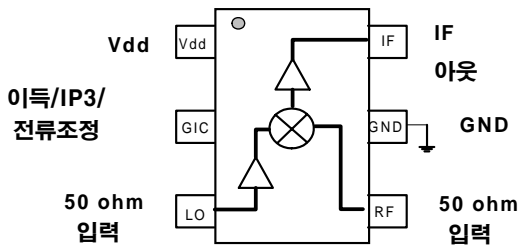


## 블록 다이어그램



## 제품 설명

TQ5M31은 전세계 휴대폰 및 PCS 이동 전화, ISM 주파수 대역, GPS 수신기, L 주파수 대역 위성 단말기, WLAN 및 무선통신 수신기를 포함한 다양한 응용을 목적으로 설계된 RFIC 믹서 다운컨버터이다. TQ5M31은 RF 주파수 범위 500-2500 Mhz와 IF 출력 범위 45-500Mhz에서 사용할 수 있다. 집적 회로는 응용 범위가 넓으면서 오프-칩(off-chip) 매칭(matching)이 최소화되어야 한다. 이 부품은 전류 손실(current drain)이 낮기 때문에 휴대형 배터리식 응용에 적합하다. 출력 3차 인터셉트(3<sup>rd</sup> order intercept) 효율이 매우 높다..

## 전기적 사양

VDD = 2.8 V, T<sub>A</sub> = 25° C, RF = 1960 Mhz, LO = 1750 Mhz, IF = 210 Mhz, LO Input = -4 dBm.

특성 항목	최소	대표치	최대	단위
주파수 범위				
변환 이득		4.0		DB
잡음 값		8.5		DB
입력 3차 인터셉트		9.0		DBm
RF 믹서 리턴 손실	10			dB
LO 믹서 리턴 손실	10			dB
공급 전류		6.2		mA

# TQ5M31 다운컨버터 믹서 IC

## 제품특징

- 싱글 3V 동작
- 이득 조정식/IP3/전류
- 저전류 동작
- 최소한의 외부 부품
- 높은 IP3
- 광대역폭 성능
- 소형 SOT23-6플라스틱 패키지

## 용도

- 휴대폰 및 전세계 PCS 이동전화용
- 무선 데이터
- GPS/ISM/범용

# TQ5M31

## 기능 작동 범위

특성 항목	조건	최소	대표치	최대	단위
RF 주파수		500	1960	2500	Mhz
LO 주파수		600	1750	2700	Mhz
IF 주파수		45	210	500	MHz
LO 입력 레벨		-7	-4	0	DBm
공급 전압		2.7	2.8	4.0	V
온도		-40	25	85	C

## 전기적 특징: 다음 시험 조건에 따라 선별된 장치

시험 조건: VDD = 2.8 V, T<sub>A</sub> = 25° C, RF=1960 Mhz, LO=1750 Mhz, IF=210 Mhz, LO Input= -4 dBm

특성 항목	조건	최소	대표치	최대	단위
변환 이득		3.0	4.0		dB
입력 3차 인터셉트		6.5	9.0		dBm
공급 전류			6.2	8.5	mA

## 셀룰러 주파수 대역 대표적인 전기적 성능

시험 조건: Vdd=2.8 V, Ta=25C, RF=881MHz, LO=991MHz, IF=85MHz,  
LO 입력=-4dBm; (별도로 명시되지 않는 한)

특성 항목	조건	최소	대표치	최대	단위
변환 이득			3.5		dB
온도에 대한 이득 변화	-40 to 85C		±0.3		dB
잡음 값			9.5		dB
입력 3차 인터셉트			9.0		dBm
리턴 손실	믹서 RF 입력	10			dB
	믹서 LO 입력	10			Db
아이솔레이션	RF와 IF; IF 매치 후		33		dB
	LO 와 IF; IF 배치 후		40		dB
IF 출력 임피던스	믹서 “온(on)”		500		Ω
	믹서 “오프(off)”		<50		Ω
공급 전류			4.5		mA

# TQ5M31

## PCS 주파수 대역

### 대표적인 전기적 성능

시험 조건: Vdd=2.8V, Ta=25C, RF=1960MHz, LO=1750MHz, IF=210MHz;

LO 입력=-4dBm; (별도로 명시되지 않는 한)

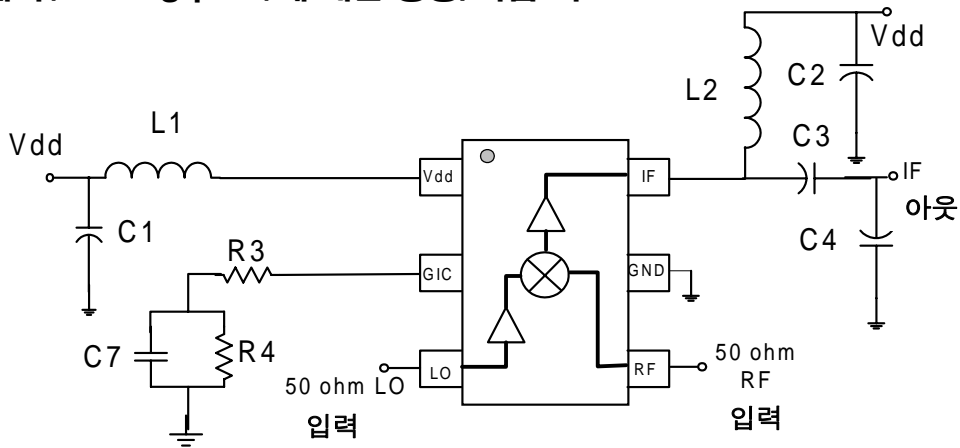
특성 항목	조건	최소	대표치	최대	단위
변환 이득			3.0		dB
온도에 대한 이득 변화	-40 to 85C		±0.3		dB
잡음 값			9.5		dB
입력 3차 인터셉트			9.0		dBm
리턴 손실	믹서 RF 입력	10			dB
	믹서 LO 입력	10			dB
아이솔레이션	RF와 IF; IF 매치 후		33		dB
	LO 와 IF; IF 매치 후		40		dB
IF 출력 임피던스	믹서 “온(on)”		500		Ω
	믹서 “오프(off)”		<50		Ω
공급 전류			6.0		mA

