

# 차량 충돌 예방 레이더 시스템은-칩용 77GHz 고주파 전단부 설계

김신곤\* · 이정훈\* · 류지열\* · 노석호\*\*

\*부경대학교 · \*\*안동대학교

## Design of 24GHz Low Noise Amplifier for Automotive Collision Avoidance Radar

Shin-Gon Kim\* · Jung-Hoon Lee\* · Jee-Youl Ryu\* · Seok-Ho Noh\*\*

\*Pukyong National University · \*\*Andong National University

E-mail : ryujy@pknu.ac.kr

### 요 약

본 논문에서는 차량 충돌 예방 레이더 시스템은-칩용 77GHz 고주파 전단부(RF front-end)를 제안한다. 이러한 고주파 전단부는 77GHz의 동작주파수를 가진 저 잡음 증폭기와 고주파 전력 증폭기로 구성된다. 이러한 회로는 TSMC 0.13 $\mu$ m 혼성신호/고주파 CMOS 공정 ( $f_T/f_{MAX}=120/140$ GHz)으로 설계되어 있다. 저잡음 증폭기의 경우 전압이득이 36dB로 최근 발표된 연구결과 중 가장 우수한 수치를 보였다. 전력 증폭기는 포화전력과 출력 P<sub>1dB</sub>이 18dBm과 15dBm으로 기존 연구결과 중 가장 우수한 결과를 각각 보였다.

### 키워드

차량 충돌 예방 레이더, 고주파 전단부, 77GHz, 저잡음증폭기, 전력증폭기

### I. 서 론

기계, 자동차 및 전자 산업이 IT와 융합하면서 자동차는 점점 지능화되고 있다. 자동차의 전자화 및 지능화 추세에 따라 최근 자동차 사고를 미연에 방지할 수 있는 각종 첨단 전자·전기·통신·제어 기술을 차량에 탑재하여 운전자의 주행 안전성, 편리성과 주행 효율성을 극대화시킨 지능형 자동차에 대한 연구가 활발하다[1]-[3]. 특히 지능형 자동차에 탑재되는 대표적인 부품으로 전방 차간 거리 감지용 장거리 레이더(Long Range Radar, LRR)에 많은 연구가 진행되어 왔다 [3]-[5]. 전방 감시용 장거리 레이더는 150m 정도에 존재하는 물체를 검출할 수 있어야 하기 때문에 77GHz 대역의 주파수를 사용한다.

본 연구에서는 77GHz 차량 충돌 방지 장

거리 레이더용 고주파 전단부를 제안한다. 이러한 회로는 TSMC 0.13 $\mu$ m CMOS 공정으로 제작되었다.

### II. 본 론

그림 1은 77GHz 3단 CMOS 고주파 전력 증폭기를 나타낸 것이다. 전력증폭기는 A형 모드 증폭기로서 단간 공액 정합 회로를 가진 공통-소스 단으로 구성되어 있다. 77GHz의 동작주파수에서 높은 전력이득을 제공하기 위해 캐스코드 구조를 가진다. 그림 1에서 전체 칩 면적을 줄이기 위해 임피던스 정합용으로 사용하는 인덕터 대신 전송선 T<sub>1</sub>~T<sub>18</sub>을 사용하였다. 고주파 잡음, 전원 잡음 및 EMI를 줄이기 위해 분리 커패시터 C<sub>2</sub>~C<sub>4</sub>, C<sub>6</sub>~C<sub>7</sub> 및 C<sub>9</sub>~C<sub>10</sub>을 사용하였다. 전송선 T<sub>4</sub>~T<sub>6</sub>, T<sub>10</sub>~T<sub>12</sub> 및 T<sub>16</sub>~T<sub>18</sub>은 드레인 영역

으로 안정된 DC 전력이 공급되고, 일정한 전류가 흐를 수 있도록 전송선 폭과 길이의 최적화를 통한 세심한 설계를 진행하였다.

