

무선전력전송을 지원하는 멀티밴드 태그용 아날로그 프론트엔드의 연구

김진호, 장준범, 문용
승실대학교 전자공학과

e-mail : jh4747h@naver.com, tonisbb@ssu.ac.kr, moony@ssu.ac.kr

A study of the analog front-end for multiband tag
that supports wireless power transmission

Jin-Ho Kim, Jun-Beom Jang and Yong Moon
School of Electronic Engineering
Soongsil University

Abstract

HF/UHF Analog Front-End for multiband tag that supports wireless power transmission was designed and fabricated using 0.18 μm 1-Poly 6-Metal CMOS Process. The proposed Analog Front-End can recognize and demodulate the signal of the UHF band (900MHz) and the HF band (13.56MHz). By designing two frequency bands as one tag, it can be applied to the distribution and logistics system efficiently.

I. 서론

여러 주파수 대역을 사용하여 정보를 인식하는 기술인 RFID(Radio-Frequency Identification) 중 NFC(Near-Field Communication)라는 이름의 HFID(High-Frequency Identification)는 13.56MHz의 주파수 대역을 사용하며, ISO/IEC-18092^[1], ISO/IEC-14443 등을 국제 표준으로 제정하여 교통카드, 출입통제 시스템뿐 아니라 전자화폐로 널리 쓰이고 있다. 또한 860~960MHz의 주파수 대역을 사용하여 유통물류, 공급망 관리, 자동통행료 징수 등에 사용되는 UHFID(Ultra-High-Frequency Identification)는 NFC와 동일한 무선시스템을 사용하고 있음에도 불구하고 서로 다

른 태그를 사용하고 있다. 한편 무선전력전송의 자기유도와 자기공진 방식 중 자기공진방식은 A4WP(Alliance for Wireless Power)의 6.78MHz의 주파수대역을 사용하는 리첸스(Rezence)라는 표준이 존재한다. 안테나를 통해 유기 받는 신호의 주파수 대역에 따라 무선충전 및 HF/UHF 주파수대역의 데이터를 주고받는 아날로그 프론트엔드를 설계하였으며 그림 1을 통해 제안하는 무선전력전송 태그의 구조를 확인할 수 있다.

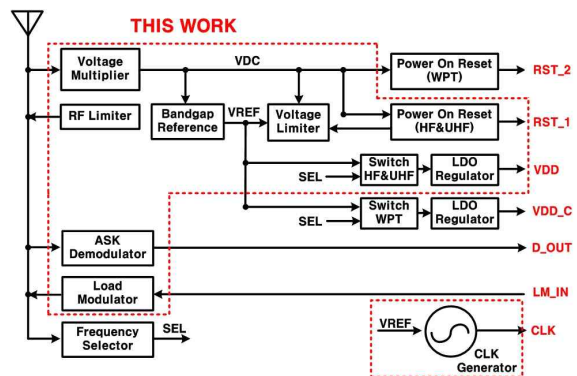


그림 1. 제안하는 무선전력전송 태그 블록 다이어그램

본 논문에서는 설계한 무선전력전송 태그 중 하나의 전원 공급부와 복조부를 가지지만 HF/UHF의 두 주파수 대역의 데이터를 주고 받을 수 있는 아날로그 프론트엔드를 소개한다. HF대역은 ISO/IEC-14443A의 표준을 만족하며 UHF대역은 EPC Class 1 Gen2의 표준

을 만족하도록 설계하였다.

II. 아날로그 프론트엔드 설계

2.1 전원 공급부

제안하는 아날로그 프론트엔드는 안테나를 통해 유기되어 들어오는 무선신호의 주파수가 13.56MHz 혹은 900MHz의 주파수가 들어오더라도 데이터를 올바르게 복조할 수 있어야 하며 안정적인 DC전원을 공급 받아야 한다. 안테나를 통해 유기 받은 신호는 전압 곱셈기를 통과하여 일정한 DC전원을 만들어낸다. 생성한 DC전원은 들어오는 신호에 따라 너무 큰 DC전원을 생성하여 내부회로를 손상시킬 수 있기 때문에 전압 리미터를 설계하였으며 외부의 환경의 변화에도 안정적인 전원전압 공급을 위해 밴드갭 전압원과 레귤레이터를 설계하여 복조기에 안정적인 DC전원 VDD를 공급하였다.