## 사용 제한 조건

특성 항목	최소	대표치	최대	단위
DC 전원	2.7		5.0	V
소비 전력			100	mW
작동 온도	-40		85	C
저장 온도	-60		150	C
입력/출력 신호 레벨			+20	dBm
비공급 핀의 전압	-0.3		VDD+0.3	V

# TQ5M31

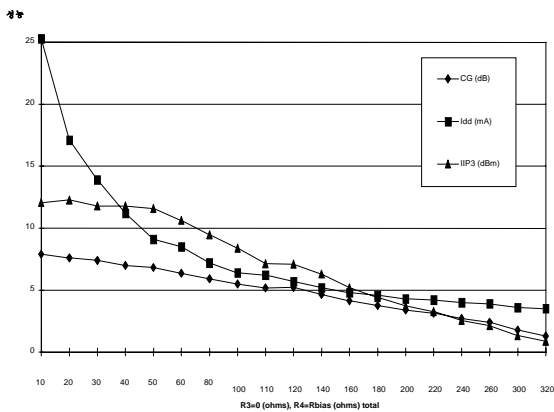
## GIC 튜닝 계획(Tuning plot)에 대한 응용/시험 회로



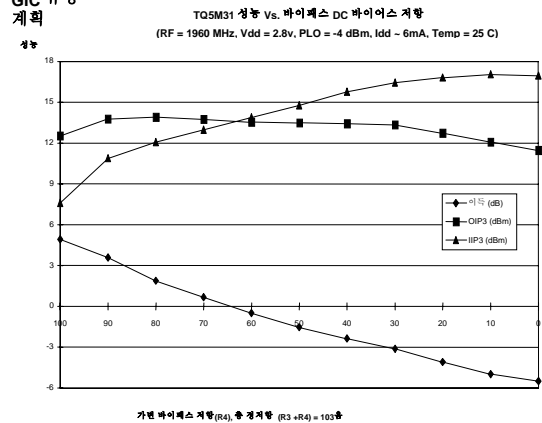
**부품 명세서: TQ5M31 다운컨버트 믹서 응용/GIC 튜닝 계획을 위한 시험 회로:**  
 RF=1960Mhz, LO=1750Mhz, 전류~6mA, 이득~3dB, IIP3~+10dB

부품	참고 기호	부품 번호	값	크기
믹서 IC	U1	TQ5M31	N/A	
콘덴서	C1		470pF	0402
콘덴서	C2		1000 pF	0402
콘덴서	C3		22pF	0402
콘덴서	C4		27pF	0402
콘덴서	C7		150pF	0402
저항	R3, R4		선택	0402
인덕터	L1		2.2nH	0402
인덕터	L2		39nH	0402

GIC 튜닝 계획

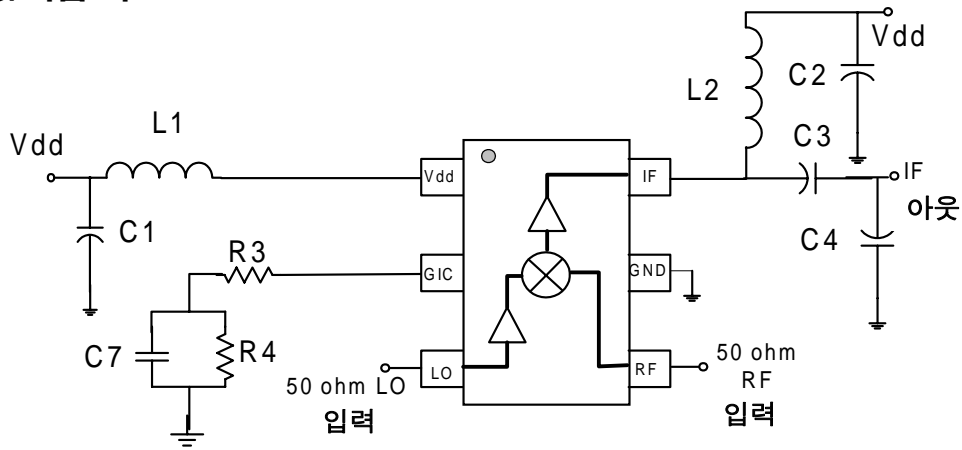


GIC 튜닝 계획



# TQ5M31

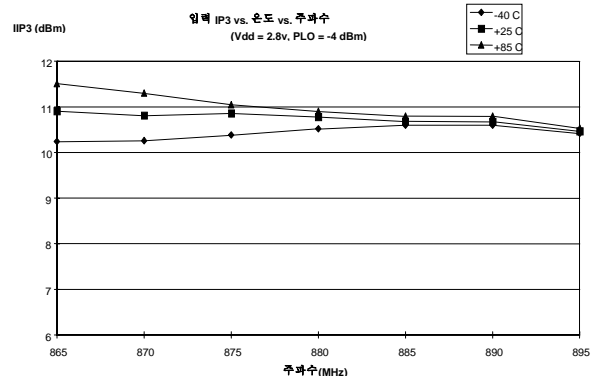
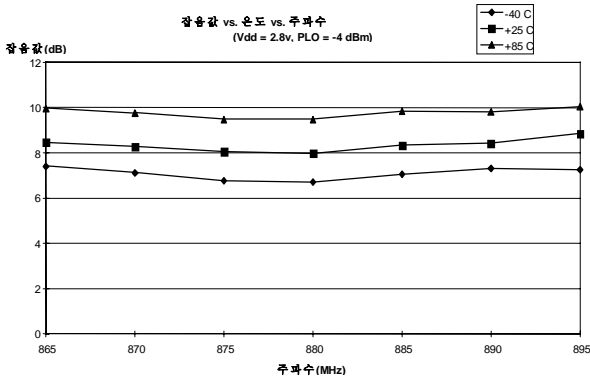
## 셀룰러 응용/시험 회로



