

YAYINIMSIZ LORENZ ÇEKİCİSİ İLE KAOTİK SİNYAL GİZLEME

İhsan Pehlivan¹, Yılmaz Uyaroğlu², Coşkun Odabaş³, Serdar Demircioğlu⁴,
Mehmet Gezer⁵, Hüseyin Gelberi⁶

^{1,3} Sakarya Anadolu Teknik Lise, Teknik Lise ve E. M. L., Elk.-Elkt., Biliş. Tek. Alanı, Sakarya, Türkiye

^{2,4,6} Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Müh. Bölümü, Sakarya, Türkiye

E-Mails : ¹ihsan333@yahoo.com, ²uyaroglu@sakarya.edu.tr, ³coskunodabas@hotmail.com

⁴serdar@deksanplywood.com, ⁵mgezer@sakarya.edu.tr, ⁶hgelberi@sakarya.edu.tr

ABSTRACT

Diffusionless Lorenz Equations is simplified one-parameter version of the well known Lorenz model. Also, it was attained in the limit of high Rayleigh and Prandtl numbers, physically corresponding to diffusionless convection. In the present paper, a simplified, one-parameter version of the Lorenz model called Diffusionless Lorenz is addressed suitable for chaotic masking communication circuits using Matlab-Simulink, PSpice programs and also real electronical experimental circuit.

Key words: Diffusionless Lorenz Equations, Diffusionless Lorenz Attractor, Chaotic Masking, Secure Communication

1. GİRİŞ

Paralel tabakalar arasındaki ısı yayını için bir model olan Lorenz denklemleri[1,9], kaotik sistemler için bir paradigma olmuştur. Lorenz tarafından yapılan sayısal hesaplamalar, çözümlerin periyodik olmadığını ve başlangıç şartlarına hassas bağlı olduğunu göstermektedir. Yayınimsız Lorenz Denklemlerinin dinamikleri, kalan R parametresinin küçük değerleri için bir analitik haritaya indirgenebilir. Bu kaotik harita, Lorenz tarafından elde edilene benzer şekilde, çok zirvelidir. Fakat Lorenz'in denklemlerinin ve [3,9] arasında elde edilenin aksine kapalı ve açık formda yazılmıştır. Açık bir analitik harita ile kaotik dinamiklere yaklaşılabılır. Tam Lorenz denklemleri için Fowler ve McGuinness[4,5] tarafından daha genel durumlar altında ayrıntılı bir kapalı harita türetilmiştir. Bununla birlikte bu türetim, Yayınimsız Lorenz Denklemlerinin basit yapısından ötürü kurulabilmesi kolay olduğundan, eğitici bir amaca da hizmet edebilir. Genelleştirilmiş Lorenz sistemi düşüncesi, genelleştirilmiş Lorenz-benzeri sistemlerin kanonik formda yeni bir sınıfına genişletilmiştir[10].

Kaos ve kaotik sistemler bir çok pratik uygulama alanından biri de kaos ile güvenilir haberleşmedir. Kaotik sistemlerin senkronizasyonu ve kaos tabanlı güvenli haberleşme sistemleri son yıllarda aktif bir araştırma alanı haline gelmiştir [11-16]. Kaotik işaretler, başlangıç şartlarına hassas bağımlıdır, tahmin edilemez özelliklere ve gürültü benzeri

geniş yayılı spektruma sahiptirler. Bu yüzden, kaotik işaretlerin bilgi işaretini gizleme ve gürültüye bağışık kılma özelliğinden yararlanılarak değişik haberleşme uygulamalarında kullanılmaktadır. Kaos tabanlı güvenilir haberleşme sistemleri, iletilecek bilgi işaretlerinin spektrumunu geniş bir sahaya yayabilmeleri, eşzamanlı olarak bildiri işaretlerini kodlayabilmeleri ve bu işlemleri basit ve pahalı olmayan kaotik devre düzenekleriyle gerçekleştirebilmeleri sebebiyle, literatürdeki standart geniş spektrumlu haberleşme sistemlerine alternatif olmuşlardır. Bir çok araştırmacı kaotik sistemlerin haberleşme sistemleri içindeki kullanılabilirliğini ve önemini araştırmışlardır. Örnek olarak Kocarev ve arkadaşları[13] ve Cuomo ve arkadaşları[14] kaotik sinyalleri haberleşme güvenliğinde ve yayılı spektrum haberleşmesinde kullanmışlardır.

