

# Differential Amplifier Design based on Modeling with GP Optimization

° 윤민영, 김병준, 김진태, 남상욱  
서울대학교 전기공학부 뉴미디어통신연구소

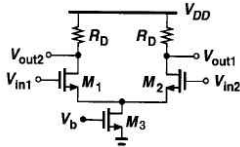
ymy@ael.snu.ac.kr, bjkim@ael.snu.ac.kr, jintkim@konkuk.ac.kr, snam@snu.ac.kr

## I. 서론

Analog Circuit Design 과정에서 GP Optimization 을 통한 modeling 이 가능하다. GP(Geometric programming) 는 최적화된 circuit parameter 들을 구하는 수학적으로 검증된 방법이다[1].

본 논문에서는 RF Receiver system 모델링의 일환으로 mixer 다음의 Buffer로 사용될 수 있는 Differential Amplifier 를 GP Optimization 을 통해 최적화하여 전력을 최소화하는 최적의 design parameter 를 구했다. Spectre(Cadence)에서의 simulation 을 통해 GP optimization 으로 구한 최적의 design parameter 를 검증하였다.

## II. 본론



본 논문에서 최적화를 하기 위해 사용한 Differential Amp.의 회로도는 그림.1과 같다.

그림.1 Differential Amplifier

GP를 이용해 최적화하기 위해서는 모든 Model equation 및 Constraints가 Posynomial 형태(모든 계수가 양수인 다항식)로 존재해야 한다는 한 가지 제약 조건이 필요하다[2]. 이 조건을 충족하는 Model 및 Constraints는 표.1과 같다.

	Models & Constraints
Gain	$A_v = g_{m1}(r_{o1} // R_D), \frac{A_{v,spec}}{A_v} \leq 1$
BW	$f_{in,-3dB} = \frac{1}{2\pi R_{in} C_{in}}, f_{in,-3dB} \geq f_{sig,min}$ $f_{out,-3dB} = \frac{1}{2\pi R_{out} C_{out}}, f_{out,-3dB} \geq f_{sig,min}$ $C_{\in} = C_{gs1} + C_{gd1}(1 + g_{m1}R_D)$ $C_{out} = C_{gd1} + C_{jd1} + C_L$
KVL	$I_{ds3} = 2I_{ds1}, V_{gs1} + V_{ds3} \leq V_{inCM}$
KCL	$V_{ds1} + V_{ds3} + \frac{1}{2}I_{ds3}R_D \leq V_{DD}$

표.1 Differential Amp. Models and Constraints

Gain Spec.이 커짐에 따라 RD에서의 전압강하가 커져 M1,M2의 드레인 소스 사이의 전압이 작아져 GP 최적화 결과와 Spectre Simulation과의 Deviation이 커지는 문제

가 있어 Vout.CM의 최솟값을 지정하고 M1, M2의 드레인 소스 사이의 전압의 최솟값을 지정해 주었다. 최적화 결과는 표.2와 같다.

표.2 최적화 결과

Gain(Specification)	>1	>2	>3	>4
Gain(GP-Optimized)	1	2	3	4
Gain(Spectre Sim.)	1.07	2.02	2.92	3.81
Deviation	7%	1%	-2.7%	-4.8%
RD (kOhm)	139.5	401.5	401.5	401.5
Ids1 (nA)	132.9	250.8	383.7	565
Width (M1)	0.5um	0.5um	0.51um	0.75um
Length (M1)	3.8um	1.2um	0.55um	0.55um

tsmc65nm공정이 제공하는 device model 중에서 nch\_lvt model의 정보를 이용하여 Matlab 내에서 GP 최적화를 진행하였다. 최적화의 이용되는 parameter는 RD의 저항 값과 transistor M1,M2,M3의 W, L, Ids, gm, Vgs, Vds, etc이다. Gain Spec.에 따라 RD와 Id를 변화시켜 Spec을 만족시키는 최적화를 이루어냈고 Gain Spec.이 5 이상일 때는 해당 model( $V_{DD}=0.6V$ )이 가질 수 있는 최대 Gain을 넘기 때문에 최적화 결과가 infeasible이 나왔다.

## III. 결론

본 논문에서는 GP를 이용하여 RF Receiver system 모델링의 일환으로 mixer 다음의 Buffer로 사용될 수 있는 Differential Amp.의 model을 찾아 최적화하여 Gain Spec.에 따른 전력을 최소화하는 최적의 design parameter를 구했다. Spectre(Cadence)에서의 simulation 을 통해 GP optimization으로 구한 최적의 design parameter를 검증한 결과 Deviation이 7%이하로 신뢰도가 높은 최적화가 이루어졌다.

## Acknowledgement

“본 연구는 미래창조과학부부가 지원한 2013년 정보통신·방송(ICT) 연구개발사업의 연구결과로 수행되었음”

## 참고문헌

- [1] R. J. Duffin, E. L. Peterson, and C. M. Zener, “Geometric Programming”, New York, Wiley, pp. 278, 1967
- [2] Jintae Kim, Jaeseo Lee, Lieven Vandenberghe, and Chih-Kong Ken Yang, “Technique for Improving the Accuracy of Geometric-Programming Based Analog Circuit Design Optimization”, ICCAD, pp.994-998, Nov. 2004.