

CdS 셀을 이용한 카오스 발진기 회로 연구

박민서(朴民緒), 정동호(鄭東皓), 정경택(鄭景澤)
 동양대학교 전자공학부
 전화(0572)-630-1077/팩스(0572)-637-4057

A Study on a Chaotic Oscillator Circuit with CdS Cell

dhjeong@phenix.dyu.ac.kr

Abstract

We study the Chua oscillator circuit by considering a negative resistor as a characteristic parameter which controlled by the CdS(Cadmium Sulphide) cell. This is a new way to observe several chaotic phenomena with the same initial condition continuously. Since we can control the internal resistance of the CdS cell by an additional circuit, our autonomous chaotic oscillator circuit makes it possible to measure the voltage value continuously and automatically.

I. 서론

지금까지 Chua 발진기 발진상태 연구에서 파라미터는 결합저항과 인덕터의 내부저항의 저항값이나 콘덴서의 용량값[1-6]을 사용하였고, 저항 가변은 기계적으로 이루어져 시스템 파라미터를 연속적으로 변화시켜 시스템의 출력을 보기 위해 기계적인 부가 장치가 필요하였다. 장차 신호처리와 통신분야 동기화에 응용될 스스로계(autonomous system) Chua 발진기에서, 지금까지 연구에서는 조절변수인 저항을 연속적으로 가변하지 못하여 초기 값과 이전 상태에 크게 영향을

받아 카오스 시스템의 다양한 상태를 나타내지 못하였다.

II. 연구내용 및 방법

본 논문은 부정저항의 기울기를 변화시키는 저항을 파라미터로 선택하고, 가변 저항을 위한 소자로 광전도 CdS 셀을 이용하였다. CdS 셀은 빛이 닿으면 광도 전체의 저항값이 감소하는 광도전 효과(photo-conductive effect)를 이용한 소자이고, 물리적인 특성은 표 1과 같다.

표 1 CdS의 물리적 특성

Table 1 Physical properties of CdS.

에너지갭	E_g	2.4	eV
차단파장	λ_c	0.52	μm
이동도	μ_n	350	$cm^2/V \cdot s$
	μ_p	10	$cm^2/V \cdot s$

Chua 발진기에서 카오스 천이를 일으키는 부정저항에 포함된 내부저항 중 R_p 의 저항의 가변 범위는 1.300k Ω 에서 1.658k Ω 이다. CdS 셀을 사용하여 연속적으로 이 가변영역을 유지하기 위해 간단한 회로를

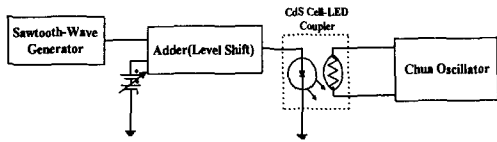


그림 1 전체 구성도
Fig. 1 System Block Diagram.

그림1과 같이 구성하였고, 전기적인 신호를 이용하여 파라미터를 변화시켰다. 회로는 집적화를 위해 만능기판을 사용하여 회로를 만들고 오실로스코프로 관찰하였다. 또한 CdS 셀-LED 결합기의 선형적인 전압변화에 의한 CdS 셀의 특성을 이용하고, 크기와 주파수 가변이 가능한 튜니파 발생기회로와 셀의 내부저항 변화 범위를 결정하기 위한 전위 천이 회로로 구성하였다.

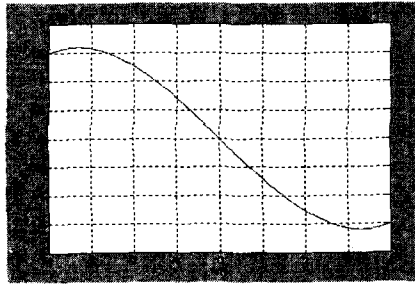
III. 실험 및 결과

지금까지 비선형 부정저항의 전압-전류 특성은 3-구분 선형모델, 5-구분 선형모델 그리고 3차 다항식 모델 등으로 분류된다. 본 연구에서 연산증폭기와 아날로그 곱셈기를 사용하여 3차 다항식 모델인 전압-전류 특성 곡선을 갖는 비선형 부정저항으로 합성하였다. 구분선형에 의한 부정저항의 구성은 특성곡선에 불연속적인 점이 존재하여 모든 물리적인 특성을 포착할 수 없다. 그러므로 본 연구에선 3차의 다항식으로 전압-전류특성이 기술되는 회로를 사용하였다. 그림 2는 부정저항의 전압-전류 특성곡선을 식(1)에 의해 계산한 결과와 실험으로 측정된 결과를 나타내었고 두 결과가 잘 일치하였다.

$$i_N = -\frac{1}{R_p} v_\phi + \frac{R_3 + R_4}{100R_p R_3} v_\phi^3 \quad (1)$$

여기에서 그림 3의 회로에 사용된 파라미터 값은 $R = 1.703k\Omega$, $R_0 = 13.14\Omega$, $R_1 = R_2 = 2.0k\Omega$, $R_3 = 3.44k\Omega$, $R_4 = 6.94k\Omega$, $C_p = 7.873nF$, $C_1 = 68.829nF$, $L = 18.294mH$ 이다.