Bu çalışma Yayınimsız Lorenz Çekicisi'nin sinyal gizleme uygulamaları üzerine odaklanmıştır. II. Bölümde Yayınimsız Lorenz Denklemlerinin PSpice devre tasarımı ile deneysel devresinin simülasyon ve devre çıkışları verilmiştir. III. Bölümde Yayınimsız Lorenz Denklemlerinin kaotik sinyal gizleme devreleri ile bunların simülasyon sonuçları ve osiloskop çıkışları sunulmuştur. IV. Bölüm sonuçları içermektedir.

2. YAYINIMSIZ LORENZ ÇEKİSİ KAOTİK OSİLATÖRÜ: TASARIM, SİMÜLASYON VE GERÇEKLEMESİ

Lorenz Denklemleri, temel olarak paralel plakalar arasındaki akışkanın sıcaklık ve buhar fonksiyonunu tanımlayan Fourier serilerinin katsayılarının değişimini modeller[3,9]. Bu denklemlerin dönüşüm ve uyumlandırılması aracılığıyla, kütle merkezi pozisyonu(y,z), ve kutu ortalama açısal momentumu (x) cinsinden, bir kutu içindeki ısı yayını enerjisi olarak kapalı tanımlamasını da göstermektedir. Bu denklemler aşağıda verilmiştir;

$$\sigma^{-1}\dot{x} = -y - x \quad (1.a)$$

$$\dot{y} = -xz - y \quad (1.b)$$

$$\dot{z} = xy - \mu z + B \quad (1.c)$$

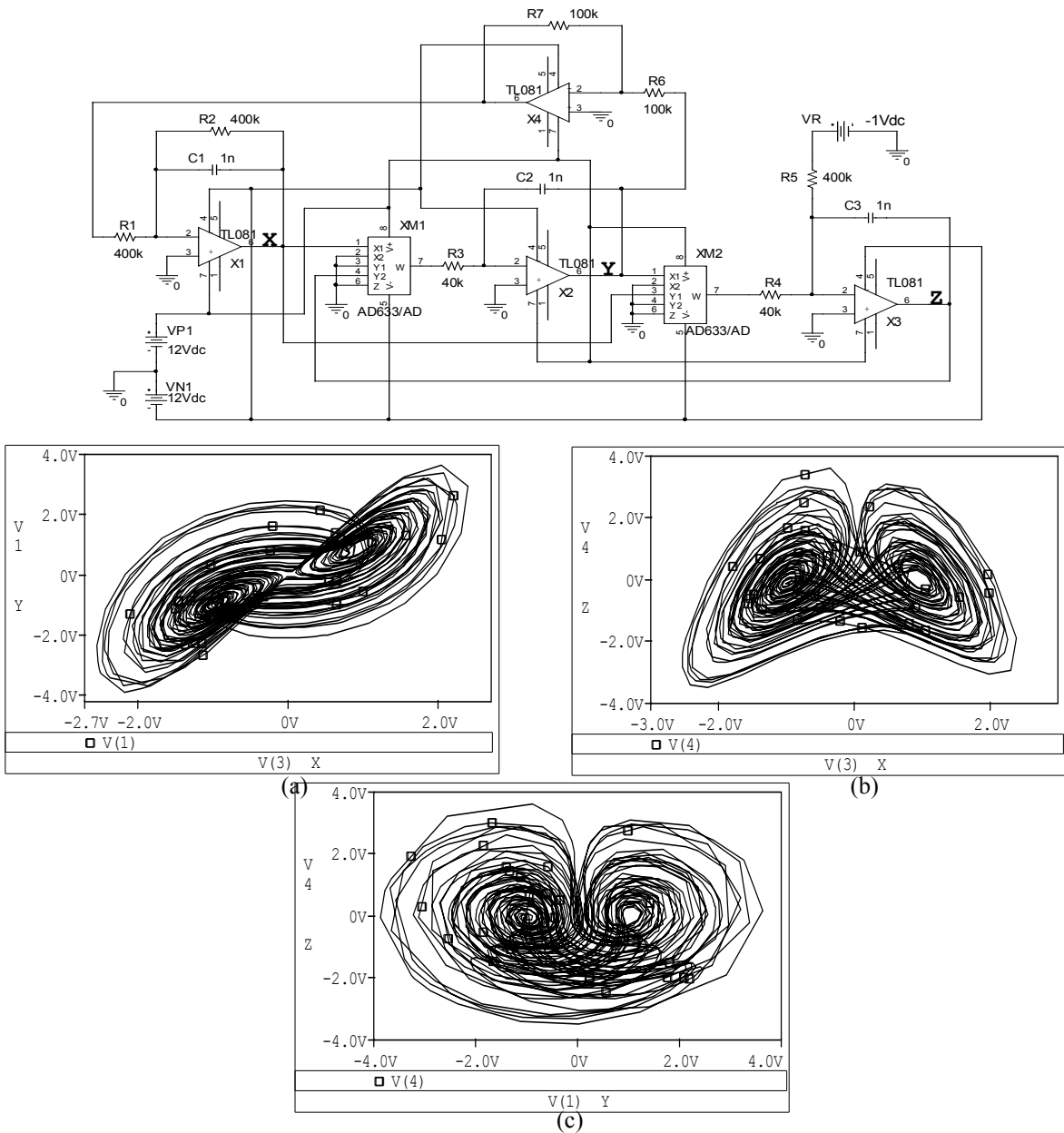
(1.a)'nın sağ tarafındaki doğrusal terimler sırasıyla yüzme momenti ve akışkan sönümünü temsil etmektedir. (1.b)'deki doğrusal ve doğrusal olmayan terimler sırasıyla adveksiyon ve ısı-yayınımı göstermektedir. B ile belirtilen zorlama etkisi, akış-Rayleigh numarası olup uzaysal olarak homojen kabul edilir. Schrier ve Maas'ın yapmış olduğu[9] bir dizi dönüştürüm, uyumlandırma ve sadeleştirme işlemleri sonucu R parametresi sonlu olacak şekilde (1a)–(1c) denklemleri aşağıdaki denklemlere dönüşmektedir;

