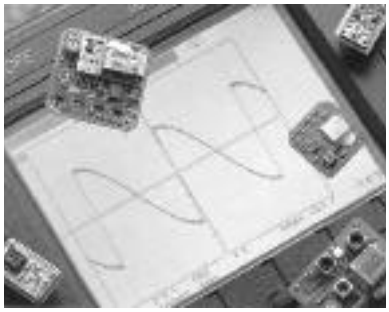


세라믹 발진회로의 기초와 응용

正木 一人

● 세라믹 발진자란 무엇인가?

세라믹 발진자란 압전성을 가지는 다결정체, 압전 세라믹스의 기계적 공진을 이용한 발진 소자로서, (주)무라다제작소의‘ 세라록 이 유명하다.

기계적 공진을 이용한 발진 소자로서는 시계 등에 사용되고 있는 수정 발진자가 일반적이지만 염가이면서 작고, 사용이 간편한 특징을 가지는 세라믹 발진자는 마이크로컴퓨터, 리모컨 등의 기준신호 발생회로에 널리 응용되고 있다.

여러분이 평소에 사용하고 있는 가전제품이나 AV 기기, OA 기기 등에는 반드시 들어 있다고 말할 수 있을 정도로 일반적이다.

여기에서는 세라믹 발진자에 관하여 간단히 설명하고 실제의 응용방법에 관하여 소개하고자 한다.

세라믹 발진자의 특징

● 세라믹 발진자의 특징

기계적 진동을 이용한 발진 소자에서는 수정 발진자가 잘 알려져 있다. 또 전기적 공진을 이용한 것에는 *CR* 발진회로, *LC* 발진회로가 있다.

표 1에 세라믹 발진자와 이들의 각종 발진 소자의 특징을 비교한 것을 나타낸다. 세라믹 발진자의 주된 특징은 다음과 같다.

(1) 발진 주파수의 안정성이 높다

수정 발진자와 *CR*/*LC* 발진회로의 거의 중간에 위치하고 있다.

(2) 소형화가 가능

일반적인 수정 발진자의 1/2 이하로 소형화가 가능

표 1. 각종 발진소자의 특징

명칭	심벌	가격	형상	주파수 조정	주파수 정도	안정성	Q_m*
LC		저가	크다	필요	약 ±20% 정도	그다지 좋지 않다	작다
CR		저가	작다	필요	약 ±20% 정도	그다지 좋지 않다	작다
수정		고가	크다	불필요	±수~수십 ppm	양호	크다
세라믹 발진자		저가	작다	불필요	±0.2~ ±0.5%	양호	小~中

*Q_m : 기계적 Q

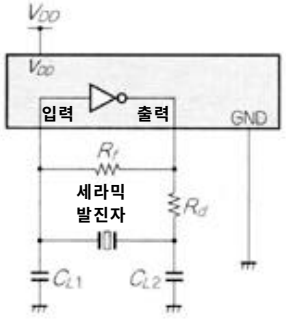


그림 1. 일반적인 발진회로 구성

표 2. 진동 모드와 주파수대

진동 모드 \ 주파수	1k	10k	100k	1M	10M	100M	1G	응용 제품
굴곡 진동	■	■						압전 버저
길이 진동			■	■				
면적 진동			■	■				kHz대 세라믹 필터 kHz 세라믹 발진자
지름방향 진동			■	■				
두께 미끄럼 진동				■	■			MHz대 세라믹 필터 MHz대 세라믹 발진자
두께 격납 진동				■	■	■		MHz대 세라믹 필터 MHz대 세라믹 발진자
표면파					■	■	■	SAW 필터 SAW 발진자
BGS파					■	■		BGS 트랩 BGS 발진자

주 : ①↔은 진동방향을 나타낸다. ② BGS는 Bleustein-Gulyaev-Simizu/Nakamura의 약자로서, 탄성 표면파의 일종

하다.

(3) 발진회로의 무조정화, 저가격화가 가능

세라믹 발진자는 ***CR/LC*** 발진회로 등의 전기적 공진을 이용한 것과는 달리, 기계적 진동을 이용하고 있어 외부 회로나 전원전압 변동 등의 영향을 잘 받지 않는다는 특징이 있다. 때문에 무조정으로 안정된 발진회로가 얻어져 양산성이 우수하다.

표 2는 세라믹 발진자의 진동 모드와 발진 주파수대의 관계를 나타낸 것이다.

● 수정 발진자와의 일반적 비교

다음에 수정 발진자와의 비교에 관하여 설명한다.

(1) 주파수 정밀도

단결정의 압전성을 이용하고 있는 수정 발진자와 비교하면 정밀도는 약 2자리 정도 나빠진다.

(2) 발진 상승시간

단결정을 응용하고 있는 수정 발진자에 비해 공진의 첨예도 ***Q***가 낮기 때문에 발진의 상승시간이 약 2자리 정도 빨라진다.

때문에 전원의 ON/OFF나 슬리브 상태에서의 발진 상승을 빈번하게 하는 마이크로 컴퓨터, 리모트 컨트롤 등에 적합하다.

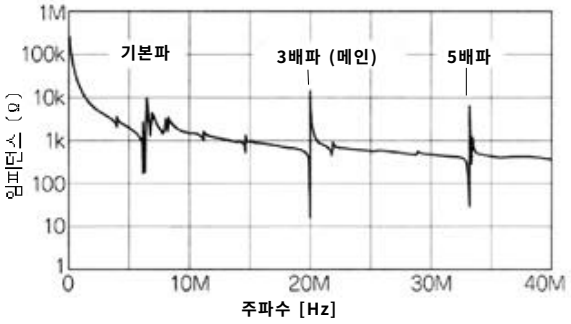


그림 2. 3배파를 이용한 세라믹 발진자의 임피던스 특성 예(@20 MHz)

(3) 내낙하 충격성

세라믹 발진자는 수정 발진자와 비교하여 자유로운 내부 소자설계가 가능하다. 때문에 기계 진동을 내부 소자의 일부에 용이하게 밀폐시킬 수 있으므로 진동이 없는 부분을 패키지 등에 고정시킴으로써 쇼크에 강하게 된다.