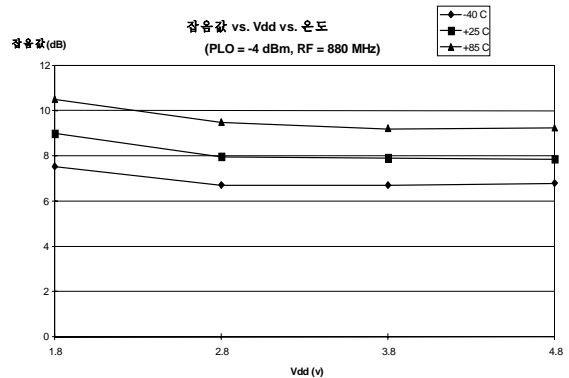
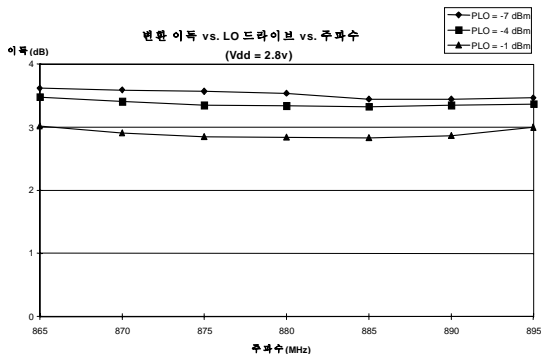
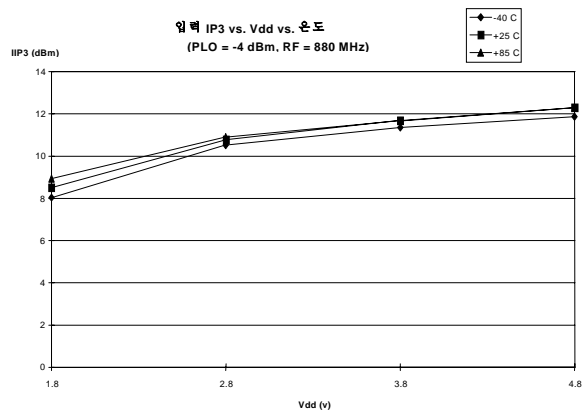
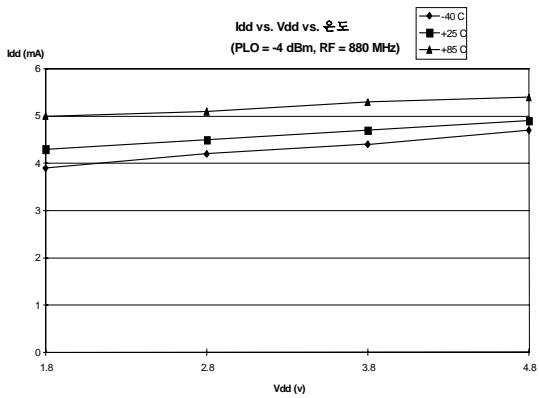
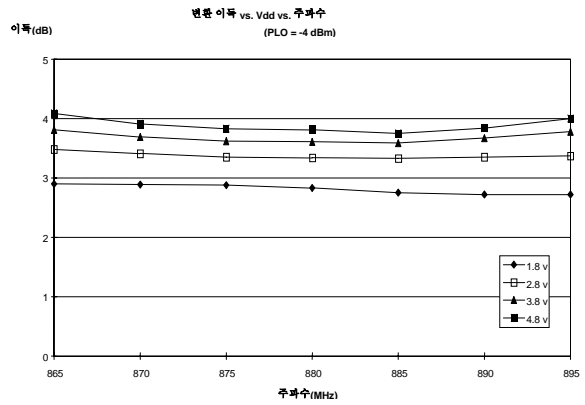
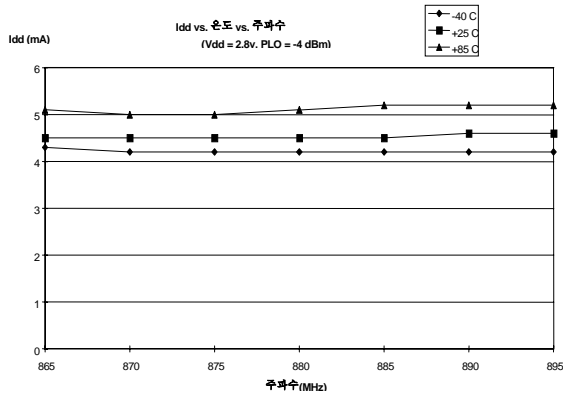
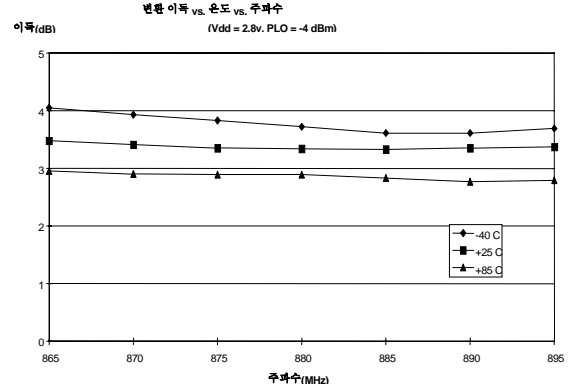
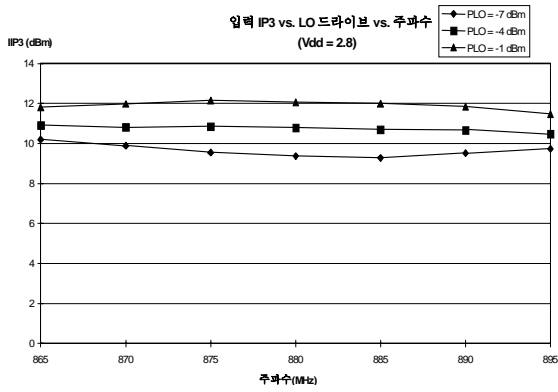
**부품 명세서: TQ5M31 다운컨버트 믹서 응용/셀룰러 시험 회로: RF=881Mhz, LO=966Mhz, 전류~9mA, 이득~9dB, IIP3~+10dB**

부품	참고 기호	부품 번호	값	크기
믹서 IC	U1	TQ5M31	N/A	SOT23-6
콘덴서	C1		1000pF	0402
콘덴서	C2		1000 pF	0402
콘덴서	C3		20pF	0402
콘덴서	C4		22pF	0402
콘덴서	C7		150pF	0402
저항	R3		3.3ohm	0402
저항	R4		39ohm	0402
인덕터	L1		2.2nH	0402
인덕터	L2		39nH	0402

