

직접변환수신기(direct conversion receiver)에 적합한 DC offset이 없는 주파수 변환기를 채용한 직접변환 수신기의 설계

박필재, 유현규, 조한진

한국전자통신연구원 집적회로설계연구부

전화 042-860-5997 pjpark@etri.re.kr

Direct Conversion receiver adapting DC offset free diode mixer

Piljae Park, Hyunkyuu Yu, Hanjin Cho

ETRI(Electronics Telecommunication Research Institute)

E-mail : pjpark@etri.re.kr

Abstract

One of the problems using DCR(Direct Conversion Receiver) are DC offset, poor channel selectivity. APDP(Anti Parallel Diode Pair) can be good candidate for DCR frequency mixer due to its inherent 2nd harmonic suppression. APDP shows good IP2 and DC suppression. This paper describe single APDP LO power characteristics, IP2, and receiver structure utilizing APDP frequency mixer

무선이동통신의 발전과 Blue tooth와 같은 새로운 기술의 출현으로 RF 부품 시장이 커지고 있으며 앞으로의 수요도 더욱 증가할 전망이다. 특히 one chip화 저가격화가 새로운 이슈로 떠오르고 있다. One chip radio를 구현하기 위해 해결해야할 문제점으로 기존의 heterodyne구조에서 필요한 외부소자인 SAW filter를 이용한 Image reject filter와 같은 소자를 집적화 할 수 없다는 것이다. 따라서 이러한 외부소자를 없애기 위한 구조로써 RF 신호와 LO신호의 주파수가 같은 직접변환방식의 수신기가 제안되고 있다. 그러나 직접변환방식의 문제점인 DC offset, Channel 선택도의 문제가 해결되어야한다.[1]

1. 서 론

본 논문은 직접변환방식에 적합한 주파수 변환기를 쇼트키다이오드를 이용해서 설계, 구현 하였다. DC offset을 없애기 위한 구조로 even symmetry의 컨덕턴스함수를 가지는 APDP(Anti Parallel Diode Pair)를 채택하여 LO의 주파수를 1/2로 사용하여 $\omega_s - 2\omega_{LO}$ 의 응답을 이용하고 $\omega_s - \omega_{LO}$ 에서 발생하는 DC offset은 제거되도록 하였다.

2. 본 론

2.1 APDP주파수 변환기

그림1 과 같은 APDP(Anti Parallel Diode Pair)를 이용한 주파수 변환기의 각각의 다이오드는 컨덕턴스 값은 식(1.1), 식(1.2)와 같고 APDP의 컨덕턴스값은 식(2)와 같은 even symmetry 컨덕턴스 함수를 가지게 되고 입력신호 V_p, V_s 에 대하여 식(3.1)과 같은 입력신호에 대하여 식(3.2)의 기수배 하모닉만 존재하게 된다[2].

직접변환방식에 APDP구조를 응용할 경우 $\omega_s \approx \omega_{LO}/2$ 의 주파수를 사용하여 2nd 하모닉의 LO 주파수를 이용하여 주파수 변환을 할 수 있다.

$$g_1 = \frac{di_1}{dV} = a i_s e^{-aV} \quad (1.1)$$

$$g_2 = \frac{di_2}{dV} = a i_s e^{aV} \quad (1.2)$$

$$g = \frac{di_1}{dV} + \frac{di_2}{dV} = 2a i_s \cosh aV \quad (2)$$

$$i = g(V_p \cos \omega_p t + V_s \cos \omega_s t) \quad (3.1)$$

$$i = \sum_{m,n} A_{m,n} [\cos(m \omega_p \pm n \omega_s)t] \quad (3.2)$$

where, $m+n = \text{odd}$.

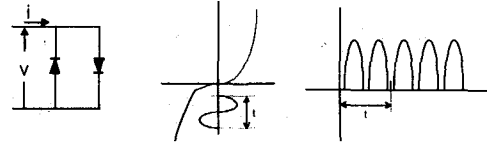


그림1. APDP(Anti Parallel Diode Pair)

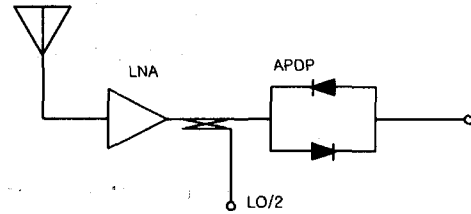


그림2. APDP(Anti Parallel Diode Pair)주파수 변환기를 채용한 수신기의 구조

2.2 APDP주파수 변환기의 동작 LO power.

APDP의 구조에서 각각의 다이오드는 LO 신호에 의해 스위칭역할을 하게되고 여기에 RF신호가 실려서 기수배의 응답을 얻을 수 있는 구조이다. Schottky 다이오드의 V_{th} 값이 보통 0.2V 정도의 값을 가지므로 별도의 바이어스가 없이 다이오드만으로 주파수 변환 동작을 하게 된다. 다이오드를 적절하게 스위칭 시켜줄 수 있는 LO의 power를 찾아야 한다. 그림3은 LO power에 따른 응답 특성을 보여준다. 그림3의 결과에서 single APDP의 경우 적절한 LO power값이 0 dBm 임을 알 수 있다. 0 dBm 이상에서 saturation이 일어나고 -5dBm이하에서는 선형영역이 좁아짐을 알 수 있다.