그림 2는 밴드갭 전압원의 회로도이다. 1V 이하의 레퍼런스 전압을 만들기 위해 설계하였으며 온도에 따라 감소하는 CTAT전류는 식 (1)을 통해 구할 수 있으며, 온도에 따라 증가하는 PTAT전류는 식 (2)로 구할 수 있다. BJT 양단의 전압을 최대한 일정하게 하기 위해 전류미러 대신 2단으로 구성된 차동증폭기를 사용하였다. 최종적으로 1V이하의 VREF전압을 구하는 식은 아래 식 (3)과 같다. 그림 3은 온도 변화에 따른 레퍼런스전압의 변동 폭을 나타내는 그림이다.

$$I_{CTAT} = \frac{V_{EB1}}{R3 + R4} \quad (1)$$

$$I_{PTAT} = \frac{V_T \times \ln(N)}{R1} \quad (2)$$

$$V_{REF} = \frac{R2}{R3 + R4} (V_{EB} + V_T \times \ln N [\frac{R3 + R4}{R1}]) \quad (3)$$

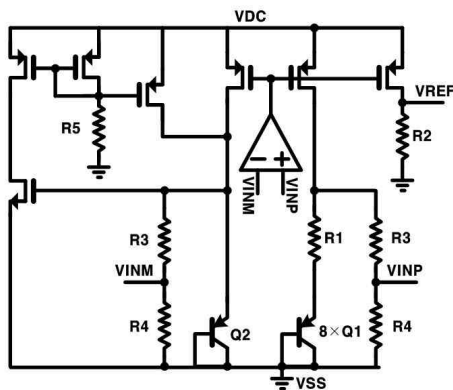


그림 2. 1V 이하의 밴드갭 전압원 회로도

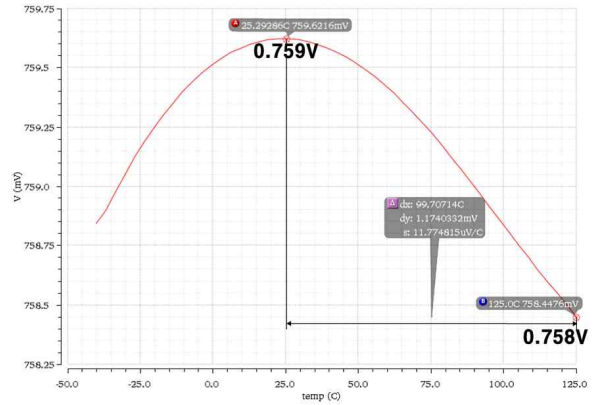


그림 3. 온도 변화에 따른 밴드갭 전압원 출력 전압

그림 4는 전압 리미터 회로도이다. 기존의 전압 리미터 회로도는 전압 곱셈기의 출력인 VDC가 증가할 때마다 차단 전압도 증가하게 된다. 차단 전압 증가 폭을 최대한 적게 하기 위해 일정한 레퍼런스 전압인 VREF와 비교하였으며 VDC를 MOS다이오드를 통해 분배한 전압 값인 VB가 VREF보다 크게 되면 차동증폭기 출력을 통해 전압을 제한할 수 있다. 전압 곱셈기의 출력과 제한전압 사이에는 파워 온 리셋의 리셋 신호를 입력으로 받는 MOS스위치가 있으며 이는 만약 VB가 VREF보다 크지 않을 경우 기존의 VDC보다 MOS의 문턱전압만큼 떨어진 DC전원을 공급하는 단점이 발생하게 된다. 이를 방지하기 위해 스위치 MOS는 부트 스트래핑 방식을 이용하였으며 이를 통해 VB가 VREF보다 낮을 경우에도 전압 곱셈기의 출력 전압의 손해를 최대한 적게 받을 수 있게 된다.

