

회로요약파일에 회로이론 정리해놓은거 추가로 보면 좋음 자세하게 적음 여긴 면접용

수동부품: 별도의 동작전원이 필요하지 않는 부품(r,l,c,diode,led)

능동부품: 반드시 적절한 동작전원을 공급하여야 기능을 하는 부품(tr,fet,ic,opamp,mcu등)

■백,부스트,백부스트,smps,트랜스 이런거 회로 외우기

■저항,인덕터,커패시터 응답특성 및 문제점,등가회로 알고있는게 좋을 듯

■간단한회로는 그릴줄알아야할 듯 스너버회로, 평활회로, 전원회로등등

소자의 정확한 용량은 데이터시트를 참고하는게 좋음

■TR,FET응답특성 RLC도?

■opamp 문제푸는것도?

바이어스를 건다'는 것은 '회로 설계자의 의도에 따라 미리 전압을 걸어둠으로써 전기 전자 적으로 의도한 기능을 발휘할 수 있는 작동 조건(초기 조건)을 만드는 것

CDs센서 빛있을 때 저항 작아짐

<https://blog.naver.com/ansdbt1s4067> 땀스 전자회로 이 사이트에 진짜 실무회로설계 기초 내용부터 데이터시트보는거 전부다 나와있음. 진짜 내가정리한거 안봐도될정도.

-저항의 원리 종류와 역할, 선정기준 및 발생하는 문제점을 정의해라

:저항은 **전류의 흐름을 방해**하는 소자이다. 저항으로 다른 회로 부품에 들어가는 **전류값을 조절**해서 안정적인 회로가 되게함. 그리고 커패시터의 **돌입전류**의 경우 전체저항을 **높이는** 방법으로 돌입전류를 제한시키고 인덕터의 **서지전압**의 경우 전체저항을 **낮추는** 방법으로 서지전압을 낮춰 부품을 보호함. 저항을 결정할 땐 **전력용량**을 고려해야함 **탄소저항**인 칩저항 1/(32W,16W,8W), 일반저항 1/(4W,2W) 와트저항 1W,2W,3W, 시멘트저항(5W,10W)의 전력용량을 가짐 와트저항은 전력용량은 저항에 흘러야하는 전력의 **1.25배**를 하고 시멘트저항은 **1.5배**를 함. 전력 용량을 설정함 다른저항들도 여유있게 전력용량을 설정해야 문제가 없음

탄소저항외에 금속저항인 **선트저항**이 있는데 이건 주로 **전류측정용**으로 사용함.

임피던스란 저항은 시간영역이고 임피던스는 **주파수영역**에서 **전류의 흐름을 방해**하는 소자를 말함 주파수영역에서는 시간영역과 다르게 **저항과 인덕터 커패시터를 다 같은 저항처럼 취급**해서 계산하기 편함.

커패시터의 돌입전류는 주로 충전할 때를 말하고 인덕터의 서지전압은 주로 전류 공급이 차단될 때를 말함 즉 전류 방전될 때 발생함 원래 충전 방전다 커패시터의 전류, 인덕터의 전압이 생기지만 돌입전류나 서지전압은 회로에 악영향을 끼칠 때를 의미하므로 위 처럼 표현한거임 돌입전류의 경우 충전할 때 처음 급격한 전압 상승으로 높은 전류가 커패시터를 흐름(주로 커패시터가 회로에 병렬로 연결할 때) 그래서 회로의 전류가 높아져서 부품 망가지고 서지전압은 전류가 감소할 때 역방향으로 높은 전압이 인덕터에 걸려 원래 정방향으로 다른소자에 걸리는 전압에서 인덕터의 역방향으로 전압 걸리니까 총합은 맞춰야되서 다른소자에 원래 전압+인덕터의 전압이 걸려 망가짐(주로 인덕터가 회로에 직렬로 연결할 때)

dc인데 이렇게 되나 싶지만 이렇게 돌입전류,서지전압은 과도상태에서 발생해서 정상상태에서의 임피던스를 고려하지 않는거임

-커패시터의 원리 종류와 역할, 선정기준 및 발생하는 문제점을 정의해라

:**커패시터**는 전압으로 에너지를 충전후 충전된 에너지를 전류의 형태로 부하에 공급하는 소

자로 전원공급이 끊어졌을 때 부하에 충전된 전압을 공급해 회로가 안정적인 동작을 하도록 도와줌. 그 외에도 **커플링**(직류로 달아 교류신호만 통과) **필터회로**(lpf,hpf등등), **발진회로**(tr,fet등 사용해 스위칭이용하고 인덕터도 사용), **평활회로**(병렬로 달아서 직류신호만 통과시켜 평균직류전압을 만듦), **바이패스**(신호선이나 전원라인에 포함된 높은 주파수인 노이즈를 그라운드로 흘려보내는 기능)등에 이용할 수 있다.

평활이나 바이패스는 병렬로 달면 $X_c = 1/2\pi f C$ 니까 f커질수록 X_c 작아져 병렬이니까 작아진 저항에 따라 전체 저항이 작아져 전압 또한 작아짐. 즉 교류전압이 작아지므로 이말은 교류성분 즉 노이즈가 줄어든다는 말임.

커패시터의 종류에는 탄탈,전해,마일러,모노,세라믹이 있는데, 탄탈로 모노는 내압이 낮고 나머지는 내압이 높음 **전해커패시터**는 내압을 **인가전압의 1.5배 이상**으로 여유있게 결정함.

전해는 젤 위에 전압을 공급하는 완충과 평활, 커플링등에 사용하고 주파수대역이 최대 1khz로 낮기 때문에 바이패스에는 잘 이용하지 않는다. **모노는 10~50khz**라서 **바이패스**로 주로 mcu에 사용하고 세라믹은 최대 1Mhz라 바이패스에도 이용하고 다른 발진 필터에도 이용한다. **마일러도 X,Y커패시터**등등 여러군데 이용한다.

커플링은 AC통과 목적이라 ESR이 매우 작은 고주파 쓸 때 사용하는 모노,세라믹,마일러 같은걸 안써도 됨. 그래서 칩으로 쓸수 있는 탄탈을 주로 사용 단점은 비쌘, 전해도 쓰는데 크기가 커서 추천은 안함.

디커플링이 바이패스라 고주파용 커패시터 즉 ESR이 작아 고주파에서 임피던스가 작은 커패시터를 사용함.

고주파특성이 좋다=고주파에서 임피던스 낮아 그라운드에 연결해 바이패스로 사용할 때 쇼트 취급으로 그라운드에 바로 연결하는게 되어 노이즈 제거에 좋다는 의미

커패시터는 $I = C \cdot dv/dt$ 로 전압의 변화에 의해 전류가 결정되는 소자여서 전원이 공급되거나 없어지는 과도상태가 되면 회로에 전압의 급격한 연속적인 변화가 일어나는데 이때 전압은 미분함수라서 연속함수임 그래서 순간적으로 높은 전류가 발생하게 되는데 이것을 돌입전류라 함. **돌입전류**로 인해 다른 부품이 망가질 수 있어 주로 순간적으로 저항을 높여 전류를 낮춰 부품을 보호하는 **퓨즈나 서미스터나 저항, 저항+사이리스터 등의 스위치**로 문제를 해결함

C가 작을수록 전압의 충방전속도가 빨라지고 더 많은 용량이 충전됨

C는 $(V = (1/JWC) \cdot I)$ 은 **전류가 90도 위상** 더 커서 전압이 전류보다 90도 느림(뒤처짐)

+i과c를 사용하여 위상지연의 단점

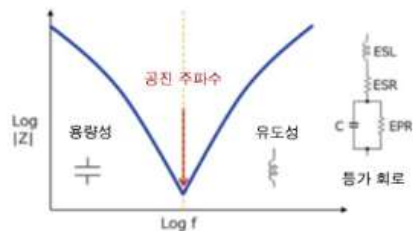
- 인덕터의 경우, 공진 주파수까지는 유도성 특성 (주파수가 높아짐에 따라 임피던스가 증가)을 나타낸다.
- 인덕터의 경우, 공진 주파수 이후는 용량성 특성 (주파수가 높아짐에 따라 임피던스가 감소)을 나타낸다.
- 인덕터는, 공진 주파수보다 높은 주파수에서는 인덕터로서 기능하지 않는다.
- 인덕터의 L이 작아지면 인덕터의 공진 주파수는 높아진다.
- 인덕터의 공진점 임피던스는 기생 저항 성분에 의해 제한된다.

- 노이즈 대책용 콘덴서 선정 시에는, 용량이 아닌 임피던스의 주파수 특성을 바탕으로 선정한다.
- 정전용량과 ESL이 작으면 공진 주파수가 높아져, 고주파 영역에서의 임피던스가 낮다.
- 정전용량이 클수록 용량성 영역에서의 임피던스가 낮다.
- ESR이 작을수록 공진 주파수에서의 임피던스가 낮다.
- ESL이 작을수록 유도성 영역에서의 임피던스가 낮다.

콘덴서의 주파수 특성이란?

콘덴서를 사용하여 노이즈 대책을 실시할 경우에는, 콘덴서의 특성을 잘 이해해야 합니다. 하기 그림은 콘덴서의 임피던스와 주파수의 관계를 나타낸 것으로, 콘덴서의 기초로서 대표적인 특성 중 하나입니다.

콘덴서에는 정전용량 C뿐만 아니라, 저항 성분인 ESR (등가 직렬 저항), 인덕턴스 성분인 ESL (등가 직렬 인덕턴스), 정전용량과 병렬하여 존재하는 EPR (등가 병렬 저항)이 존재합니다. EPR은 전극 간의 절연 저항 IR, 또는 전극 간에 누설 전류가 있다는 것과 동일한 의미입니다. IR이 사용되는 것이 일반적일 수도 있습니다.



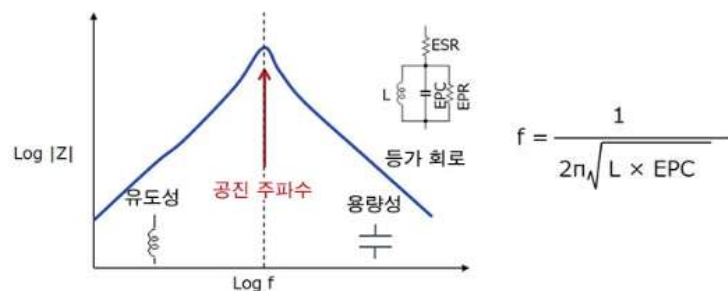
인덕터의 주파수 특성이란?

인덕터를 사용한 노이즈 대책에 대해 구체적으로 설명하기 전에 「콘덴서를 사용한 노이즈 대책」편과 같이 인덕터의 주파수 특성에 대해 간단히 복습하겠습니다.

우선, 인덕터 (코일)에는 하기와 같은 기본 특성이 있으며, 이를 인덕터의 유도성 리액턴스라고 합니다.

- ① 직류는 거의 그대로 흐른다.
- ② 교류에 대해서는 저항과 같이 작용한다.
- ③ 주파수가 높아질수록 전류가 흐르기 어렵다.

하기는 인덕터의 주파수와 임피던스 특성을 나타낸 그래프입니다.



-커패시터 충전속도와 충전속도 팁

기본적으로 rc 회로로 나온 시상수에 반비례하고 (시상수= $r \cdot c$) 속도 자체는 다른 즉 시상수가 클수록 변화가 느림(커패시터,인덕터)

커패시터는 충전되면 전하가 축적되어 전압이 올라가고, 방전되면 축적된 전하가 전류로 흐르면서 전압이 내려갑니다. 이때, 커패시터가 충전되는 속도와 방전되는 속도는 전류의 크기와 커패시턴스에 의해 결정됩니다.

충전 속도는 전류가 커패시터를 충전하기 위해 충전 측에서 공급되는 전압과 전류의 크기에 따라 결정됩니다. 일반적으로 전류가 강할수록, 커패시터가 빠르게 충전됩니다.

방전 속도는 전류가 커패시터를 방전할 때 부하측에서 전류를 받을 수 있는 능력에 따라 결정됩니다. 부하가 커지면 전류는 빠르게 흐르게 되며, 이는 커패시터가 빠르게 방전되는 것을 의미합니다. 또한, 방전 속도는 커패시터의 내부 저항에 의해 영향을 받을 수도 있다.

따라서, 커패시터의 충전 및 방전 속도는 전류의 크기, 전압, 커패시턴스, 내부 저항 등의 요소에 의해 결정되며, 이러한 속도의 차이는 다양한 회로 설계에서 중요한 역할을 합니다. 그러나 이러한 충방전속도는 부하가 증가할수록 전류가 증가하기 때문에 부하의 증가로 충방전속도가 빨라지게 된다. 위의 시상수와 반대라 의문일 수 있는데 아래를 보고 이해하자.

부하란 전기를 띠게 하거나 기계적인 장치의 동력 에너지를 소비하는 것입니다.

직렬로 연결했을 때는 R 상승이면 I 가 감소이지만, 병렬연결했을 때는 R 상승이면 I 가 상승합니다. 자세하게 보면

여기서 병렬연결로 부하를 상승한다는것은 저항값을 증가시킨다기보다는 새로운 부하를 병렬로 연결시킨다는 의미다. 만약 10옴짜리가 있을 때 20옴짜리 저항을 연결시키면 전체저항은 6옴정도가 되어 저항값이 감소되니 전류가 증가함 즉 부하가 상승했다는게 이런의미임.

가전제품을 병렬로 연결하는 이유는 두가지인데 첫 번째는 직렬로 연결하면 저항이 늘어나면 전체저항이 증가해 전류가 감소하여 필요로하는 전류공급양에 비해 부족할 수 있고, 직렬로 연결 시 모든 제품에 전류가 일정하게 흐르게되어 각각 적당하게 흐를 수가 없습니다. 두번째로는 직렬로 연결하게 된다면 하나의 제품이 끊어지면 모두 다 쓸 수 없어집니다. 그리고 전자제품마다 걸리는 전압이 저항값에 의해 달라서 제품에 일정한 전압이 걸리지 않게 됩니다.