## 대표적인 셀룰러 성능

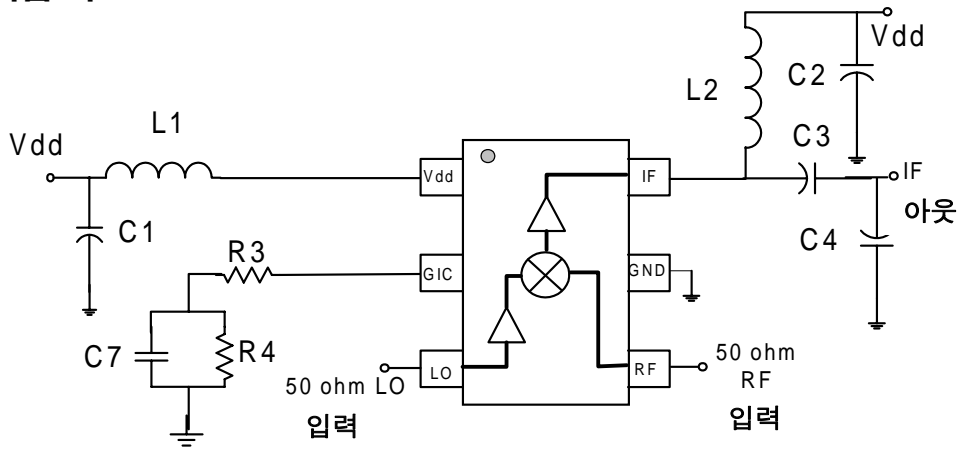


# TQ5M31



# TQ5M31

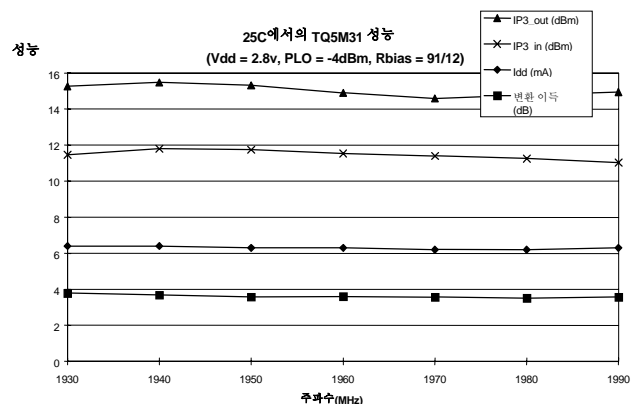
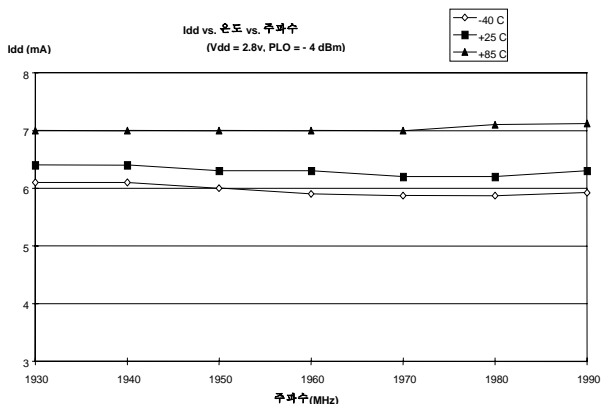
## PCS 응용/시험 회로



