolar

transistörlerle gerçekleştirilmiştir [1]. MOS transistörlerin zayıf evrim bölgesinde akım ve gerilim arasındaki ilişki eksponansiyel bir bağıntı olduğu için translineer devre prensibi aynı şekilde uygulanmıştır. Ayrıca, MOS transistörlerin kuvvetli evrim bölgesinde, translineer devre prensibinin kullanıldığı ve kare kanununa uygun olarak, akım ve gerilim arasındaki ilişkiye göre belirlenen devre örnekleri vardır [2].

Literatürde Chua devresinin doğrusal olmayan direncini gerçekleştirmek için, gerilim modlu işlemsel yükselteçler aktif elemanlar olarak kullanılmıştır [3]. Gerilim modlu işlemsel yükselteçlerin ideal olmama ve sınırlı frekans cevap özellikleri bu aktif elemanlar ile gerçekleştirilen Chua devre yapılarının çalışma frekansını sınırlamaktadır. Dolayısıyla ilk gerçekleştirilen gerilim modlu işlemsel yükselteç tabanlı Chua devrelerinin yüksek frekans performansları iyi olmamıştır. Bu yüzden literatürde yer alan yeni tasarım fikirleri, Chua devresinin gerçekleştirmeyi amaçlamıştır [4,5].

Bu çalışmada translineer temelli negatif direnç yapısı değiştirilerek kaotik yapılarda kullanılması amaçlanmıştır. Gerilim modlu işlemsel yükselteç kullanılarak gerçekleştirilen parçalı doğrusal direnç yapısı ile translineer temelli parçalı doğrusal direnç yapısı chua devresinde kullanılarak, sıcaklık davranışları ve frekans performansları açısından karşılaştırmaları yapılmıştır.

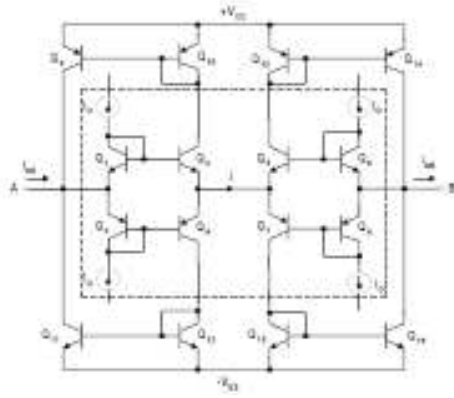
2.Translineer Temelli Parçalı Doğrusal Negatif Direncin Gerçekleştirilmesi

Translineer prensibi kullanılarak Şekil 1'deki gibi translineer temelli negatif direnç gerçekleştirilebilir. Burada negatif direnç ifadesi şöyle bulunabilir. Translineer çevre üzerindeki eklem voltajlarından kollektör akımlarının ifadesi yazılırsa I akımının değeri

$$I = 2I_0 \sinh(V_{AB} / 2V_T) \quad (1)$$

şeklinde ifade edilebilir. Şekil 1'de görüldüğü üzere $I = -I_{AB}$ dir. Buradan I_{AB} akımının değeri

$$I_{AB} = -2I_0 \sinh(V_{AB} / 2V_T) \quad (2)$$



Şekil 1: Translineer negatif direnç[6]

olacaktır. Buradan $V_{AB} \ll V_T$ farz edilirse ve Taylor serisine açılırsa

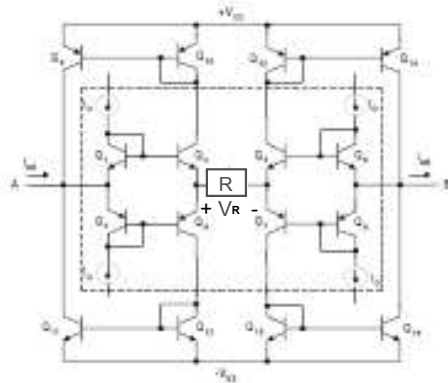
$$I_{AB} = -2I_0(V_{AB}/2V_T) \quad (3)$$

bulunur. Buradan negatif direnç ifadesi

$$R_{AB} = -\frac{V_T}{I_0} \quad (4)$$

olarak elde edilir. Burada direnç değeri termal voltajdan çok küçük olduğu değerlerde doğrusal bir davranış gösterir. Diğer bölgelerde doğrusal olmayan bir negatif direnç özelliği göstermektedir.