(4) 사이즈

세라믹 발진자는 압전성을 가지는 다결정체를 응용하고 있으므로 단결정을 응용한 수정 발진자와 비교하여 자유로운 내부 소자설계가 가능하다. 때문에 소형화

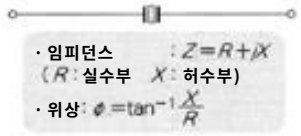


그림 3. 2단자형 세라믹 발진자의 기호

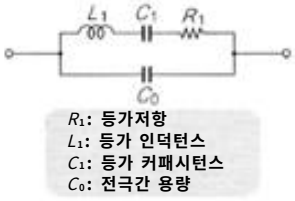


그림 5. 세라믹 발진자의 전기적 등가회로

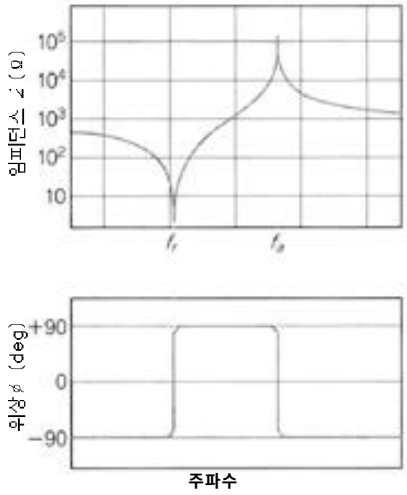


그림 4. 세라믹 발진자의 임피던스와 위상 특성

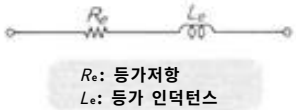


그림 6. $f_r \ll f \ll f_a$의 주파수대에서의 세라믹 발진자의 등가회로

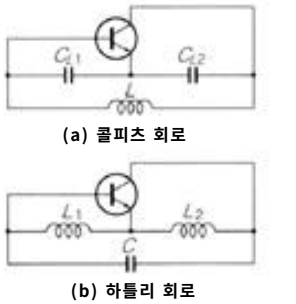


그림 7. 대표적인 발진회로

가 용이하여 일반적으로 수정 발진자의 1/2 이하의 사이즈가 실현되고 있다.

(5) 가격

세라믹 발진자의 가격은 일반적으로 같은 발진 주파수의 1/2이 된다.

● 부하용량 내장 타입

그림 1에 세라믹 발진자를 응용한 일반적인 발진회로 구성을 나타낸다. 세라믹 발진자는 패키지에 용량성을 부여하거나 실제로 콘덴서를 내장함으로써 부하용량 내장 타입을 용이하게 만들 수 있다.

또한 IC는 내부 귀환저항이나 제한저항을 내장한 것이 증가하고 있어 용량 내장 타입의 세라믹 발진자 1개를 접속함으로써 발진회로가 실현되어 부품 점수의 삭감이 가능하다. 현재로서는 용량 내장 타입의 수정 발진자는 없을 것으로 보고 있다.

● 탱크 회로는 불필요

수정 발진자로 높은 주파수를 발생시키는 경우에는 탱크 회로가 불가결하지만 세라믹 발진자를 사용하는 경우에는 필요 없다.

일반적으로 기계적 공진을 응용한 발진소자에서는 공진 주파수가 높아지면 기본파의 3배파를 이용하고 있다. 때문에 기본파 리스폰스(수용성)에 의한 발진을 억제하기 위해 탱크 회로가 불가결하다.

그러나 그림 2와 같이 세라믹 발진자인 경우에는 재료₩소자설계 등을 연구함으로써 기본파 리스폰스를 억제할 수 있다. 적절한 부하 용량이나 궤환저항 및 제한저항 등을 선정함으로써 탱크 회로를 사용하지 않고도 안정된 발진회로의 설계가 가능하다.

이상과 같이 수정 발진자와 비교하면 주파수 정밀도는 뒤떨어지지만 다른 다양한 항목에 관해서는 우수하여 널리 이용되고 있다.

세라믹 발진자의 원리

● 세라믹 발진자의 등가회로 상수

그림 3과 같이 세라믹 발진자의 기본적인 사용방법은 한쌍의 전극을 설치한 2단자형 공진자로 한 응용이다. 2단자간의 임피던스 및 위상 특성을 측정하면 그림 4와 같다.

그림 4에서 임피던스가 최소로 되는 공진 주파수 f_r과 임피던스가 최대로 되는 반공진 주파수 f_a 사이의 주파수대에서는 인덕티브로 되고 그 밖의 주파수대에서는 커패시티브로 되어 있다는 것을 알 수 있다.

그림 5와 같이 이러한 점은 2단자형 진동자의 기계적 진동이 코일 L, 콘덴서 C, 저항 R의 직병렬 공진회로의 조합으로 등가적으로 치환하여 상정할 수 있다는 것을 의미한다.

f_r과 f_a는 압전 세라믹스의 성능 및 형상에서 정해지

는 주파수로서, 등가회로 상수도 식 (1) ~ (3)에 의해 일의적(一義的)으로 결정된다.

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_1C_1}} \quad \cdots\cdots (1)$$

$$f_a = \frac{1}{2\pi\sqrt{\frac{L_1C_1C_0}{C_1+C_0}}}$$

$$= f_r\sqrt{1+\frac{C_1}{C_0}} \quad \cdots\cdots (2)$$

$$Q_m = \frac{1}{2\pi f_r C_1 R_1} \quad \cdots\cdots (3)$$

단, Q_m : 기계적 Q

공진 주파수 f_r과 반공진 주파수 f_a 사이의 주파수대만을 상정한다면 그림 6과 같이 임피던스 Z는,

$Z = R_e + jwL_e$, $(L_e \geqq 0)$

으로 되어 세라믹 발진자는 손실 $R_e[\Omega]$을 가지는 인덕턴스 $L_e[\mathrm{H}]$로서 동작한다.

