

## 한 개의 FTFN을 이용한 고역통과 필터의 설계

이 영 훈\*

### A study on the Design of a High pass filter using single FTFN

Young-hun Lee\*

#### 요 약

본 논문에서는 한 개의 FTFN과 3개의 수동소자를 사용하여 직 병렬 R-L 및 C-D 이미턴스 회로를 실현하였다. 또한, 설계된 회로소자의 이론적 해석의 유용함을 입증하기 위하여 설계된 소자를 써서 high pass filter를 설계하고, AD844 macro model을 이용하여 HSPICE 에 의해 컴퓨터 시뮬레이션을 수행하였다. simulation결과는 이론적인 결과와 잘 일치하였으며, 따라서 이 회로는 통신 또는 전자 장치에 유용하게 이용 될 수 있다.

#### Abstract

In this study, new serial and parallel resistor and capacitor-frequency-dependent negative resistance configurations are implemented that use one plus type four-terminal floating nullor(FTFN) and three passive components. The values of simulated elements can be orthogonally adjusted without any matching condition. High pass filter designed with this FTFN and AD844. Computer simulation was performed using the AD844 macro model by HSPICE. Simulated results agree well with theoretical values.

---

\* 한남대학교 전자공학과 교수

### I. 서론

전류모드 회로는 이들의 잠재적인 이익으로 인하여 팔 목할 만한 주목을 받아 왔다. [1,2] 또한 Active 전류모드 소자를 써서 직, 병렬 이미턴스의 실현을 위한 몇 가지 회로들도 제안되었다.[3,4] 최근에는 4 terminal floating nullor(FTFN)가 current conveyor에 비하여 유연성이 많으므로 이의 사용이 관심을 모으고 있다.

이 논문에서는 한 개의 FTFN과 3개의 수동소자를 사용하여 R-L 및 C-D 이미턴스를 실현시키고자 한다. 또한 이 회로의 이론적 해석의 유용함을 증명하기 위하여 high-pass Filter를 구성하고 Simulation을 통하여 그 유용성을 입증하겠다.

### II. 회로의 구성

FTFN은 이상적인 nullor 또는 operational floating amplifier와 등가이다.[5,6]

그림 1(a)는 FTFN의 macro model이며  $I_x = 0, I_y = 0, v_x = v_y, I_x = \pm I_y$ 로 나타낼 수 있다.  $I_x$ 의 (+) (-)기호는 각각 (+)type FTFN과 (-)type FTFN을 나타낸다. [3.6]

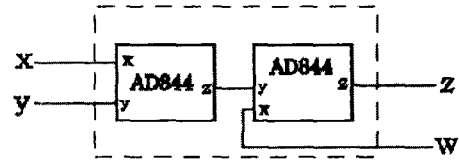
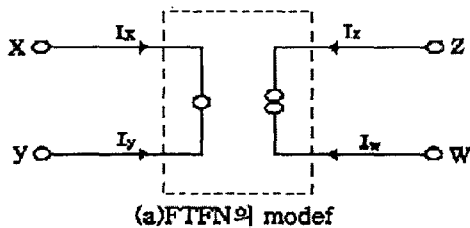


그림 1. FTFN

그림 2(a)의 회로에서 입력 어드미턴스  $Y_{in}$  은 다음과 같다.

$$Y_{in} = \frac{I_{in}}{V_{in}} = 2y_1 + \frac{y_1 y_2}{y_3} \quad (1)$$

만일,  $y_1 = \frac{1}{R_1}, y_2 = \frac{1}{R_2}, y_3 = sC_3$

라면 R-L 병렬회로의 이미턴스는

$$Y_{in}(s) = \frac{2}{R_1} + \frac{1}{sC_3 R_1 R_2} \quad (2)$$

그림 2(a)에 RC-CR 변환을 하면 C-D 병렬 이미턴스합수  $Y_{in}(s)$ 는 다음과 같다. [7]

$$Y_{in}(s) = 2sC_1 + s^2 C_1 C_2 R_3 \quad (3)$$

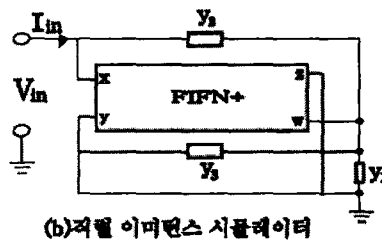
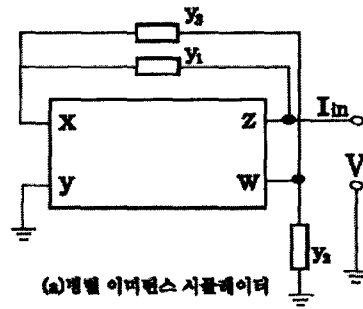


그림 2. 직, 병렬 이미턴스 시뮬레이터

그림2(b)의 회로에서 입력 임피던스  $Z_{in}$ 은 다음과 같다.

$$Z_{in} = \frac{V_{in}}{I_{in}} = Z_1 + Z_2 + \frac{2Z_1Z_2}{Z_3} \quad (4)$$

유사한 방법으로 만일  $Z_1 = R_2, Z_2 = R_2$ .

$$Z_3 = \frac{1}{sC_3}$$

이러면 R-L직렬 이미턴스 함수  $Z_{in}(s)$ 는 다음과 같다.

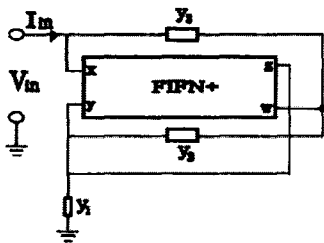
$$Z_{in}(s) = R_1 + R_2 + 2sR_1R_2C_3 \quad (5)$$

위 회로에 RC-CR 변환을 취하면 C-D직렬 이미턴스 함수가 다음과 같이 얻어진다.