한편, 그림 3의 B-블록은 실험에 사용한 비선형 부정저항 회로이다. 기존의 연구는 Chua 발진기를 구성하는 파라미터 중 그림 3의 A-블록 선형 부분의 파라미터(R, R_0, C_p, C_1, L) 가변으로 파라미터 변화에 대한 카오스 발진기의 물리적인 특성을 연구하였지만, 본 연구에서는 비선형 부정저항을 구성하는 파라미터를 변화시켜 선형 파라미터 변화에서 관찰할 수 있는 동일한 경로를 갖는 카오스 현상을 관찰할 수 있었다. 그리고 기존의 저항 변화에 의한 카오스 천이 경로에 대한 각각의 R_p 변화 값을 실험을 통하여 구하였다. R_p 변화에 대한 카오스 천이의 경로는 $1.300k\Omega$ 에서 $1.658k\Omega$ 저항 변화에 대하여 이중 스크롤(double scroll)에서 안정점까지 관찰할 수 있었고, 이러한 위상 그림을 관찰하기 위해서는 연속적으로 CdS 셀의 저항을 변화시켜야 한다. 그래서 본 연구에서는 카오스 발진기의 주기 배가에 의한 카오스 천이의 연구는 카오스 상태 중 안정점에서 소용돌이(spiral) 상태까지 변화시킬 수 있는 범위로 한정하였으며, 그에 부합하는 R_p 가변 저항의 범위는 $1.632k\Omega$ 에서 $1.658k\Omega$ 였다.



(a)



(b)

그림 2 (a) 수치 계산된 비선형 부정저항의 전압-전류 특성곡선. (b) 측정된 곡선.
Fig. 2 (a) The calculated voltage-current characteristic curve of a nonlinear negative resistor. (b) The measured curve.

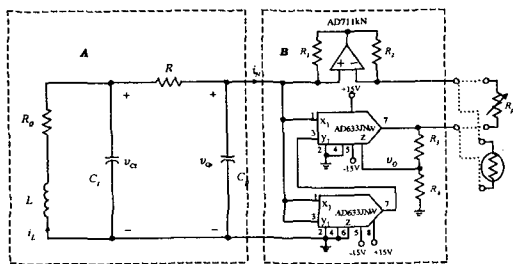


그림 3 실험에 사용된 Chua 발진기
Fig. 3 Chua circuit used in this research.

그리고 그림 4는 CdS 셀-LED 결합기에 공급되는 전압과 CdS 셀 저항값을 실험으로 측정한 것으로 입력전압 변화에 대해 출력 저항이 선형적으로 변하는 것을 알 수 있었다.

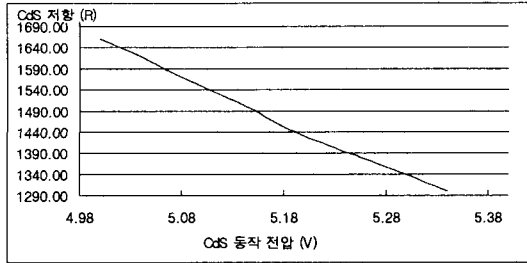
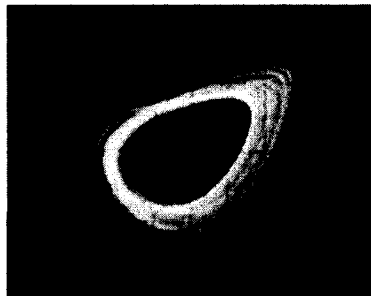


그림 4 전압에 대한 CdS 저항 값

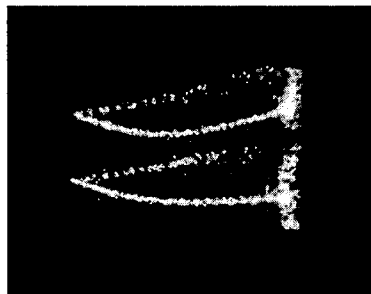
Fig. 4 The resistance of a CdS cell as a function of voltage.

그림 5의 (a), (c), (e), (g)는 CdS 셀을 사용한 Chua 발진기의 위상 그림이며, (b), (d), (f), (h)는 가변 저항을 변화시킨 위상 그림이다. 이 그림에서 CdS 셀에 의한 카오스 현상천이가 정성적으로 동일하게 관찰되었다.