● 발진회로의 원리

발진회로에는 크게 나누어

(1) 정궤환에 의한 방식,(2) 부성 저항소자를 이용하는 방식(3) 전달시간 또는 위상의 지연을 이용하는 방식이 있다. 이 중에서 세라믹 발진자나 수정 발진자, LC 회로인 경우는 (1)의 방식이 응용된다. LC에 의한 정궤환 발진회로에서는 그림 7과 같은 콜피츠 회로, 하틀리 회로가 대표적인 것이다. 그림 7에서는 증폭기로서 트랜지스터를 사용하고 있다. 이들의 발진 주파수는 근사적으로 콜피츠 회로에서는 L, C_{L1}, C_{L2}, 하틀리 회로에서는 L_1, L_2, C로 이루어지는 회로의 공진 주파수와 동일하게 되어 각각 다음과 같은 식으로 표현된다.

<콜피츠 회로인 경우>

$$f_{osc} \fallingdotseq \frac{1}{2\pi\sqrt{L\frac{C_{L1}C_{L2}}{C_{L1}+C_{L2}}}} \quad \cdots\cdots (4)$$

<하틀리 회로인 경우>

$$f_{osc} \fallingdotseq \frac{1}{2\pi\sqrt{C(L_1+L_2)}} \quad \cdots\cdots (5)$$

세라믹 발진자를 응용하는 경우는 f_r과 f_a 사이에서 인덕티브로 되는 성질을 이용하여 LC 회로 속의 L을 세라믹 발진자로 치환한다. 일반적으로 콜피츠 회로의 L로 치환하는 방법이 채택되고 있다.

여기에서 발진회로의 동작 원리에 관하여 설명한다.

그림 8과 같은 궤환회로에 있어서 그 발진조건은 다음과 같다.

<진폭조건>

루프 게인 $G = \alpha\beta \geqq 1$ ····· (6)

<위상조건>

이상(移相)량 $\theta = \theta_1 + \theta_2 = 360° \times n$ ····· (7)

단, $n = 1, 2\cdots$

콜피츠 회로에서는 $\theta_1 = 180°$ 의 반전 증폭기를 사용하여 궤환회로를 구성하고 또한 L, C를 사용하여 $\theta_2 = 180°$ 의 반전을 하고 있다. 세라믹 발진자를 응용했을 경우에도 마찬가지다. 세라믹 발진자를 이용한 콜피츠 회

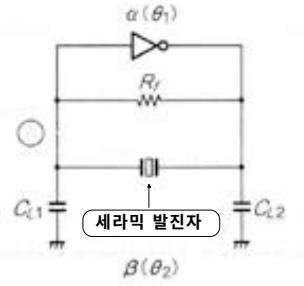


그림 8. 인버터를 사용했을 경우의 기본 발진회로

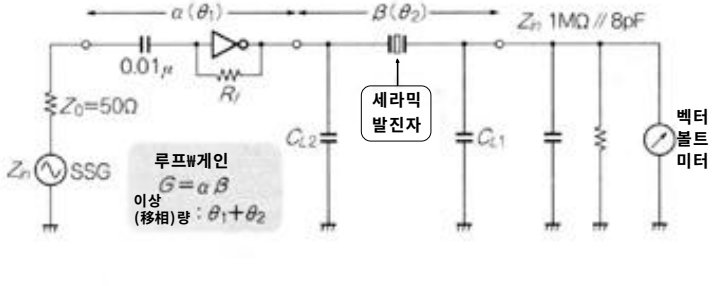


그림 9. 루프 게인 및 위상 측정회로

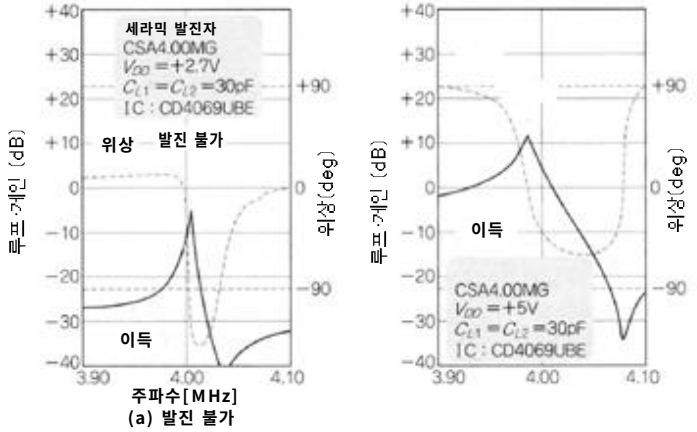


그림 10. 루프 게인과 위상의 측정결과

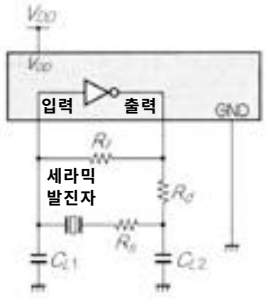


그림 11. 기본적인 발진회로 구성

로에는 인버터를 사용하는 방법이 가장 일반적이고 용이하다. 그림 8에 콜피츠 회로인 경우의 기본 회로 구성을 나타낸다. 이 회로에서 Ⓐ점에서 루프를 차단하고 개루프로 함으로써 루프 이익 G와 이상량 θ를 측정할 수 있다. 그림 9에 4MHz 세라믹 발진자 CSA4.00MG [(주)무라다제작소]를 사용한 실제의 측정회로를, 또 그림 10에 그 측정결과 예를 나타낸다.

발진회로에의 응용

● 각 회로 상수의 역할

전술한 바와 같이 세라믹 발진자를 사용한 발진회로에서는 콜피츠 회로의 코일을 세라믹 발진자로 치환하는 방법이 일반적이다. 이때의 회로설계는 사용하는 IC 및 발진자에 따라 달라진다.

그림 11과 같이 기본적인 회로 구성 방법은 수정 발진자와 같지만 전기적 특성의 차이로 각 회로 상수는 달라지게 된다. 여기에서는 세라믹 발진회로에 있어서 각 회로 상수의 역할에 관하여 간단히 설명한다.

▶ 귀환저항 R_f(그림 12)

귀환저항 R_f는 CMOS 인버터를 반전 증폭기로서 동작시키기 위한 바이어스용 저항이다.