Translineer negatif direnç uygulaması devredeki değişikliklerle kaotik devrelerde kullanılan parçalı doğrusal direnç haline getirilebilir. Bu Şekil 1'deki devre için gerçekleştirilebilir.



Şekil 2: Translineer doğrusallaştırılmış negatif direnç

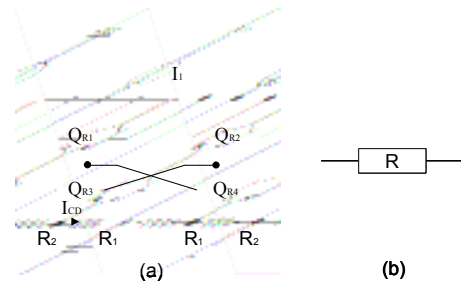
Doğrusallaştırılmış negatif direnç için akım ifadesi

$$I_{AB} = -2I_0 \sinh[(V_{AB} - V_R)/2V_T] \quad (5)$$

olacaktır. Burada R direncinin değeri ne kadar büyük olursa Denklem (5)'deki sinh fonksiyonunun içindeki ifade o kadar küçük olacak ve R_{AB} negatif direnci sürekli doğrusal bir davranış gösterecektir. Burada R_{AB} ifadesi

$$R_{AB} = -\left[\frac{2V_T}{I_0} + R\right] \quad (6)$$

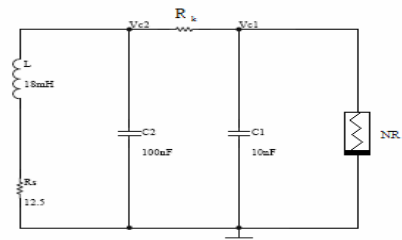
olur. R direnci yerine Şekil 3'deki devre direnç ifadesi olarak kullanılmıştır. Şekil 2'deki devrede I_0 değeri atırılarak Denklem (6)'daki ifadedeki ilk direnç bileşenin R direnç yapısına göre çok küçük değerlere çekilmesi ile ihmal edilebilecek kadar küçük seviyelere düşürülebilir. Böylece Denklem (6)'dan görüleceği gibi negatif direncin ısıya bağlı bileşeninin etkisi azaltılmış olacaktır. Ayrıca R direncinin karakteristiğine göre R_{AB} direncinin karakteristiğini değiştirme imkânı olabilmektedir. Böylece negatif direnç karakteristiği sadece R direncine bağımlı olacaktır. Akım modlu bir devre olması da aynı bir avantaj sağlayacaktır. Şekil 3'deki yapı Prokopenko'nun anahtarlama devresinden oluşturulmuştur. Devrede $|I_{CD}| < I_1/2$ olduğu durumda $R = 2R_2$, $|I_{CD}| > I_1/2$ olduğu durumda $R = 2(R_1 + R_2)$ olacaktır.



Şekil 3: (a) R direnci olarak parçalı doğrusal yapı (b)Yapının şematik gösterimi

3. Translineer Temelli Parçalı Doğrusal Negatif Direncin Kaotik Devrelere Uygulanması

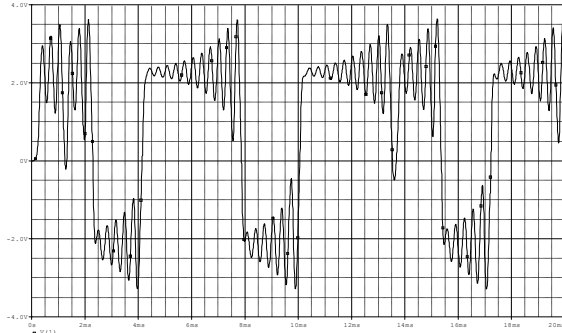
Kaos üretici olarak kullanılacak devre tasarımının çok karmaşık olmayan bir yapıya sahip olması arzu edilen bir durumdur. Bundan dolayı Chua devresi çok tercih edilen kaotik devre modelidir [8,9]. Bu çalışmada da karmaşık yapıya sahip olmayan Chua devresi kaotik üretici gerçekleştirmek için kullanılmıştır. Bu devre Şekil 4'de görülmektedir.



