

무선 전력 전송 태그를 위한 주파수선택기와 전압리미터의 연구

김진호, 문 용

송실대학교 정보통신전자공학부

전화: (02)825-8108, E-mail: jh4747h2@ssu.ac.kr

A Study on Frequency Selector and Voltage Limiter for Wireless Power Transfer Tag.

Jinho Kim, Yong Moon

School of Electronic Engineering, Soongsil University

요 약

본 논문은 0.18 μ m 1poly-6metal CMOS 공정을 이용하여 설계하였다. 하나의 태그를 이용하여 ISO/IEC-14443A, B의 표준을 만족하는 HF대역(13.56MHz)의 NFC신호와 무선 전력신호 중 자기공진형 방식의 Rezence 표준의(6.78MHz)신호를 구별하여 태그를 동작시키기 위한 주파수 선택기와 정류기를 통해 만들어진 큰 DC 전원에 의해 발생하는 회로 손상을 방지하기 위한 전압 리미터를 설계하였다. 설계한 주파수 선택기는 6.78MHz의 무선 전력 신호를 받았을 경우 1V의 전압을 13.56MHz의 NFC신호를 받았을 경우 0V의 전압의 출력하며 출력한 전압에 의해 내부회로의 복조기의 스위치를 켜고 끌 수 있다. 전압 리미터는 전압 곱셈기의 출력 전압과 레퍼런스 전압의 비교를 통해 DC전압의 차단을 결정한다.

Abstract

We designed the Frequency Selector and the Voltage Limiter for Wireless Power Transfer Tag with 0.18 μ m CMOS Process. the Frequency Selector is distinguished from NFC signal modulated amplitude shift keying and wireless power transfer signal in 6.78MHz. If the Frequency Selector receive 6.78MHz signal, the Frequency Selector output is 1V, if the Frequency Selector receive 13.56MHz signal, the Frequency Selector output is 0V. This output voltage can be on or off the Demodulator. the Voltage Limiter is needed to prevent the damage of an internal circuit. The cut-off voltage is determined through comparison of the output of bandgap reference and the output of resistor divider value of voltage multiplier.

Keywords : NFC, 무선 전력 전송, Rezence

I. 서 론

리더와 태그 사이의 거리가 10cm 이내로 통신하는 근거리 무선통신에서 13.56MHz의 주파수대역을 사용하는 NFC(Near Field Communication)는 ISO/IEC - 18092 및 ISO/IEC-14443A, B등의 표준을 제정하여 현재 교통카드, 출입통제 시스템, 전자화폐 등의 스마트 카드에 응용이 되고 있다.

한편 무선 충전을 위한 무선 전력 전송 방식에는 크게 자기유도(Inductive)방식과 자기공진(Resonant)방

식이 있으며, 현재 시장을 주도하고 있는 자기유도방식은 WPC(Wireless Power Consortium)의 Qi 표준과 PMA(Power Matters Alliance)의 표준이 있다. 2012년 설립된 A4WP(Alliance for Wireless Power)는 자기공진 무선충전 방식의 표준인 리젠스(Rezence)를 만들었으며, PMA와의 합병을 통해 향후 자기공진방식으로 시장이 이동 될 것으로 예상되는 가운데 시너지효과를 기대하고 있다. 이에 본 연구에서는 NFC 및 무선충전에 동시 적용이 가능한 핵심블록을 설계하였다.

그림 1은 제안하는 무선 전력 전송 태그의 구조이다.

크게 13.56MHz의 HF(High Frequency)와 무선 충전 을 위한 6.78MHz의 무선 전력을 구분하는 주파수 선택기, 안테나로 유기된 신호로부터 전원을 만들어 공급 하는 전원 공급부, 유기된 신호를 복조하여 디지털 블 록으로 데이터를 넘기는 복조부로 구성되어 있다.

본 논문에서는 13.56MHz의 NFC신호와 무선 충전 을 위한 자기공진 방식 표준의 6.78MHz의 신호를 구 분하는 주파수 선택기와 전압곱셈기에 의한 높은 DC 전압으로 인해 발생하는 내부회로의 손상을 방지하기 위한 전압 리미터를 0.18 μ m 1-Poly 6-Metal CMOS 공정을 통하여 설계하였다.

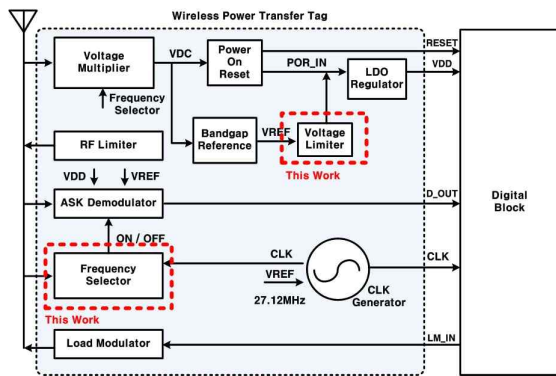


그림 1. 제안하는 무선 전력 전송 태그의 구조
Fig. 1. Proposed Block Diagram of Wireless Power Transfer Tag.