R_f가 과대하면 입력측에 있어서 절연저항이 어떤 요인으로 저하되었을 경우 발진 정지를 일으키기 쉽다. R_f가 너무 적으면 증폭기로서의 증폭도가 저하된다.

통상적으로 세라믹 발진자는 IC가 내장되어 있는 경우를 제외하고는 R_f= 1MΩ 정도인 것을 사용한다. 내장되고 있는 경우에도 약 5MΩ 이상이라면 외부 장착 1MΩ 정도인 것을 사용할 것을 권장한다.

▶ 제한저항 R_d(그림 13, 14)

제한저항은 생략되는 경우가 많지만 부하 용량 C_{L2}와 로-패스 필터를 형성하여 높은 영역의 게인을 저하시키므로 고주파의 이상 발진을 억제할 수 있다. 또 입력 레벨의 오버 슈트나 언더 슈트를 억제하거나 소비전류나 복사 노이즈의 저감을 위해 사용되는 것도 있다. 통상적으로 제한저항을 사용하는 경우, 다음과 같은 값이 기준이 되고 있다.

(1) CSB 시리즈 : 수kΩ
(2) MG/MT 시리즈 : 수백100Ω
(3) MX 시리즈 : 수십Ω

또한 (1)~(3)은 (주)무라다제작소의 세라믹 발진자 '세라록'이다.

▶ 직렬저항 R_s(그림 15)

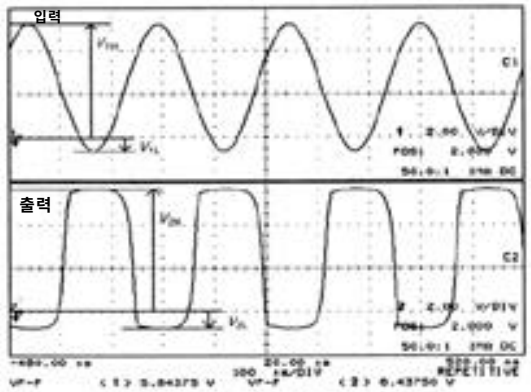
발진자와 직렬로 저항을 접속함으로써 제한저항과 마찬가지로 발진 레벨을 억제할 수 있다. 그러나 제한저항인 경우와 달리 입력측의 파형은 정현파에 접근하지 않고, 일그러짐이 남게 된다.

또 제한저항과 비교하여 접속 저항값의 약간의 편차로 발진 레벨이 크게 변화하기 때문에 사용하는 값에는 주의를 해야 하며 일반적으로는 사용하지 않는다.

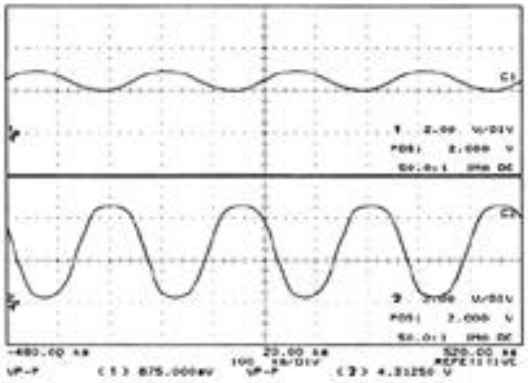
▶ 부하 용량 C_L(C_{L1} = C_{L2}, 그림 16)

부하 용량은 발진회로의 안정성, 발진 주파수를 정하는 중요한 파라미터이다. 사용하는 IC나 용도 등에 따라 적절한 값을 선택할 필요가 있다.

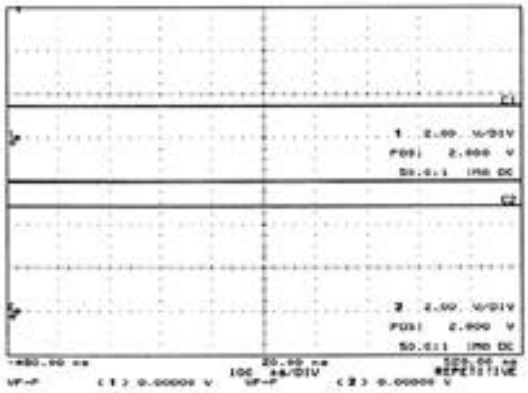
부하 용량값이 너무 작으면 파형에 일그러짐이 발생하여 발진이 불안정하게 되고 과대하면 발진 정지되기 쉬워진다. 통상적으로 세라믹 발진자에서는 다음과 같은 부하 용량값이 기준으로 되어 있다.



(a) R_f = 1MΩ

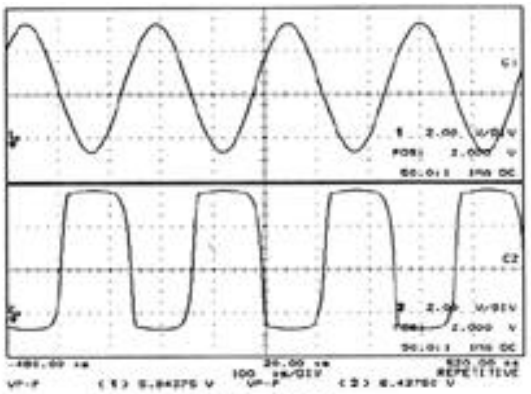


(b) R_f = 2.2kΩ

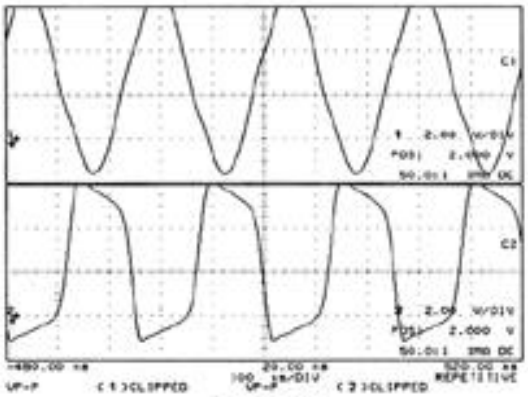


(c) R_f = 20MΩ

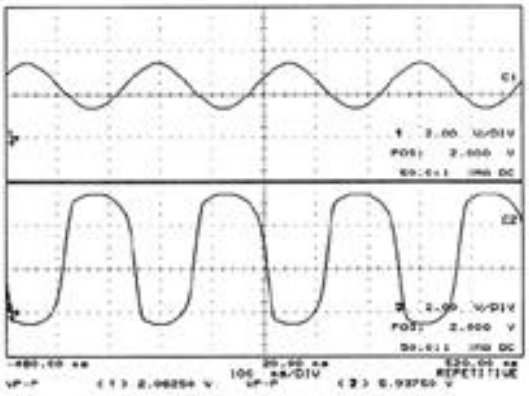
그림 12. 궤환저항 가변시의 경향
(V_{DD} = 5.0V, C_{L1} = C_{L2} = 100pF, R_d = 680Ω, R_S = 82Ω)