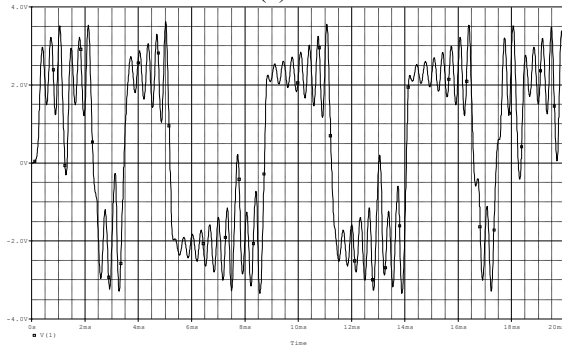
Şekil 4: Chua devresi

Şekil 4'deki devre için literatürde bulunan opamp ile tasarlanmış parçalı doğrusal negatif direnç kullanılarak [10,11] benzetim yapılmıştır. Gerilim modlu işlemsel yükselteç olarak AD712 kullanılarak yapılan benzetimde 27°C ve 50°C sıcaklıkları için kaotik devrenin devre dinamiği Şekil 5'de görülmektedir. Burada $R_k = 1560 \Omega$ 'dur. Buradan görüleceği üzere sıcaklık değişimi ile

kaotik dinamiklerde değişim olduğu gözlenmektedir. Bu durumda sıcaklık farklılıklarının kaotik devre kullanılarak tasarlanmış haberleşme sistemlerinde senkronizasyonun bozulmasına sebep olabilmektedir. Ayrıca, opamp kullanılarak gerçekleştirilmiş kaotik devrenin frekans performansı için yapılan benzetim sonuçlarında kaotik dinamiklerin 15 KHz frekansından sonra bozulduğu görülmüştür.



(a)



(b)

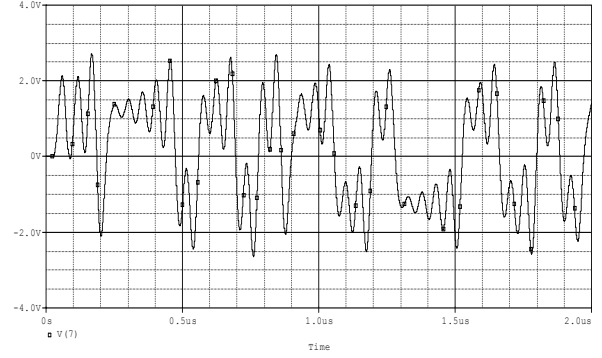
Şekil 5: AD712 kullanılarak gerçekleştirilen Chua devresinin (a) 27°C ve (b) 50°C için kaotik devre dinamikleri (V_{C1}).

AD712 opamp ile oluşturulmuş parçalı doğrusal negatif direncin yerine, Chua devresinde Şekil 2’de görülen translineer temelli parçalı doğrusal negatif direnç kullanılarak gerçekleştirilen Chua devresinde sıcaklığın etkisi çok azaltılmış ve bu benzetim sonuçları ile gösterilmiştir. Benzetim sonuçların devrenin dinamiklerinde farklılıklar olmamıştır. Benzetim de $I_0=3$ mA, $I_1=200$ μ A, $R_1=1$ k $R_2=1.5$ k, $V_{CC}=+5$ V ve $V_{EE}=-5$ V tur. Bipolar transistörler için NPN NR 100N, PNP PR 100N kullanılmıştır.

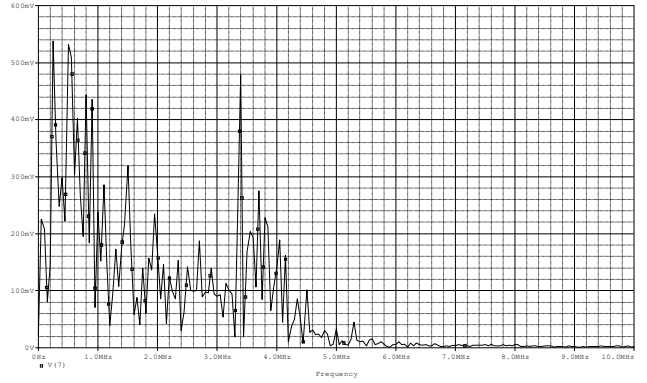
Daha yüksek frekans davranışı için Chua devresinde $C_1=0.005$ nF, $C_2=0.05$ nF ve $L=0.09$ mH ve $R_k=1560$ Ω alınmıştır. Kaotik devrenin frekans performansı translineer temelli negatif direnç kullanıldığında, sadece devrede kullanılan bipolar transistörlerin frekans özelliklerine bağlıdır. Transistörlerin özelliklerine göre çok yüksek frekanslarda kaotik osilasyon sağlanabilir. Şekil 6’da kaotik devrenin frekans performansının

translineer parçalı doğrusal negatif direnç yapısı ile iyileştirilebildiği görülmektedir.

