



광대역 앰프에서 VCO 회로까지

8 광대역 & 고주파회로의 배선 실례 모음

川田 章弘/石井 聡

입력 임피던스 1MHz, 플랫니스 50MHz OP 앰프 증폭회로의 패터닝

川田 章弘

1. 회로의 개요

(1) 노이즈 계산을 컨트롤하여 프랫니스를 개선한다

그림 1에 나타난 회로는 FFT 입력의 고속 OP 앰프 OPA656

(텍사스 인스트루먼트)을 사용한 고입력 임피던스의 앰프이다. 계인은 R_1 과 R_2 의 값으로 결정하고 그림의 회로상수에서는 2배이다.

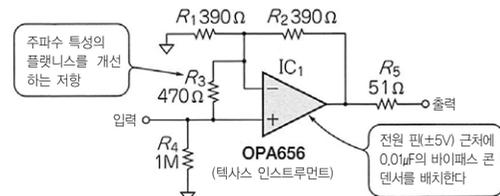


그림 1. 고입력 임피던스의 광대역 OP 앰프 회로

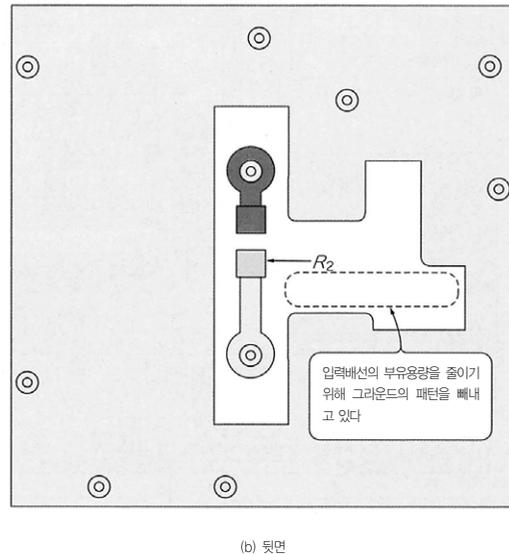
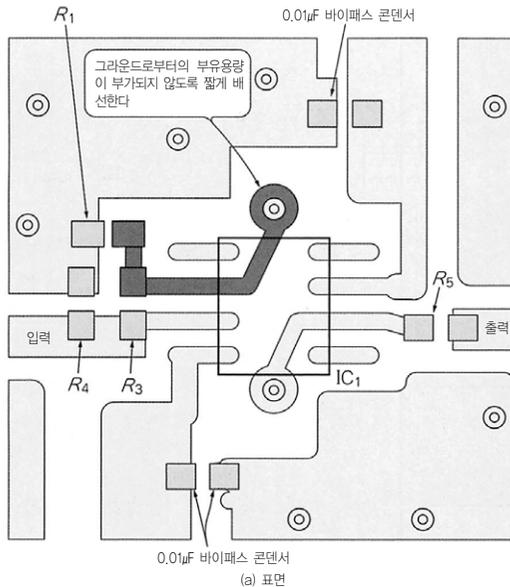


그림 2. 고입력 임피던스의 고속 OP 앰프 회로의 프린트 패턴

회로 상의 연구로서 플랫니스 개선을 위해 R_3 을 추가하고 있다. 이 저항을 추가함으로써 노이즈 계인을 크게(귀환량을 작게) 할 수 있으므로 계인-주파수 특성의 고역에서 발생하는 피크를 억제할 수 있다.

2. 배선 요령

(1) 반전 입력단자의 부유용량을 작게 한다

패턴 예를 그림 2에 나타낸다. 이 패턴은 양면기판으로 만든다는 것을 상정한 것이다. 기판의 수작업을 고려하여 IC 아래에 스루홀을 만들지 않았다.

고속 OP 앰프 회로에서는 반전 입력단자와 그라운드간의 부유용량을 작게 하는 것이 중요하다. 기준으로서는 이 부유용량이 0.5pF 이하가 되도록 유의하면 될 것이다.

또한 이 부분에 큰 부유용량이 부가되면 고역의 주파수 특성에 피크가 발생하는 원인이 되며 최악의 경우 발진에 이른다. 이것은 피드백 저항과 부유용량에 의해 피드백 신호의 위상 지연에 기인하고 있다.