그림6은 CdS 셀을 포함한 부가회로에서 저항값이 1.632kΩ에서 1.658kΩ으로 연속적으로 변화시킬 때 나타나는 위상그림이고, 그림 6(b)는 이때 출력되는 시간



(a)



(b)

그림 6 CdS에 의한 카오스 천이
Fig. 6 A route to Chaos by a CdS cell.

파형 v_{cp} 의 침투치를 나타내는 값들을 표본화하여 아날로그와 디지털 겸용 오실로스코프(HM1007, HAMEG Co.)로 측정한 쌍갈림 그림이다. 이런 결과는 파라미터 값을 조절하여 카오스를 공학에 응용하는 중요한 기술이 될 수 있다.

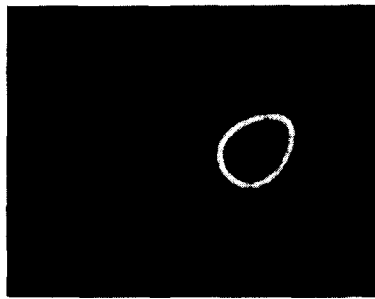
IV. 결론

본 연구에서는 기존의 연구에서 시도되지 않은 CdS 셀을 사용하여 Chua 발진기의 저항 파라미터를 변화시켜, 동일한 카오스 천이를 관찰할 수 있었다. Chua 발진기 내부 파라미터를 전기적인 신호를 이용하여 연속적으로 가변시켜, 파라미터변화에 대한 카오스 천이 그림인 위상그림을 오실로스코프로 관찰할 수 있었다. 이러한 결과는 이산적인 측정 데이터를 이용하여 그림을 나타낸 것과 달리, 실시간으로 관찰할 수 있어, 미래에 정확하고, 편리한 카오스시스템 응용에 기대된다.

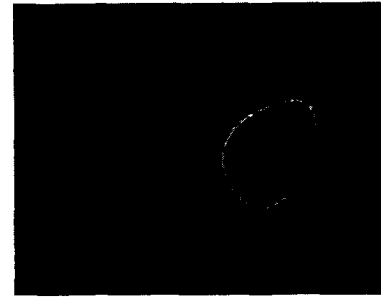
참고문헌

- [1] Guo-Qun Zhong, "Implementation of Chua's Circuits with a Cubic nonlinearity", *IEEE Trans. Circuits Syst*, pp. 934-941, Dec. 1994.
- [2] Leon O. Chua, Chai Wah Wu, Anshan Huang, and Guo-Qun Zhong, "A Universal Circuit for Studying and Generating Chaos-Part I: Routes to Chaos", *IEEE Trans. Circuits Syst*, pp. 732-744. Oct. 1993.
- [3] T. Matsumoto, L. O. Chua, and M. Komuro, "The double scroll", *IEEE Trans. Circuits Syst*, vol. CAS-32, pp. 797-818, 1985.
- [4] Maciej J. Ogorzalek, "Taming Chaos-Part I: Synchronization", *IEEE Trans. Circuits Syst*, vol. 40, no. 10, pp. 693-699, Oct. 1993.
- [5] M. P. Kennedy, "Three Steps to Chaos-Part I: Evolution", *IEEE Trans. Circuits Syst*, pp. 640-656, Oct. 1993.
- [6] M. P. Kennedy, "Three Steps to Chaos-Part II: A Chua's Circuit Primer", *IEEE Trans. Circuits Syst*, pp. 657-674, Oct. 1993.

*본 논문은 동양대학교(과제번호: 2000-A16)지원으로 이루어졌음.



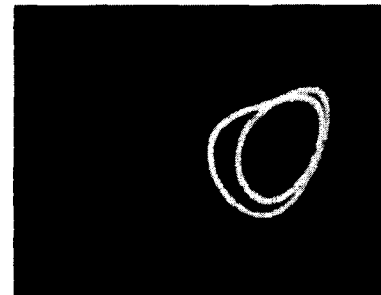
(a) 5.02V



(b) $R_p=1.658k\Omega$



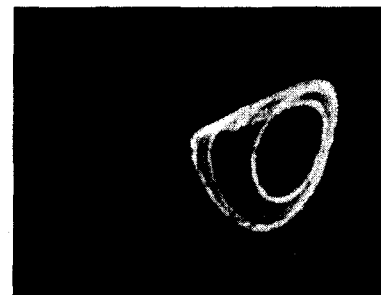
(c) 5.03V



(d) $R_p=1.646k\Omega$



(e) 5.04V



(f) $R_p=1.632k\Omega$



(g) 5.34V



(h) $R_p=1.300k\Omega$

그림 5 가변저항과 CdS 셀에 의해 조절된 위상그림. x-축: v_{cp} , 0.5V/div. y-축: v_{ca} , 0.1V/div.

Fig. 5 Phase portraits controlled by the variable resistor and CdS cell. x-axis: v_{cp} , 0.5V/div. y-axis: v_{ca} , 0.1V/div