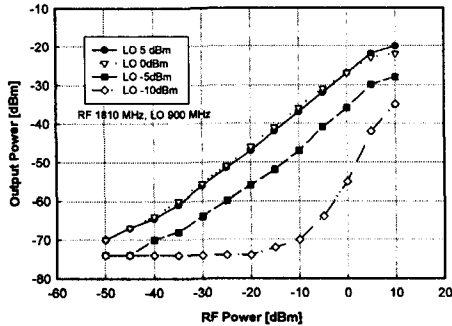


그림3. LO power변화에 대한 응답특성.

2.3 직접변환 방식에의 응용

직접변환방식의 수신기를 그림4의 heterodyne구조에 적용할 경우 $\omega_s = \omega_{LO}$ 의 주파수를 사용하여야 한다. 이 경우에는 LO 신호가 RF Mixer의 입력단으로 침투하여 다시 Mixer에 혼합되어 DC offset이 발생하는 문제와 안테나단으로 LO 신호가 RF신호와 같은 주파수 대역의 방사되는 문제점이 있다.

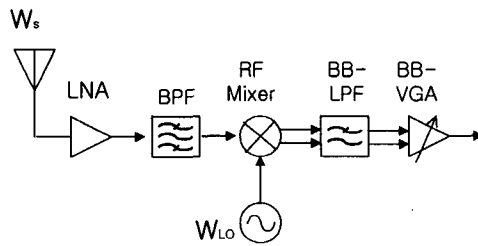


그림4. 헤테로다인 수신기

그러나 APDP(Anti Parallel Diode Pair)를 이용한 주파수 변환기는 식(2)와 같은 even symmetry 컨덕턴스 함수를 가지게 되어 LO의 주파수를 RF주파수의 1/2을 사용하여 2nd harmonic을 LO로 사용하여 $f_{RF} - 2f_{LO}$ 의 응답을 얻을 수 있다. APDP의 응답 특성에서 $f_{rf} - f_{lo}$ 에서 발생하는 DC offset을 가

지지 않게 되어 APDP구조를 직접변환 방식에 이용할 경우 직접변환 방식의 문제점인 DC offset문제를 해결할 수 있다. APDP주파수 변환기는 식(3)에서 even 응답인 self mixing이 매우 낮아 그림4의 수신기의 DC offset 문제점을 해결할 수 있게된다. 그림5는 APDP 주파수변환기의 self mixing의 특성의 측정치를 보여준다.

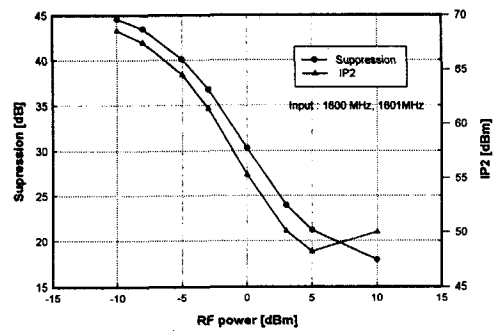


그림5. APDP의 even suppression 특성 측정치.

2.4 APDP를 이용한 RF 수신단 구조설계

APDP mixer를 응용한 front end 구조는 그림2와 같다. 이 구조를 직접변환 방식 혹은 near zero IF방식의 수신기에 front end에 사용할 경우 LNA의 Gain, 잡음지수, IP3, 주파수 변환단의 IP2값, 변환손실 등이 수신단의 성능을 결정하게 된다. APDP의 경우 그림5와 같이 IP2 특성이 매우 좋다. APDP의 RF power 특성에서 -50 dBm 아래의 신호를 수신하기 위해서 LNA의 이득이 높아야 한다. 무선 LAN응용의 경우 sensitivity 값이 -84 dBm 이므로 주파수변환기 앞단의 이득이 35 dB 이상의 높은 이득이 요구된다. 따라서 LAN를 1단으로 설계할 경우 이득과 IP3값과의 절충이 요구된다.

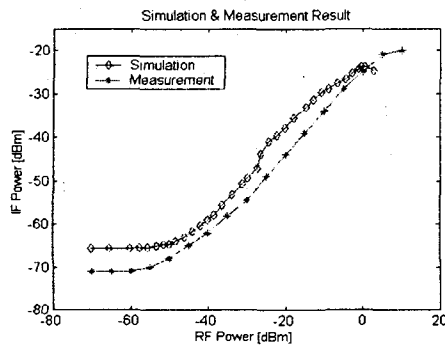


그림6. APDP의 RF power 수신특성
(LO: 900MHz 0dBm, RF: 1815MHz, IF: 15MHz)

3. 결론

APDP구조를 주파수 혼합기에 응용 할 경우 APDP의 응답특성에서 LO의 두 배 주파수를 이용할 수 있게되고 DC offset이 좋아지는 장점이 있다. 실제 single APDP의 구조를 쇼트키 다이오드(HSMS8202)를 이용하여 구현하여 측정하였다. 측정결과 최적의 LO 값은 0 dBm 이고, APDP의 응답특성이 2차 하모닉 에서 응답의 suppression 이 있었다. 이 구조를 응용하여 수신기를 구현할 때 LNA의 이득특성이 좋아야 하며, IF 단의 IP2 값도 중요한 파라미터가 된다.

참고문헌

1. Behazd Razavi, RF Microelectronics , Prentice Hall, 1998
2. Kenji Itoh et al, A 40 GHz Band Monolithic Even Harmonic Mixer With An antiparallel Diode Pair , IEEE MTT-S, 1991