

극소전력 수신기 구현을 위한 Super-regenerative Oscillator 설계

*김정훈, 김종진, 김응주, 박타준
삼성전기 (jeonghoonnim.kim@samsung.com)

Design of Super-regenerative Oscillator for Ultra Low Power Receiver Implementation

Jeong Hoon Kim*, Jung Jin Kim, Eung Ju Kim, Ta Jun Park
Integrated Circuit Design Team , WS Lab.
Samsung Electro-mechanics co. LTD.
E-mail : *jeonghoonnim.kim@samsung.com

Abstract

An Ultra low power super-regenerative oscillator was implemented with on-chip inductor and quench signal generator. The super-regenerative oscillator detects the signal level as low as -70dBm while consuming only 0.48mA at 1.5V supply voltage. These results indicate that the super-regenerative oscillator can be outstanding candidate the simple, ultra low power receiver design.

I. 서론

단거리 데이터 통신을 위한 무선 통신 시스템 시장의 성장은 각 노드 단말의 저가, 초 소형화의 요구를 증대 시키고 있다. 아울러 Battery 수명을 길게 하기 위하여 극소전력으로 동작 가능한 송수신기의 구현이 절대적으로 요구된다. Low data bit 을 저전력으로 전송하는 IEEE 802.15.4 기반의 Zigbee system 의 경우, Protocol 에 기반하여 동작 duty 를 조절 함으로서 저전력 동작이 가능하지만, 채널의 모니터링을 위하여 주기적으로 주 송수신기를 동작시켜야 하므로 채널 모니터링에 대부분의 전력을 소비한다. 이러한 채널 모니터링의 기능을 극소전력 wake-up 수신기가 대신 할 수 있다면, Battery 의 소모를 획기적으로 줄 일 수 있다. Wake-up 용 극소전력 수신기의 구조로는 Tuned RF 구조, Pulse-based signaling,

Super-regenerative Receiver 구조[1], Sub-sampling 구조 등이 있으며, 현재까지 ISM Band 대역에서 가장 저전력으로 동작하는 것으로 알려진 구조는 Super-regenerative Receiver 구조이다.

본 논문에서는 간략한 Super-regenerative Receiver (SRR) 구조와 915MHz Super-regenerative Oscillator (SRO) 의 구현 및 특성, 문제점 등에 대하여 기술한다.

II. 본론

그림 1. 은 Super-regenerative Receiver(SRR)의 간략한 블록도 이다. SRR 는 전치증폭기와 Quench-generator 를 포함하는 SRO 그리고, 단순한 형태의 검출기로 구성된다. SRO 는 전압가변발진기 (VCO)와 구조적으로

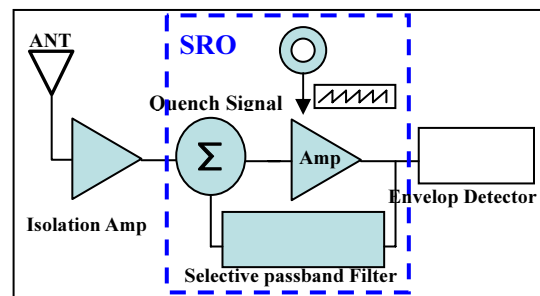


그림 1. Super-regenerative Receiver 블록 다이어그램
비슷하나, Quench 신호에 의해 Bias 의 조절이 이뤄지고, 입력 RF 신호에 따라 선택적 발진이 발생한다는 것이

다르다. SRO 는 발진 직전의 Bias 상태에서 주기적인 Quench 신호가 Bias 의 변화를 일으켜 Resonator 에 의해 결정되는 특정 주파수의 발진과 소멸을 반복하는 원리로 동작한다. 안테나에서 들어오는 신호의 유무 및 세기에 따라서 발진 시작 시간 (start-up time)이 달라지며, 이 발진 시작 시간의 차이를 검출하여 신호의 유무 (OOK)를 판단한다[2]. 격리 증폭기 (Isolation Amp.)는 안테나로부터 들어오는 특정 대역의 신호를 증폭함과 동시에 SRO 발진 신호의 역방향 격리 (Reverse isolation)의 역할을 한다. 그림 2 는 TSMC 0.18um 공정을 이용하여 제작한 915MHz 대역 SR 의 chip 사진을 보여준다. 본문에서는 On-chip 인덕터를 사용하여 Resonator 를 구성하고, Quench 생성기를 chip 내부에 집적하였다. Quench 생성기는 외부에서 1MHz 의 구형파를 입력 받아 Quench 신호에 적합한 삼각파 형태로 re-shaping 을 해 준다. .