표 1. 무선 전력 전송 태그의 사양
Table 1. Design Specification of Wireless Power Transfer Tag.

Item	Target Spec	
Mode	Passive	
Frequency	NFC	13.56MHz
	Rezence	6.78MHz
Supply Voltage	1V	
Reference Voltage	$\leq 1V$	

II. 회로 설계

1. 주파수 선택기(Frequency Selector)

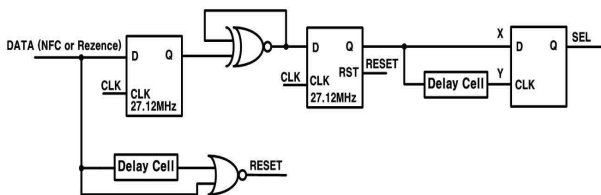


그림 2. 제안하는 주파수 선택기의 구조
Fig. 2. Proposed Frequency Selector

그림 2는 제안하는 주파수 선택기이다. 안테나를 통 해 13.56MHz의 ASK로 변조 된 NFC신호 혹은 6.78MHz의 자기공진 방식의 무선 전력 신호를 유기 받게 되면 받은 신호의 주파수와 상관없이 전압 곱셈 기, 밴드갭 전압원, LDO 레귤레이터를 통과하여 일정 한 전원전압(V_{DD})을 만들어낸다. 만들어진 전원 전압 과 밴드갭 전압원의 레퍼런스 신호를 이용하여 클록 발 생기에서 27.12MHz의 클록을 만들어 주파수 선택기의 클록으로 사용하게 된다.

주파수 선택기의 첫 번째 플립플롭은 클록과 입력 신 호의 주파수와의 동기를 맞추기 위해 필요한 회로이다. 입력받은 신호는 13.56MHz와 6.78MHz로 각각 클록 의 2분주와 4분주 신호이며, 플립플롭을 통과함으로써 클록과 동기를 맞출 수 있게 된다.

클록과 동기가 맞춰진 입력 신호는 클록과의 비교를 통 해 13.56MHz 신호의 경우 0V를 6.78MHz신호의 경우 0V와 1V가 반복되는 신호를 두 번째 플립플롭과 XOR를 이용하여 만들어낼 수 있다. 최종적으로 0V와 1V의 출력 전압을 만들어주기 위해 세 번째 플립플롭 은 입력신호와 입력신호가 지연 된 신호를 클록으로 넣 음으로서 6.78MHz의 신호는 1V를 13.56MHz의 NFC 신호는 0V를 출력하게 된다. NFC신호를 0V로 만들어 야 하는 이유는 NFC 입력 신호로 ASK 100% 신호가 들어오게 되면 데이터의 1과 0을 구분할 때 0의 경우 전압이 0V이기 때문에 전압이 0V라도 주파수 선택기 는 13.56MHz와 같도록 인식해야 한다. 그렇기 때문에 최종적으로 NFC신호는 0V를 출력하게 했다.

2. 전압 리미터(Voltage Limiter)

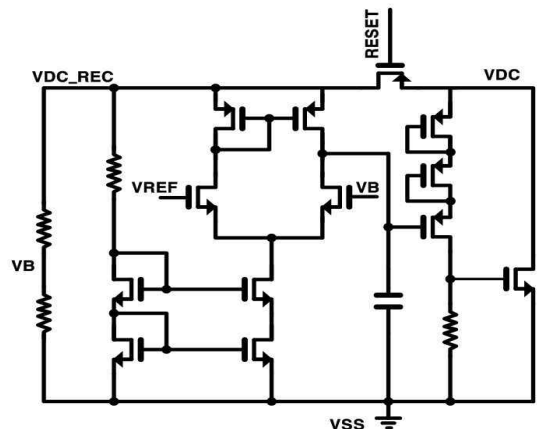


그림 3. 제안하는 전압 리미터 회로
Fig. 3. Proposed Voltage Limiter
안테나를 통해 유기 받은 신호는 RF리미터를 통해

신호가 한번 차단되어 주파수 선택기, 전압 곱셈기 등의 안테나와 연결되어 있는 회로의 손상을 방지하지만 전압 곱셈기는 여러 단으로 구성 되어 큰 DC전원을 만들어내기에 밴드갭 전압원, LDO 레귤레이터, 파워 온 리셋 등의 회로에 큰 전압이 공급되어 회로가 손상 될 수도 있다. 그림 3은 내부 회로 손상 방지를 위한 제안하는 전압 리미터 회로도이다.