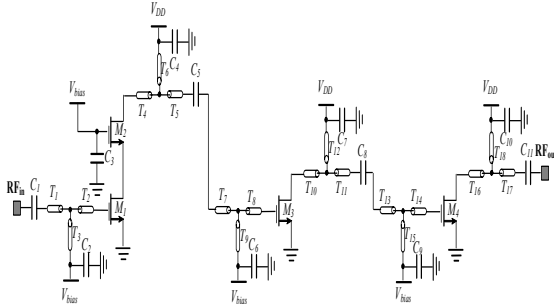


그림 1. 77GHz CMOS 고주파 전력 증폭기

### III. 시뮬레이션 및 실험 결과

그림 2는 저 잡음 증폭기의 전압 이득 특성을 나타낸 것이다. 그림 2에서도 알 수 있듯이 77GHz의 동작주파수에서 36dB의 우수한 특성을 보였다. 이러한 결과는 전압 이득을 증가시키기 위해 증폭기를 캐스코드 구조로 하였기 때문이다.

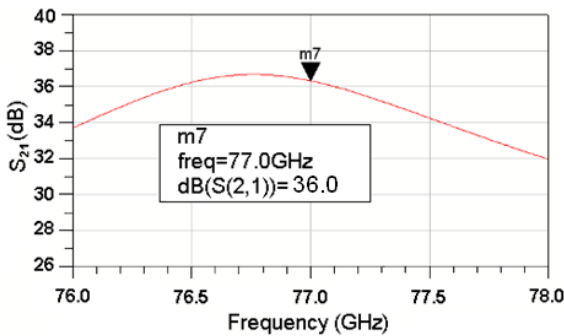


그림 2. 전압이득 특성

표 1은 저 잡음 증폭기에 대해 본 연구의 결과와 기존에 연구되어 온 연구 결과들을 비교한 것이다. 표 1에서 알 수 있듯이 본 연구 결과는 전압이득, 입력 반사 손실 (S11) 및 출력 반사 손실 (S22)에서 가장 우수한 특성을 보였고, 다른 변수들에 대해서는 유사한 특성을 보였다.

표 1. 최근 발표된 77GHz 저 잡음 증폭기 비교

참고 문헌	주파수 (GHz)	전압이득 (dB)	잡음지수 (dB)	입력 P <sub>1dB</sub> (dBm)	S11/S22 (dB)	S12 (dB)
[3]	60	32	8	-30	<-15	<-40
[4]	79	31	8	-30.7	<-10/<-15	
본 연구	77	36	5.5	-28.5	-15/-22	-37

그림 2는 77GHz CMOS 전력 증폭기에 대한 포화 출력 전력(saturated output power) Psat 특성을 나타낸 것이다. 그림 2에서 알 수 있듯이 전압이득을 증가시키기 위해 증폭기를 3단 캐스코드 구조로 하였고, 입력 정합 특성을 향상시키기 위해 첫 단엔 C<sub>1</sub> 및 전송선 T<sub>1</sub>~T<sub>3</sub>를, 둘째 단엔 C<sub>5</sub> 및 T<sub>7</sub>~T<sub>9</sub>를, 셋째 단엔 C<sub>8</sub> 및 T<sub>13</sub>~T<sub>15</sub>를 이용하였다. 또한 출력 정합 특성을 향상시키기 위해 C<sub>1</sub>, T<sub>4</sub>~T<sub>6</sub>, T<sub>10</sub>~T<sub>12</sub> 및 T<sub>16</sub>~T<sub>18</sub>를 이용하였다. 그림 2에서 알 수 있듯이 본 연구에서 설계한 77GHz CMOS 전력증폭기는 우수한 특성을 보였다.