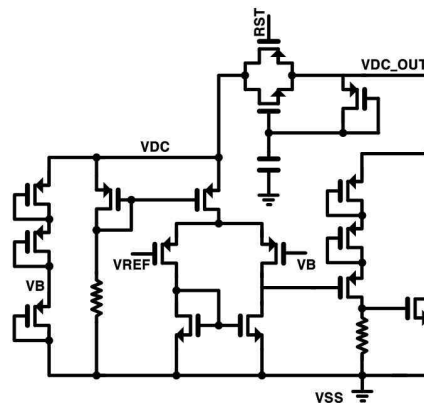


그림 4. 전압 리미터 회로도

2.2 HF/UHF 복조기

그림 5는 ASK복조기의 회로도이다. HF의 주파수인 13.56MHz의 ASK신호와 UHF의 주파수인 900MHz의 ASK신호 중 어떤 신호가 들어오더라도 복조할 수 있어야 한다. 식 (4)는 포락선 검출기(Envelop detector)

의 $R \times C$ 값을 결정하는 식이다. 여기서 w_c 는 캐리어 주파수로 13.56MHz와 900MHz를 의미하며 w_m 은 데이터 정보의 주파수를 의미한다. 그리고 변조도인 μ 를 입력하여 두 주파수 대역을 커버하는 $R \times C$ 값을 결정할 수 있었다. 이후 두 대역의 bit rate인 13.56MHz의 106Kbps와 900MHz의 26.7Kbps~128Kbps의 데이터를 통과할 수 있도록 대역 통과 필터 값을 결정해주었으며 통과 된 데이터는 디커플링 캐패시터를 지나고 비반전 증폭기를 통해 증폭하게 되며 이후 비교기와 슈미트트리거를 통과하여 최종적으로 두 주파수대역의 데이터를 복조할 수 있게 된다.

$$\frac{1}{5 \times w_c} \leq R \times C \leq \frac{\sqrt{1-\mu^2}}{w_m \times \mu} \quad (4)$$

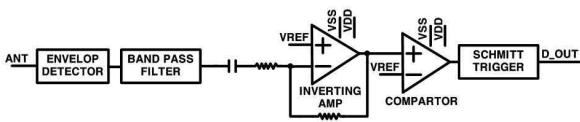


그림 5. ASK복조기 회로도

III. 아날로그 프론트엔드 검증

설계는 0.18 μ m CMOS 공정을 사용하여 진행하였으며, 검증은 Cadence Tool을 사용했다. 그림 6은 전원 공급부 시뮬레이션 결과를 나타낸 그림이다. 전압 곱셈기를 통과한 전압 VDC는 전압 리미터를 통해 한계치 3.5V로 제한이 된다. 이후 밴드갭 전압원을 통해 레퍼런스 전압 0.759V를 만들 수 있었으며 레귤레이터를 통해 1V의 전원전압 VDD를 만들 수 있었다. VDD_C는 무선충전을 위한 공급전압으로 입력 주파수가 13.56MHz 혹은 900MHz로 들어오게 되면 주파수선택기에 의해 차단되어 출력전압이 나오지 않게 된다. 그림 7은 전압 리미터의 입력 전압에 따른 차단 전압 값을 나타내는 그림이다. 전압 곱셈기의 출력전압 VDC를 0V에서 10V까지 선형적으로 증가시켰을 때 VDC_OUT은 전압 리미터에 의해서 차단되는 전압을 의미한다. 그림 8과 그림 9는 각각 HF대역과 UHF대역의 주파수를 입력받았을 때 ASK복조기의 복조결과를 나타낸 그림이다. ANT는 ASK로 입력되는 신호이며 ENV는 포락선검출기를 통과한 결과이다. FILTER는 대역통과필터를 통과한 결과이며 이후 비반전 증폭기 출력인 AMP와 VREF를 비교하여 COMP를 얻을 수 있으며 슈미트트리거에 COMP를 입력받아 최종적으로 복조결과인 D_OUT 만들었다.