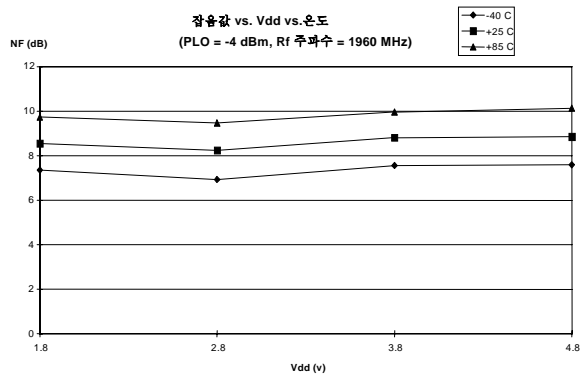
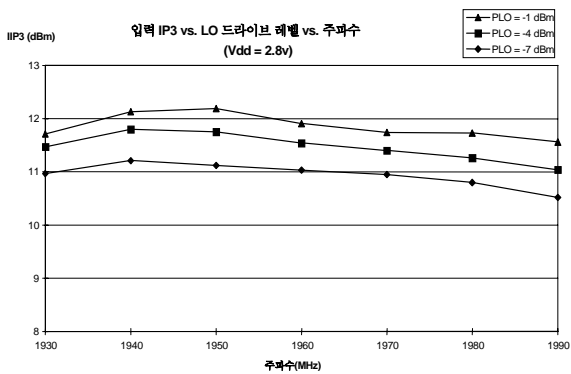
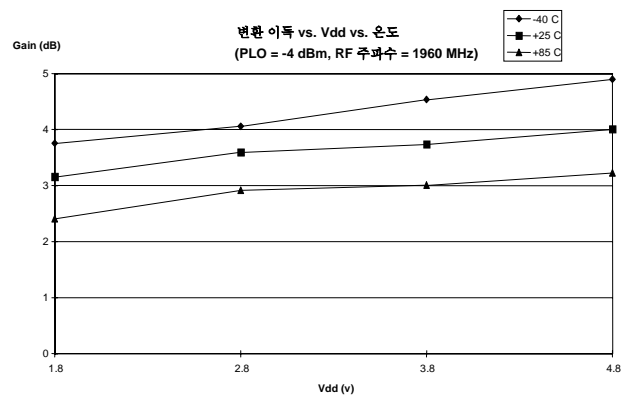
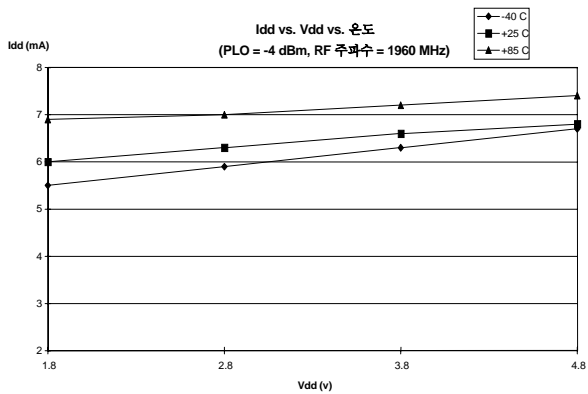
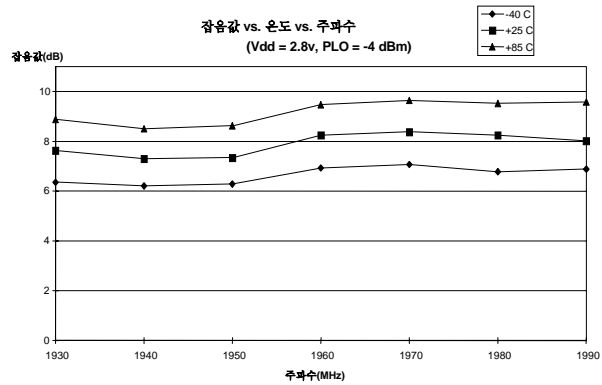
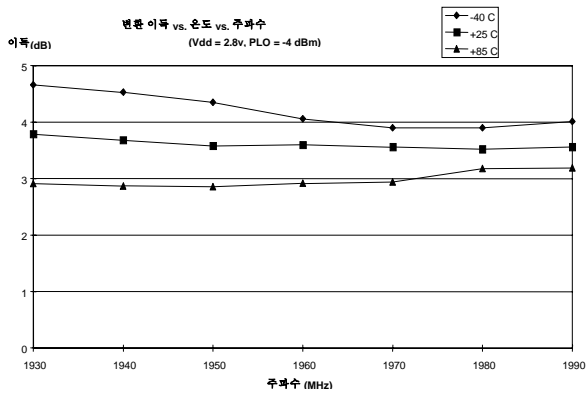
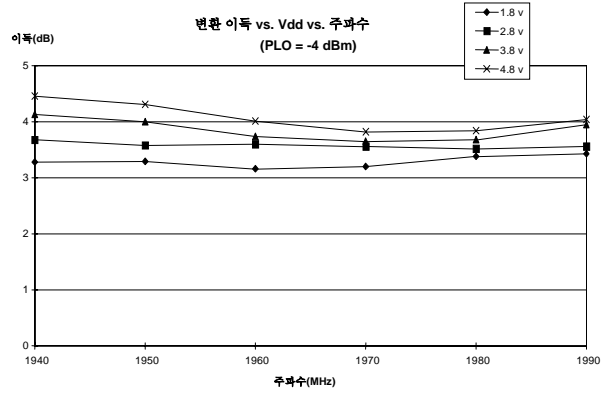
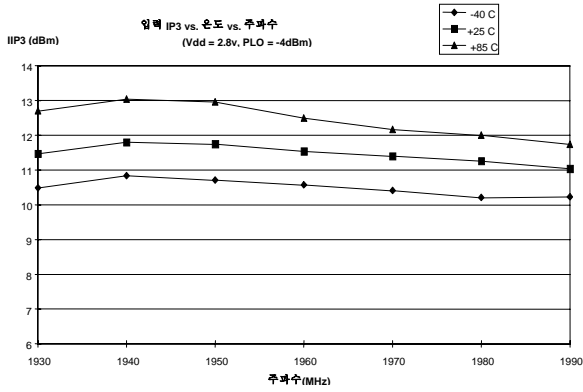
**부품 명세서: TQ5M31 다운컨버트 믹서 응용/PCS시험 성능 회로: RF=1960Mhz, LO=1750Mhz, 전류≈6mA, 이득≈3dB, IIP3≈+10dB**

부품	참고기호	부품번호	값
믹서 IC	U1	TQ5M31	N/A
콘덴서	C1		470pF
콘덴서	C2		1000 pF
콘덴서	C3		22pF
콘덴서	C4		27pF
콘덴서	C7		150pF
저항	R3		12ohm
저항	R4		91ohm
인덕터	L1		2.2nH
인덕터	L2		39nH

## 대표적인 PCS 성능

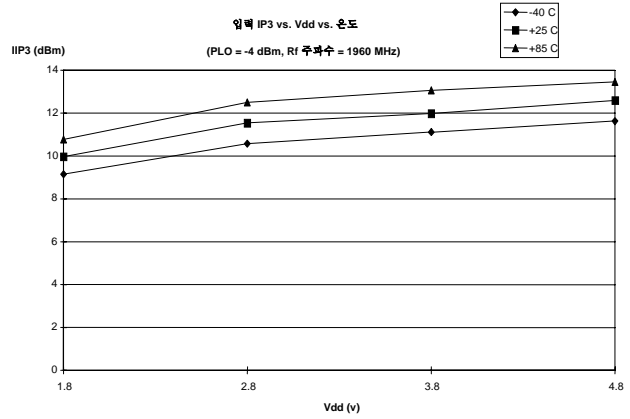
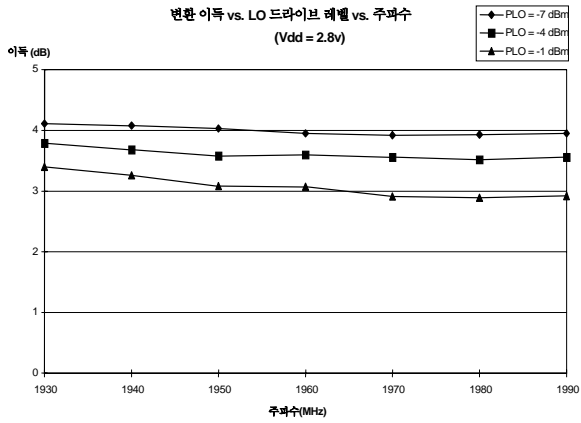