결론적으로 부하가 증가한다는건 연결되는게 증가한다는거임 직렬일 땐 쉽게 생각되듯이 10옴짜리에 20옴을 직렬로 연결한거고 병렬일 땐 10옴짜리에 20옴짜리를 병렬로 연결했다고 보면된다. 그래서 부하를 저항으로 보기보단 위에처럼 전기를 띠게 하거나 기계적인 장치의 동력 에너지를 소비하는 것으로 보면됨

요약하면 그냥 회로구성할 때는 시상수대로보면되고 이제 완성된 회로에 부하를 연결해서 쓸때는 이런식으로 생각하면 된다는 거임 병렬로 부하가 증가할수록 전체 저항이 감소되 전류가 증가하고 전력소모가 증가되고 이러한 전류증가로 과부하가 발생할 수 있다. 그래서 멀티탭같은거에서 불나고 그런거임. 그리고 전원 정류회로에서 부하가 증가할 때 충방전속도 빨라진다는것도 이러한 이유로 볼 수 있음.

(여기 까지 부하에 대한내용이었음)

-커패시터 속도에 따른 전원

일반적으로 전원공급에서는 커패시터를 사용해 안정적인 전압을 유지하고, 전원 노이즈를 줄이기 위해 사용됩니다. 이 경우에는 커패시터의 충전속도가 빠를수록 유리합니다.

전원공급에서 커패시터의 역할은 전압을 일정하게 유지하는 것입니다. 따라서 충전속도가 느리면, 부하가 급격하게 증가할 경우에 전압이 급격하게 하락할 수 있습니다. 이러한 상황을 방지하기 위해서는 충전속도가 빠른 커패시터를 선택하는 것이 좋습니다.

$$102 \Rightarrow 10 \times 10^2 \text{pF} = 1,000 \text{pF} = 0.001 \mu\text{F}$$

$$103 \Rightarrow 10 \times 10^3 \text{pF} = 10,000 \text{pF} = 0.01 \mu\text{F}$$

$$224 \Rightarrow 22 \times 10^4 \text{pF} = 220,000 \text{pF} = 0.22 \mu\text{F}$$

$$473 \Rightarrow 47 \times 10^3 \text{pF} = 47,000 \text{pF} = 0.047 \mu\text{F}$$

-X,Y콘덴서에 대해 설명해보세요

:X,Y콘덴서는 마일러커패시터로 X커패시터는 차동모드노이즈를 효과적으로 제거함.

Y커패시터는 공통모드노이즈를 효과적으로 제거함(라인필터로 같은 효과)

결국 서지전압을 제거하는 느낌이긴함.

x,y콘덴서인 마일러커패시터는 고주파 특성이 좋아 고주파에서 임피던스 낮아 노이즈 제거에 좋음

X는 라인과 라인 사이에 위치하고 Y는 라인과 그라운드에 위치하는데 교류전압은 양쪽에서 나오기 때문에 라인-그라운드에 하나 그라운드-라인에 하나 이렇게 위치시킴.

공통, 차동 둘다 전원으로부터 나오는 노이즈인데 차동은 전원에서 나와서 전원으로 들어오는 느낌이고 공통은 전원에서 양쪽으로 노이즈가 나가는 느낌임 그래서 X가 나가는 노이즈 즉 높은 주파수를 병렬로 연결된 X로 노이즈 제거하고 다시 돌아오는걸 또 X로 제거함

Y의 경우 양쪽에서 나가는 걸 각각의 병렬로 연결된 Y가 노이즈를 제거함. 결국 X,Y나 병렬로 그라운드랑 연결되는건 커패시터외에 다른 저항 같은게 있으면 커패시터만 있을 때의 낮은 저항값이 달라질 수 있는지 그라운드에 커패시터만 다는거임 위에 바이패스설명한거랑 같음.

-인덕터의 원리 종류와 역할, 선정기준 및 발생하는 문제점을 정의해라

:인덕터는 전류로 에너지를 충전후 충전된 에너지를 전압의 형태로 부하에 공급하는 소자로 전원공급이 끊어졌을 때 부하에 전압을 공급해 회로가 정상동작하도록 도와주고 전원을 스위칭함으로써 전원과 인덕터가 부하에 전압을 공급해 전력사용을 줄여 효율을 높일 수 있음.

그 외에도 필터회로(lp, hpf 등등), 발진회로(tr, fet 등 사용해 스위칭이용하고 인덕터도 사용), 평활회로(맥류를 교류통과 안시켜 직류전압만들)등에 이용할 수 있다.

인덕터의 종류에는 칩형, 리드형, 링형, 단지형이 있고 인덕터는 $XL = 2\pi f L$ 이니 위에 커패시터 생각방식처럼 생각하면됨. 칩형은 주로 smd타입이고 용량은 칩형에서 단지형으로 갈수록 커짐. 칩형은 주로 발진, 필터 리드형은 필터, 링형은 발진, 필터 등등 단지형은 위에 전압 공급하는 로드용, 발진, 필터 등등에 사용함

그리고 인덕터로 자기결합회로(변압기) 즉 **트랜스포머**를 만들어 1차측 교류신호를 2차측으로 전달해주는 기능을 할 수 있음.

$V=L \cdot di/dt$ 로 전류의 변화에 의해 전압이 결정되는 소자여서 전원이 공급되거나 없어지는 과도상태가 되면 회로에 전류의 급격한 연속적인 변화가 일어나는데 이때 전류는 미분함수라서 연속함수임 그래서 순간적으로 높은 전압이 발생하게 되는데 이것을 서지전압이라 함. 서지전압으로 다른 부품이 망가질 수 있어 주로 순간적으로 저항을 낮춰 전압을 낮추는 식으로 부품을 보호하는 **바리스터**나 커패시터로 순간적인 전압상승을 막는 **스너버회로**를 이용해 문제를 해결함.(r이나c로 보호하는 느낌임) **TVS**로 전압 제한시켜서 막을 수도 있음(정전압?)

L이 작을수록 전류의 총방전속도가 빨라지고 충전용량이 커짐

RL회로 **시상수**= L/R

교류에서 **R**은 ($V=R \cdot I$) 전압전류 위상차없음

C는 ($V=(1/JWC) \cdot I$)은 전류가 90도 위상 더 커서 전압이 전류보다 90도 느림(뒤처짐)

전압이 90도 일때의 상태가 전류 0도의 상태와 같음

L은 ($V=JWL \cdot I$)은 전압이 90도 위상 더 커서 전압이 전류보다 90도 빠름(앞서감)

위상차가 작을수록 전력손실이 적어져 역률이 상승함

-직렬교류회로에서 전원에서 공급되는 전압을 r,l,c 나누는데 이때 전원이 가지는 위상은 저항과 같은게 아님 공급되는 전압을 전체 임피던스로 나눠서 나오는 위상을 기준으로 RLC위상 특징에따라 그리고 임피던스 값에따라 나눈다 생각하면 쉽게 생각됨

그리고 그렇게 나온 소자의 순간전압들의 합은 공급된 전압과 같음 그리고 당연히 시작의 전압들은 전부 0이고 나중에 정상상태가 됐을 때 이제 위상별로 차이가 나는거임

인덕터의 역기전력으로 인한 문제를 하기위해 다이오드를 달아서 해결함(플라이백 다이오드)

그래서 인덕터가 들어있는 릴레이나~~

인덕터의 데이터시트에 정격전류 항목에 직류 중첩 허용 전류치와 온도 상승 허용 전류치가 있음. 부하전류가 증가하면 이 부하전류의 피크전류가 인덕터의 직류 중첩 허용 전류치를 초과하면 인덕터가 자기포화를 일으켜 인덕턴스가 감소함. 그래서 인덕턴스의 감소로 인덕터의 전류변화가 커지는게 이해되게 됨.

$473 \Rightarrow 47 \cdot 10^3 \mu H = 47,000 \mu H = 47mH$

$152 \Rightarrow 15 \cdot 10^2 \mu H = 1500 \mu H = 1.5mH$

R_{dc} 는 주파수가 “제로”일 때의 값입니다. 반면에, R_{ac} 는 주파수가 높아짐에 따라 증가하여, 일반적으로 스위칭 레귤레이터의 스위칭 주파수대인 수백 kHz~수 MHz의 R_{ac} 는 R_{dc} 의 수 배~수십 배가 됩니다. 그래서 스위칭 주파수가 고주파가 되면 인덕터의 임피던스는 점점 커지니 R_{ac} 가 그만큼 크게되어 인덕터에서 소모되는 전력손실이 그만큼 거짐($P=I^2 \cdot R$ 이 공식인 이유는 R_{ac} 에서 소모되는거니까)

그리고 부하 관점에서 경부하일때는 출력전류가 작아서 DC손실이 작아 AC로 인한 손실만 있는데 중부하 일때는 DC로 인한 손실이 추가되고 최대부하일때는 DC로 인한 손실이 엄청 커지면서 손실이 엄청 거짐. 왜냐면 출력전류는 부하 즉 저항의 관점이기 때문에 당연히 DC에 관련있는거임.

코일과 커패시터의 전력손실은 내부의 저항성분에서 발생하는거임 $P=(1/2)LI^2$ 이거는 충전

되는 전력의 양 즉 무효전력의 양을 의미함. 그래서 전력손실과는 조금 다른개념인듯함
스마트폰과 같은 대기상태로 있는 경부하 상태로 보통 있는 기기의 경우 AC손실이 대부분
임 근데 이러한 기기에 R_{ac} 가 큰 인덕터를 사용한다면 그만큼 AC손실이 커짐 그말은 배터
리 즉 부하로 보내는 전력이 작아지니 배터리의 수명이 짧아진다는 거임.

참고로, 삼각파의 실효 전류는 피크전류의 $1/\sqrt{3}$ 로, AC 손실이 됩니다. 온도 상승 허용 전류
보다 큰 전류를 흘리면 발열이 커져, 인덕터뿐만 아니라 주변 부품의 신뢰성도 저하시킬 가
능성이 있습니다. 또한, 발열이 허용되지 않는 레벨에 이르면, 와이어의 절연 불량을 일으켜
소손 (燒損) 될 가능성도 있습니다.

-코일

코일 즉 도선에 전류가 흐르면 자장이 일어나고 자장이 시간에 따라 변화가 생기면 전압이
발생한다. 변화가 없다면 전압이 발생하지 않는다. 도선 즉 라인에 전류 흐르는걸 인덕터라
하는데 이 도선의 인덕터 값은 매우작아 임피던스가 거의 0에 가까워 회로해석할 때 고려
하지 않는거임. 근데 GHz이상의 고주파일땐 도선의 임피던스가 커지니 무시 못한다. 그리
고 도선의 직선보다 꺾여지는 지점에서 임피던스가 높아져 수직을 피하는거임.

-커패시터

커패시터는 전기장을 형성하는데 원리를 말하면 2단자인 어떤 물체에 전압을 인가하니 물
체에 모여있는 차지의 양이 변할 때 커패시터가 존재한다고 한다. 차지 $Q=C*V$ 로부터
 $I=c*dv/dt$ 가 나오게됨. 만약 전압이 변화했는데 모여있는 차지가 변하지 않으면 커패시터
성분이 없다는거임. 즉 차지가 변화한다는건 커패시터처럼 절연층을 이용하여 차지를 모으
거나 다이오드에서 캐리어가 넘어가서 차지가 변하는걸 말함.

지나가는 차지= 전류, 모여있는 차지의 변화=커패시터 그래서 C가 크면 차지가 빨리 모였
다 빨리 사라지는걸 반복하므로 전류가 매우 잘 흐른다고 볼 수 있어 쇼트라고 하는거임.

인덕터와 커패시터의 에너지 충전,방전은 커패시터의경우 전압이 충전되는걸 에너지충전 인
덕터의 경우 전류가 충전되는걸 에너지 충전이라함 그래서 트랜스포머에서 1차측 전류가
충전될 때 에너지 충전되고 그래서 2차측에도 전류가 충전된다.