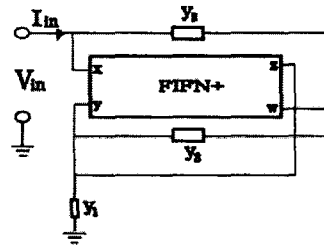
$$Z_{in}(s) = \frac{1}{sC_1} + \frac{1}{sC_2} + \frac{2}{s^2C_1C_2R_3} \quad (6)$$

(-)이미턴스 시뮬레이터는 (-R-(-L))과 (-C-(-D))로 표현하며, 여기에서는 2개의 (-)시뮬레이터를 제시한다. 그림3의 회로에서는 그림3(a)에서 입력 어드미턴스  $Y_{in}$ 과 그림3(b)의 회로에서 입력 임피던스  $Z_{in}$ 은 각각 다음과 같다.

$$Y_{in} = -y_1 - \frac{2y_1y_2}{y_3} \quad (7)$$



(a)병렬 이미턴스 시뮬레이터



(b) 직렬 이미턴스 시뮬레이터

그림 3. 직,병렬 이미턴스 시뮬레이터

$$Z_{in} = -z_1 - \frac{2z_1z_2}{z_3} \quad (8)$$

유사한 방법으로 수동 소자의 이미턴스를 적절히 선택하면 (-R)-(-L)의 병렬-직렬 연결

이 실현된다. 이들 두 회로에 RC-CR변환을 취하면 (-C)-(-D) 병렬-직렬 이미턴스를 얻을 수 있다.

### III. 필터설계 및 컴퓨터 시뮬레이션

여기에서는 이론적인 해석을 증명하기 위하여 그림 1(b)와 같이 (+)FTFN의 구성하기 위하여 2개의 AD844를 사용하였다.

2차 전압모드 고역통과 필터는 그림4와 같이 (-)임피던스 컨버터(NIC)와 캐패시터  $C_i$ 를 삽입하여 구성하였다.

이 필터는 NIC와FTFN을 실현하기 위하여 AD844 macro모델을 써서 HSPICE에 의해 해석하였다.

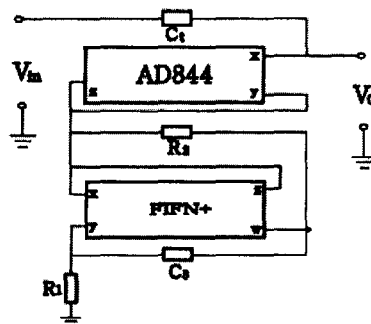


그림 4. (-R)-(-L)병렬 이미턴스를 사용한 HPF

그림5는 그림4의 주파수 응답을 나타낸다. 결과적으로 시뮬레이션 결과는 이론적인 해석결과와 일치하였다.

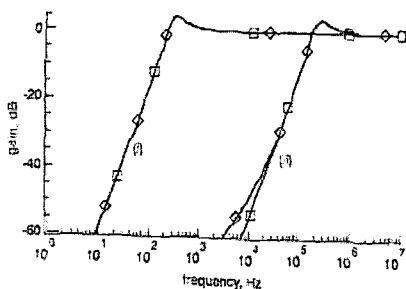


그림 5. HPF의 주파수 응답

(i)  $R_1 = R_2 = 40\text{k}\Omega$ ,  $C_3 = C_1 = 20\text{nF}$

(ii)  $R_1 = R_2 = 1\text{k}\Omega$ ,  $C_3 = C_1 = 1\text{nF}$

□ : 이론값      ◇ : 시뮬레이션 결과

#### IV. 결론

본 연구에서는 R-L, (-R)-(-L), C-D, (-C)-(-D)의 이미턴스를 실현하기 위한 회로를 제안하였다.

또한 한 개의 FTFN과 세 개의 수동소자를 이용하여 이미턴스 회로를 구성하였고, 구성된 이미턴스 회로의 유용함을 입증하기 위하여 설계된 이미턴스 회로와 AD844 macro model을 써서 High pass filter를 설계하였으며, 설계된 Filter의 주파수특성을 측정하기 위하여 HSPICE에 의해 컴퓨터 시뮬레이션을 수행하였다.

Simulation결과는 이론적인 결과와 잘 일치하였다. 따라서 이 회로는 통신 또는 전자장치에 유용하게 이용할 수 있다.

- [1] Wilson. B : "Recent developments in current conveyors and current-mode circuit", IEE proc. G. 1990, 13, 7 pp. 63-77
- [2] TouMAZou. C, LinGey, F. J, and HAGIH, D. G : "Analogue IC Design The current mode approach" (peter peregrinus LtD., 1990)
- [3] LIU, S. I, and Hwang, Y. s : "Realization of R-L and C-D impedance using a current feedback amplifier and it's application", Electron Lett, 1994, 30. pp.680-381
- [4] SENANI, R : "A novel application of four-terminal floating nullous", proc, IEEE, 1987, 75, pp. 1544-1546
- [5] LIU, S. I : "Single-resistance-controlled sinusoidal oscillator using two FTFNs", Electron. Lett. 1997, 33,pp. 1185-1186
- [6] Jean-claude Junqud and Jean -Paul Haton, Robustness in Automatic speech Recognition Fundamentals and Applications, Kluwer Academic publishers, 1996
- [7] HIGASHIMURA, M : "Realization of current mode transfer function using four-terminal floating nuller", Electron. Lett. 1991, 27,pp. 171
- [8] T.claes and D.Van compernolle, "SNR -normalization for robust speech recognition," in proe.IEEE Int.Cof, Acoust, speech signal processing, Vol 1,pp 331-334. May1996

#### 저자 소개



이 영 훈  
한남대학교 전자공학과 교수

#### References