

$\lambda/4$ 단락 스텐브를 이용한 우수한 위상 특성을 갖는 발룬 회로의 설계

조일현*, 이문규*, 김형석**

*서울시립대학교 전자전기 컴퓨터 공학부, **중앙대학교 전자전기공학부

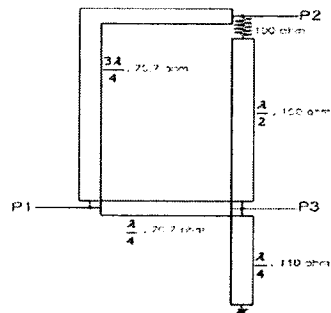
The Design of Broadband balun with good phase balance using $\lambda/4$ shorted stub

Il Hyun Cho*, Moon Que Lee*, Hyeong-seok Kim**

*Dept. Electrical & Computer Engineering, University of Seoul, **School of Electrical & Electronics Engineering, Chungang Univ.

Abstract - A broadband microstrip balun is proposed and designed using a $\lambda/4$ short-stub in order to compensate phase imbalance. For the demonstration, two baluns are proposed and designed using a $\lambda/4$ shorted stub. One is a modified form of the conventional Wilkinson balun, and the other is a modified ring hybrid. Baluns are implemented on TLX-9 substrate of which the dielectric constant is 2.54 and the thickness is 0.5mm. The measurements show a bandwidth of 500 MHz at the center frequency of 2 GHz.

이용하여 위상 특성을 개선하였다.



<그림 1> 본 논문에서 제안한 구조 : $\lambda/4$ 단락선로를 추가한 윌킨슨 발룬

<그림 2> (a)와 (b)는 스텐브가 있을 때와 없을 때를 비교한 그래프이다. 시뮬레이션은 이상적인 전송 선로를 이용하여 ADS로 시뮬레이션 하였다.

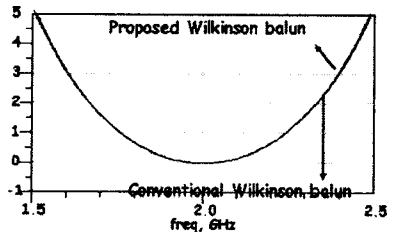
1. 서 론

최근 무선 통신에 대한 관심의 증가와 그에 따른 많은 기술 발전이 이루어지고 있고 무선 통신 회로에 사용되는 많은 세부 회로들에 다양하고 향상된 성능을 요구하고 있다. 발룬은 평형(balanced) 신호와 불평형(unbalanced) 신호를 상호 변환 시키는 회로로서 MMIC를 비롯한 많은 RF 회로에서 사용되는 회로이다. 무선 통신 회로에서 발룬은 넓은 대역에서 정확한 180° 위상 차이와 진폭 평형특성을 유지해야 한다. 이러한 발룬의 성능 향상과 소형화에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다.[1][2]

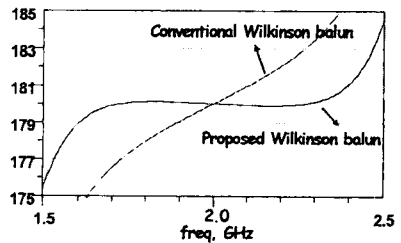
스텐브(Stub)는 RF 회로에서 많이 사용되는 회로 중 하나이다. 스텐브(Stub)는 임피던스 매칭과 주파수 특성 개선 등을 위해 사용 되어왔다. 이러한 스텐브(Stub)의 기능에 대한 많은 연구들이 진행되고 있다.[3][4] 본 논문에서는 윌킨슨(Wilkinson) 구조를 갖는 발룬과 링 하이브리드에 $\lambda/4$ 단락 스텐브(Short stub)를 연결하여 발룬의 특성을 개선하는 연구를 하였다. 마이크로 스트립 전송 선로를 이용하여 설계 및 제작하였으며 타코닉사의 TLX-9 기판을 사용하였다.

2. 윌킨슨(Wilkinson) 발룬에서 스텐브의 효과

기본적인 윌킨슨 구조에서 입력단(P1)과 두 출력단에 길이가 각각 $3\lambda/4$ (P2)와 $\lambda/4$ (P3)인 전송 선로를 이용하면 180° 위상 차이를 갖는 신호가 출력된다. 또, 두 출력단의 격리 특성(Isolation property)을 개선하기 위해 저항($2Z_0$)과 출력단 사이에 $\lambda/2$ 길이의 전송 선로를 사용할 수 있다.[1] 이 때, $\lambda/2$ 의 전송 선로를 저항과 어느 출력단 사이에 연결하는가에 따라 위상 특성이 다르게 나타난다. $\lambda/2$ 전송 선로를 저항과 P3에 연결하는 것이 P2에 연결하는 것보다 중심 주파수 근처에서 위상차의 변화가 더 작다는 것을 알 수 있다. <그림 1>에서 새롭게 제안한 발룬은 제안된 윌킨슨 구조의 발룬에 $\lambda/2$ 의 전송선로를 P3와 저항사이에 연결하고, 스텐브(Stub)를