-저항 등가회로, 데이터시트

저항의 특성

- 1.댐핑저항: 노이즈 감쇄, 과도전압 감쇄
 - 2.전류제한: LED밝기조절, 소스 신호의 전류 값 조절
 - 3.풀업/풀다운: IC포트의 디폴트 상태를 저항으로 설정(쓰래기 값을 없앴=플로팅없앴)
 - 4.전압분배: 전압분배를 통해 원하는 출력을 만듦
- 등등

< 칩 저항 크기별 정격전력 >



DOAMS
ELECTRONICS
LABORATORY
<http://blog.naver.com/ano08tis4067>

인치 코드	인치 크기 (L X W)	밀리미터 코드	밀리미터 크기 (L X W)	정격전력
0201	0.024" X 0.012"	0603	0.6mm X 0.3mm	0.05W
0402	0.04" X 0.02"	1005	1.0mm X 0.5mm	0.0625W
0603	0.063" X 0.031"	1608	1.6mm X 0.8mm	0.1W
0805	0.08" X 0.05"	2012	2.0mm X 1.25mm	0.125W
1206	0.126" X 0.063"	3216	3.2mm X 1.6mm	0.25W
1210	0.126" X 0.10"	3225	3.2mm X 2.5mm	0.333W
1812	0.18" X 0.12"	4532	4.5mm X 3.2mm	0.5W
2010	0.20" X 0.10"	5025	5.0mm X 2.5mm	0.75W
2512	0.25" X 0.12"	6332	6.35mm X 3.2mm	1W

3. RCWV(Rated Continuous Working Voltage) 판정

저항 설계의 마지막으로 RCWV(Rated Continuous Working Voltage)를 판정하여 최종적으로 설계에 사용할 저항을 지정합니다. RCWV는 지속적인 동작을 보장하는 정격 전압을 산출하는 계산식이라 할 수 있습니다. 이와 같은 RCWV를 계산하여 검토할 경우 회로의 동작 신뢰성을 보장할 수 있습니다. 한편 RCWV를 계산하는 수식은 아래와 같습니다.

$$RCWV = \sqrt{\text{Resistor Rated Power} \times \text{Resistor Value}}$$

전력 $P=I^2R$ 으로 저항값 높아서 전력소비 고려해야함. 근데 저항 너무 높으면 외부 노이즈에 의해 전압 및 전류의 신호 왜곡되거나 원치않는 동작될 수 도 있음

RCWV는 설계하고자 하는 저항에 걸리는 전압의 최소 3배의 값을 선정하는 것이 바람직합니다. 전원이 처음 인가될 때 발생하는 Voltage Transient 등을 고려한다면 최소 3배 이상의 RCWV가 보장되도록 설계하는 것이 좋음. 저항에 5V 흘러야되면 RCWV는 15V이상

-커패시터의 등가회로, 데이터시트, 리플전류와 ESR, 누설전류

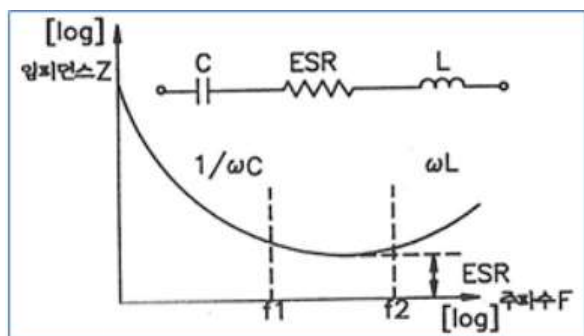
커패시터의 리플전류와 ESR을 보면 $p=(\text{리플전류의 제곱}) \times \text{ESR}$ 이 무효전력이 아닌 커패시터에서 소비하는 전력임 그래서 열이 발생해 커패시터 내부의 온도를 높여 커패시터의 수명을 깎음. 용량작을수록 발열이 많이나고 용량크면 발열적게나는데 비쌘. 용량커지면 ESR 작아지고 리플전류가 좀 더 커지긴하는데 소비전력작음 ESR이 작은 커패시터를 쓸수록 전력손실을 줄일 수 있고 ESR이 작으면 그만큼 고주파수 일 때 임피던스가 작아지니 그라운드에 연결함으로서 바이패스로 사용해 고주파제거에 좋음. 리플전압은 충전전할 때 충전해서나온 최대치와 방전해서 나온 최대치를 빼면됨. 반면에 리플 전류(I)는 커패시터를 통과해 흐르는 AC 전류로 즉 리플전압 발생하는 C에 흐르는 전류를 말하며 자세히 말하면 리플전류는 이렇게 돌입전류 포함해서 충전전하는 시간동안 흐르는 전류를 실효치로 표현한 수치가 리플전류임. 돌입전류는 리플전류안에 속하는걸로 보였는데 돌입전류는 충전 시작할 때 급격한 변화순간 커패시터에 흐르는 전류임.

ESR이 낮으면 리플전류가 커짐 그래서 고주파에서 사용하기 좋은 ESR이 작은 모노,마일러, 세라믹은 리플전류가 클거임 즉 리플전류는 총 충전방전간 전류 많이 흐르면 리플전류 큰거니 ESR작아지면 고주파에서 그만큼 임피던스 작아진거니 흐르는 전류 커질거임 그리고 애초에 충전방전이 고주파 즉 교류성분이니 dc인 정상상태는 고려안함.

결론은 용량크거나 고주파에서 사용하는 커패시터가 ESR이 작고 그만큼 리플전류 큼 그리고 소비전력은 리플전류가 제곱이라 하더라도 ESR이 작으면 소비전력 더 작아서 열 적게남 누설전류는 커패시터의 절연체가 완벽하지 않기 때문에 누설되는 전류임. 즉 DC 누설 전류는 전압이 적용될 때 커패시터를 통해 흐르는 이 작은 전류를 말합니다. 과도상태가아닌 정상상태에서 커패시터는 dc니 오픈이라 전류 안흐르는데 이상적이지 않아 흐르게 되는 전류를 의미함.

탄탈이나 알루미늄인 전해콘덴서는 누설전류크고 세라믹,플라스틱,호일인 필름 콘덴서(세라믹,마일러,모노?)는 작음 그리고 매우 작은 누설전류를 절연저항이라고함. 증폭기나 작은 신호다룰 땐 누설전류 작아야함 그래서 세라믹처럼 누설전류 작은걸 커플링같은 곳에 사용함 MLCC(적층세라믹커패시터)는 ESR과 ESL이 매우작음

그리고 ESL성분이 클수록 서지가 커지고 고주파에서 주파수특성이 안좋아지니 작은게 좋음



$$P_{rms} = ESR \cdot I_{rms}^2$$

$$I_{rms} = \sqrt{\int_0^{T_{load}} (I_{charging})^2 dt + \int_{T_{load}}^{T_{period}} (I_{discharging})^2 dt}$$

I_{rms} =리플 전류로 커패시터 사용할 때 커패시터에 흐르는 전류로 보였됨

리플 전류에 의해 발생하는 열은 전류의 rms 값의 제곱과 커패시터의 ESR (R)의 곱과 같습니다. 반면에 누설 전류는 전류와 인가된 전압의 곱과 같은 열을 발생시킵니다.

오늘날 대부분의 고성능 회로는 매우 낮은 ESR 커패시터를 요구하는 높은 스위칭 속도, 높은 전류 및 낮은 전압에서 작동합니다

품질 계수는 커패시터가 이론적으로 순수한 커패시터로서 동작하는 정도에 대한 측정으로, 이는 손실 계수(dissipation factor, DF)의 역수입니다.

DF는 $\tan\delta$ 로 표시하고 값이 클수록 그만큼 손실이 크다는 거임. 손실이 클수록 열이 많이 발생하니 커패시터의 수명을 단축시킴 이 $\tan\delta$ 는 주파수에 따라 달라서

ESR은 변함이 없으니 이걸로 손실을 파악함

특정 커패시턴스 범위에 부합하는 정밀한 인덕턴스 코일을 사용하는 Q 미터로 정확한 Q 값을 얻을 수 있습니다. 0.5~330pF 범위에 걸쳐 적절하게 측정하기 위해서는 대체로 여러 개의 코일이 필요합니다. 330pF를 초과하는 커패시터의 경우, 손실 계수에 역수를 취하여 품질 계수를 계산할 수 있습니다(공식 1 참조).

image

커패시터의 허용 리플 전류는 얼마인가요?

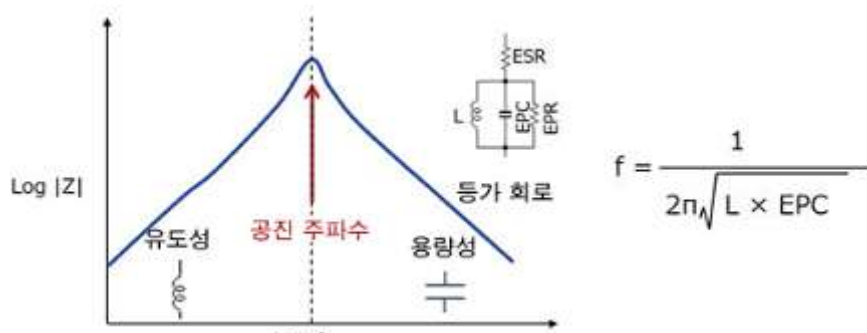
커패시터에서 전압의 오르내림이 발생할 경우, 이에 대한 반응으로 충전 또는 방전 전류가 커패시터로 들어가거나 나오게 됩니다. 커패시터로 들어가거나 나오는 전류를 리플 전류라고 합니다. 이 전류는 원론적으로는 직류가 아니기 때문에 유효 값으로 표시됩니다. 커패시터는 리플 전류가 있으면 열을 발생시키기 때문에 상한은 반드시 설정되어야 하며, 이 상한 값이 허용 리플 전류로 알려진 값입니다.

rc시간지연이란 과도응답상태를 말하는거임. 이게 문제가 되는게 총방전이 느리면 스위칭시에 총방전이 스위칭속도를 못따라 갈수도 있어서 문제가 발생함.

커패시터 높게는 20프로 낮게는 5프로

DOAMS
ELECTRONICS
LABORATORY
0uf 10uf
<http://www.dams.com> 800-655-4067

-인덕터의 등가회로, 데이터시트, 공진과 임피던스매칭



등가회로는 이런형태인데 두 번째 페이지의 커패시터와 인덕터의 등가회로가 맞는건데 굳이 병렬 저항은 신경 안써도 된다 중요한건 EPC이다. ESR=RDC임

임피던스 그래프는 커패시터 때와는 반대이다.

커패시터,인덕터가 있으니 커패시터때도 그렇고 당연히 공진이 발생하고 커패시터때는 커패시터와 인덕터가 직렬인 직렬공진회로니 임피던스가 제일 작은 즉 전압을 0에 가깝게 하기 위함이고 인덕터에서는 커패시터와 인덕터가 병렬인 병렬공진회로이므로 임피던스가 꽤 큰 전류가 0에 가깝게 하기 위함임 그냥 간단하게 보면 직렬공진회로는 주파수 변화에 따라 리액턴스(X) 부분이 0 이되는 회로이고 병렬공진회로는 주파수 변화에 따라 서셉턴스(B) 부분이 0 이되는 회로입니다. 리액턴스=1/서셉턴스임 공진은 허수임피던스를 0으로 만듦

직렬에서 $R + (WL - 1/WC)$ 이니 $(WL - 1/WC) = 0$ 이 되면 R만 남아 임피던스 최저

병렬에선 $1/(1/R + (1/WL) - WC)$ 니까 $(1/WL) - WC = 0$ 가 되면 $1/R$ 만 남으니 임피던스 최대

즉 직렬에서 임피던스 최소값이 ESR이고 병렬에선 임피던스 최대값이 EPR(RAC)임

다다음페이지에 설명됨

중요!! 공진의 장점은 공진시 리액턴스(허수임피던스)가 0이되니 전력면에서 무효전력이 낮아지니 역률이 좋아져 전력효율이 좋아지고 신호면에서 리액턴스 성분으로 인한 위상지연이 줄어드니 왜곡이 줄어든다.

임피던스 매칭도 공진임 임피던스 매칭시 최대전력전송이 되어 전력효율이 좋아지고 신호의 흐름을 좋게 만듦 교류에서 임피던스 매칭을 하려면 허수임피던스의 크기는 같게 부호는 반대로 하는데 이걸 앞에서 공진과 비교하면 직렬로 봤을 때 임피던스를 합치면 결국 허수 임피던스=0이 되어 공진이 되는거다.

임피던스 매칭은 입출력간의 저항의 값은 맞추고 리액턴스는 상쇄시키는 거임 그래서 R값은 같게 하고 입력X=-출력X 이런의미임 즉 인덕터와 커패시터 모임인 리액턴스의 크기는 같게 부호는 반대로 만든다는거임

다음장에 계속

· 공칭 인덕턴스
측정 주파수 100KHz에서의 인덕턴스 값.

· 자기 공진 주파수
인덕턴스와 부유 용량으로 공진하는 주파수.
인덕터로서 기능하는 한계의 주파수.

● NR 3015 쉴드 타입

형명	EHS	공칭 인덕턴스 [μH]	인덕턴스 허용차	자기 공진 주파수 [MHz] (min.)	직류 저항 [Ω] (±20%)	정격전류 I _R [mA]		측정 주파수 [kHz]
						직류 중첩 허용 전류 : I _{dc1} Max.	온도 상승 허용 전류 : I _{dc2} Max.	
NR 3015T 1R0N	RoHS	1.0	±30%	100	0.030	2,100	2,100	100
NR 3015T 1R5N	RoHS	1.5	±30%	87	0.040	1,800	1,820	100
NR 3015T 2R2M	RoHS	2.2	±20%	64	0.060	1,480	1,500	100
NR 3015T 3R3M	RoHS	3.3	±20%	49	0.080	1,210	1,230	100
NR 3015T 4R7M	RoHS	4.7	±20%	40	0.120	1,020	1,040	100
NR 3015T 6R8M	RoHS	6.8	±20%	36	0.160	870	880	100
NR 3015T 100M	RoHS	10	±20%	28	0.220	700	710	100
NR 3015T 150M	RoHS	15	±20%	23	0.360	560	560	100
NR 3015T 220M	RoHS	22	±20%	20	0.520	470	470	100
NR 3015T 330M	RoHS	33	±20%	18	0.840	390	370	100
NR 3015T 470M	RoHS	47	±20%	17	1.34	320	300	100

· 직류 저항
직류 인가 시의 저항분.
권선의 저항이 주요.

· 직류 중첩 허용 전류
직류 중첩으로 인덕턴스 값이 -10%~30%
(아이템에 따라 규정이 상이함)가 되는 전류치.
NR 시리즈의 경우는 -30%이다.

· 온도 상승 허용 전류
직류 전류 인가 시의 온도 상승이 20℃~40℃
(아이템에 따라 규정이 상이함)가 되는 전류치.
NR 시리즈의 경우는 40℃이다.

일반적으로 정격전류가 하나로 규정되어 있는 경우, 직류 중첩 또는 온도 상승 중 작은 쪽으로 규정된다.

공칭 인덕턴스는 필수 항목입니다. 측정 주파수는 표를 통해 알 수 있듯이 100kHz이며, 허용차는 ±30%입니다.

자기 공진 주파수는, 인덕터로서 기능하는 한계의 주파수입니다. 여기에서는 최소값이 보증되어 있습니다. 최저한으로 기재된 주파수까지는 기능한다는 것을 나타냅니다.