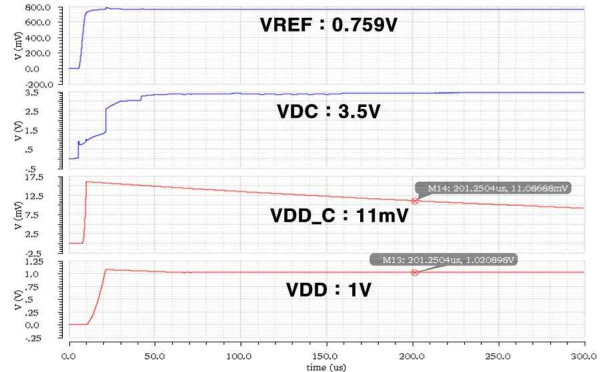


그림 6. 전원 공급부 시뮬레이션 결과

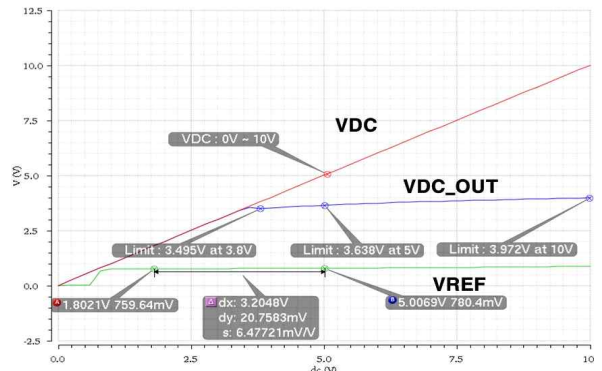


그림 7. 전압 리미터 시뮬레이션 결과

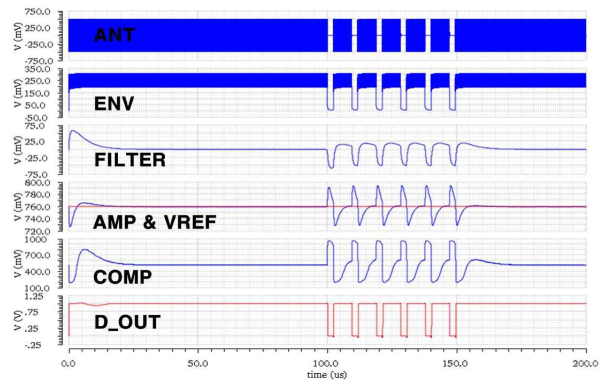


그림 8. ASK복조기 HF시뮬레이션 결과

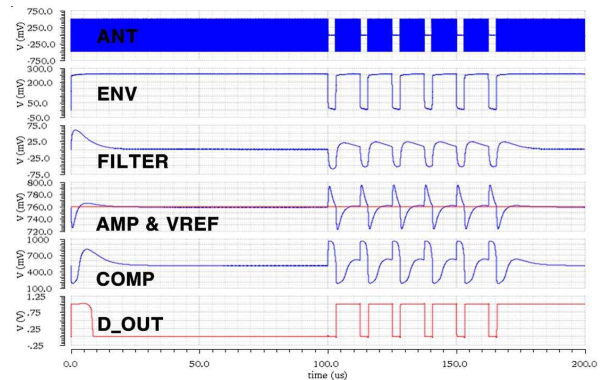


그림 9. ASK복조기 UHF시뮬레이션 결과

IV. 결론

6.78MHz의 주파수를 이용하는 자기공진 방식의 무선 충전태그에 13.56MHz와 900MHz의 데이터의 통신을 지원하는 무선전력전송태그를 0.18 μ m CMOS 공정을 사용하여 설계하였다. 또한 본 논문에서는 두 주파수 대역의 데이터를 송수신하는 아날로그 프론트엔드를 제안하였다. 설계한 아날로그 프론트엔드는 일정한 전원전압을 만드는 전원 공급부와 두 주파수 대역의 데이터를 복조하는 복조기로 구성되어 있다. 두 주파수 대역을 하나의 태그로 설계함으로써 태그가 이원화되어 있는 유통물류 시스템 전반에 활용이 가능하다.

감사의 글

"본 연구는 미래창조과학부 및 정보통신기술진흥센터의 대학ICT연구센터육성 지원사업의 연구결과로 수행되었음" (IITP-2016-H8501-16-1010)

참고문헌

- [1] International Standard ISO/IEC 18092, ISO, 2013. 3
- [2] Near Field Communication White Paper, ECMA international, 2004. 1
- [3] Junghyun Cho and Shiho Kim, "Design of single-chip NFC transceiver," Journal of The Institute of Electronics Engineers of Korea (IEEK), Vol.44, No.1, pp.68-75, Jan. 2007.
- [4] 김진호; 문용, 무선 전력 전송 태그를 위한 파워 온 리셋회로의 연구, 대한전자공학회 하계학술대회, 2016.06
- [5] 김진호; 문용, 무선 전력 전송 태그를 위한 주파수선택기와 전압리미터의 연구, 대한전자공학회 SoC학술대회, 2016.05