(a) R_d = 680Ω



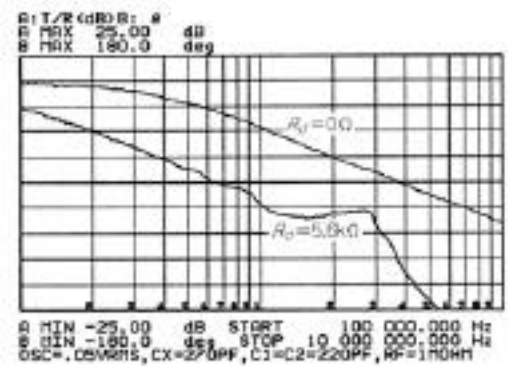
(b) R_d = 0Ω



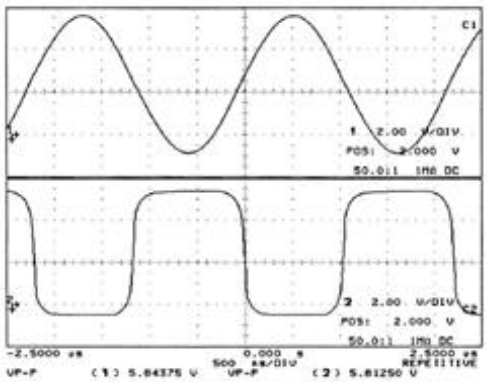
(c) R_d = 10kΩ

그림 13. R_d 가변시의 경향(발진 레벨 억제 : V_{DD} = 5.0V, C_{L1} = C_{L2} = 100pF, R_f = 1 MΩ, R_S = 82Ω)

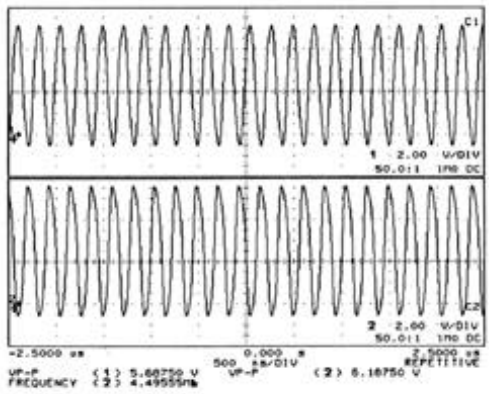
(1) CSB 시리즈 : 수백pF
(2) MG/MT 시리즈 : 수십p~100pF
(3) MX 시리즈 : 수p~수십pF



(a) 이득 특성 데이터(C_x=270pF, C_{L1}=C_{L2}=220pF)



(b) R_d=5.6kΩ인 경우(정상 발진 : 455kHz)



(c) R_d=0Ω인 경우 (이상발진: 4.5MHz)

그림 14. R_d 가변시의 경향(스퓨리어스 억제 : V_{DD}=5.0V, C_{L1}=C_{L2}=100pF, R_f=1 MΩ, R_S=82Ω)

● 세라믹 발진회로의 제특성

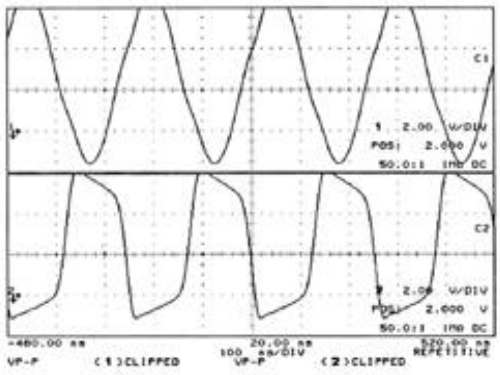
여기에서는 그림 11에 나타낸 세라믹 발진자의 기본 회로에서의 일반적인 발진 특성에 관해 설명한다.

▶ 발진 주파수 안정성

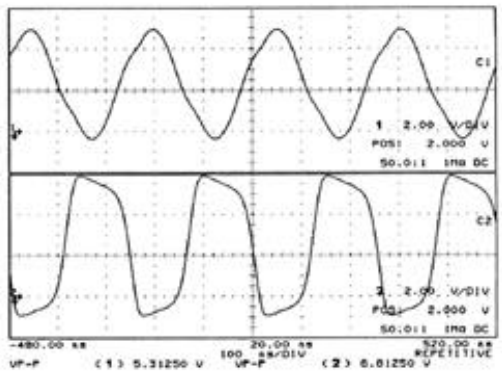
그림 17에 발진 주파수의 안정성에 관한 실측 예를 나타낸다. 온도 변화에 대한 안정성은 세라믹 재료 등에 따라 다소 달라지지만 -20~80℃의 범위에서 ±0.1~±0.5%로 된다. 발진 주파수의 부하 용량(C_{L1}, C_{L2}) 의존성은 식 (4)에서도 알 수 있는 바와 같이 비교적 크고 ±10%의 용량 편차에 대해 약 ±0.1%가 변동한다. 전원 전압에 대한 안정성은 IC의 특성에 따라 달라지지만 통상적으로는 사용전압 범위에서 ±0.1% 이내가 된다.