직류 저항은, 권선의 저항이 주요하므로, ±20% 허용차가 조건으로 제시되어 있습니다.

정격전류는, 조건을 잘 확인해야 하는 항목 중 하나입니다. 정격전류의 항목 중 하나로서 직류 중첩 허용 전류가 규정되어 있으며, 이러한 인덕터의 경우 직류 중첩으로 인덕턴스가 -30%가 되는 전류치의 최대치가 표시되어 있습니다. 메이커 및 제품에 따라서는 -10%~-30%로 조건이 상이합니다.

정격전류의 다른 항목으로서, 온도 상승 허용 전류가 규정되어 있습니다. 직류 전류 인가 시의 온도 상승이 40℃가 되는 전류치의 최대치가 규정되어 있으며, 마찬가지로 메이커 및 제품에 따라 20℃~40℃로 조건이 상이합니다.

인덕터의 다른 데이터시트 분석

Part number ¹	Inductance ² ±20% (µH)	DCR (mOhms) ³		SRF typ ⁴ (MHz)	Isat (A) ⁵			Irms (A) ⁶	
		typ	max		10% drop	20% drop	30% drop	20°C rise	40°C rise
XFL4020-121ME_	0.12	1.45	1.60	210	9.1	12.9	13.7	17.5	22.0
XFL4020-241ME_	0.24	2.45	2.70	125	6.1	9.5	10.2	15.0	20.0
XFL4020-331ME_	0.33	3.20	3.85	98	5.9	7.4	7.8	12.5	17.5
XFL4020-471ME_	0.47	4.40	5.10	83	4.6	6.6	7.5	12.0	17.0
XFL4020-561ME_	0.56	5.53	6.15	78	4.6	6.0	6.3	9.5	13.0
XFL4020-102ME_	1.0	10.80	11.90	64	4.5	5.1	5.4	8.0	11.0
XFL4020-152ME_	1.5	14.40	15.80	59	4.1	4.4	4.6	6.7	9.1
XFL4020-222ME_	2.2	21.35	23.50	38	3.1	3.5	3.7	6.0	8.0
XFL4020-332ME_	3.3	34.80	38.30	33	2.7	2.8	2.9	3.9	5.2
XFL4020-472ME_	4.7	52.20	57.40	26	2.0	2.5	2.7	3.6	5.0

1. DCR (직렬 저항)

DCR은 말 그대로 직렬 성분의 저항값을 의미합니다. 코일이란 결국 동선을 돌돌돌 말아놓은 것이기 때문에, 와이어에 의한 저항값이 존재할 수밖에 없습니다. 여기서 한 가지 기억하면 좋을 것은, 현재 같은 사이즈의 파워 인덕터 데이터시트를 보고 있기 때문에 L 값이 증가할수록 자연히 DCR 값도 증가한다는 사실입니다.

코어가 같은 사이즈이므로, L 값이 높다는 것은 많이 감았다는 것이고 그러려면 작은 굵기의 에나멜 동선을(비교적 높은 저항) 여러 번 감았다는 것과 동일하다는 의미가 됩니다.

따라서 L 값이 증가할수록 DCR 값도 자연히 증가합니다.

2. Isat (포화 전류)

두 번째로 Isat은 sat에서 예상할 수 있듯 포화 전류 값을 의미합니다. 인덕터의 동선에 너무 많은 전류가 흐르면 코어가 견딜 수가 없어 포화가 되는 현상이 나타납니다. 인덕터가 포화되면 L 값이 떨어지고 단순한 저항으로 바뀌어 버립니다. 따라서 적절한 전류 범위 내에서 사용하는 것이 좋겠죠? 물론, 한계치를 넘었다고 해서 바로 인덕턴스 값이 0이 되어 버리는 것은 아니네요. 데이터시트에서 보는 것처럼 전류 값이 증가할수록 서서히 감소합니다.

L 값이 낮을수록 포화 전류가 높다는 사실을 알 수 있는데, 이는 적게 감았기 때문입니다. 포화 값은 암페어 턴과 관련이 있는데요, 여기서 암페어 턴이란 '전류 X 턴 수'의 값을 의미합니다. 턴 수를 적게 했으니 더 많은 전류를 흘려줄 수 있구나 이해하시면 됩니다. ^^

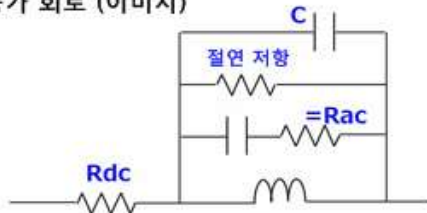
3. Irms

인덕터에 흐르는 전류의 파형은 대개 리플을 가지고 있으므로, rms 값으로써 표현을 하게 되는데요. 데이터시트에서 나오는 Irms는 허용할 수 있는 전류 값이라기보다는 온도의 상승을 고려한 값입니다. 위 데이터시트에서 가장 위에 있는 0.12uH의 인덕터를 예로 들면, 20도 증가와 40도 증가에 대해 각각 17.5A와 22A라는 항목을 볼 수 있는데요.

이 의미는 17.5A를 흘려줄 때 20도의 온도가 증가한다는 것을 의미합니다.(주변 상온 조건) 따라서 설계한 제품이 어떠한 환경에서 사용되고 흘려줄 전류를 따져보면 안정적인 범위 내에서 사용을 할 수 있을지 검토를 할 수 있는데요. 앞서 말씀드렸던 Isat과 생각해 보면 전류를 많이 흘려줄수록 L 값이 떨어지므로 같이 생각해 봐야 합니다.

srf=자기 공진 주파수=윗페이지에서 설명함

등가 회로 (이미지)



Rdc : 주로 권선의 직류 저항 (동손 - copper loss)

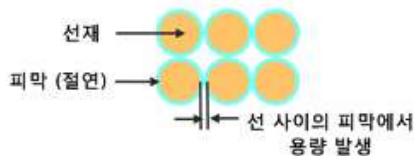
Rac : 주로 코어 재료의 손실. 큰 주파수 특성을 지님

절연 저항 : 재료 자체의 직류 저항

Q : 인덕터의 성능 지표

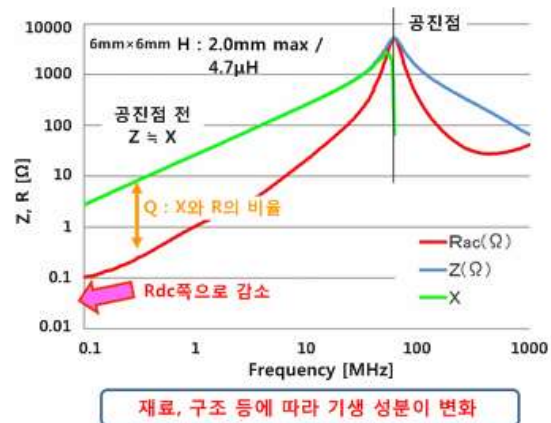
$$Q = \frac{X (= \omega L)}{R (= Rac)}$$

C : 용량분 (주로 선간 용량. 공진점에 크게 영향)



등가 회로를 통해 설명하겠습니다. Rdc(ESR)는, 주로 권선의 직류 저항으로, 동손 (copper loss)이라고도 합니다. 이것은 인덕터와 직렬의 성분이 됩니다. Rac(EPR)는 주로 코어 재료의 손실로, 철손 (iron loss)이라고 합니다. 용량과 저항으로 나타내고 있으므로, 주파수 특성을 지닙니다. 주파수가 높으면 임피던스가 저하되어 손실이 증가합니다. 절연 저항은 누설 전류에 해당하는 직류 저항입니다. 용량은, 권선이 우레탄 등의 피막으로 절연되어 있으므로, 권선 사이에 절연물이 존재하는 도체, 즉 콘덴서와 동일한 구조가 되기 때문에 발생합니다. 이 선간 용량이 주된 용량으로, 공진점에 큰 영향을 미칩니다.

인덕터의 기본 특성을 주파수와 저항 / 임피던스의 그래프로 나타냈습니다. 6mm×6mm, 두께 2mm인 4.7μH의 인덕터의 예로, 적색 선은 Rac / 철손, 청색 선은 임피던스, 녹색 선은 X (ωL)입니다.



앞에서 설명한 바와 같이, 용량을 지니므로 공진점이 있습니다. 녹색 선의 X는, 공진점 이후의 주파수에서는 콘덴서 주체의 특성을 나타내며, 주파수가 상승할수록 임피던스가 저하됩니다. Rac는 주파수가 상승하면 증가합니다. Rdc는 직류 (0Hz) 시의 Rac입니다.

-트랜스포머 정의와 역할, 종류 선정기준

:**트랜스포머**는 변압기로 ac신호를 전달하는데 자세히 말하면 1차측 에너지를 2차로 전달하는 용도로 인덕터에 전류가 흐르면 자속이 발생하고 자속으로 전압이 발생되는데 이 때의 자속이 2차측에 영향을 줘 2차측에 전압이 발생하는 원리임.

트랜스의 종류에는 **리니어파워트랜스(철)**, **전류트랜스(니켈코어)**, **초퍼트랜스(페라이트코어)**

내가 만든 **smmps**는 **초퍼트랜스** 즉 **페라이트코어**를 사용했다. **초퍼트랜스**는 다른 트랜스와 다르게 사용가능한 주파수가 높음(20khz이상 나머지는 1khz이하) 트랜스는 고주파일수록 소형화가 되기 때문에 초퍼트랜스를 쓰는게 전원회로 구성할 때 유용함. 그래서 리니어전원회로를 구성할 때 간단히 회로 구성이 가능한 리니어파워트랜스를 주로 강압변압기로 사용함. 전류트랜스는 선형성이 우수해 교류회로에서 전류 전달,감지용으로 주로 사용 리니어파워트랜스만 선형성나쁨

페라이트 코어는 리드형, 링형, 원통형, 코어분리형 등이 있고 회로에 흐르는 노이즈제거에 좋음(인덕터니까 직렬로 연결하겠지??) 그래서 스위칭신호를 2차 측에 전달할 때 실려오는 스위칭 노이즈를 페라이트 코어가 줄여줘서 좋은 듯??

- 페라이트 코어는 주로 노이즈 제거에 이용하는데 이러한 노이즈는 고주파 성분으로 짧은 시간에 아주 많은 변화가 있어 제거를 해야한다. 페라이트코어를 사용하면 인덕턴스 성분이 커져 인덕턴스 성분의 증가로 임피던스가 증가하니 고주파 신호를 막아주게 된다.

이렇게 노이즈 성분 제거에 좋아 페라이트 코어를 사용한 트랜스를 사용해 손실을 줄이는 거임

간단하게 보면 그냥 페라이트코어를 쓰면 고주파시에 발생하는 노이즈 즉 손실을 줄일 수 있다는 의미임

관계	저항(R)	커패시터(C)	인덕터(L)
$v-i$	$v=iR$	$v=\frac{1}{C}\int_{t_0}^t i(\tau)d\tau+v(t_0)$	$v=L\frac{di}{dt}$
$i-v$	$i=\frac{v}{R}$	$i=C\frac{dv}{dt}$	$i=\frac{1}{L}\int_{t_0}^t v(\tau)d\tau+i(t_0)$
p 또는 w	$p=i^2R=\frac{v^2}{R}$	$w=\frac{1}{2}Cv^2$	$w=\frac{1}{2}Li^2$
직렬 연결	$R_{eq}=R_1+R_2$	$C_{eq}=\frac{C_1C_2}{C_1+C_2}$	$L_{eq}=L_1+L_2$
병렬 연결	$R_{eq}=\frac{R_1R_2}{R_1+R_2}$	$C_{eq}=C_1+C_2$	$L_{eq}=\frac{L_1L_2}{L_1+L_2}$
직류일 때	같음	개방회로	단락회로
갑자기 변할 수 없는 회로 변수	해당되지 않음	전압	전류

-다이오드의 원리 종류와 역할, 선정기준 및 발생하는 문제점을 정의해라(제너도)

(전자회로 파트의 다이오드부분보기 요약하자면 순방향일 때 문턱전압 이상의 전압 필요하고 그 이하는 역방향임. 순방향일 때는 다이오드에는 문턱전압이상이 걸리고 전압 많이 걸릴 수록 다이오드에 흐르는 전류 기하급수적으로 커짐 이때 스위치 on이라 보며되고 on 전압을 다이오드에 걸리는전압으로 보며됨 역방향 일때는 스위치 off라 봐서 다이오드의 저항값이 매우 커진다고 보며되서 거의 모든 전압이 다이오드에 걸릴꺼임 이때 다이오드에 흐르는 전류를 역방향 포화 전류라 하고 이게 누설전류임 그리고 항복전압 이상의 역방향 전압이 인가되면 다이오드가 breakdown됨 이런식으로 동작해 다이오드와 저항이 병렬일 땐 다이오드가 on이면 다이오드의 저항값작으니 다이오드 쪽으로 전류 다 흐를거고 다이오드 off면 다이오드의 저항값커지니 저항쪽으로 전류가 다 흐를거임 이런식으로 해석하면 됨 다이오드의 등가회로는 저항과 커패시터로 구성됨 그리고 온도특성은 온도가 증가할수록 문턱전압이 감소하는 형태임 그래서 bjt도 같은식임

그리고 순방향과 역방향 모두 내부 커패시터가 존재해서 스위칭이 빨라 급격하게 전압 변경되면 돌입전류 발생할수 있음 그리고 순방향 커패시터가 역방향보다 용량 더 큼, 커패시터는 AC일 때만 고려하면 됨 DC에서 커패시터쓰는거 보면 거의 스위칭으로 충전방전 이렇게 썸 그거보면 그것도 AC로 쓴거랑 마찬가지로