(2) 입력용량도 작게 한다

또한 고입력 임피던스의 앰프에서는 입력부분의 부유용량도 문제가 된다. 때문에 이 패턴 예에서는 비반전 입력단자부분도 그라운드면의 솔리드를 빼낸다. 만약 그라운드를 완전히 빼내에 따라 외래 노이즈의 영향을 받게 된다면 그라운드를 그물 형태로 하는 것도 좋을 것이다.

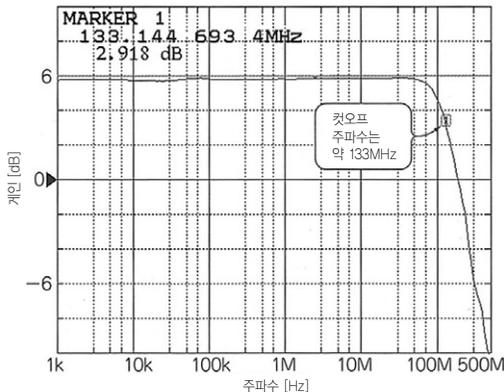
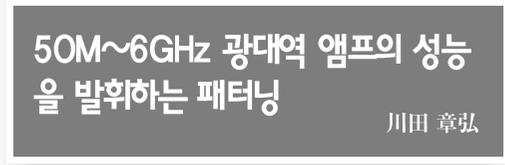


그림 3. 그림 2를 바탕으로 작성한 앰프의 계인-주파수 특성

(3) 실제 측정 결과

그림 3에 나타난 것은 이번에 소개한 프린트 패턴에서 실제로 앰프를 시험 제작, 계인-주파수 특성을 측정한 결과이다. 50MHz 부근까지 거의 플랫인 특성이며 -3dB 컷오프 주파수는 약 133MHz이다.



1. 회로의 개요

그림 4는 모놀리식 마이크로파 집적회로(MMIC)인 NBB-310(RF Micro Devices)을 사용하였으며 주파수대역이 50M~6GHz인 광대역 고주파 앰프이다.

NBB-310은 InGaP HBT 프로세스에 의해 제조되고 있으므로 AlGaAs HBT 프로세스를 사용한 고주파 디바이스보다 신뢰성이 높다고 할 수 있다.

MMIC를 사용한 앰프는 프린트 패턴의 임피던스나 주변부품 [커플링 콘덴서, 고주파 초크 코일(이하, RFC)]을 제대로 선택할 경우, 디바이스의 성능을 비교적 간단히 발휘할 수 있다.

(1) 커런트 미러 회로로 바이어스의 과전류를 방지한다

NBB-310의 바이어스 전류는 데이터 시트에 기재되어 있는 바와 같이, 저항과 RFC만으로 공급할 수도 있다. 그러나 여기서

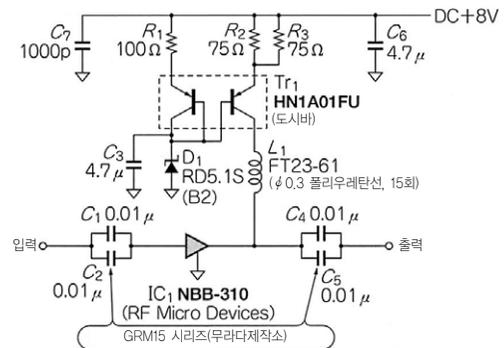


그림 4. 주파수대역이 50M~6GHz인 광대역 고주파 앰프의 회로



소개하는 회로에서는 복합형 트랜지스터가 사용된 커런트 미러 회로를 사용하고 있다.

NBB-310은 고주파 입력전력 레벨의 변화에 의해 출력 핀의 직류전압 레벨이 변화된다. 때문에 저항과 RFC가 사용된 간단한 바이어스 회로에서는 입력전력이 커졌을 때 출력 핀의 직류 전압이 내려가므로 NBB-310에 과전류가 흐를 우려가 있다. 그래서 바이어스 회로에 커런트 미러 회로를 사용하여 이 과전류를 방지하고 있다.

2. 배선 요령

(1) 고주파용 기판재를 선택한다

주파수가 2G~3GHz를 초과하는 곳부터, 회로를 실장하는 프린트 기판 재질에도 주의를 기울여야 한다. 여기서 소개하는 앰프와 같이, 대역을 6GHz까지 늘리려는 회로에는 기본적으로 일반적인 FR-4(글라스 에폭시)를 사용할 수 없다. 참고로 레드 프리 대응으로 사용되는 기회가 증가된 고T_g 글라스 에폭시재의 고주파 특성도 통상적인 글라스 에폭시와 별로 다를 바가 없다.