$$\dot{x} = -y - x \quad (2.a)$$

$$\dot{y} = -xz \quad (2.b)$$

$$\dot{z} = xy + R \quad (2.c)$$

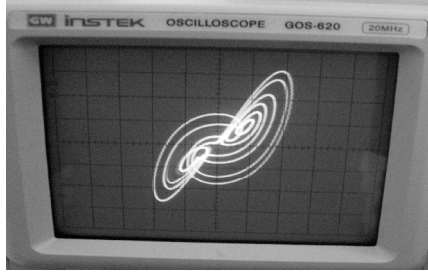
(2a)–(2c) denklemlerinde $R=1$ alınarak, düşük dereceli kaotik sistemlerin $\dot{x} = F(x)$ şeklindeki formunda, $F(x)$ 'in cebirsel olarak mümkün oldukça basit olması sağlanmıştır. Yeni sistem Yayınımsız Lorenz Çekicisi olarak adlandırılmaktadır. Yeni çekicinin Lyapunov üstelleri sırasıyla 0.115, 0, ve -1.115 olarak hesaplanmıştır. Görüldüğü gibi sistemin kaotik olduğunu gösterecek şekilde sadece bir adet pozitif üstel bulunmaktadır.



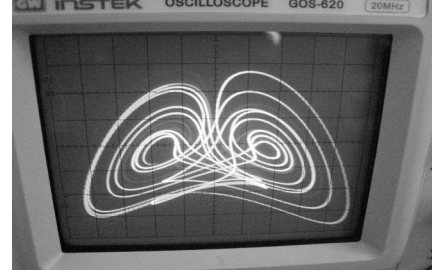
Şekil 1. Yayınımsız Lorenz Çekicisinin gerçekleyen devre ve PSpice simülasyon sonuçları (a) x-y faz çekicisi (b) x-z faz çekicisi (c) y-z faz çekicisi

Şekil 1., Yayınımsız Lorenz Çekicisini gerçekleyen devre şemasını ve PSpice simülasyon sonuçları göstermektedir. Pspice devre simülasyonları için TL081 opamplar, Analog Devices AD633JN analog çarpım entegreleri, uygun değerde direnç ve kondansatörler kullanılmıştır. Devre ± 12 V güç kaynağı ile beslenmiştir. AD633 çarpım entegresinin kabul edilebilir giriş değerleri -10 V ile