그리고 순방향은 디퓨전 전류에 의해 역방향은 디플리션영역의 확장으로 인한 드리프트 전류로 전류가 발생함,

그리고 역회복시간 trr이라는 on에서 off될 때 이상적으로 바로 변경되지않고 스위칭할 때 역방향 전류가 역방향 포화전류만큼의 크기가 들어오는게 아닌 on에서 흐르던 것처럼 순간적으로 다이오드의 저항값이 커지지않고 작은상태 유지되서 많이 흐르다 저항값 점점 커지며 역방향포화전류만큼의 전류 흐르는데 까지 걸리는 시간이 역회복시간임 이게 작을수록 좋음 쇼트키다이오드같은게 회복시간빨라 빠른 스위칭에 사용함 그리고 다이오드 열폭주도 있음)

:다이오드는 한쪽방향으로 전류를 흐르게 하는 소자로 즉 전류의 ON/OFF를 결정하는 소자로 순방향일 때는 다이오드소자마다 다르지만 $V_F=0.6V, 1V, 1.8V$ 등등 의 전압이상이면 전류가 다이오드에 흘러 회로에 공급된다. 이때 **V_F 전압을 문턱전압**이라함 역방향일 때는 다이오드의 **항복전압** 이상일땐 다이오드가 망가지고 그 이하까지는 전류가 흐르는걸 막아 회로에 전류가 공급이 안된다. 근데 회로 전체의 전압은 유지되어야하니 어떻게보면 전류 통과 안시킬땐 다이오드에 모든 전압 실린다는 말이기도 함. 그래서 여유있는 **항복전압**을 설정해주는게 좋음

쉽게 말해서 순방향일 때 다이오드가 저항 매우 낮은 쇼트느낌이라 전류 쉽게 흐르고 역방향일 때 저항 매우 높은 오픈 상태라 전류 흐르기 힘든 느낌임

그리고 **다이오드의 역회복시간(trr)**이 짧은 부품일수록 다이오드가 ON상태에서 OFF되기까지의 시간이 짧음 이상적으로는 전류가 통과하다가 OFF되면 전류가 하나도 통과하면 안되지만 순간적으로 통과되는 시간을 말하는거임 이 누설전류가 커질수록 손실이 커짐. 그래서 **스위칭다이오드(1n4148, 1n5819)**의 경우 trr이 좋음.

1n4148은 **소신호다이오드** 즉 신호전달용으로도 썸

정류다이오드(1n4007)는 주로 정류용으로 사용해 평활회로(교류를 직류로만듬, 정류회로)등에 사용함. 평활회로에서 리플 줄이려면 커패시터의 용량 높이면 충전 느려져서 리플 줄어듬

정류다이오드 600v,1000v와 같이 내압이 높아 1차측 정류작용에 주로사용하고 낮은 순방향 전압과 고속스위칭(trr이 좋은 다이오드) 등의 장점이있음

근데 **다이오드내압**이란 다이오드 역전압 최대전압을 의미하는거임

평활회로에서 저항과 커패시터가 클수록 충방전이 느려져 리플이 적어짐

쇼트키다이오드(1n5819,rf1001t2d)는 내압이작아 전원회로 2차측의 정류회로에 주로 사용하고 장점으로 낮은 Vf로 저손실, 고속스위칭(trr이 좋은 다이오드). 단점으로는 내압(내압 고려해서 설계하면됨)이 200v정도로 낮음(더 높은것도 있을것임) 높은 Ir로 잘못설계하면 열폭주의 위험이 있음. **열폭주란** 쇼트키다이오드를 예로들면 특성상 순방향으로 대전류가 흘러 발열하는데 발열할수록 누설전류(ir,역방향전류,위의trr에서 적은 전류)가 증대하여 동시에 케이스 온도 및 주위온도가 상승해 처음엔 자기발열이지만 주위온도가 상승해 ir이 더 증가해 자기발열이 더심해지고 이게 반복되어 회로가 망가짐 그래서 방열판이나 올바른 배치 등 방열이 잘되게 설계해야함. 열폭주는 다이오드, tr등에 주로 있음 fet는 잘 없음.

제너다이오드(1n4728)는 주로 정전압회로에 이용되고 역방향으로 배치해 항복전압을 이용하는 소자로 5v제너다이오드의 경우 병렬로 배치해 제너다이오드 앞에 5v이상이 걸릴 때 5v의 전압으로 정전압시켜줌. 제너다이오드의 **항복전압 즉 내압**을 구성할 땐 인가되는 **전압의 2배 이상**으로 크게하는게 좋음. 제너 선정할 때 전류기준으로 계산해서 정하면됨

TVS다이오드(과전압보호다이오드) 서지전압 제거용으로 평상시에 계속 동작하는 제너와 다르게 고전압이 발생할 때 작용해 보호하려는 소자의 병렬로 달아서 보호함.

LED는 다이오드의 일종으로 문턱전압 이상의 전압이 흐르면 LED가 발광하여 발광다이오드라 함 보통 VF=1.8V 이때의 IF=10mA정도로 함 다른것도 많음

-누설전류

:누설전류(leakage current)란 전기소자에서 원래 흐르지 않아야 할 전류로서, 다른 전극에서 다른 전극으로 비정상적으로 흐르는 전류를 의미합니다. 이러한 누설전류는 전자소자의 정상적인 작동을 방해하고 전력 손실을 초래할 수 있습니다. 이는 전기소자의 제조 과정에서 발생하는 기술적 한계와 결합된 결과입니다. 누설전류는 전기소자의 종류와 작동 모드, 온도 등에 따라 다르게 나타날 수 있습니다. 전기소자 설계 및 사용 시에는 누설전류를 최소화하고 효율적인 작동을 위해 고려해야 합니다.

정상 동작에서는 예상되는 전류 범위 내에서 동작해야 하지만, 누설 전류가 발생하면 이론적으로는 정상 동작 범위를 벗어나게 됩니다. 따라서 누설 전류를 일종의 비정상 동작으로 간주하고, 이로 인해 발생하는 열폭주 등의 부작용을 누설 전류로 표현하기도 합니다.

누설 전류(leakage current)가 존재한다는 것이다. 누설 전류란 전류가 흘러야 할 곳이 아닌 다른 곳으로 흘러버리는 현상이다. 전류가 새는 것인데 이는 Transistor 본래의 동작에 기여하지 못한 채 **소비전류만을 늘리게 된다.**

-**다이오드의 누설전류**는 역방향포화전류 즉 역방향으로 전압인가 됐을 때 흐르는 전류가 누설전류임

-**bjt의 누설전류**도 마찬가지로 역방향인 부분에서 발생하는데

액티브인 증폭측면에서 보면 베이스기준 컬렉터 쪽으로는 역방향이고 이미터는 순방향이라 컬렉터쪽에서 누설전류 발생

컷오프는 베이스 기준으로 양쪽 다 역방향이기 때문에 두 곳 모두에서 누설전류 발생한다.

세추레이션은 양쪽 모두 순방향이기 때문에 누설전류가 발생하지 않는다.

전류는 임피던스가 가장 작은 곳을 따라 흐르는 경향이 있는데 증폭을 예로들면 역방향인 베이스-컬렉터는 임피던스가 크고 순방향인 베이스-에미터는 임피던스가 작다. 그래서 순방향쪽으로 전류가 많이 흐른다. 그래서 역방향쪽에는 전류 매우 조금 흐르고 순방향에서 많이 흐르는데 역방향은 내가 원하는 방향의 전류가 아니기 때문에 누설전류라 하는거다.

bjt 기준으로 열폭주가 발생했을 때는 온도가 상승하면 전하의 이동이 쉬워져 증폭률이 증가해 출력전류가 상승하고 출력전류상승으로 소자의 온도가 더욱 상승하고 출력전류가 더욱 상승해 결국엔 소자가 망가진다. 그래서 증폭에서는 R_e 저항을 달아 온도변화에 미비하게 만들고 R_e 저항에 사이드이펙트인 증폭률 감소는 병렬로 C_e 커패시터를 달아 해결한다. 그리고 R_e 저항의 장점으로 입력저항을 증가시켜주는 효과가 있다. 그리고 열폭주는 베이스-에미터에서 발생한다. i_{cbo} , i_{ceo} 이런게 bjt의 누설전류인데 o는 오픈이라 보인된다. i_{cbo} 는 에미터 오픈, i_{ceo} 는 베이스 오픈 했을 때 누설 전류 발생하는거 말하고 i_{ceo} 가 i_{cbo} 보다 훨씬 크다.

-fet에서의 누설전류는 게이트-소스와 드레인-소스에서의 breakdown(브레이크다운)현상과 드레인-소스에서의 punch through(펀치스루)현상이 있는데

게이트-소스의 브레이크다운현상은 v_{gs} 가 매우 크면 절연층이 망가져 소자가 파괴됨을 말함
드레인-소스의 브레이크다운현상은 v_{ds} 가 매우 크면 드레인-소스에 병렬로 연결된 역방향 다이오드에 매우 높은 역방향 바이어스가 인가되어 다이오드의 breakdown이 되어 매우 높은 전류가 흐른다(다이오드입장에서는 역방향 전류이지만 fet의 드레인에서 소스로 전류 흐르는거임 그리고 역방향인 다이오드를 병렬로다는 이유는 전선과 같은 인덕턴스 성분으로 인해 스위칭시 서지전압이 역방향으로 생겼을 때 역방향 다이오드입장에서 순방향이기 때문에 문턱전압의 크기를 다이오드가 유지시킨다 그래서 fet와 다이오드 병렬이니 fet에도 문턱전압의 크기의 전압이 걸리게된다.) 매우 높은 전류가 다이오드에 걸려 다이오드가 망가지고 이렇게 매우 높은 전류가 회로에 작용하니 그만큼 누설전류가 증가하니 소비전류가 높아지게됨

드레인 소스의 펀치스루 현상은 v_{ds} 가 커지면 채널랭드모듈레이션 특성상 출력 전류가 조금씩 상승하는데 v_{ds} 가 매우 크면 채널이 매우 짧아지는것과 같아져 드레인전류가 커져서 그만큼 누설전류가 발생하는거다.

-또한 드레인-소스 사이에 ON저항이 존재해서 여기서 전력손실이 발생하게된다.

즉 게이트 전류는 0이니 게이트에서 오는 전력은 없다보면되고 남은 드레인에서 오는 전력이 mos에서 소모하는 전력이된다 즉 $p = i_d \times v_{ds}$ 가 된다.

-추가적으로 fet의 커패시터로 인해 생성되는 돌입전류가 누설전류이다. 게이트-소스사이의 충전,방전시 발생하는 돌입전류와 드레인-소스사이의 충전,방전시 발생하는 돌입전류를 말한다.

일반적으로 게이트에는 전류가 흐를수 없는데 고주파 스위칭은 교류 신호와 같기 때문에 커패시터 성분을 고려해야한다.

이러한 돌입전류를 개선하기 위해 게이트 드라이버저항을 달고 게이트드라이버저항과 커패시턴스가 클수록 시정수가 커지기 때문에 fet의 시간지연을 시켜 고속 스위칭에 방해가 되고 급격한 전압상승을 막아 돌입전류를 개선시키는 장점이 있다. 그리고 저항으로 인해 저항에서 소비하는 전력으로 전력손실이 발생할 수 있다. 그리고 전력손실 측면에서 들여다보면 fet와 bjt의 커패시터 성분이 무효전력을 만들기 때문에 이러한 성분이 효율을 떨어뜨

린다.

-그리고 fet에는 3개의 커패시터가 존재하는데 게이트-소스, 게이트-드레인의 커패시터는 전극(메탈)-절연층-전극(채널)구조라서 생긴 커패시터이고 드레인-소스의 커패시터는 드레인-소스에 위치한 기생 다이오드 내부의 커패시터이다.

Ciss는 입력 용량입니다. 게이트 - 소스 간 용량 Cgs와 게이트 - 드레인 간 용량 Cgd를 합산한 용량으로, 입력측에서 본 MOSFET 전체의 용량입니다. MOSFET를 동작시키기 위해서는 이 용량을 드라이브 (충전)할 필요가 있으므로, 입력 디바이스의 드라이브 능력, 또는 손실 검토 시의 파라미터입니다. Ciss를 드라이브 (충전)하기 위해 필요한 전하량이 Qg입니다.

Coss는 출력 용량입니다. 드레인 - 소스 간 용량 Cds와 게이트 - 드레인 간 용량 Cgs를 합산한 용량으로, 출력측의 전체 용량입니다. Coss가 크면, 게이트 OFF 시에도 출력에 Coss에서 기인한 전류가 흘러, 출력이 완전히 OFF될 때까지 시간이 필요합니다.

Crss는 게이트 - 드레인 간 용량 Cgd 자체이며, 귀환 용량 또는 역전달 용량이라고 합니다. Crss가 크면, 게이트 ON 시에도 드레인 전류의 turn-on이 늦고, OFF 시에는 turn-off가 늦어집니다. 즉, 스위칭 속도에 크게 영향을 미치는 파라미터입니다. Crss를 드라이브 (충전)하기 위해 필요한 전하량이 Qgd입니다.

또한, 이러한 용량은 드레인 - 소스 간 전압 VDS에 대한 의존성을 지니고 있습니다. 그래프가 나타내는 바와 같이 VDS를 크게 하면 용량치는 작아지는 경향이 있습니다.

(ciss는 별로 안작아짐)(온도에 따라서 커패시터용량 변화없음)

-bjt의 커패시터는 npn 이렇게 베이스 기준으로 순방향 역방향 이런 다이오드가 2개 모여서 만들어졌으니 베이스-이미터, 베이스-컬렉터 이렇게 다이오드가 존재하니 2개의 다이오드가 생기게 된다. 순방향으로 생겨난 커패시터가 역방향으로 생겨난 커패시터 보다 더 큼 커패시터가 클수록 돌입전류는 커지는 경향이 있음($i=C \cdot dv/dt$) 근데 이러한 돌입전류는 급격한 스위칭할 때 fet에서 처럼 고려하면 됨 역포화전류가 돌입전류아님 오해하지말자.