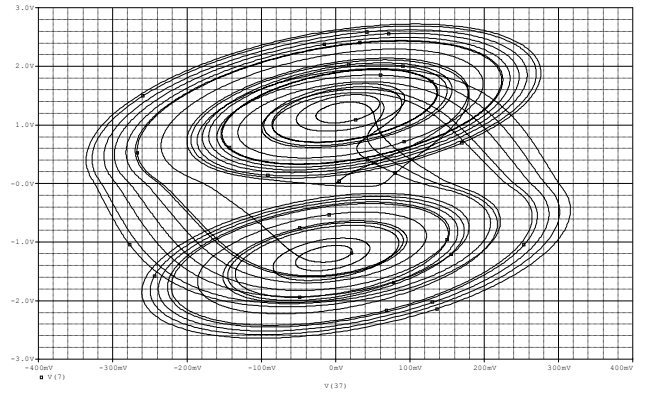
Ayrıca, opamp kullanılarak yapılan benzetimde AD712 tümdevre kullanılmış ve kutuplama gerilimleri ± 5 V ve ± 10 V olarak alınmıştır.



(a)

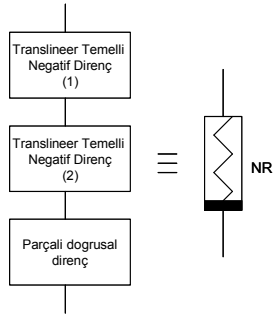


(b)



(c)

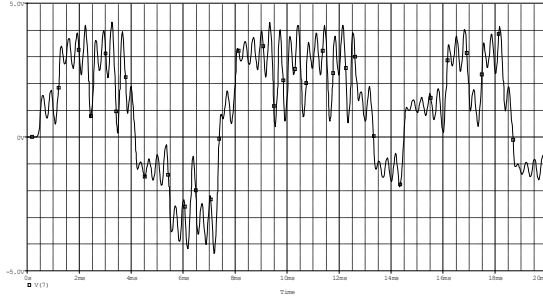
Şekil 6: (a) Translineer temelli parçalı doğrusal negatif direnç kullanıldığında kaotik işaret (V_{C1}). (b) Translineer temelli parçalı doğrusal negatif direnç kullanıldığında frekans spektrumu (c) Kaotik devrenin çift çeker yapısı (V_{C1} ve V_{C2}).



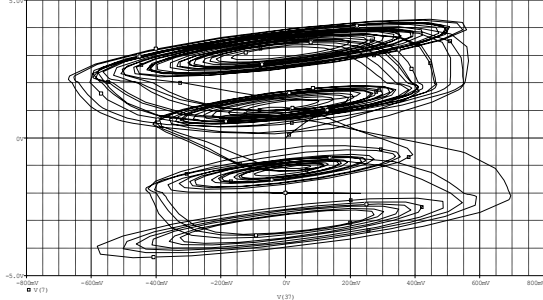
Şekil 7: Dört çekerli kaotik devre için parçalı doğrusal negatif direnç blok gösterimi



(a)



(b)



(c)

Şekil 8: (a) Dört çekerli kaotik devre için parçalı doğrusal negatif direncin I-V karakteristiği
(b) Kaotik işaret (V_{C1}).
(c) Kaotik devrenin çift çeker yapısı (V_{C1} ve V_{C2}).

4. Translineer Temelli Parçalı Doğrusal Negatif Direnç ile Dört Çekerli Kaotik Yapının Gerçekleştirilmesi

Translineer temelli parçalı doğrusal negatif direnç kullanılarak dört çekerli bir yapı gerçekleştirilebilir. Bu tasarım için iki translineer temelli negatif

direncin ve Şekil 3'deki parçalı doğrusal direnç devresinin seri bağlanması ile oluşturulabilir. Şekil 3'deki devre akımı iki translineer negatif direnç ve şekil 3'deki parçalı doğrusal direnç için farklı akım değerleri kullanılarak çok parçalı doğrusal negatif direnç yapısı oluşturulabilir. Şekil 7'de blok diyagram olarak, dört çekerli kaotik osilasyon için çok parçalı doğrusal negatif direnç yapısı görülmektedir.