고주파회로에서는 고주파용 tanδ가 작은 기판재를 선택해야

한다. 또 주위의 온습도 변화에 의한 고주파 특성의 변동을 억제 하기 위해서는 기판재의 흡습 특성도 배려해야 한다.

(2) 부품배치와 부품선택이 중요하다

1) 인서션 로스 개선

프린트 패턴을 그림 5에 나타낸다. 마이크로스트립 라인 상의 커플링 콘덴서 C₁, C₂나 C₄, C₅를 2개 병렬로 하여 라인의 에지에 배치하는 부분을 연구하고 있다. 이렇게 배치함으로써 고주파 특성(인서션 로스나 리턴 로스)을 개선할 수 있다.

2) 커플링 콘덴서의 메이커나 시리즈를 지정한다

커플링에 사용하는 콘덴서는 제조 메이커를 지정하는 쪽이 무난하다. 수GHz대 이상으로 되면 콘덴서 메이커간 고주파 특성 차가 현저해진다. 제조 메이커를 지정하면 조달의 편이성 부분에서 자재부나 구매부 등 부재 조달과 관련된 사람들의 눈살을 찌푸리게 할지도 모른다. 그러나 앰프의 성능 상 중요한 포인트이므로 성능을 중시하는 애플리케이션이라면 양보할 수 없다.

3) 고주파 앰프가 실장된 그라운드 면은 주위에서 독립시킨다

NBB-310을 실장한 그라운드 면은 주위의 그라운드 면과 분리해 놓는다. 이렇게 함으로써 NBB-310을 흐르는 그라운드 전류가 솔리드 그라운드 위를 헤매지 않도록 한다. 이 테크닉으로 앰프의 아이솔레이션 특성을 개선할 수 있는 경우도 있다.

4) RFC의 선택도 중요한 포인트이다

코일을 직접 제작할 경우에는 FT23-61 타입의 트로이달 코어와 0.3φ 정도의 폴리우레탄선을 사용하여 NBB-310에 가까운 쪽의 5턴을 밀접하게 감고 그 후의 10턴을 균일하게, 또 거칠게 감은 것으로 시도해보기 바란다.

기존 제품의 코일을 사용할 경우에는 실험에 의해 특성이 좋은 것을 찾아야 한다. 고가의 코일이라도 상관 없을 경우, WD0200A[오카야(岡谷)전기산업]를 사용한 다면 NBB-310의 성능을 충분히 발휘하게 할 수 있다.

참고 문헌

- (1) NBB-310 데이터시트, RF Micro Devices.
▶ <http://www.rfmd.com/DataBooks/db97/NBB-310.pdf>

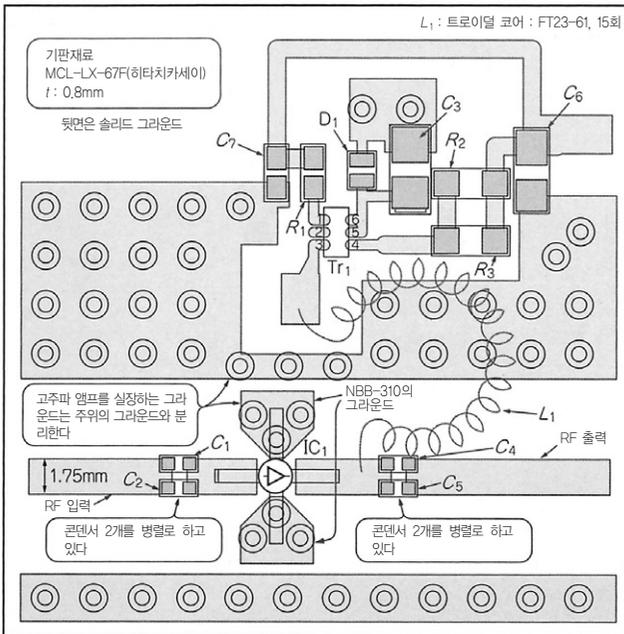


그림 5. 주파수대역이 50M~6GHz인 광대역 고주파 앰프의 프린트 패턴

직류에서 2.5GHz까지 전환하는 RF 스위치 회로의 패턴링

石井 聡

1. 회로의 개요

이전에는 RF 신호의 스위치로 PIN 다이오드가 많이 사용되었지만 지금은 GaAs나 CMOS의 전용 스위치 IC가 주류를 이루고 있다. 여기서는 μ PD5710TK를 사용한 직류~2.5GHz까지의 광대역 스위치를 예로 든다.