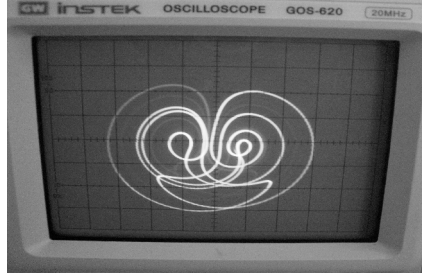
$+10$ V arasındadır. R1 - R7 arası dirençler ve C1-C3 arası kapasitörler nominal değerleri ile Şekil 2'de gösterilmiştir. Bu devrenin gerçek deneysel elektronik devresi de gerçekleştirilmiş ve osiloskop çıkışları Şekil 2.'de görüldüğü gibi elde edilmiştir. Pspice simülasyonları ve gerçek elektronik devre çıkışlarının aynı (Şekil 1, 2) aynı sonuçları verdiği görülmektedir



(a)



(b)



(c)

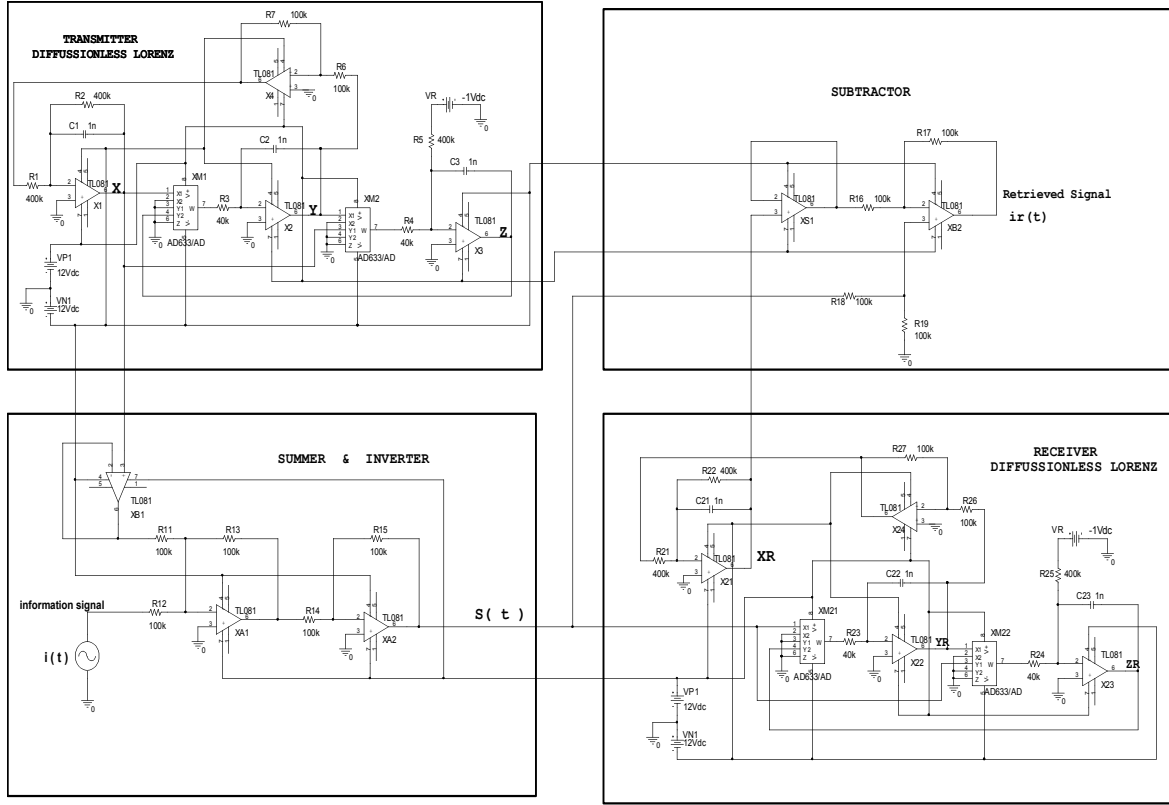
Şekil 2. Yayınımsız Lorenz Çekicisinin gerçek deneysel elektronik devresi ve osiloskop çıkışları
(a) x-y faz çekicisi (b) x-z faz çekicisi (c) y-z faz çekicisi