Dört çekerli kaotik yapı için yapılan benzetim sonuçları Şekil 8'de görülmektedir. Şekil 7'de görülen birinci translineer temelli negatif direnç için $I_1=500 \mu A$, ikinci translineer temelli negatif direnç için $I_1=3 \text{ mA}$ ve parçalı doğrusal direnç için $I_1=1.5 \text{ mA}$ 'dir. Şekil 7'deki her blok yapıda $I_0=3 \text{ mA}$ akımı $R_1=1k$ ve $R_2=1.5 k$ dir. Kaotik osilasyon için yine Şekil 4'deki Chua devresi kullanılmıştır. Bu devrede $R_k=1560 \Omega$ dir.

5. Sonuçlar

Translineer devre prensibi, yüksek frekanslarda çalışma ihtiyacına olan eğilimlerden dolayı elektronik devre tasarımında ilgi çekici bir alternatif oluşturmaktadır. Bu çalışmada translineer prensibi yardımı ile tasarlanmış negatif direnç yapısı değiştirilerek kaotik yapılarda kullanılmıştır. Ayrıca opamp kullanılarak gerçekleştirilen negatif direnç yapısı ile translineer temelli negatif direnç yapısının sıcaklık davranışları ve frekans performansları açısından karşılaştırılmaları yapılmıştır. Translineer temelli parçalı doğrusal negatif direnç yapısı kullanıldığında frekans performansı transistörün parametrik özelliklerine bağlıdır. Yüksek frekanslarda opampli yapıdan daha iyi performans göstermektedir. Ayrıca sıcaklık performansı da translineer yapıda daha iyi olduğu görülmektedir. İki translineer temelli parçalı doğrusal negatif direncin ve parçalı doğrusal direnç devresinin seri bağlanması ile dört çekerli kaotik devre yapısı gerçekleştirilmiştir.

Kaynakça

- [1] B. Gilbert, "Translinear Circuits: An Historical Overview" Analog Integrated Circuits and Signal Processing, 9, 95-118, 1996.
- [2] E. Seevinck, and R. J. Wierink, "Generalized Translinear Circuit Principle" IEEE journal of solid-state circuits, vol. 26, no. 8, august 1991
- [3] Thamilmaran K., Lakshmanan M., Hyperchaos in a Modified Canonical Chua's Circuit, INT.JOURNAL OF BIFURCATION AND CHAOS, Vol 14, pp 221-243, 2004.

- [4] Yıldırım F., Uzunhisarcıklı E., Kılıç R., Alçı M., Experimental Verification of High Frequency Performance of FTFN-based Simple Chaotic Circuit, INT. JOURNAL OF BIFURCATION AND CHAOS, Vol 15, pp 191-205, 2005.
- [5] Elwakil, A.S., & Kennedy, M.P., Chua's Circuit Decomposition: A Systematic Design Approach for Chaotic Oscillators, J. OF THE FRANKLIN INSTITUTE, Vol 337, pp 251-265, 2000.
- [6] W. Kiranon, C. Loescharataramdee, N. Kiatwarin and P. Wardkein, "Electronically controlled negative resistance based on translinear circuits" 1999 IEEE International Symposium on Intelligent Signal Processing and Communication Systems, Thailand, 1999.
- [7] V. G. Prokopenko "Chaotic Negative Resistance Oscillators with a Multibranch Piecewise Linear Current-Voltage Characteristic" Russian Microelectronics, Vol. 33, No.6, 2004, pp. 381-389.
- [8] Launay, F.; Burghilea, R.; Combeau, P.; Coirault, P. "Masked Symmetric Chaos Shift Keying : Modulation and demodulation of Chua's circuits using PI control estimated from LMI criterion", IEEE Industrial Electronics, IECON 2006 , Nov. 2006 Page(s):724 – 729.
- [9] Arena, P.; Baglio, S.; Fortuna, L.; Manganaro, G., "Chua's circuit can be generated by CNN cells" Circuits and Systems I: Fundamental Theory and Applications, Volume 40, Issue 11, Nov. 1993 Page(s):819 – 828.
- [10] M. P. Kennedy, "Robust Op Amp Realization of Chua's circuit", Frequenz, vol 46, no 3-4, pp 66-80, 1992.
- [11] L.O. Chua, G. L. Lin, "Canonical Realization of Chua's Circuit Family" IEEE transaction on circuits and systems, vol. 37, no. 7, july 1990.