▶ 발진 레벨 특성

그림 18에 발진 레벨의 온도 특성과 전원전압 특성 및 부하 용량(C_{L1}, C_{L2}) 특성의 실측 예를 나타낸다. 발



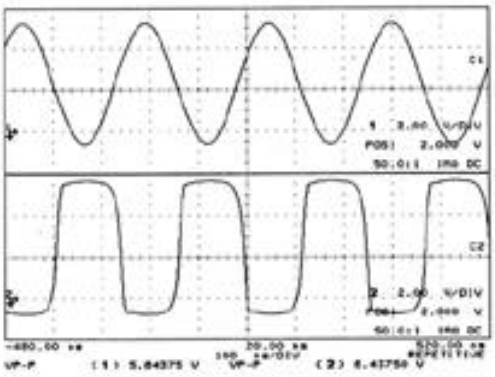
(a) R_S=0Ω인 경우



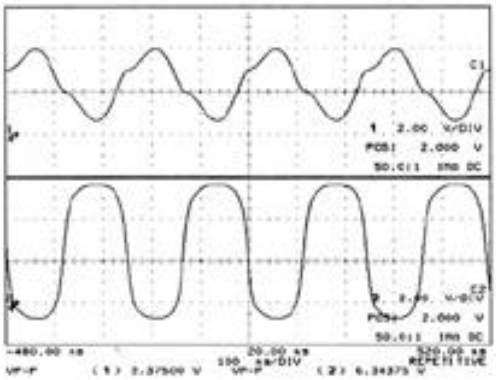
(b) R_S=82Ω인 경우

그림 15. R_S 가변시의 경향(V_{DD}=5.0V, C_{L1}=C_{L2}=100pF, R_f=1 MΩ, R_d=680Ω)

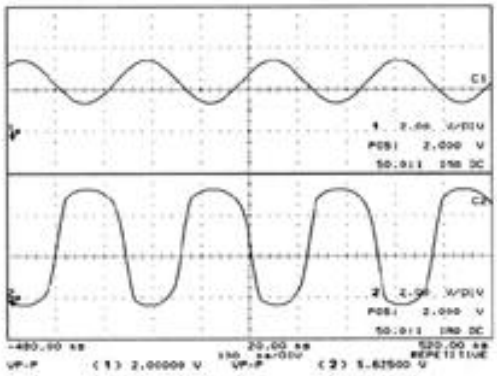
진 레벨은 넓은 온도 범위에서 안정되어야 한다. 또한 IC가 내부에 정전압 전원을 지니고 있지 않는 한, 전원 전압에 대해서는 선형적으로 변화한다.



(a) C_L = 100pF



(b) C_L = 15pF



(c) C_L = 680pF

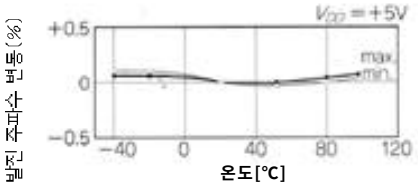
그림 16. 부하 용량 C_L(C_{L1} = C_{L2}) 가변시의 경향

▶ 발진 상승시간 특성

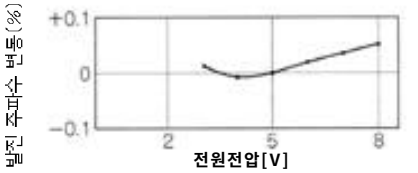
발진 상승시간은 IC 전원의 기동시에 발진이 과도 영역에서 정상 영역으로 이행할 때까지의 시간이지만 편의상 세라믹 발진자의 발진회로에 있어서는 정상 상태의 발진 레벨의 90%에 도달할 때까지의 시간으로 규정하고 있다(그림 19).

상승시간은 발진회로에 사용되는 전체 소자가 영향을 받고 있지만 일반적으로는 부하 용량이 작고, 주파수

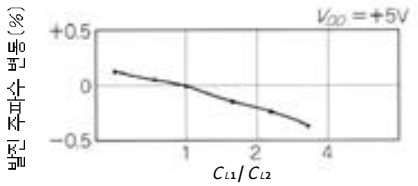
그림 17. 발진 주파수 안정성의 실측 예



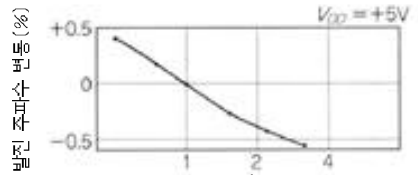
(a) 온도 특성



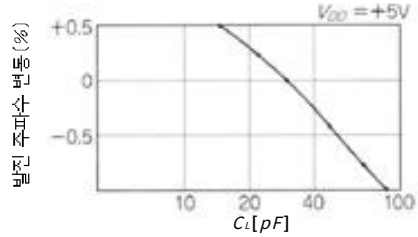
(b) 전원전압 특성



(c) C_{L2} 특성(C_{L1} = D30pF)



(d) C_{L1} 특성(C_{L2} = 30pF)



(e) C_L 특성(C_{L1} = C_{L2})

가 높고, 발진자의 Q_m이 낮으면 빨리 상승한다. 부하 용량의 영향은 발진자의 단자간 용량이 작을수록 현저하게 된다. 상승시간의 전원전압 특성과 부하 용량(C_L) 특성의 실측 예를 그림 20에 나타낸다. 또한 전술한 바와 같이 수정 발진자와 비교하면 세라믹 발진자인 쪽이 1자리에서 2자리 빨리 발진이 상승한다. 그 상태를 그림 21에 나타낸다.

▶ 발진 개시전압

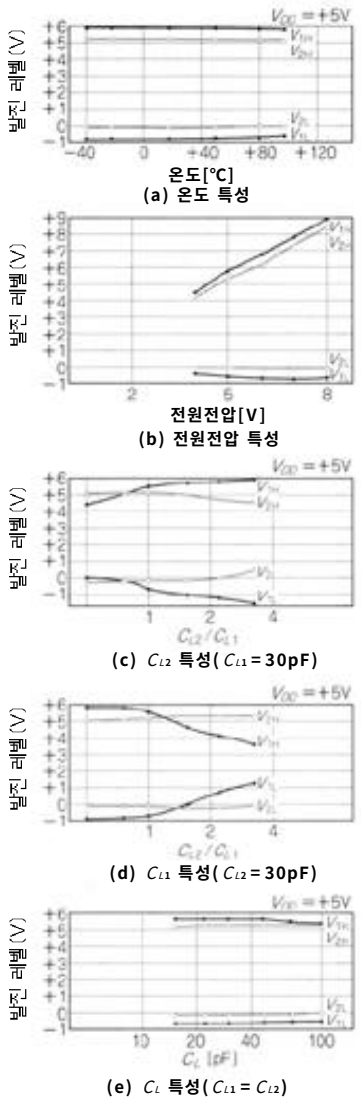


그림 18. 발진 레벨 특성의 실측 예

발진 개시전압은 발진회로가 동작을 시작하는 최저 전원전압이다. 이것도 상승시간과 마찬가지로 사용하는 전체회로 소자의 영향을 받지만 성능값은 IC의 특성에 따라 거의 결정된다. 그림 22에 발진 개시전압의 부하 용량 특성의 실측 예를 나타낸다.

