

와이어 본딩을 고려한 X-band 증폭기의 정합회로 설계

박정호, 문형준, 임종식, 한상민, 안달
 순천향대학교
 e-mail : anotool0701@gmail.com

Design of Matching Networks for X-band Amplifier Considering Wire Bonding

Jeongho Park, Hyungzun Mun, Jongsik Lim, Sang-Min Han and Dal Ahn
 Soonchunhyang University

요약

본 연구에서는 X-band 대역 증폭기용 정합회로 설계에 대해 기술한다. 정합회로 구성에 필요한 와이어 본딩(wire bonding) 특성을 사전에 전자기적 시뮬레이션으로 파악하고, 이 결과를 반영하여 증폭기의 입출력 정합회로 설계에 반영한다. 전자기 시뮬레이터(electromagnetic(EM) simulator)로 와이어 본딩의 전송 특성을 구하고, 이를 회로 설계 시뮬레이터(circuit simulator)에 입력가능하게 변환하여 증폭기의 정합 회로 설계에 이용한다. 와이어 본딩 특성을 반영하는 설계의 한 예로 본 연구에서는 10 GHz에서 30dBm의 출력전력을 갖는 증폭기의 입출력 정합 회로를 설계한다.

1. 서론

무선통신용 X-band 주파수 대역의 경우 약 8 ~ 12[GHz]의 주파수 대역을 갖는다. 증폭 모듈이나 트랜지스터를 패키지 단위로 제작하는 과정에는 반도체 칩에 와이어 본딩을 하는 과정이 필요하다. 본 연구에서는 해당 주파수 대역에서 초고주파 증폭 모듈 패키지 설계에 필요한 와이어 본딩의 등가 인덕턴스 및 커패시턴스를 추출한다. 이를 이용하여 X-band에 속하는 10GHz에서 증폭 모듈 패키지의 정합회로를 설계한다.

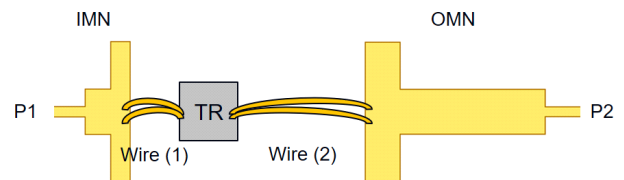
2. 본론

매칭회로를 설계하기 위하여 트랜지스터 칩과 정합회로를 연결하는 와이어 본딩이 반드시 필요하다. 그래서 와이어에 대한 시뮬레이션을 진행해야 한다. 정합에 필요한 인덕턴스 값을 갖는 와이어의 길이에 전자기적 시뮬레이션(EM simulation)을 수행하였다. 본 연구에서 정합회로 설계에 필요한 두 인덕턴스 값은 0.26nH와 1.44nH인데, 이에 필요한 와이어의 길이는 각각 400um와 2280um였다.

초고주파 전력증폭기의 설계를 위해서는 비선형 모델을 이용한 설계를 하는 것이 일반적이지만, 때로는 저비용의 설계방법으로 최대출력을 갖는 정합점에서의 소신호 모델(S-파라미터)을 이용하여 진행할 수도 있다.

그림 1은 본 연구에서 설계한 30dBm의 출력전력을 갖는 증폭모듈의 회로도이다. 그림 1의 회로를 설계하기 위해 사용한 트랜지스터의 입력과 출력 정합점은 각각 $Z_{in}=4.5-j6.7[\Omega]$,

$Z_{out}=18.8-j90[\Omega]$ 이었다. 표 1은 본 연구에서 정합회로 설계를 위해 사용한 입출력 와이어의 인덕턴스와, 정합회로 구성을 위한 전송선로의 임피던스 및 전기적 길이를 보여준다. 전자기적 시뮬레이션 과정을 이용하여 와이어의 길이에 따른 등가 인덕턴스와 커패시턴스를 구하였고, 이를 정합회로 설계에 이용하였다.

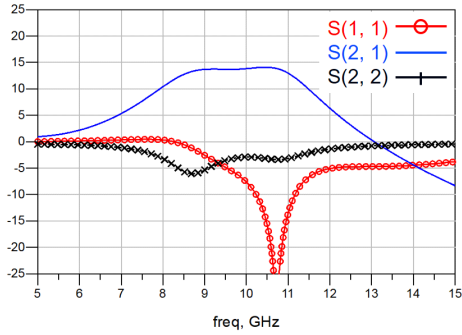


[그림 1] 설계한 X-band 증폭 모듈 패키지의 회로도

[표 1] 정합회로 설계 요소

	와이어 인덕턴스 [nH]	전송선로 임피던스 [Ω]	전송선로의 전기적 길이 [$^\circ$]
Input	0.26	8 / 20	24 / 34
Output	1.44	8 / 20	30 / 115

그림 2는 본 연구에서 설계한 X-band 증폭 모듈 패키지의 S-파라미터 특성이다. 설계 목표 주파수인 10GHz에서 이득이 우수하고 단자 정합도 잘 되었음을 알 수 있다. 따라서 반도체 칩 상태의 트랜지스터와 정합회로를 연결하는 와이어 본딩에 대한 전자기적 시뮬레이션도 신뢰할 만하다는 것을 알 수 있다.



[그림 2] 설계한 X-band 증폭 모듈 패키지의 S-파라미터 특성

3. 결론

본 논문에서는 X-band 대역에서의 증폭기 모듈 패키지 설계에서 반도체 칩 상태의 트랜지스터와 연결되는 와이어 본딩의 특성을 추출하여 이용하는 것에 대하여 기술하였다. 전자기적 시뮬레이션을 통해 와이어 본딩의 길이에 따른 등가의 인덕턴스 및 커패시턴스 값을 추출하고 이를 정합 회로 설계에 이용하였다. 목표한 이득특성을 갖는 증폭 모듈 패키지 설계를 위해 추가적인 정합회로를 설계하고, 회로 설계 시뮬레이터를 통해 증폭 모듈 패키지를 설계하였다. 설계된 회로의 S-파라미터 특성을 확인한 결과 설계 주파수 대역에서 목표한 특성을 보임을 확인하였다.

감사의 글

본 연구는 정보통신기획평가원의 학석사연계ICT핵심인재양성사업(IITP-2024-2020-0-01832)과 중소벤처기업부의 기술혁신개발사업(S3142209)의 지원으로 수행하였음.

참고문헌

- [1] D. G. Swanson and W. J. R. Hoefer, Microwave Circuit Modeling Using Electromagnetic Field Simulation, Artech House Inc, MA, 2003.
- [2] G. Gonzalez, Microwave Transistor Amplifiers Analysis and Design, Prentice-Hall, New Jersey, 1984.