(a)



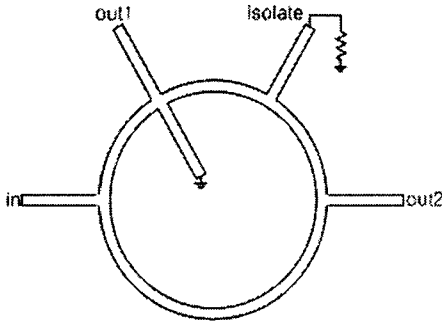
(b)

<그림 2>시뮬레이션 결과 : (a) 진폭차 (b) 위상차

시뮬레이션 결과 진폭은 단락 스텐브가 있는 윌킨슨 발룬과 단락 스텐브가 없는 윌킨슨 발룬이 거의 같았으며, 위상은 단락 스텐브가 있는 발룬이 광대역에서 발룬의 특성이 나타났다.

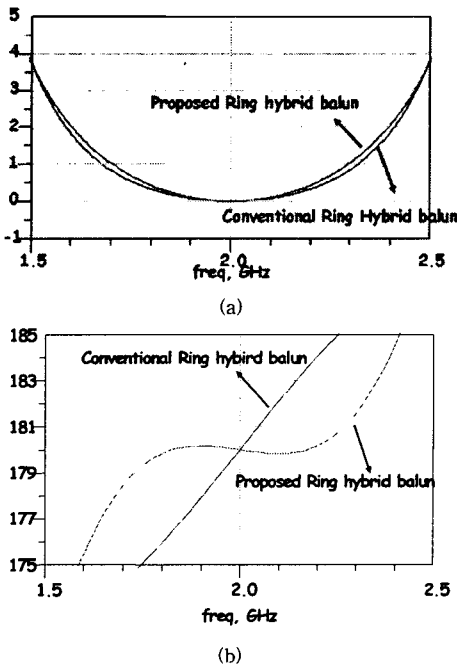
3. 링 하이브리드(Ring Hybrid)에서 스텐브의 효과

<그림 3>은 $\lambda/4$ 단락 스텐브(short stub)가 있는 링 하이브리드이다. 링 하이브리드는 4 포트망 회로로서 구조는 합포트와 격리포트, 2개의 출력포트로 이루어진다. 링 하이브리드는 4 포트망 회로로서 합포트에 입력을 가하면 2개의 출력포트에 180° 위상차를 갖는 신호가 출력되며 격리포트에서는 어떤 신호도 출력되지 않는다. 그림 4는 링 하이브리드를 ADS로 이상적인 전송선로를 이용하여 시뮬레이션 한 결과이다.



<그림 3> 본 논문에서 제안한 구조 : $\lambda/4$ 단락선로를 추가한 링 하이브리드 발룬

중심 주파수에서는 정확히 180° 위상차를 갖지만 중심 주파수 근처에서 위상차의 변화가 크다. <그림 3>에서 새롭게 제안한 구조는 출력(out1) 포트에 스텐브를 연결하여 위상 특성을 개선하였다. <그림 4>는 ADS로 시뮬레이션한 결과로 이상적인 전송선로를 이용하였다.

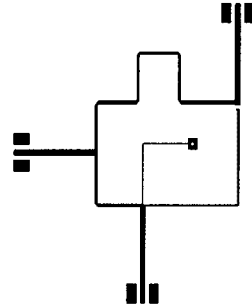


<그림 4> 시뮬레이션 결과 : (a) 진폭차 (b) 위상차

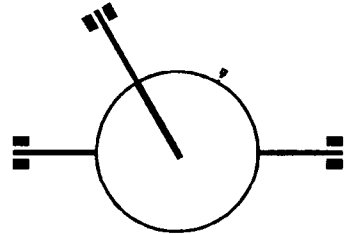
시뮬레이션 결과 진폭은 단락 스텐브가 있는 링 하이브리드 발룬과 단락 스텐브가 없는 발룬이 거의 같았으며, 위상은 단락 스텐브가 있는 링 하이브리드가 광대역에서 발룬의 특성이 나타났다.

4. 제작 및 측정

스텐브가 있는 윌킨슨 발룬을 타코닉 사의 TLX-9 기판($\epsilon=2.54$, 두께=0.5mm)에 마이크로 스트립 전송 선로로 제작하였다. 중심 주파수는 2 GHz이며, <그림 5>와 <그림 6>은 레이아웃이다.