3. YAYINIMSIZ LORENZ ÇEKİSİ İLE SİNYAL MASKELEME

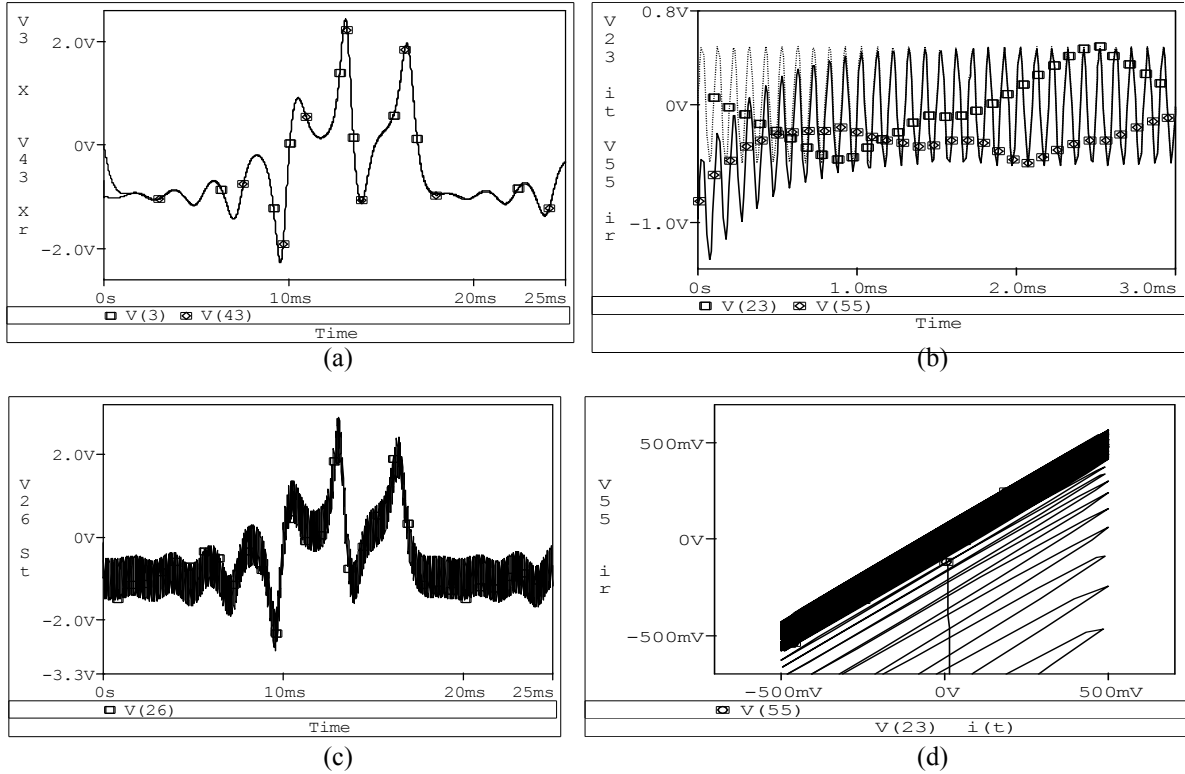
Çıkış sinyalinin giriş sinyalini tekrar elde etmesi gerçeği bir kaotik sistem için güvenli iletişimin mümkün olduğuna işaret eder. Yayınımsız Lorenz Çekicisi ile kaotik maskeleyme tekniği kullanılarak tasarlanmış haberleşme devre şeması Şekil 3.'de görülmektedir. Verici ve alıcı sistemler ilk şartlar dışında özdeşlerdir. Verici sistemin ilk şartları $-1, 1, 0.01$ ve alıcı sistemin ise $0, 1, 0.01$ 'dir. Kaotik bilgi gizleme haberleşmesini uygulamak için verici ve alıcı parametrelerinin eşit olduğundan emin olunmalıdır. Alıcıda temiz bir şekilde sürücü sinyali yeniden oluşturmak için sürücü devrenin kaotik sinyaline düşük seviyeli bir bilgi sinyali eklenmektedir. Böylelikle bilgi sinyali, Yayınımsız Lorenz Çekicisinde peş peşe bağlama senkronizasyonu yoluyla bilgi gizleme yöntemi kullanılarak mükemmel bir şekilde tekrar elde edilmektedir.