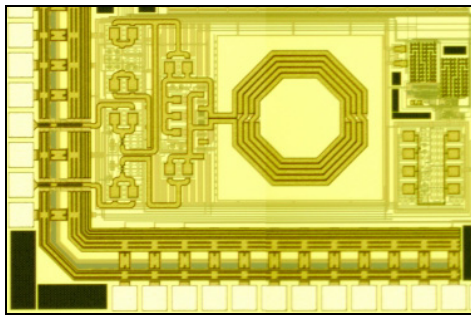


그림 2. 제작된 SRR Chip 사진

III. 구현 및 논의

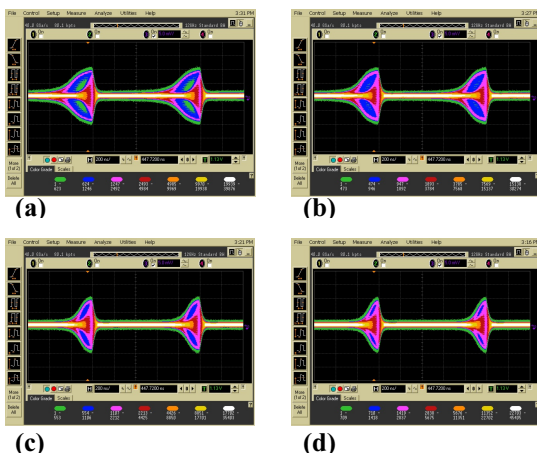


그림 3. 입력 RF 신호(915MHz) 레벨에 따른 SRO 출력 (Quench 주파수: 1MHz)
 (a)RF power : -40dBm/OFF, (b): -50dBm/ OFF, (c): -60dBm/OFF, (d): -70dBm/OFF

그림 3. 은 제작된 SRO 의 입력 신호(915MHz) 전력 레벨에 따른 출력 Envelope 을 보여준다. 그림 3 의 측정 결과는 제작된 SRO 가 -70dBm 까지의 입력신호 레벨에 대하여 신호 유무의 판별이 가능함을 보여 준다. RF 입력 주파수가 Oscillator 의 발진 주파수의 일정 범위에 있고, 입력 신호의 레벨이 작아질수록 발진 시작 시간이 늦어진다. 그림 3. (a)의 경우, -40dBm 의 입력 신호에 대하여 SRO 출력을 보여주는데, 신호의 유무에 따른 Eye pattern 이 비교적 선명하게 관찰 되었다. 제작된 SRO 는 1.5V 의 전원에서 0.48mA 의 전류를 소비하므로 극소전력 동작이 가능하여 1mA 이하의 극소전력 수신기 구현에 적합하다. 하지만, 상대적으로 Q 값이 낮은 on-chip 인덕터를 사용하여 FBAR 를 채용한 SRO[1]의 전류 소모나, 주파수 선택도, 수신 감도 등의 특성에는 미치지 못하는 한계를 가진다. 이 SRO 를 이용한 극소전력 수신기의 저가 구현에 있어서, 높은 Q 를 가지는 resonator 의 저가 구현이 필수적이고, 극소전력 PLL (또는 DLL)의 구현, 주파수 tuning 및 calibration 회로, Detection 회로 기술이 요구된다. 제작된 SRO 의 특성은 TABLE 1. 에서 요약하였다.

TABLE 1. 제작된 SRO 성능

Technology	TSMC 0.18 CMOS
VDD	1.5 V
Current Consumption	0.48 mA
Center Frequency	915 MHz
Quench Frequency	1MHz
Chip Area	1.3 X 0.8 mm ²
SRO output voltage	30 mV _{p-p}
Detectable power level	-70 dBm

IV. 결론

On-Chip 인덕터 및 Quench 생성기를 포함하는 극소전력 SRO 를 구현하였으며 동작 전류 0.48mA 에서 -70dBm 의 RF 신호를 판별 하였다. SRO 는 저가 및 1mA 이하의 소모 전류를 가지는 극소전력 수신기 구현에 가장 적합한 구조라고 할 수 있다.

참고문헌

[1] B. Otis, et. Al. "A 400uW-Rx, 1.6mW-Tx Super-regenerative Transceiver for Wireless sensor Networks" ISSCC2005 p. 6-7
 [2] F. Xavier Moncunill-Geniz, et.al " A generic Approach to the Theory of superregenerative Reception", IEEE Trans. On Circ. And Sys. Pp.54-70, Vol.52, No1., 2005