<그림 5> 제안한 윌킨슨(Wilkinson) 발룬 Layout



<그림 6> 제작한 링 하이브리드 발룬 Layout

제안한 윌킨슨(Wilkinson) 발룬의 $\lambda/4$ 단락 스텐브(short stub)의 특성 임피던스는 110 ohm이고 링 하이브리드 발룬의 $\lambda/4$ 단락 스텐브(short stub)의 특성 임피던스는 40 ohm으로 하였다. 스텐브(Stub)의 특성 임피던스에 따라 위상차가 일정한 주파수 범위가 변화했으며, ADS 시뮬레이션을 이용하여 주파수 범위가 가장 넓은 특성 임피던스를 사용하였다.

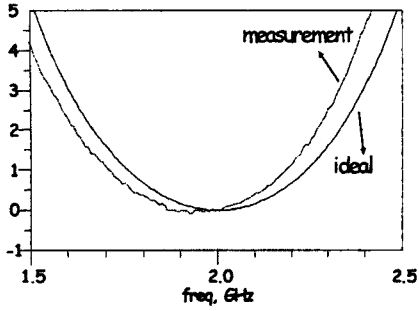
네트워크 분석기로 측정한 결과와 시뮬레이션 결과를 <그림 8>과 <그림 9>에서 비교하였다. 측정 결과 중심 주파수(2GHz) 근처에서 180° 위상차를 갖는 넓은 주파수 범위를 확인할 수 있었으며, 대역폭(bandwidth)은 IRR이 20dB인 주파수를 기준으로 약 500MHz 이었다. 두 출력단의 진폭 특성은 중심 주파수 2 GHz에서 $S(2,1)=-3.2\text{dB}$, $S(3,1)=-3.1\text{dB}$ 으로 나타났다.

5. 결론

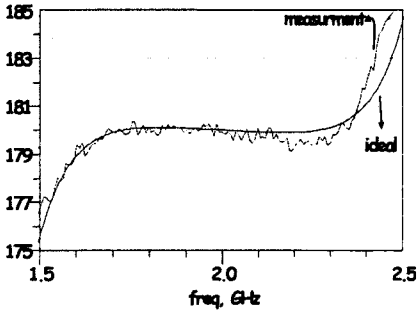
본 논문에서는 윌킨슨 발룬과 링 하이브리드에서 Stub을 이용하여 2 GHz 대역의 광대역 발룬을 설계 및 제작하였다. 광대역 발룬의 제작은 타코닉 TLX-9 기판을 이용하여 마이크로 스트립(Microstrip) 전송 선로로 제작 하였다. HP사의 8510P 네트워크 분석기를 이용하여 측정하였고, 그 결과 IRR이 20dB인 주파수를 기준으로 대역폭이 약 500MHz로 측정되었다. 본 논문에서는 비교적 간단한 방법인 단락 스티브(Short stub)을 통해 위상특성이 우수한 광대역 발룬 회로를 설계할 수 있었다.

[참고 문헌]

- [1] Jon-sik Lim, "A 77GHz CPW balun using Wilkinson structure," 34th European Microwave Conference, pp. 377-380, 2004.
- [2] 이병화, 박동석, 박상수, "새로운 3-라인 발룬 설계," 한국전자과학회논문지, 제 14권 제 7호, pp. 750-755, 2003년 7월.
- [3] K. Hettak, " A novel compact uniplanar MMIC Wilkinson power divider with ACPS series stubs," *International Microwave Symposium Digest*, vol.1, pp. 59-62, 8-13, June 2003.
- [4] Soon-Young Eom, " Broadband 180 bit phase shifter using a $\lambda/2$ coupled line and parallel $\lambda/8$ stubs," *IEEE Microwave and Wireless Components Letters*, vol.14, pp. 228-330, May 2004.

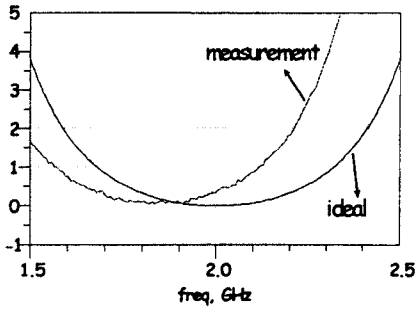


(a)

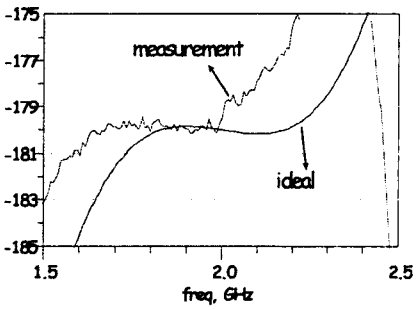


(b)

<그림 7> 윌킨슨 발룬 측정 결과 비교 :
(a) 진폭차 (b) 위상차



(a)



(b)

<그림 8> 링 하이브리드 발룬 측정비교 :
(a) 진폭차 (b) 위상차