차동증폭기의 입력으로 사용한 VREF는 밴드갭 전압원의 출력 전압인 약 1.2V이며, 전압 곱셈기의 출력전압을 저항 분배한 VB와 비교를 하게 된다. 저항 비는 1:1이며, 전압 곱셈기의 출력전압(VDC_REC)이 2.4V 보다 크게 되면, 1.2V보다 큰 전압이 VB를 통해 입력 받아, VREF보다 커지게 되면서 오른쪽의 리미터 회로를 동작시켜 MOS 다이오드를 통해 그 이상의 전압은 전류로 방전시키는 구조이다.

III. 모의 실험 결과

설계는 0.18 μ m CMOS 공정을 사용하여 진행했고, 검증은 CADENCE Spectre를 사용했다. 그림 4는 주파수 선택기의 시뮬레이션 결과이다.

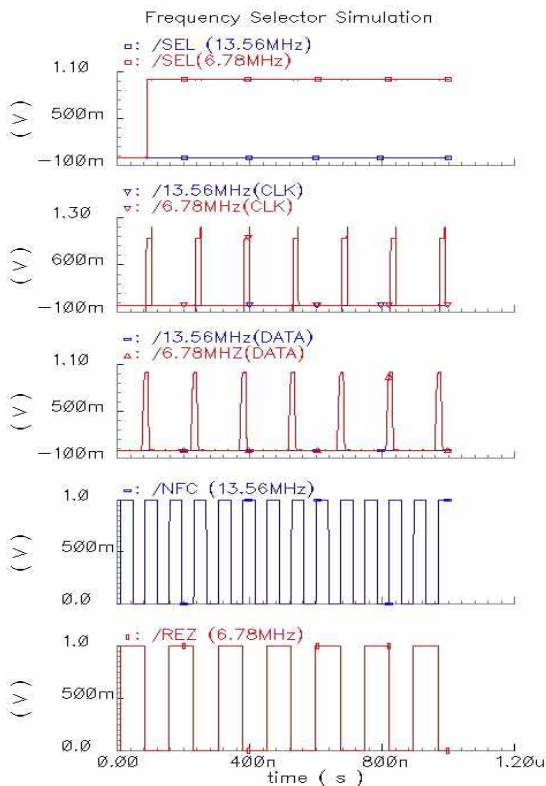


그림 4. 주파수 선택기 시뮬레이션 결과
Fig. 4. Simulation Result of Frequency Selector
6.78MHz의 무선 전력 신호를 인가 받게 되면 그림

2의 두 번째 플립플롭 출력 X가 1V와 0V로 반복하게 되는데 그 결과를 그림 4의 6.78MHz(DATA)에서 볼 수 있다. 또한 13.56MHz의 신호를 인가 받게 된다면 두 번째 플립플롭의 출력 X는 일정한 0V의 전압을 출력하게 되는데 13.56MHz(DATA)에서 볼 수 있다.

두 번째 플립플롭을 통해 출력된 신호는 세 번째 플립플롭의 데이터로 지연 셀을 통과한 신호는 세 번째 플립플롭의 클럭으로 사용하게 되며 지연 셀을 통과한 결과는 그림 4의 6.78MHz(CLK) 및 13.56MHz(CLK)에서 확인할 수 있다. 13.56MHz(DATA)는 0V의 일정한 전압이기 때문에 13.56MHz(CLK)도 0V가 출력되며, 출력 결과 SEL(13.56MHz)도 0V가 나오는 것을 확인할 수 있다. 6.78MHz(DATA)와 지연 된 신호 6.78MHz(CLK)을 플립플롭의 클럭으로 입력받게 되면 상승 클럭이 항상 6.78MHz(DATA)내에 있기 때문에 항상 SEL(6.78MHz)는 1V의 전압이 출력되는 것을 볼 수 있다.

그림 5에 기존의 전압 리미터와 제안하는 전압 리미터의 전압 곱셈기의 출력전압이 증가함에 따른 리미터 전압의 변화를 나타내었다.