● 발진회로 설계상의 주의점

▶ 이상(異常)발진으로 되기 쉬운 IC와 원인

세라믹 발진자를 사용하는 발진회로의 인버터는 CMOS 1단계 인버터(4069UB/74HCU04)계를 권장한다.

그 이외의 3단계 버퍼 IC(4049/4011/74HC04)나 슈밋 트리거 IC(74HC132)에서도 발진되지 않는 것은 아니지만 이상발진으로 되기 쉽기 때문에 충분한 주의가 필요하다. 이것은 3단계 버퍼 IC나 슈미트 트리거 IC에서는 게인이 매우 높기 때문에 회로의 CR나 배선의 LC에 의한 발진 또는 링 발진(각 게이트간의 지연시간에 의한 발진)이 세라믹 발진자의 파형에 중첩되기 때문이다.

회로 상수를 연구함으로써 약간 감소시킬 수는 있지만 완전하게 제거할 수는 없다. 발진회로는 클록을 정하는 이른바 세트의 심장이다. 최근에는 발진회로용으로

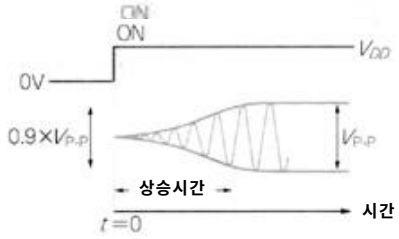


그림 19. 상승시간의 규정

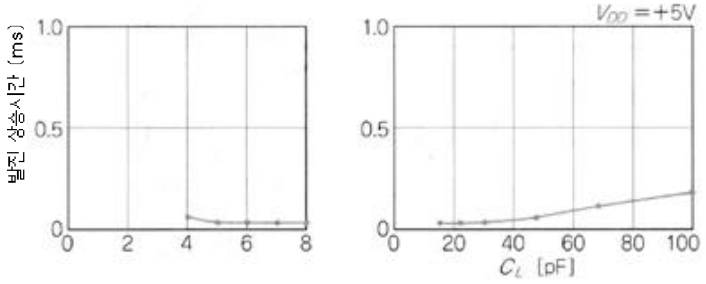
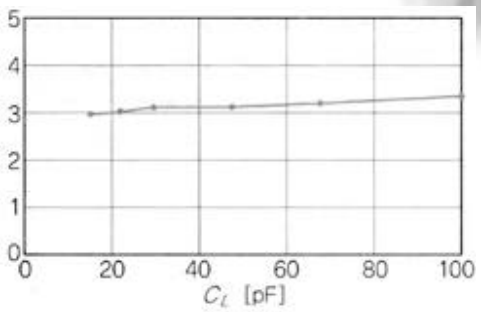


그림 20. 발진 상승시간 특성의 실측 예



언버퍼드 게이트를 2개만 내장한 IC도 있다. 나머지 게이트로 발진회로를 구성하는 것이 아니라 충분히 고려된 전용 발진회로가 필요할 것이다.

▶ 발진정지의 원인과 대책

발진이 정지되었을 때라든가 발진되지 않을 때는 맨 처음에 세라믹 발진자 또는 발진회로가 나쁘지 않은가, 그렇지 않으면 IC에 문제가 있는 것인가를 판단해야 한다. IC가 증폭기로서 기능하고 있지 않으면 발진이 되지 않기 때문이다. IC의 체크 방법은 간단하다. IC 인버터의 입력측에 H 또는 L레벨의 전압을 입력하고 출력되는 신호가"L"인가"H"인가를 살피면 된다. 인버터로서 작동하고 있다면 반전하게 되는 것이다. 인버터로 되어 있는데도 발진하지 않는 경우에는 세라믹 발진자 또는 발진회로에 문제가 있다. 이때 상정할 수 있는 원인으로서 회로 상수의 부적합 또는 세라믹 발진자의 상태불량이 있다.

적정한 회로 상수로 접속하면 규격 내에서 세라믹 발진자의 특성이 분산될 지라도 문제 없이 발진하지만 적정하지 않으면 세라믹 발진자의 분산으로 발진이 정지되는 수가 있다. 발진의 여유도는 그림 5에 나타낸 세라믹 발진자의 공진저항 R_1과 상관 관계가 있어 R_1이 클수록 여유도는 없어진다.

이 경우, 세라믹 발진자 단체의 특성을 임피던스 애널라이저나 네트워크 애널라이저로 확인해 본다. 상태 불량이 있다면 표준품에 대해 어떠한 차이가 있는 것이다.

온도에서 나타나는 것이라면 드라이어나 프리저(freezer)로 온도를 변화시켜 본다.

세라믹 발진자에 이상이 없거나 또는 상당히 높은 비율로 상태 불량이 되는 것은 회로 상수의 부적성이 상정된다. 회로 상수는 사용하는 IC에 의해서 크게 달라지는 수가 있으므로 평가ₙ검토가 필요하다.

회로 상수에서 가장 문제가 되는 것은 부하 용량 C_L (C_{L1}, C_{L2})이다. 과대하게 되면 회로의 게인을 저하시키고 과소하면 위상이 잘 돌지 않게 되므로 역시 발진 여유도를 저하시킨다.