그리고 역방향전압이 커질수록 커패시터용량은 작아짐

bjt와 fet의 온도특성

:bjt의 열폭주를 Re저항으로 해결하는데 이것도 마찬가지로 온도 보상효과로 열폭주로 인한 출력전류가 상승하고 이것으로 인해 bjt의 온도가 상승하고 온도가 상승하니 다시 출력전류가 증가하는 이러한 효과를 줄인다.

요약하자면 온도가 증가할수록 문턱전압이 감소해 즉 fet의 경우엔 문턱전압인 ($V_{GS(th)}$)가 낮아지니 더 낮은 vgs에서도 on이 되어 같은 vgs라 했을 때 온도가 높은게 더 빨리 on됨 으니 출력전류인 id전류가 더 클 거임 vgs=3v일 때 on 시작이라할 때 한 5v정도까지 온도 클수록 id가 크고 그 이후에는 온도 클수록 id가 작음

bjt의 경우에도 bjt는 다이오드(pn)와 같이 npn이렇게 2개의 다이오드로 만드는 거니 온도 특성 또한 같다. 다이오드의 특성과 bjt의 i_b-v_{be} 특성이 같으니 온도가 증가할수록 문턱전압이 감소하는데 이 때 문턱전압이 감소해도 모두 $v_{be(on)}$ 이상의 전압이 걸린다보면 어차피 둘다 매우큰 i_b 라서 i_b 값은 큰 차이가 없다. 그래서 온도가 증가하면 전류증폭률인 베타가 증가한다. 베타가 증가하면 그만큼 i_c 도 증가한다. 즉 결론적으로 온도가 증가할수록 출력전

류가 증가한다고 보면 된다. 이렇게 i_c 가 증가하면 당연히 $i_e = i_b + i_c$ 니까 i_e 도 증가한다. 여기서 R_e 저항을 달면 i_e 증가하니 R_e 에 걸리는 전압인 V_{Re} 가 증가하고 그러면 입력루프에서 보면 v_{be} 는 유지되니 V_{Re} 증가된거에 반비례해 i_b 가 감소하게 된다. 그러면 i_c 가 감소하여 증폭률이 증가해 증가된 i_c 의 값을 조금 줄여주는 효과를 가진다.

즉 fet은 온도증가시 어느 정도까지의 입력전류까지는 출력전류 증가하다 어느 이상의 입력전류에서는 출력전류 감소된 값이 나오고 bjt는 온도증가시 전류 증폭률이 증가해 출력전류가 증가함 추가적으로 bjt에서는 R_e 저항을 추가하면 입력임피던스가 상승하는 장점이 있다.

-클램프회로

:커패시터와 직렬로 병렬인 저항과 역방향다이오드가 연결된 회로로 오프셋을 조정(dc전압을 조절하는 것)하는 역할을 한다 볼 수 있음. 이상적일땐 ac전원(dc성분=0)을 양의 전압 혹은 음의 전압만을 가지게 조정함 즉 최대가 v_p 최소가 $-v_p$ 이면 클램프회로 지나면 최대는 $2v_p$ 가 되고 최소는 0이됨 실제로는 양의 전압만 있을땐 다이오드 문턱전압만큼 음의 전압 추가하면됨 이때 임피던스의 크기는 저항이 커패시터보다 커야 제대로 나옴

위에 L에서 위상차 설명한걸 보고 R의 위상이 전원의 위상과 같다 했을 때(솔직히 위상차 있어도 파형형태는 같으니까 상관없음) 이상적으로 생각해 다이오드 문턱전압 0으로 생각하면 전원이 양의 전압일 때 다이오드 역방향 즉 저항에 전압 거의다 걸리다 음의 전압으로 가면 다이오드 입장에서 순방향이 되어 저항에는 거의 전압이 걸리지않고 커패시터에 대부분의 전압이 걸린다 그러다 음의 전압이 감소하게 되면 커패시터의 방전속도도 전원과 같으면 좋겠으나 방전이 천천히되 전원의 전압을 맞추기 위해 커패시터의 전압만큼 저항에 걸리게되 나중에 보면 전원에서 공급하는 전압보다 큰 전압이 저항에 걸리게 된다. 그 이후에는 다시 양의 전압이라 다이오드 즉 저항에 전압 걸리고 추가적으로 방전되고 있는 커패시터의 전압만큼이 더해지고 커패시터는 전원의 크기에 따라 충전 방전을 하는 식으로 동작한다.

다이오드 종류(범용,쇼트키,제너)

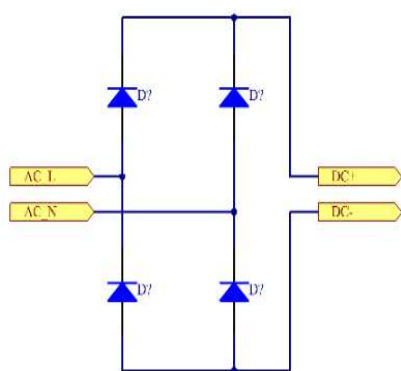
-범용 다이오드는 다른 종류의 다이오드 보다 순방향 다이오드 전압 V_F 가 높고, 역방향 다이오드 전압 V_R 이 높으며, 동작에 따른 누설 전류가 작고, 역회복 시간이 긴 특성이 있다.

-쇼트키 다이오드는 범용 다이오드에 비해 낮은 순방향 다이오드 전압 V_F 를 갖으며, 다이오드가 순방향 동작과 역방향 동작의 바이어스 전환 시 역회복 시간이 매우 짧은 특징이 있습니다. 이러한 특성으로 인하여 쇼트키 다이오드는 대전류, 고속 정류 회로 등에 많이 사용됩니다. 단점은 동작 시 누설전류가 높다는 것과 역방향 다이오드 전압이 낮다 따라서 정류 회로에 적용 시 저전압에 한하여 쇼트키 다이오드를 적용합니다.

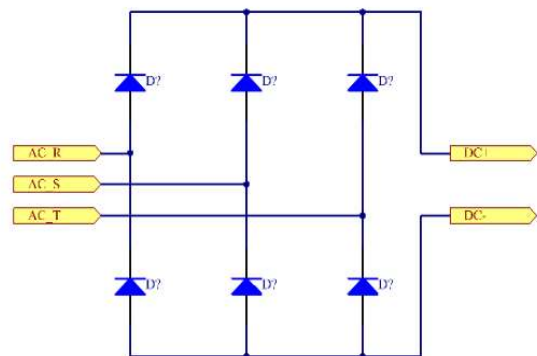
순방향 다이오드 전압 V_F 가 낮을 경우 이에 의한 다이오드 소모 전력이 낮아지게 되므로, 전체적인 전력 효율이 상승하게 됩니다. 만약 효율을 극대화하기 원한다면, V_F 가 낮은 쇼트키 다이오드를 적절하게 선택한다면, 범용 다이오드 적용 시 보다 효율을 상승시킬 수 있습니다. 또한 역회복 시간이 매우 짧은 특성을 갖고 있으므로, 이에 대한 스위칭 손실도 범용 다이오드 대비 아주 작은 특징을 갖습니다.

다만, 역방향 다이오드 전압 V_R 이 상대적으로 매우 낮기 때문에 실무 회로설계 시 회로구성(토폴로지)을 고려하지 않고 쇼트키 다이오드만을 설계한다면, 역바이어스된 시점에서 쇼트키 다이오드가 소손되는 문제가 발생할 수 있으므로 주의하여야 합니다. 기타 쇼트키 다이오드가 설계되는 부분은 너무도 많고 특히 범용 다이오드를 때에 따라서 대체하여 설계하기 때문에 특정하여 언급하지는 않도록 하겠습니다.

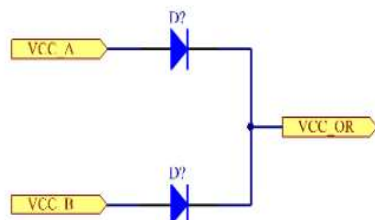
범용 다이오드 설계 예시 1 - 단상 정류 다이오드



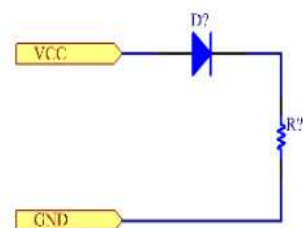
범용 다이오드 설계 예시 2 - 3상 정류 다이오드



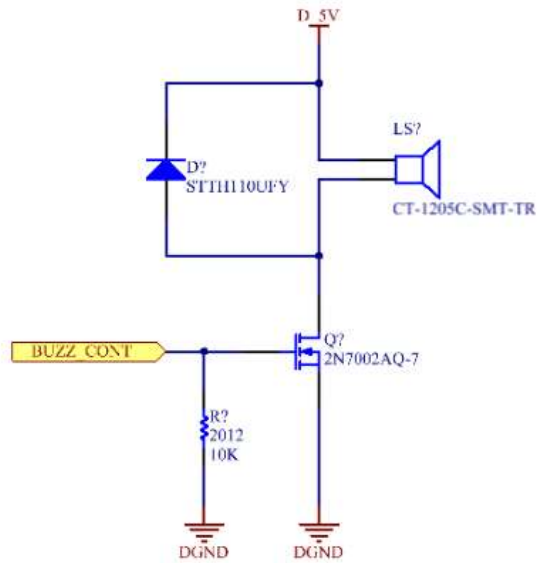
범용 다이오드 설계 예시 3 - 전압 ORing 다이오드



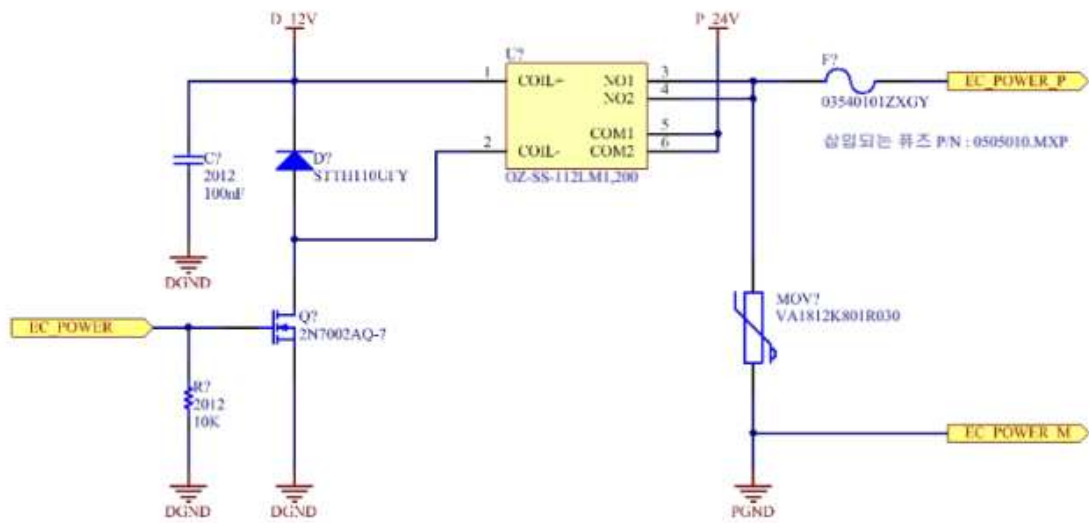
설계 예시 4 - 역극성 연결 방지 회로보호 다이오드



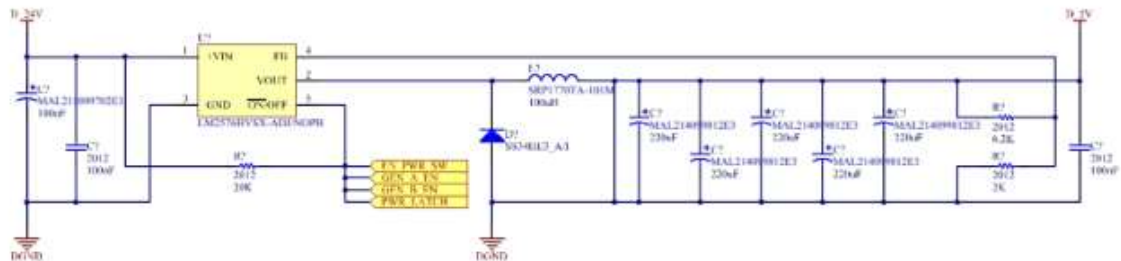
쇼트키 다이오드 설계 예시 1 - 부저 환류 다이오드(유도성 부하 환류 다이오드)



쇼트키 다이오드 설계 예시 2 - 릴레이 코일 환류 다이오드(유도성 부하 환류 다이오드)



쇼트키 다이오드 설계 예시 3 - 스위칭 레귤레이터 환류 다이오드(스위칭 에너지 환류 다이오드)

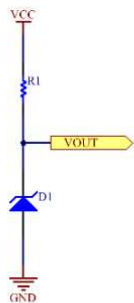


-제너 다이오드를 실무 회로설계 시 거의 99.9% 순방향 다이오드로서 사용하지 않습니다. 따라서 위의 그림에 나타난 순방향 다이오드 전압 VF는 사실상 큰 의미가 있는 것은 아닙니다.

제너 전압 VZ는 제너 다이오드를 역방향으로 사용할 때, 그림에 나타난 역방향 다이오드 전압이라고 나타난 VR과 사실상 동일한 전압이라고 생각하면 쉽습니다. 다만 제너 다이오드는 제너 전압 VZ 이상의 전압이 역방향으로 바이어스 되면, 제너 다이오드만이 갖고 있는 특징인 역방향 다이오드 전압이라는 독에 있는 차단막이 열리게 됩니다.