회로도들 그림 6에 나타낸다. μ PD5710TK(NEC 화합물 디바이스)는 CMOS 프로세서이며 직류에서 사용할 수 있으므로 직류블록용 콘덴서는 점선으로 나타내고 있고 기본적으로는 필요 없다. 다른 스위치 IC에서는 단자의 바이어스 레벨이 직류적으로 규정되기 때문에 콘덴서에서 직류 컷하는 것이 일반적이다. 이 경우는 당연히 직류에서는 사용할 수 없다.

2. 배선 요령

(1) 스위치 IC의 그라운드선 단자에서 가급적 가까운 솔리드 그라운드에 접속한다

그림 7은 프린트 패턴이다. 이면은 솔리드 그라운드로 되어 있다. 패턴 폭은 $Z_0=50\Omega$ 의 마이크로스트립 라인의 전송선로가 되도록 폭 1.8mm로 굵고 있다. 기판 두께는 $t=1.0\text{mm}$ 이다.

스위치 IC의 그라운드는 가급적 단자 가까이에서 이면의 그라운드로 떨어뜨린다. 스위치 제어 라인은 임피던스를 단자 옆에서 강제적으로 컨트롤시켰기 때문에 길이나 폭 등은 특별히 문

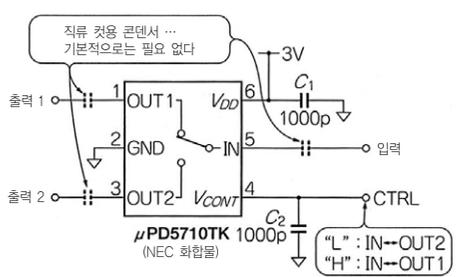


그림 6. 직류에서 2.5GHz까지 전환하는 RF 스위치 회로

제되지 않는다. 단순히 '연결만 된 패턴'으로 취급할 수 있다.

(2) 스위치 제어단자는 IC의 동작에 영향을 미치지 않도록 교류적으로 그라운드와 접속해 놓는다

스위치 제어단자도 IC의 동작에 쓸데없는 영향을 주지 않도록 정확하게 처리해야 한다. 그림 6의 콘덴서 C_1, C_2 를 사용하여 교류적으로 그라운드와 접속시킴으로써 콘덴서에서 앞의 전원이거나 제어회로에 연결하는 패턴의 영향을 저감시킨다. 패턴은 등가적인 코일로 되며 패턴 길이와 주파수 관계에서 임피던스가 제로~무한대까지 크게 변동한다. 콘덴서 자체도 공진주파수를 가지므로 자기 공진주파수가 높은 종류나 상수인 콘덴서를 선정한다. 칩 콘덴서에서 100p~1,000pF 정도가 일반적이다.

4GHz대 VCO의 패턴링

石井 聡

1. 회로의 개요

그림 8은 4GHz를 중심으로 500GHz 정도의 광대역에서 발진되는 VCO(Voltage Controlled Oscillator) 회로이다. 별로 눈

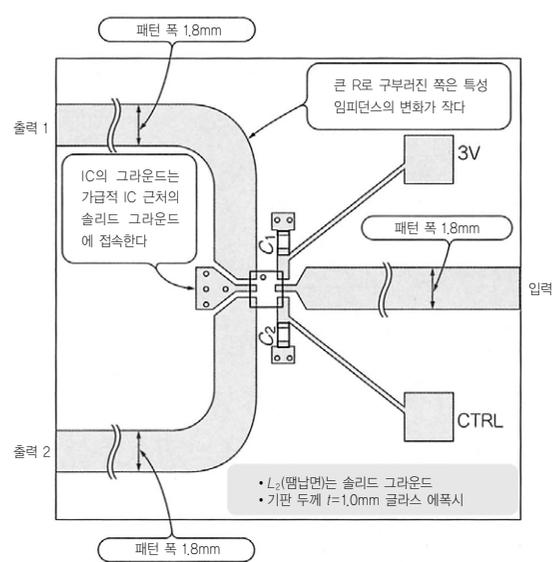


그림 7. 직류에서 2.5GHz까지 전환하는 RF 스위치 회로의 패턴



에 띄지 않는 회로이다. 콜피츠 회로를 기본으로 하고 있는 것 같지만, 콜피츠형에 있어서 필수라 할 수 있는 C-C-L 구성으로 되어있지 않다. 그러나 정확하게 부성저항을 나타내고 정확하게 발진한다.