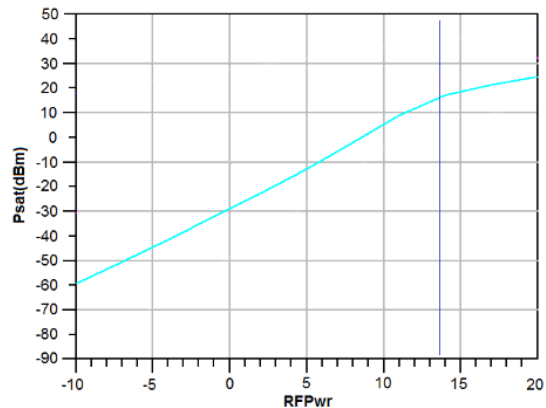


그림 2. 전력증폭기 포화 출력 전력

표 2는 고주파 전력 증폭기에 대해 본 연구의 결과와 기존에 연구되어 온 연구 결과들을 비교한 것이다. 표 2에서 알 수 있듯이 본 연구 결과는 포화전력 (Psat), 출력 P<sub>1dB</sub> 및 입력 반사 손실 (S11)에서 가장 우수한 특성을 보였고, 다른 변수들에 대해서는 유사한 특성을 보였다. 이러한 결과들 또한 본 연구의 결과가 전체적으로 우수한 특성을 보임을 증명한다.

표 2. 최근 발표된 77GHz 전력 증폭기에 대한 비교

참고 문헌	주파수 (GHz)	전력이득 (dB)	Psat (dBm)	출력 P <sub>1dB</sub> (dBm)	S11/S22 (dB)	S12 (dB)
[2]	60	32	8	5.1	< -12	< -40
[3]	79	10	-	10.5	-	-
[4]	77	7.0	13.5	-	-11.9/-16.2	-45
[5]	77	<b>20</b>	15.5	-	-12.5/-13	-
본 연구	77	17	<b>18</b>	<b>15</b>	<b>-16/-16</b>	-36

#### IV. 결 론

본 논문은 77GHz 차량 충돌 방지 레이더 고주파 전단부를 제안하였다. 제안한 회로는 TSMC 0.13μm 혼성신호/고주파 CMOS 공정 ( $f_T/f_{MAX}=120/140\text{GHz}$ )으로 설계하였다. 기존의 연구결과에 비해 특히 36dB의 가장 우수한 전압 이득을 보였다. 전력 증폭기에 대해서는 전력이득, 포화전력, PAE, 출력 P<sub>1dB</sub>, 입력 반사 손실, 출력 반사 손실 및 역방향 격리 특성을 측정하였고, 기존의 연구결과에 비해 특히 17.2dBm과 13.5dBm의 가장 우수한 포화전력 및 출력 P<sub>1dB</sub>를 각각 보였다.

#### 감사의 글

This work was supported by the Basic Research of NRF, Korea (2010-0021768, Development of Dual-Band 24GHz/77GHz CMOS System-on-Chip for Advanced Safety Vehicle Radar).

#### 참고문헌

[1] J. Y. Ryu, S. W. Kim, D. H. Lee, S. H. Park, J. H. Lee, D. H. Ha, and S. U. Kim, "Programmable RF System for RF System-on-Chip", Communications in Computer and Information Science, Vol. 120, No. 1, pp. 311- 315, Dec. 2010.

[2] S. Pinel, S. Sarkar, P. Sen, B. Perumana, D. Yeh, D. Dawn, and J. Laskar, "A 90nm CMOS 60GHz Radio", 2008 IEEE International Solid-State Circuits Conference, Vol. 51, No. 1, pp. 130-131, Feb. 2008.

[3] V. Jain, F. Tzeng, L. Zhou, and P. Heydari, "A Single-Chip Dual-Band 22-to-29GHz/77-to-81 GHz BiCMOS Transceiver for Automotive Radars", 2009 IEEE International Solid-State Circuits Conference, Vol. 52, No. 1, pp. 308-309, Feb. 2009.

[4] U. R. Pfeiffer, S. K. Reynolds, and B. A. Floyd, "A 77 GHz SiGe Power Amplifier for Potential Applications in Automotive Radar Systems", 2004 IEEE Radio Frequency Integrated Circuit Symposium, Vol. 8, No. 1, pp. 91-94, June 2004.

[5] D. M. Kang, J. Y. Hong, J. Y. Shim, J. H. Lee, H. S. Yoon, and K. H. Lee, "A 77GHz Automotive Radar MMIC Chip Set Fabricated by a 0.15μm MHEMT Technology", IEEE MTT-S International Microwave Symposium Digest, Vol. 5, No. 1, pp. 2111-2114, June 2005.