# TQ5M31



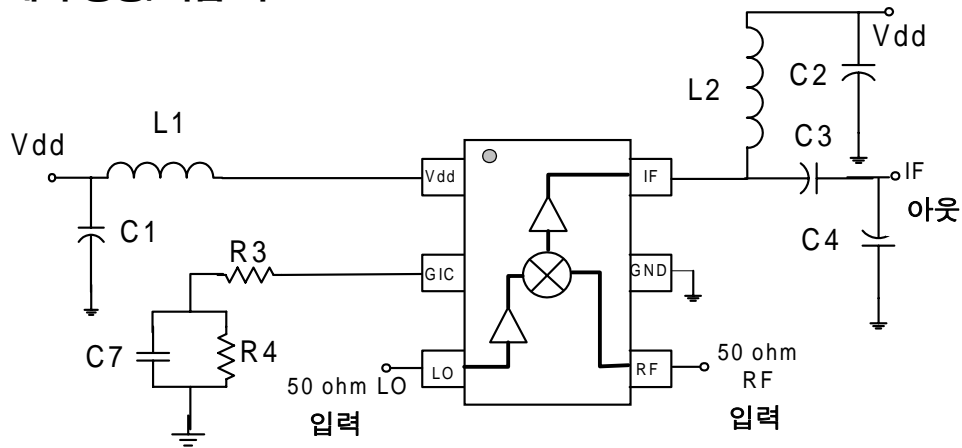


# TQ5M31



# TQ5M31

## ISM 주파수 대역 응용/시험 회로

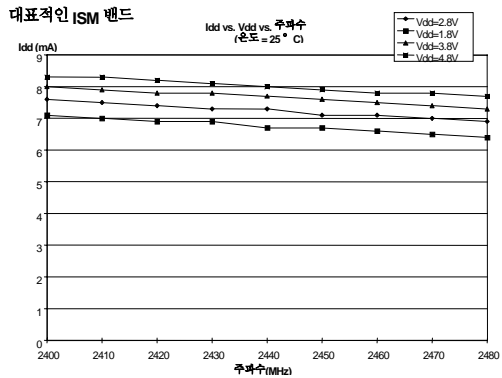
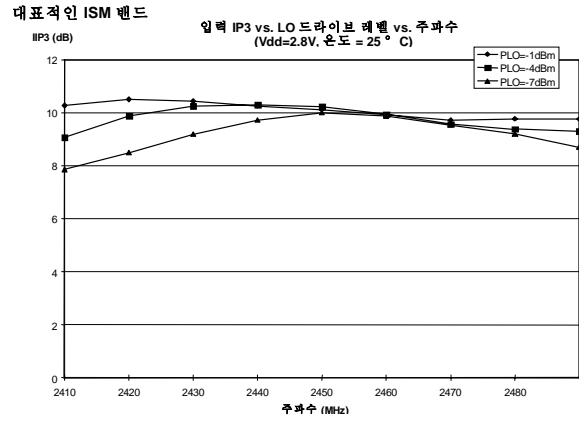
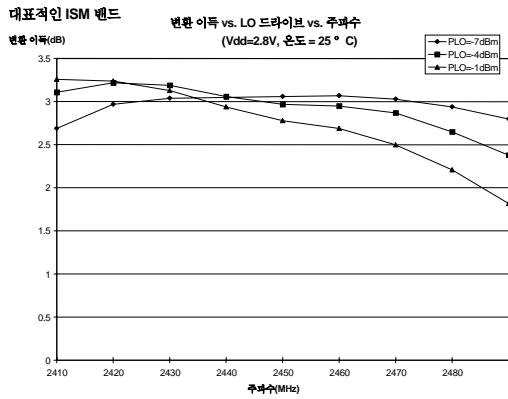


**부품 명세서: TQ5M31 다운컨버트 믹서 응용/ISM 성능 시험 회로: RF=2443Mhz, LO=2203Mhz, 전류≈7mA, 이득≈2.5dB, IIP3≈+9dB**

부품	참고 기호	부품 번호	값
믹서 IC	U1	TQ5M31	N/A
콘덴서	C1		220pF
콘덴서	C2		1000 pF
콘덴서	C3		12pF
콘덴서	C4		10pF
콘덴서	C7		150pF
저항	R3		20ohm
저항	R4		47ohm
인덕터	L1		1.8nH
인덕터	L2		47nH

# TQ5M31

## 대표적인 ISM 성능



# TQ5M31

## 일반 사양

TQ5M31은 다양하게 응용될 수 있도록 설계된 범용 RFIC 믹서 다운컨버터이다. 이 믹서는 단일의 공통 소스 GaAs MESFET를 이용하며 1.8 - 5 볼트 전압을 사용하도록 되어 있다. TQ5M31을 사용하기 위해서는 LO 버퍼 증폭기와 믹서 IF 포트에 맞는 튜닝 부품을 선정해야 한다. 주파수 반응 형성을 위한 온-칩 커패시턴스와의 공진을 위해서 그리고 믹서에 주입될 수 있는 원치않는 잡음을 롤오프(roll off) 시키기 위하여 LO 버퍼의 출력 쪽에 외부 분로 인덕터(external shunt inductor)를 설치해야 한다. "오픈 드레인" IF 출력은 다양한 IF 주파수와 필터 임피던스와의 매칭 융통성을 가능케 한다.

GIC 핀은 이득(gain), 3차 인터셉트(3<sup>rd</sup> order intercept), 및 공급 전류에 융통성을 제공한다. GIC 핀에 한 개 또는 두 개의 저항과 한 개의 콘덴서를 사용하면 이 부품은 다양한 무선 수신 시스템에 사용할 수 있다.

TQ5M31은 소형이며, 가격이 저렴한 6선 패키지(SOT-23-6)이다. 전체 치수는 2.9 x 2.8mm에 높이는 1.14mm이다.

LO와 RF 포트에는 내부 DC 차단 콘덴서가 있으며 50 Ω에 내부 매칭되어 있다. 이 방식은 구조를 단순화시켜 외부 부품의 수량을 최소화시킨다.