Gönderilen bilgi sinyali 1 volt genliğinde ve 10 KHz frekanslı bir sinüs dalgasıdır. Sinüs dalga şeklindeki bilgi sinyali, vericide oluşturulan kaotik x sinyaline

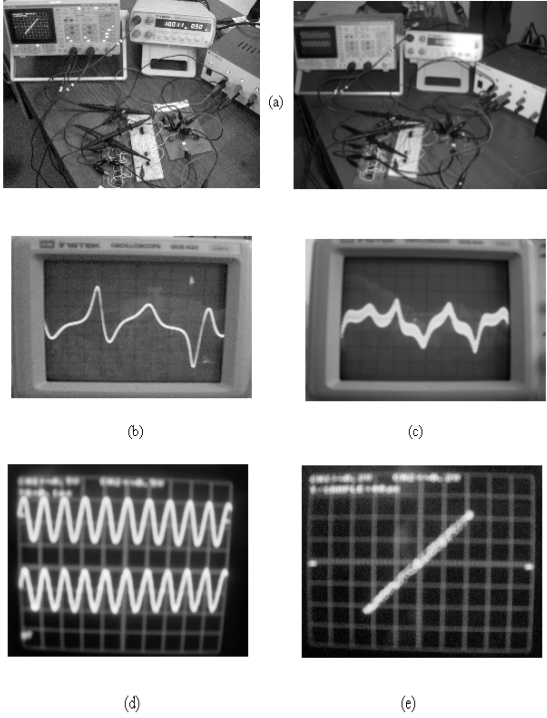
eklenir, ve $S(t) = x + i(t)$ toplam iletilen sinyal alıcıya gönderilir. Alıcıda senkronize olarak üretilen kaotik x_r sinyali, gönderilen sinyali tekrar elde etmek için basit bir çıkarma işlemi ile $[x+i(t)]$ 'den çıkartılır. $[x+i(t)] - x_r = i(t)$ olması için $x = x_r$ olması, yani verici devre ile alıcı devrenin kaotik x ve x_r sinyallerinin senkronize olması yeterlidir. Şekil 4. kaotik gizleme haberleşme devresinin Pspice simülasyon sonuçlarını göstermektedir. Şekil 4.(b)'de gönderilen ve tekrar alınan bilgi sinyalleri görülmektedir. Bilgisayar simülasyon sonuçları Yayınımsız Lorenz Çekicisinin kaotik bilgi gizleme ve mesaj dönüştürmedeki performansını göstermiştir. Şekil 5., Yayınımsız Lorenz Çekicisi kaotik gizleme haberleşme devresinin gerçek deneysel elektronik devre gerçekleştirilmesini ve osiloskop çıkışlarını göstermektedir. Kaotik bilgi sinyali gizleme devresinin Pspice simülasyonları (Şekil 4.) ve gerçek elektronik devre osiloskop çıkışlarının (Şekil 5.) aynı sonuçları verdiği görülmektedir.



Şekil 3. Yayınimsız Lorenz Çekicisinin kaotik sinyal gizleme devre şeması



Şekil 4. Yayınimsız Lorenz Çekicisi kaotik sinyal gizleme devresinin Pspice simülasyon çıktıları (a) Verici devre kaotik sinyali(x) ile Alıcı devre kaotik sinyalinin(xr) zamana göre değişimi, (b) Bilgi sinyali, $i(t)$ (1V, 10KHz) ve Tekrar elde edilen $ir(t)$ bilgi sinyali (c) İletilen sinyal, $S(t) = x(t) + i(t)$ (d) $i(t)$ ve $ir(t)$ sinyalleri arasındaki senkronizasyon.



Şekil 5. (a) Yayınımsız Lorenz Çekicisinin kaotik sinyal gizleme devreleri, (b) Verici devre kaotik x sinyalinin zamana göre değişimi, (c) İletilen sinyal, $S(t) = x(t) + i(t)$, (d) Bilgi sinyali, $i(t)$ ve Tekrar elde edilen $ir(t)$ bilgi sinyali (0.5 V ,10 KHz), (e) $i(t)$ ve $ir(t)$ sinyalleri arasındaki senkronizasyon.