일반적인 VCO는 부하를 가볍게 하여 버퍼를 부가하지만 이 회로는 50Ω 부하일 때 양호한 부성저항을 나타냈다. 그러므로 50Ω 전송선로에 직결할 수 있다.

2. 배선 요령

(1) 발진주파수를 결정하는 소자와 발진 트랜지스터를 최단으로 배치한다

그림 9에 패턴을 나타낸다. VCO로서의 포인트는 발진주파수를 결정하는 소자와 발진 트랜지스터를, 전류의 흐름까지 고려하여 최단으로 배치하는 것이다. 50Ω 직결로 안정적인 발진 상태를 얻을 수 있어 출력은 $Z_0=50\Omega$ 의 마이크로스트립 라인에 직결하고 있다. 또 제어 전압단자 V_T 는 외부회로(PLL 회로)에서 아날로그 전압으로 제어되므로 이 배선에서 영향을 받지 않도록 정확하게 C_7 에서 고주파적으로 그라운드에 떨어뜨린다.

1) 발진회로의 전류 흐름

전술한 바와 같이 Q_1, L_4, L_6, C_9, D_1 이 발진주파수를 결정한다. 이러한 소자를 관통하는 회로전류의 흐름을 고려하여 레이

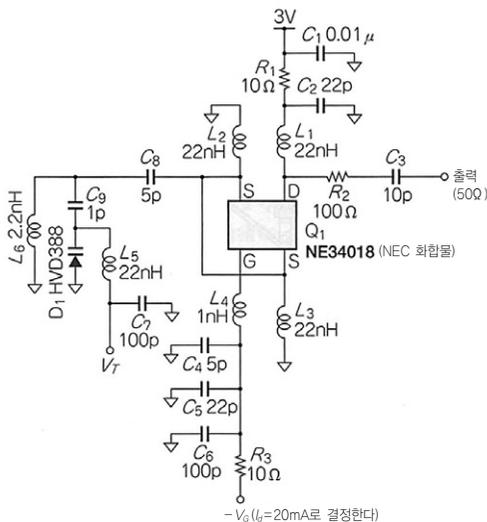


그림 8. 4GHz를 중심으로 500MHz 정도의 광대역에서 발진되는 VCO 회로

아웃한다. 그림 9에 이 경로를 나타낸다. 그라운드 접속으로 비어 홀을 사용하여 L_2 에 연결되어 있지만 솔리드 그라운드라고 해도 쓸데없는 경로가 발생하지 않도록 짧게 결선시킨다. 또한 이 비어 홀도 복수로 뚫는 등, 쓸데없는 임피던스가 발생하지 않도록 배려해야 한다.

(2) 레이아웃은 콤팩트하게!

이 예에서와 같이 4GHz라면 진공 속의 1파장이 75mm이며 기판 상에서는 단축률(프린트 기판 상에서는 진공보다 파장이 짧아진다)도 있으므로 1파장도 더욱 짧아지게 된다. 전기적으로 이 1/20 정도는 '거의 무시할 수 있는 길이'이기 때문에 상당히 단거리로 된다. 이러한 점에서 부품은 가급적 콤팩트하게 레이아웃하기 바란다. 동작하는 주파수를 항상 고려하면서 프린트 기판설계를 하는 것이 중요하다.

(3) 커넥터 선정에도 주의한다

사진 1은 이번에 사용하는 SMA 커넥터로, Johnson components사의 End launch connector이며 RS 컴포넌트에서 구할 수 있다. 해외 메이커의 IC 평가용 프린트 기판 등에서 흔히 볼 수 있다. 중심도체가 마이크로스트립 라인에 대해 작은 사이즈이므로 영향을 적게 미치고 임피던스가 난폭해지지 않아 양호한 전송 특성을 실현할 수 있다. 그림 10에 이 커넥터의 기판 상 패턴을 나타낸다. 아울러 중심도체의 사이즈와 판 두께를 1.2mm로 했을 경우의 마이크로스트립 라인 폭을 나타낸다.