## 응용

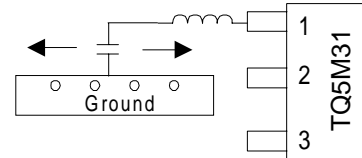
### LO 버퍼 튜닝 (핀 1)

LO 버퍼 증폭기의 광폭 주파수 대역 입력 매칭은 다른 주파수의 열 및 유도 잡음을 증폭시켜 믹서의 LO 포트에 직접 주입시키는 문제의 원인이 될 수 있다. IF 주파수와 (LO +/- IF) 주파수의 잡음이 다운컨버트되어 IF 포트에 나타남으로써 다운컨버터 잡음을 악화시킬 수 있다.

LO 버퍼 증폭기의 출력 노드(node)는 핀 1에 보내져서 분로 인덕터를 거쳐 접지된다. 이 인덕터는 LO 주파수의 내부 커패시턴스와 공진되도록 맞추어서 주파수 대역을 벗어난 이득을 롤오프 시키고 잡음 제거 성능을 향상시킬 수 있다. 이 방식은 TQ5M31의 다양한 응용 가능성과 함께 LO 버퍼 증폭기의 선택성을 향상시킨다.

### LO 핀의 공칭 L 값 계산

적절한 인덕터 값은 설계 단계에서 결정되어야 한다. 핀 1에서의 내부 커패시턴스는 대략 1pF이다. 핀 1을 둘러싼 기판의 스트레이 커패시턴스에 내부 커패시턴스를 더해 주면 인덕턴스 공칭값이 계산된다. 그러나 이 값은 최종 레이아웃과 비슷한 기판을 측정한 값에 대하여 확인해야 한다.



접지 위치는 표준 인덕터 값 사이에서 조정된다.

그림 3. LO 튜닝

인덕터는 다음 공식을 이용하여 LO 주파수의 총 커패시턴스와 공진되도록 맞추어진다.

$$L = \frac{1}{C(2\pi f)^2}, \quad \text{단 } C = 1.0 \text{ pF}$$

### 네트워크 분석기를 이용한 LO 버퍼 증폭기 튜닝의 적정성 확인

절차:

전원은 -4dBm에 맞추고 네트워크 분석기의 포트 1을 TQ5M31의 LO 입력(핀 3) 측에 연결한다. 동축 탐지봉(probe)을 네트워크 분석기 포트 2에 연결하고 탐지봉을 핀 1 또는 인덕터로부터 대략 0.1인치 떨어진 부분에 부착시킨다.

S21의 크기가 LO 버퍼 주파수 반응을 나타낸다(그림 4).

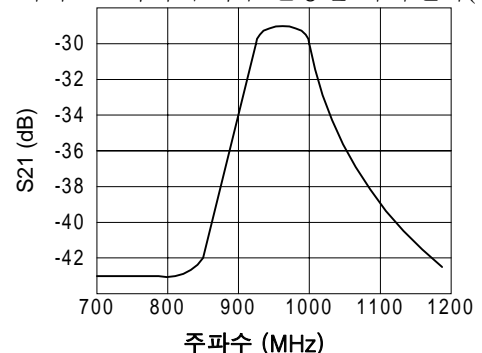


그림 4. LO 버퍼 반응

절대값은 핀과 탐지봉의 거리에 따라 달라지기 때문에 그리 중요하지 않다(대략 -30dB). 그러나 반응의 최대 부분이 LO 주파수 대역의 중앙에 맞아야 한다. 인덕턴스를

# TQ5M31

증가시키면 중심 주파수가 낮아지고 감소시키면 높아진다.

## GIC 핀 (핀 2)

TQ-5M31을 특정 이득, IP3, 및 직류 전원에 튜닝하기 위해서는 다음 절차에 따라 설계해야 한다.

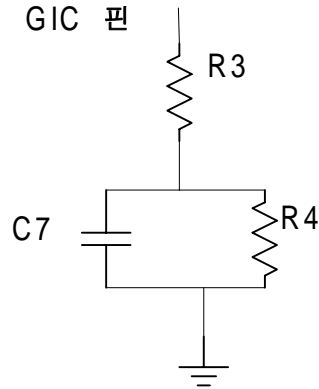
- 1] 원하는 OIP3를 선정한다. OIP3는 18 이하이어야 한다.
- 2] 표 1에서 원하는 OIP3를 달성하기 위해서 필요한 전류 값을 구한다. 이 표들에 나타난 데이터들은 대략 수치이다. 이 표는 가이드라인으로서만 참고되어야 하며 이득 롤오프는 더 높은 RF와 IF 주파수에서 나타나는 점을 유의해야 한다.
- 3] 같은 표를 이용하여, 아래 값에 해당하는 GIC 핀 ( $R3+R4$ )의 총 저항 요구치를 구한다.

표 1. OIP3에 대한 총 저항( $R3+R4$ )

OIP3 (dBm)	Id <sub>d</sub> (mA)	저항 (ohms)
18	15	20
15	7	80
12	5.5	130
9	5	160
6	4	240
3	3.5	320

- 4] 설계할 때 C7 바이패스의 콘덴서는 적정하게 높은 값으로 시작해야 한다. 적정 값은 150pF이다. IF 범위가 85-210Mhz인 경우에는 150pF 콘덴서를 사용할 수 있다.
- 5] R3는 GIC 핀에 바이패스를 사용하지 않은 저항인 점에 주의한다.  $R3+R4$ 의 총 저항값을 선택했기 때문에 R3와 R4의 비율만 구하면 된다. 이 비율이 믹서의 이득을 결정짓는다.  $R3+R4$  값이 일정한 상태에서 R3를 감소시키고 R4를 증가시키면 이득이 증가한다. R3를 전선으로 대체시키면 모든 저항은 R4에 걸리기 때문에 이득이 최대화된다. 이 상태는 GIC 핀에 한 개의 저항이 한 개의 콘덴서와 병렬로

연결된 상태가 된다. 일반적으로 대부분의 경우  $R4 > R3$ 이 성립된다. 설계자는 실험에 의해서 쉽게 저항 구성을 결정할 수 있다. 4페이지, “GIC 튜닝 계획”의 성능 곡선을 참조한다.



- 6] GIC 핀의 부품이 결정된 후에는 IF 매칭을 평가해야 한다.