4. SONUÇLAR

Bu makalede Yayınımsız Lorenz Çekicisinin kaotik osilatör devreleri ve bilgi sinyali gizleme uygulamaları üzerinde çalışılmıştır. Yayınımsız Lorenz sisteminin elektronik osilatörü tasarlanmış ve deneysel elektronik devresi de gerçekleştirilmiştir. Pspice simülasyon sonuçları ve gerçek devre osiloskop çıktıların (Şekil 1., 2.) aynı olduğu görülmektedir. Yine Pspice programı ile kaotik sinyal gizleme devresi tasarlanarak simülasyonları yapılmış. Ayrıca deneysel elektronik devresi de gerçekleştirilmiştir. Pspice programı yardımıyla elde edilen elektronik devre simülasyon sonuçları ve gerçek deneysel devre osiloskop çıktıların (Şekil 4., 5.) aynı olduğu görülmektedir. Elektronik devre simülasyonları ve gerçek devre çıktıları ile kaotik senkronize olabileceği ve sinyal gizlemede kullanılabilirliği gösterilmiştir. Elde edilen sonuçlar Yayınımsız Lorenz Çekicisinin sinyal gizlemedeki etkinliğini göstermektedir. Yayınımsız Lorenz Çekicisi Denklemleri cebirsel olarak basit olduğundan elektronik devresi kolayca gerçekleştirilebilir ve eğitim amaçlı uygulamalar için de kullanılabilir.

KAYNAKLAR

- [1] Lorenz, E.N., (1963), "Deterministic non-periodic flow", *J. Atm. Sci.*, , 20, 130-141.
- [2] Sprott, J.C., (1994), "Some simple chaotic flows", *Phys. Rev. E.*, 50, 647-650.
- [3] Maas, L.R.M., (1994) "A simple model for the three-dimensional thermally and wind-driven ocean circulation", *Tellus A.*,46, 671-680.
- [4] Fowler, A.C., McGuinness, M.J., (1982), "A description of the Lorenz attractor at high Prandtl number", *Physica D.*, 5, 149-182.
- [5] Fowler, A.C., McGuinness, M.J., (1983), "Hysteresis, period doubling, and intermittency at high Prandtl number in Lorenz equations", *Stud. Appl. Math.*, 69, 99-126.
- [6] Glendinning, P., Sparrow, C., (1984), "Local and global behaviour near homoclinic orbits", *J. Stat. Phys.*, 35, 645-697.
- [7] Kuznets, Y.A., (1995), "Elements of Applied Bifurcation Theory", Springer, Berlin.
- [8] Kolár, M., Gumbs G., (1992), "Theory for the experim. observation of chaos in a rotating waterwheel", *Phys. Rev. A*, 45, 626-637.
- [9] Schrier, G.V.D., Maas L.R.M., (2000), "The diffusionless Lorenz equations; Shil'nikov bifurcations and reduction to an explicit map", *Physica D*, 141, 19-36.
- [10] Lü, J., G., Chen and Cheng D. Z., (2004), "A New Chaotic System and Beyond: the Generalized Lorenz-like System", *Int. J. of Bifurcation and Chaos*, 14(5),1507-1537.
- [11] Pecora, L., Carroll, T. (1990), "Synchronization in Chaotic Systems", *Physical Review Letters*, 64, 821, 823.
- [12] Pecora, L., Carroll, T., (1991), "Driving systems With Chaotic Signals", *Physical Review Letter*, 44, 2374-2383.
- [13] Kocarev, L., Hall, K.S., Eckert, K., Chua L.O. and Parlitz, U., (1992), "Experimental Demonstration of Secure Communications via Chaotic Synchronization", *International Journa. of Bifurcation and Chaos*, 2, 709.
- [14] Cuomo, K.M. and Oppenheim, A.V., (1993), "Circuit Implementation of Synchronized Chaos with applications to Communication", *Phys. Rev. Lett.*, 71, 65-68.
- [15] Pehlivan, I., Uyaroglu, Y., (2007), "Rikitake Attractor and its Synchronization Application for Secure Communication Systems", *J. of Applied Sciences*, 7(2), 232-236.
- [16] Pehlivan, I., Uyaroglu, Y., (2007), "Simplified Chaotic Diffusionless Lorenz Attractor and its Application to Secure Communication Systems", *IET Communications*, 1(5), 1015-1022.