(4) RF 회로에서는 솔리드 그라운드가 기본

오디오 회로에서는 '1점 어스'라는 용어를 자주 볼 수 있으며,

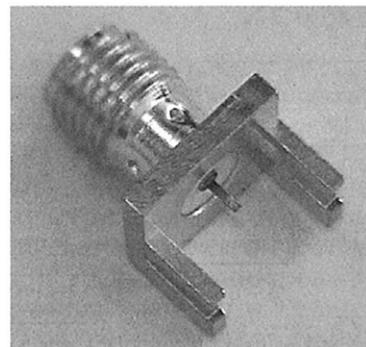


사진 1. SMA 커넥터(End launch connector)의 외관

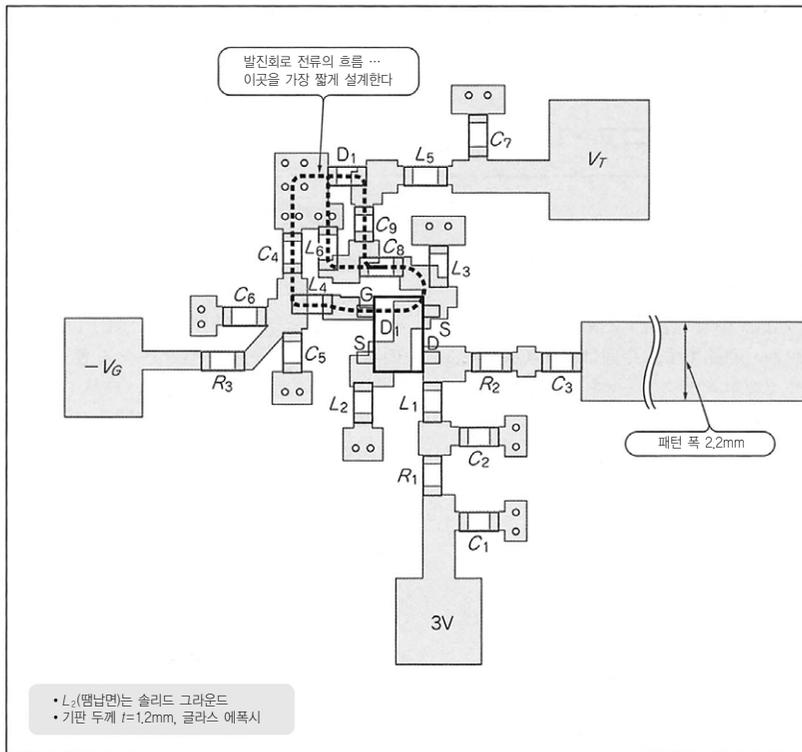


그림 9. 4GHz를 중심으로 500MHz 정도의 광대역에서 발진되는 VCO 회로의 패턴

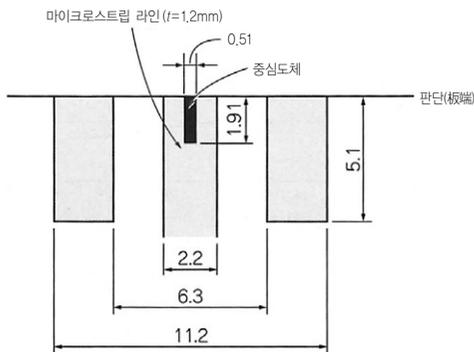


그림 10. 사진 1에 나타난 SMA 커넥터의 풋 패턴 (단위 : mm)

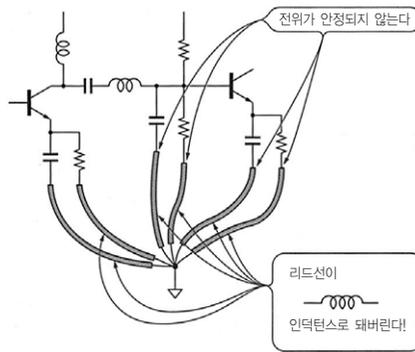


그림 11. 오디오 회로 등에서 사용되는 1점 어스

이 방식은 일반적으로 많이 사용되고 있다.

그러나 RF 회로에서는 그림 11에 나타난 바와 같이, 1점 어스를 향한 리드선이 인덕턴스로 돼버리기 때문에 각 소자의 그라운드 단자끼리의 전위가 안정되지 않는다. 때문에 '솔리드 그라운드'가 필요해져 기판 이면이나 내층에서 전송선로의 그라운드 플레인이라는 솔리드면 구조를 형성시킨다. 그리고 그것을 적극

적으로 이용한다.

또 그라운드에 접속하는 비어 홀도 무시할 수 없는 임피던스로 되므로 주의하기 바란다.



참고 문헌

- (1) RF 코넥타·카탈로그, Johnson components.
▶ <http://www.johnsoncomponents.com/>