이것을 확인하기 위해 부하 용량 진폭 특성을 측정해 본다. 측정은 부하 용량 C_L(C_{L1} = C_{L2})에서 선택한 용량값을 중심으로 1/10 ~ 10배로 변화시켜 인버터 입력의 진폭 변화를 본다. 충분한 진폭이 있는 용량값이 최적값으로 되는 것이다. 단, 진폭이 피크로 되는 용량값이 최적값으로 되지 않는 경우도 있다. 또한 귀환저항 R_f가 과대하면 프린트 기판의 절연저항이 저하했을 때에 귀환이 걸리지 않게 되어 발진이 정지한다.

이 경우는 DC 바이어스가 불안정하게 되지 않았는가를 조사한다. 세라믹 발진자를 벗겨 낸 상태에서 IC의 인버터 출력측에 프로브를 부착하여 바이어스를 측정하면 통상적으로 $V_{DD}/2$ 부근으로 되어야 하는 것이 V_{DD}에 가깝게 되어 있으므로 어림잡을 수 있다.

이 대책으로서는 1MΩ 정도의 R_f를 외부에 설치하면 될 것이다.

▶ 이상발진의 원인

이상(異常)발진의 대책을 수립하기 위해서는 먼저 그 원인을 상정하는 것이 중요하다. 크게 나누어 다음과 같은 2가지가 있다.

(1) 스퓨리어스 발진

세라믹 발진자의 기생 진동에 의한 것.

(2) CR 발진, LC 발진, 링 발진

회로의 배선이나 타이밍의 편차에 의한 것.

(1), (2)를 간단히 분별하는 방법은 그림 23과 같이 세라믹 발진자 대신에 세라믹 발진자의 단자간 용량분에 해당하는 콘덴서를 넣어 보는 것이다. (2)가 원인이

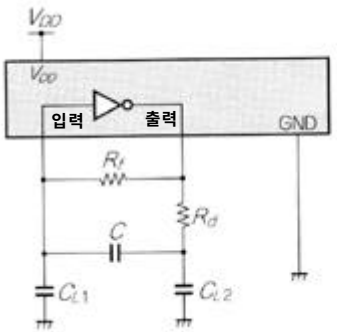


그림 23. 이상발진의 종류를 분별하는 방법

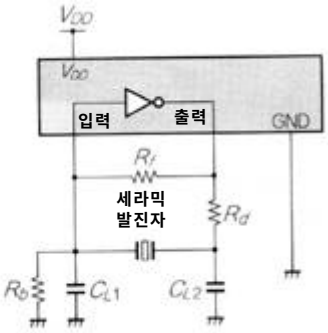


그림 24. R_b의 접속방법

라면 콘덴서에서도 발진하게 되는 것이다.

원인을 알았다면 대책은 간단하다.

▶ 이상발진(스퓨리어스 발진)의 대책

세라믹 발진자에는 사용하는 진동 주파수(메인 진동) 이외에 기생 진동(스퓨리어스)이 존재한다. 회로 상수가 적절하지 않으면 스퓨리어스로 발진하는 수가 있다. 흔히 나타나게 되는 스퓨리어스의 모드를 아래에 나타낸다.

(1) CSB 시리즈 : 소자 두께 스퓨리어스 (4M ~ 7MHz)

(2) MK/MB/MT 시리즈 : 드물게 볼 수 있는 3배파 발진

(3) MX 시리즈 : 기본파(약 1/3 명판 주파수)

(4) MX 시리즈 : 5배파(약 5/3 명판 주파수)

(1), (2), (3)은 메인 주파수보다 높은 주파수로 발진하므로 높은 영역의 이득을 낮추기 위한 대책으로서는 다음과 같은 항목을 들 수 있다.

① C_L(C_{L1} = C_{L2})을 크게 한다.

② 제한저항 R_d를 추가한다(100Ω ~ 10kΩ 정도)

①의 대책을 시행하면 주파수가 약간 저하되므로 그 경우 세트의 영향을 고려할 필요가 있다. ①, ②의 어느 것이라도 과대하면 발진이 정지된다.

(4)는 메인보다 낮은 주파수로 발진하므로 높은 영역의 이득을 올리거나 낮은 영역의 이득을 낮추기 위한 대책으로는 아래와 같은 항목을 들 수 있다.

③ C_L(C_{L1} = C_{L2})을 작게 한다

E6계열에서 3스텝 정도 작게 한다.

④ R_f를 내린다 (수k ~ 100lkΩ 정도)

③에서 과소하게 하면 발진이 불안정하게 되고 ④에서 작게 하면 발진이 정지된다.

▶ 이상발진(CR/LC 발진)의 대책

이것은 세라믹 발진자가 용량으로서 기능하고 있을 때의 이상 예이다. IC에 의해 대책이 달라지기 때문에 확립된 수법은 없지만

⑤ C_L을 변경한다

⑥ C_{L1}/C_{L2}를 언밸런스로 한다

⑦ R_d를 추가한다

⑧ R_b를 추가한다(그림 24)

를 들 수 있다.

▶ 부하 용량인 콘덴서의 선정방법

발진회로의 부하 용량에 사용하는 콘덴서는 3pF ~ 2,200pF 정도이므로 고주파 특성이 우수한 세라믹 콘덴서가 가장 적합하다.

세라믹 발진자는 부하 용량에 의해 주파수가 크게 변화된다. 가능한 한 정밀도가 좋으면서 온도 보상용(Q가 높은)으로 온도계수가 0인 타입(허용차' J ', 온도 특성' CH '타입)을 권장한다. 일반적으로는 용량의 초기 정밀도와 온도에 의한 변화(-20 ~ +80℃)를 맞춰서 ± 20% 정도인 타입에서도 문제없이 사용할 수 있지만 IC에 따라서는 극히 드물게 이상발진하거나 발진이 정지할 수도 있으므로 주의해야 한다.

경험적으로는 부하 용량을 권장 상수에 대하여 E6계열에서 전후 2단계를 거치더라도 안정적으로 발진하고 있다면 우선 문제는 없다.

또 부하 용량이 변화하면 주파수가 변화하므로 용량이 변화할 지라도 세트가 완전히 움직이는가의 여부를 확인하는 것이 좋을 것이다.

URL:http://www.murata.co.jp