이렇게 열리게된 제너 다이오드라는 독의 차단막은 위로 올라가면서 더이상의 물이 역방향으로 공급되지는 않고 딱 차단막이 열어둔 높이까지만 물이 공급되게 되는 원리(?)라고 이해하시면 될 것 같습니다. 즉 예로 들은 MMSZ4704-E3-08 제너 다이오드의 역방향 다이오드 입력 전압이 현재 20V이므로 제너 전압 VZ가 17V인 MMSZ4704-E3-08 제너 다이오드는 17V의 전압을 제너 다이오드의 역방향으로 출력해주는 것입니다.

한편, 이렇게 제너 다이오드에 역방향으로 제너 전압 VZ 이상이 바이어스될 때 제너 전압에서 흐를 수 있는 최대의 전류 IZ는 데이터시트에서 확인할 수 있듯이 0.05mA임을 알 수 있습니다. 따라서 제너 다이오드에 역방향으로 바이어스할 때에는 반드시 전류제한 저항을 적절하게 설계해줘야 제너 다이오드의 소손을 방지할 수 있습니다. 전류제한 저항의 설계는 다음과 같은 수식으로 설계할 수 있습니다.

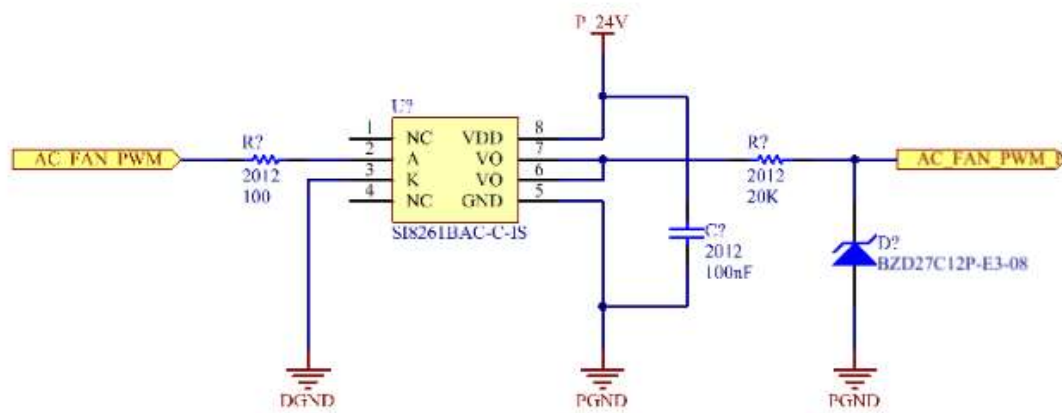


ELECTRICAL CHARACTERISTICS (T _{amb} = 25 °C, unless otherwise specified)							
PART NUMBER	MARKING CODE	ZENER VOLTAGE RANGE ⁽¹⁾			TEST CURRENT	REVERSE CURRENT	
		V _Z at I _{ZT1}			I _{ZT1}	I _R at V _R	
		V			mA	μA	V
		MIN.	NOM.	MAX.		MAX.	
MMSZ4704	DP	16.2	17	17.9	0.05	0.05	12.9

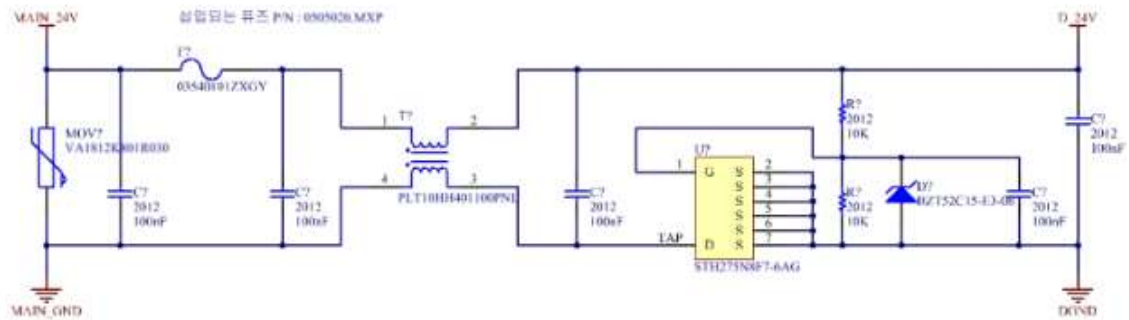
$$R_Z = \frac{V_{CC} - V_Z}{I_Z}$$

따라서 위의 예로 언급한 제너 다이오드를 설계한다면 RZ는 VCC가 20VDC인 조건에서 60kΩ 이상의 값으로 선정하는 것이 바람직합니다.

· 제너 다이오드 설계 예시 1 - 과전압 출력 방지용 By-Pass 다이오드(Voltage Clamping)



· 제너 다이오드 설계 예시 2 - 게이트 입력 전압신호 과도현상 방지 다이오드(Voltage Clamping)

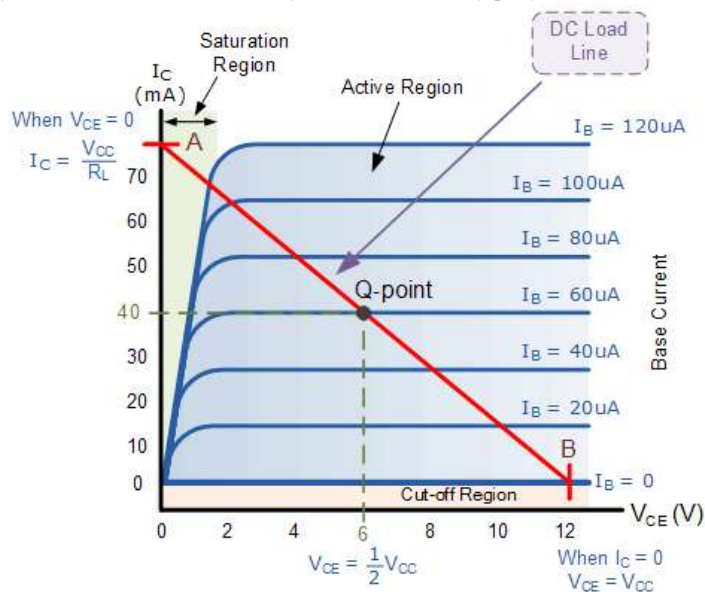


제너 다이오드를 제외하고 범용 다이오드나 쇼트키 다이오드의 경우 데이터시트에 명시된 정격 전압과 정격 전류 이하의 범위에서 설계에 적용될 수 있도록 반드시 검토가 필요한 점 다시 한 번 강조드립니다.

-tr(트랜지스터)을 정의하고 종류와 역할, 선정기준 및 발생하는 문제점을 정의해라

이거 전자회로쪽 보는데 괜찮음

bjt tr은 전류로서 전류를 제어하는 소자로 컷오프영역, 액티브영역, 세츄레이션영역으로 구성되어 있고 베이스(VBE)에 0.6V이상 즉 문턱전압 이상의 전압을 인가할 때 차단영역을 벗어나 리니어영역과 포화영역으로 넘어 갈 수 있다. 이후에는 $v_{ce} > v_{ce(sat)}$ 이면 액티브가 되어 $i_c = \beta i_b$ 가 된다 세츄일때는 $i_c < \beta i_b$ 가 되어 $v_{ce} = v_{ce(sat)}$ 이 된다. 액티브영역은 증폭을 담당하고 차단영역과 포화영역은 ON/OFF스위치를 담당한다. 차단영역에서는 OFF여서 오픈이라 저항이 매우 커 TR에 전류가 흐르지않고 $V_{CE} = V_{CC}$ 이다. 그리고 $V_{BE} = 0$ 이다. 포화영역에서는 ON이므로 쇼트라 저항이 매우작아 원래 $I_B + I_C = I_E$ 인데 여기서 I_B 에비해 I_C 가 매우커 $I_C = I_E = I_{C,MAX}$ 가 된다. 그리고 $V_{BE} = 0.6V$ $V_{CE} = 0.2V$ 이라 보긴하는데 0.2V 이하로 흐르긴 한다. 그리고 I_B 는 1mA이상이다.



A: ON(포화영역), B: OFF(차단영역), A-B: 증폭(액티브영역)

V_{CE} 가 1V이상쯤되면 V_{CE} 의 값에 따른 I_C 의 변화가 없음 I_C 의 변화는 I_B 의 변화에 따라 변화하니 출력전압에 의해 전류가 변동이 없으니 정전류회로라고 볼 수 있음. 그리고 포화영역과 증폭영역 구분하는게 I_B 값이 증가해도 I_C 의 값이 증가하지 않는 경계점의 I_B 값이 포화영역과 증폭영역을 구분하는 전류값이라 볼수 있음 포화영역에서 $V_{BE} = 0.6V$ I_B 는 예를들어 1mA이상 증폭영역에서 $V_{BE} = 0.6V$ I_B 는 1mA이하 둘다 바이어스하기위한 DC전압인 0.6V가 필요함.

-증폭의 관점에서 dc전류 증폭률이 베타라면 ac전류 증폭률도 거의 베타임

-트랜지스터를 사용하여 릴레이 및 솔레노이드와 같은 유도 부하를 전환할 때 "Flywheel Diode"가 사용됩니다.

-큰 전류나 전압을 제어해야 하는 경우 Darlington 트랜지스터 를 사용할 수 있습니다.

딜링턴 회로는 전류 증폭에 이용함 트랜지스터1의 이미터에 트랜지스터2의 베이스 연결된 형태임

-전력손실 $P = V_{ce} * I_c$ 만큼임 즉 저만큼 트랜지스터가 전력 소비한다고 보면됨.

트랜지스터 포화영역 사용 조건

주요 특성 요약
동일한 컬렉터 전류에 대해 베이스 전류가 낮으면?
V_{CE} 가 높다
동일한 베이스 전류에 대해 컬렉터 전류가 낮으면?
V_{CE} 가 낮다
포화 영역에서 동작시키기 위하여...
충분한 (I_B) $(\beta = 10 \sim 20)$
포화 영역에서 동작시키는 이유는...
$P \downarrow$ $(P = V_{CE} \times I_C)$

트랜지스터 쓸 때 포화영역 즉 on상태에서 동작시키는 이유는 on일 때 V_{CE} 가 매우작아 I_C 가 크더라도 트랜지스터에서 소비하는 전력이 낮음 즉 전력손실 낮음

그리고 포화영역으로 사용 할 때 사용할 컬렉터 전류 I_C 의 값을 기준으로 증폭률 10~20배로 하여 베이스 전류 조절하면 됨. 컬렉터 저항으로 전류 정하고 베이스저항으로 전류 정함

달링턴 / 스킴클라이 결합

Darlington 결합	Sziklai 결합
<p>$I_E = \beta^2 * I_B$</p>	<p>$I_E = \beta^2 * I_B$</p>
전류 증폭을 크게하기 위해 사용 Why ?	

달링턴회로가 V_{be} 가 2번이니 문제 발생할 수 있어 오른쪽처럼 pnp와 npn으로 하는데 통상 달링턴으로 주로사용함.

예를들어 모터같은 부하를 사용할 때 필요한 전류가 있는데 이 컬렉터 전류가 부족해 사용하 지못할 때 달링턴회로로 해결 가능함.