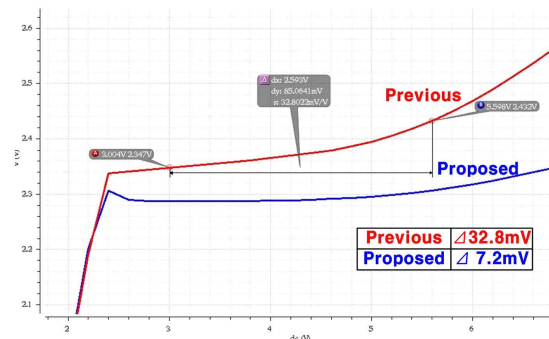


그림 5. 기존의 전압 리미터와의 비교
Fig. 5. Compared proposed Voltage Limiter with conventional Voltage Limiter

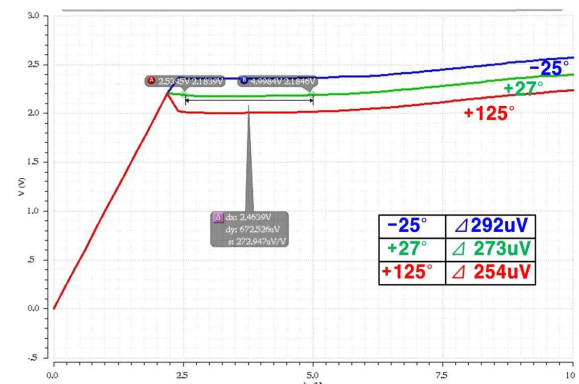


그림 6. 전압리미터의 온도 특성 비교
Fig. 6. Temperature Characteristic of Limiter

출력전압이 3V ~ 5.5V로 증가할 때, 기존의 전압 리미터는 32.8mV의 전압 증가를 보였으나 제안하는 전압 리미터는 7.2mV의 전압 증가를 보여, 전압 증가 폭이 줄어들었다.

그림 6은 전압 리미터의 온도에 따른 전압 변동 폭의 시뮬레이션 결과이다. $-25^{\circ}C$ 와 $27^{\circ}C$, $125^{\circ}C$ 에서 각각 시뮬레이션 하였으며, 온도에 따라 전압을 차단하는 MOS다이오드 특성의 변화 때문에 차단 후 출력 전압의 변동은 있었으나, 전압 리미터의 비교 전압이 밴드갭 전압원의 레퍼런스 전압과 비교를 하여 출력하기 때문에 전압의 증가에 따른 변동 폭은 $-25^{\circ}C$ 일 때 282uV, $27^{\circ}C$ 일 때 273uV, $125^{\circ}C$ 일 때 254uV로 $-25^{\circ}C \sim 125^{\circ}C$ 에서 28uV의 변동 폭을 보여 $0.19\mu V/^{\circ}C$ 이므로 온도에 따른 전압의 변동은 거의 무관함을 확인할 수 있었다.

IV. 결론

무선 충전을 위한 자기공진형 무선 전력과 NFC신호를 구분하여 동작할 수 있는 주파수 선택기와 전압 곱셈기의 높은 DC출력 전압을 차단하는 전압 리미터를 설계하였으며, 시뮬레이션 결과를 통해 정상동작 하는 것을 확인했다. 또한 ISO/IEC14443-A의 ASK100%신호에도 정상 동작을 하게 하기 위해 13.56MHz의 NFC 신호를 인가받게 되면 0V가 출력 되도록 설계하였다. 제안한 전압 리미터의 경우 이전에 설계한 전압 리미터보다 전압 증가에 따른 전압 변동 폭을 32.8mV에서 7.2mV로 최소화 하였으며, 또한 $-25^{\circ}C \sim 125^{\circ}C$ 온도 변화에도 $0.19\mu V/^{\circ}C$ 로 온도에 따른 전압의 변동이 거의 무관하도록 설계하였다.

설계한 주파수 선택기와 전압 리미터는 스마트폰, 디지털 카메라, MP3 Player, 프린터 등 NFC가 사용되며 동시에 무선충전 기능을 사용할 수 있는 멀티미디어 제품에 적용이 가능하다.

감사의 글

This work was supported by the Technology Innovation Program(or Industrial Strategic technology development program, 10053153) funded By the Ministry of Trade, industry & Energy(MI, Korea)

참고 문헌

- [1] A Design of Transceiver for 13.56MHz RFID Reader using the Peak Dectector with Automatic Reference Voltage Generator and Voltage Limiter, IEEE International SoC Design Conference(ISOCC), pp 287~289, 2010
- [2] A Highly Stable and Reliable 13.56-MHz RFID Tag IC for Contactless Payment, IEEE Transactions on Industrial Electronics, pp545~554, 2015
- [3] A Low-Power Transponder IC for High-Performance Identification Systems, IEEE Journal of Solid-State Circuits, pp 306~310, 1995
- [4] A Novel Voltage Limiter Circuit for Passive RFID Tag, Information Science and Control Engineering(ICISCE), p1~4, 2012
- [5] Low Power Voltage Limiter Design for a Full Passive UHF RFID Sensor, IEEE International Midwest Symposium on Circuits and Systems(MWSCAS), p1~4, 2011