## 믹서의 LO 포트 (핀 3)

LO 포트와 믹서 FET 게이트 사이의 공통 게이트 버퍼 증폭기는 VCO에 양호한 임피던스를 제공하며 낮은 LO 드라이브 레벨에서의 작동을 가능케 한다. 버퍼 증폭기는 미량의 전류를 소모시키면서(~1mA) 믹서의 FET 게이트를 구동시키기에 충분한 전압을 제공한다.

버퍼 증폭기의 양호한 광폭 대역 50Ω 입력 임피던스와 내부 DC 차단 콘덴서로 인하여 부품을 추가시키지 않고도 사용자의 VCO를 50Ω 라인을 거쳐서 LO 입력에 직접 연결시킬 수 있다. 이 연결 길이는 그리 중요한 사항이 아니다.

## L0의 파워 수준

TQ5M31의 성능은 LO 파워 -4dBm 조건에서 명시된다. 그러나 -7dBm에서 0dBm 사이의 LO 드라이브 레벨 범위에서도 만족스러운 성능을 달성할 수 있다. 이득과 입력 IP3는 LO 입력 파워를 변화시켜 상호 타협점을 찾을 수 있다. 낮은 LO 드라이브 레벨에서는 이득은 증가하고 입력 IP3는 감소하며 반대 조건에서는 반대

# TQ5M31

현상이 나타난다. 직류 전류와 출력 IP3는 대략 일정하게 유지된다.

## 믹서 RF (핀 4)

TQ-5M31의 믹서 RF 포트는 전 RF 주파수 범위에서 50Ω에 대한 매칭이 넓은 주파수 대역에서 양호하게 나타난다. 그러므로 IF 손실(leakage)이 최소화되고, 더 중요한 점은 잡음이 예방되며 IF 주파수 또는 그 부근 주파수의 원치 않는 신호가 주입되어 잡음 제거 성능이 악화되는 것을 방지해준다.

## 접지 (핀 5)

적절한 RF와 DC 접지 부분에 연결한다.

## 믹서 IF 포트 (핀 6)

믹서 IF 출력은 "오픈 드레인" 구조로서 다양한 IF 주파수의 다양한 필터 타입에 효율적인 매칭을 가능케 한다. 최대의 파워 이득과 출력 3차 인터셉트를 위해서 네트워크에 매칭되는 최적 단일체-엘레멘트를 설계해야 한다.

IF 주파수를 튜닝할 때 IF 증폭기의 소스 임피던스를 고려해야 한다. IF 주파수는 IF 출력 회로의 부품 수치를 변경시켜 45 - 500MHz 범위에서 튜닝할 수 있다. 핀 6도 바이어스를 주입시킨다.

IF 매칭을 최적화시키기 위하여 C3 값을 12와 20pF 사이에 유지시키는 것이 좋다. C4 값은 양호한 격리를 위하여 22 pF 이상이 되어야 한다. 평가 기판에는 전원 공급을 위한 디커플링(Decoupling) 부품이 포함되어 있다.

디커플링 부품은 10Ω 저항, 0.01μ F 콘덴서로 구성되어 있다. 이 부품들은 반사 잡음 또는 기타 가짜 신호가 Vdd 라인을 통해서 다른 포트에 누출되는 것을 방지한다.

사용자가 응용할 때는 IF 포트는 보통 좁은 주파수 대역의 SAW 또는 임피던스가 300 - 1000Ω, 커패시턴스가 1 - 2pF인 수정 필터에 연결한다. 높은 임피던스의 필터에 짝을 맞추면 50Ω에 매칭시키는 것보다 일반적으로 감도가 떨어진다. 프로토타입 회로기판에서 매칭 회로를 확인 하거나 조정할 때는 LO 드라이브를 공칭 파워 레벨(-4dBm)에서 핀 3에 주입해야 한다. 이것은 LO 레벨이 IF 포트 임피던스에 영향을 미치기 때문이다.

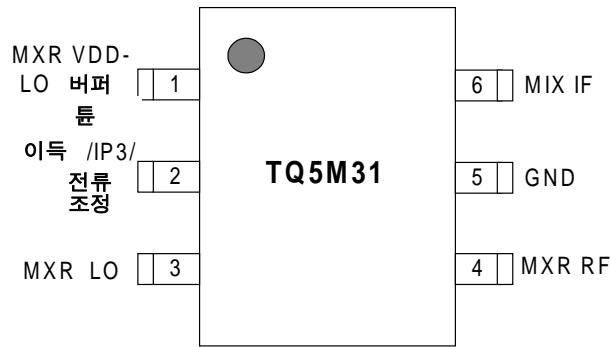
## IF 매칭 네트워크에 대한 제안

IF 포트를 SAW 또는 수정 IF 필터에 적절히 매칭시킬 수 있는 네트워크 종류에는 몇 가지가 있다. 믹서 공급 전압은 IF 포트에 연결되기 때문에 매칭 회로의 위상에는 RF 초크 또는 분로 인덕터가 포함되어야 한다.

분로 L, 시리즈 C, 분로 C 구성은 가장 단순한 구성으로서 부품 수가 가장 작은 구성이다. 직류 전류는 분로 인덕터에 쉽게 주입시킬 수 있고, 필요할 경우 시리즈 C가 DC를 차단시킨다. 특히 분로 C는 리턴 손실을 향상시키고 LO 누출을 감소시키는데 이용된다.

# TQ5M31

## 패키지 연결 핀



## 핀 명칭

핀 명칭	핀 #	해설 및 용도
MXR Vdd	1	LO 버퍼 공급 전압. LO 버퍼 튠에는 시리즈 인덕터가 필요하다. 국부 바이패스 콘덴서가 필요하다.
GIC	2	이득/IP3/전류 조정에 콘덴서와 저항이 필요하다.
MXR LO	3	DC가 차단된 믹서 LO 입력. 50Ω에 매칭
MXR RF	4	DC가 차단된 믹서 RF 입력. 50Ω에 매칭
GND	5	접지 연결. 이 핀들에 인접한 구멍을 통해 여러 개의 위치를 정하는 중요성이 있다. 열 확산 통로와 RF 접지를 제공한다.
MXR IF	6	믹서 오픈 드레인 IF 출력. Vdd 연결이 요구됨. 외부 매칭이 요구됨.

## 패키지 타입: Power SOT-23 6 플라스틱 패키지