EQUIVALENT CIRCUIT

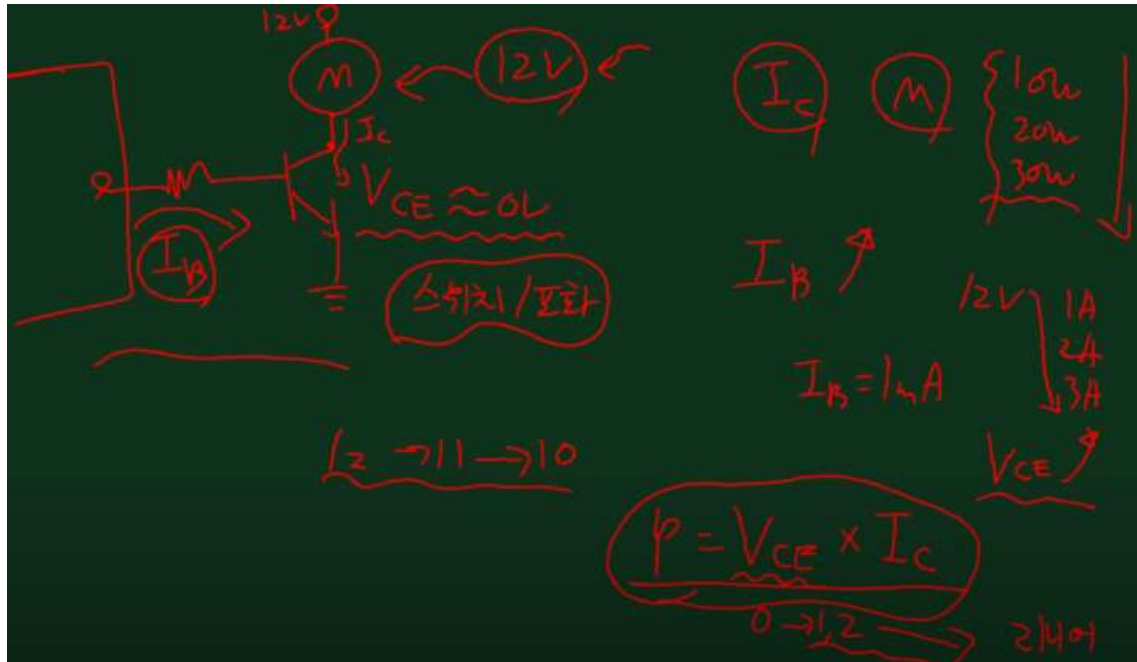
BIAS RESISTOR VALUES

TYPE NO.	R1(kΩ)	R2(kΩ)
KRC101	4.7	4.7
KRC102	10	10
KRC103	22	22
KRC104	47	47
KRC105	2.2	47
KRC106	4.7	47

TIP142
TIP147

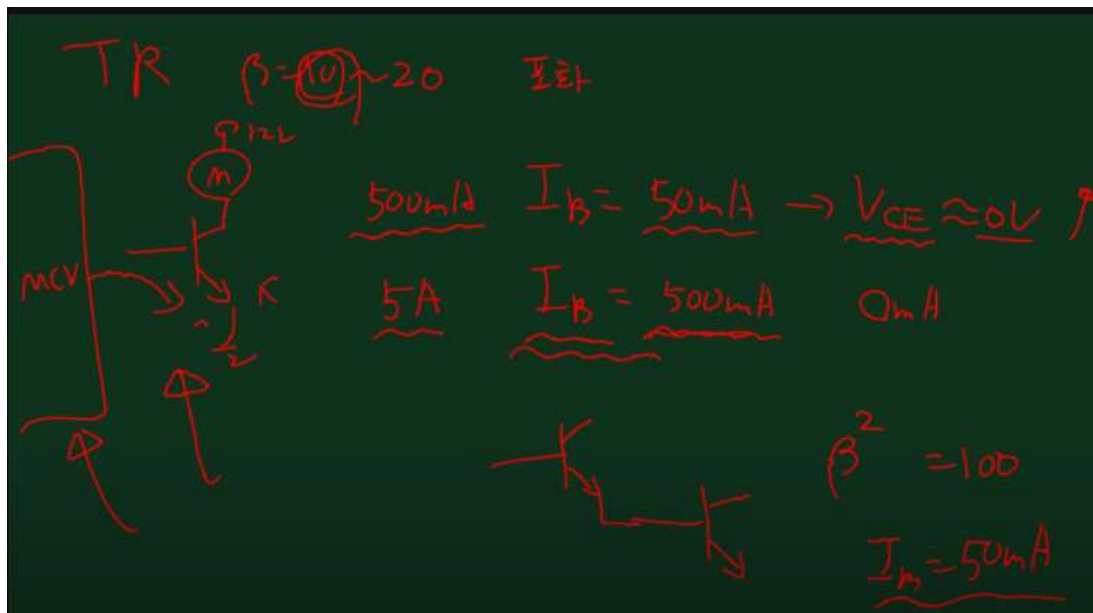
TIP142, TIP147이 달링턴회로 내장된 tr 이고 젤 왼쪽 달링턴회로로 된 트랜지스터의 전류를 효과 적으로 제어하기 위해 저항을 직렬로 둠.

모터 즉 부하의 전류가 1A에서 3A로 점점 증가하는데 베이스 전류는 1mA로 고정된다면 VCE는 증가하니 모터에 걸리던 12V가 10V이렇게 점점 감소하게됨 즉 포화영역에서 생각해 보면 ic증가하면 vce도 증가하는거 보였됨. vce가 모터의 전압 뺏아가니 감소하는거임 그렇게 vce가 증가하다보면 리니어 영역으로 동작하게 되 증폭기가 되어버림.



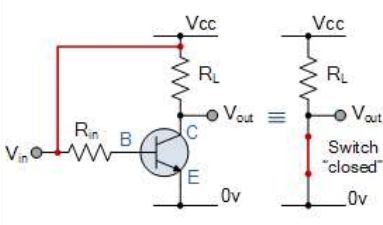
위에서는 mcu같이 정해진 전류 공급하는거니 베이스 전류 고정된거와 같음.

딜링턴회로는 포화영역을 유지하며 트랜지스터 2개로 증폭률을 증가시켜 충분한 전류를 공급하기 위해 사용한다고 보였됨.



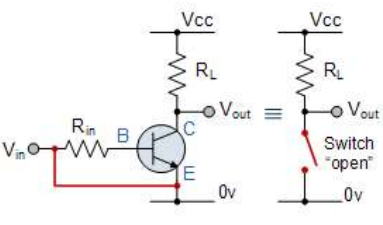
bjt의 단점은 컬렉터전류를 흘려주기 위해서는 베이스에 전류를 공급해야하기 때문에 위와 같이 전류가 부족해 포화영역에서 리니어영역으로 증폭률 크게 사용되게 되는 것과 같이 전력손실 발생할 수 있는 등등의 문제가 발생함. 그래서 전압으로 제어하는 mosfet을 사용하는거임

포화 특성

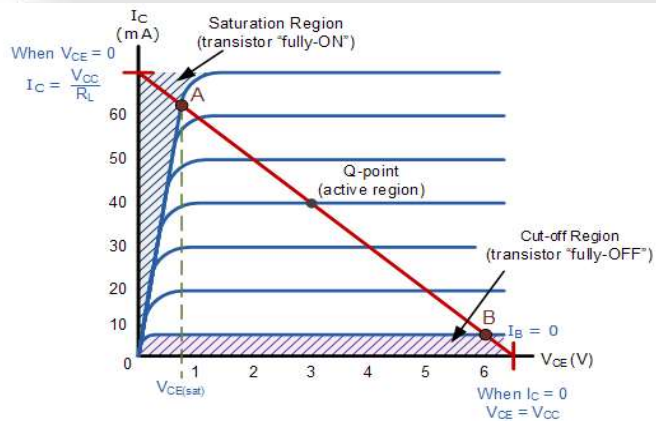


- 입력과 베이스는 V_{CC} 에 연결됩니다.
- 베이스-이미터 전압 $V_{BE} > 0.7V$
- Base-Emitter 접합은 순방향 바이어스됨
- Base-Collector 접합은 순방향 바이어스됨
- 트랜지스터는 "완전히 켜짐"(포화 영역)
- 최대 컬렉터 전류 흐름($I_C = V_{CC}/R_L$)
- $V_{CE} = 0$ (이상적인 포화)
- $V_{OUT} = V_{CE} = "0"$
- 트랜지스터는 "닫힌 스위치"로 작동합니다.

컷오프 특성



- 입력과 베이스는 접지(0v)
- 베이스-이미터 전압 $V_{BE} < 0.7V$
- Base-Emitter 접합은 역 바이어스됨
- Base-Collector 접합은 역 바이어스됨
- 트랜지스터는 "완전히 OFF"(차단 영역)
- 컬렉터 전류가 흐르지 않음($I_C = 0$)
- $V_{OUT} = V_{CE} = V_{CC} = "1"$
- 트랜지스터는 "열린 스위치"로 작동합니다.



bjt의 스위칭시 응답회복시간(trr)은 VCC전압이 작아질수록 응답특성에서 ON/OFF사이 거리가 짧아져 응답회복시간이 줄어듬

적대적관계,가속관계,tr소비전력(손실전력)=컬렉터포화전압($v_{ce.sat}=0.2v$)*컬렉터전류

tr 리니어영역에서 증폭할 때 열폭주 발생. 베이스전압이 일정하고 Re전압이 없는 쇼트상태일 때 tr에서 열이 발생하면 열로 인해 IC가 증가하고 열이 더 심해져 IC는 더 증가한다.

해결책으로는 Re를 달아 안정화를 시키면 된다. 전압의 증폭률은 RC에 비례함 등가회로 그려보면 알고 전압이 증폭되는 부분은 AC전압 부분임 DC전압에서 i_b 에 대한 i_c 로부터 전압이 나오고 거기에 증폭된 AC전압이 더해짐 그래서 출력전압 측정하는 곳에 커패시터를 달아 AC전압만을 측정해 전압증폭률을 확인하는거임

또한 증폭도(이득)= R_c/R_e , 증폭도 상승할수록 안정성이 떨어짐. 해결방법은 Re옆에 커패시터를 병렬로 달아 켈 위에 바이어스 설명과 같이 dc적으로는 re가 ac적으로는 커패시터로 바이어스 시켜 충분한 증폭도를 얻을 수 있다.

커패시터가 없다면 교류전압이득 감소한다.

증폭기는 A급,B급,AB급이 있고 A급이 선형성이 우수한 대신 소비전력이 크고 효율이 낮음 npn과 pnp의 차이는 위에말한건 npn이고 pnp는 베이스에서 나가는 전류가 1mA이상일 때 on이고 $V_E-V_B=0.6V$ 이고 $V_E-V_C=0.2V$ 임

BJT의 민감도가 FET보다 높기 때문에 이는 자연스럽게 높은 Voltage gain으로 이어지게 되어 BJT는 FET보다 높은 증폭 성능을 가지게됩니다.

bjt 데이터시트

Symbol	Parameter	Value	Unit
V_{CBO}	Collector-Base Voltage ($I_E = 0$)	60	V
V_{CEO}	Collector-Emitter Voltage ($I_B = 0$)	40	V
V_{EBO}	Emitter-Base Voltage ($I_C = 0$)	6	V
I_C	Collector Current	200	mA
P_{tot}	Total Dissipation at $T_C = 25^\circ C$	625	mW
T_{stg}	Storage Temperature	-65 to 150	$^\circ C$
T_J	Max. Operating Junction Temperature	150	$^\circ C$

V_{CBO} 는 위의 회로도 기호에서 C와 B를 DMM으로 각각 +극과 -극으로 측정하였을 때의 전압이 60V를 넘지 않으면 되는 것입니다. 즉 60V 이내로 설계에 적용해 사용할 수 있다는 뜻이겠죠?

마찬가지로 V_{CEO} , V_{EBO} 는 설계에 적용하고자 하는 트랜지스터가 위치하는 부분의 C, B, E 단자를 DMM으로 측정하였을 때 나타나는 전압을 확인하여 해당 설계 지표 이내로 설계가 될 수 있도록 하여야 합니다.

I_C 는 위의 회로도 그림에서 C 단자로 들어올 수 있는 최대의 전류값을 의미합니다. 이는 다시 조금 더 확장해서 말하자면, C 단자로 들어오는 전류는 E 단자로 방출될 수 있다는 것을 의미합니다. 즉 BJT를 하나의 수도꼭지라고 하였을 때 수도꼭지로 들어올 수 있는 최대의 물의 양이라고 할 수 있습니다. 수도꼭지로 들어온 물은 수도꼭지를 통과해 수도꼭지 밖으로 물을 흘려보내겠죠? 따라서 데이터시트에 명시된 내용을 참고하여 I_C 는 최대 200mA가 흐를 수 있는 것을 알 수 있습니다.

P_{tot}는 총 소모전력으로 BJT 트랜지스터에서 소모되는 전력이 해당 전력 이내로 설계가 될 수 있도록 하면 됩니다. P_{tot}는 실제 설계에 적용된 I_C와 트랜지스터 데이터시트에 명시된 V_{CE(sat)}를 확인해 아래의 수식으로 산출할 수 있습니다.

T_{stg}, T_j는 각각 소비전력, 저장 온도, 최대 동작 온도 등을 나타냅니다. 이는 설계 상황을 유심히 확인하여 적절하게 선택해 적용하시면 됩니다.

V _{CE(sat)} *	Collector-Emitter Saturation Voltage	I _C = 10 mA I _C = 50 mA	I _B = 1 mA I _B = 5 mA			0.2 0.2	V V
V _{BE(sat)} *	Base-Emitter Saturation Voltage	I _C = 10 mA I _C = 50 mA	I _B = 1 mA I _B = 5 mA	0.65		0.85 0.95	V V
h _{FE} *	DC Current Gain	I _C = 0.1 mA I _C = 1 mA I _C = 10 mA I _C = 50 mA I _C = 100 mA	V _{CE} = 1 V V _{CE} = 1 V V _{CE} = 1 V V _{CE} = 1 V V _{CE} = 1 V	60 80 100 60 30		300	
f _T	Transition Frequency	I _C = 10 mA V _{CE} = 20 V f = 100 MHz		250	270		MHz

먼저 V_{CE}는 해당 BJT가 실제 ON된 상태일 때 BJT의 Collector단과 Emitter단에 걸리게 되는 문턱전압을 의미합니다. BJT는 이름 그대로 내부에 N-P-N 접합이 이뤄진 상태이므로 동작 시 다이오드에서와 같이 문턱전압이 발생하게 됩니다
주로 스위칭에 사용할 때 증폭비를 10~20배로 설정함 그 이상은 증폭용도임

V_{BE(sat)} 또한 BJT가 ON된 상태일 때 Base단과 Emitter단 사이에 문턱전압이 발생함을 나타냅니다. 따라서 Base단에 정확한 ON / OFF 신호를 전달하기 위해서는 반드시 문턱전압 보다 충분히 높은 전압의 신호가 전달되어야 합니다.

h_{FE}는 BJT의 증폭 이득입니다. 이를 증폭 이득이라기 보다는 수돗꼭지를 돌렸을 때 돌리는 횟수에 비례해서 물이 쏟아져 나오는 양이 많아지는 것을 우리는 너무도 잘 알고 있습니다. 그와 같이 Base에 입력된 전류량에 따라서 실제 BJT를 관통해 흐르는 I_C가 정해지게 되는데, 이러한 수치를 나타낸 것이라고 생각하면 쉽습니다.

위의 그림을 참고하면, B라고 쓰여있는 수돗꼭지를 돌리는 만큼 C를 통해 E로 흘러 나오는 물의 양이 조절되는 것과 같이 BJT의 I_B를 조절하면, BJT를 통해 C를 통해 E로 나오는 I_C가 조절되게 됩니다. 그림으로 이해하면 쉽습니다.

마지막으로 f_T는 BJT를 이용해 빠른 속도로 ON / OFF하는 경우에 BJT가 ON / OFF 동작을 얼마만큼의 속도까지 정확하게 ON / OFF할 수 있는지에 대해 나타낸 지표라고 할 수 있습니다. BJT는 앞서 설명드린 것과 같이 N-P-N의 반도체 조합이라 접합면에 캐패시턴스가 존재하기 때문에 이에 따른 ON / OFF 스위칭 주파수 또한 제품별로 상이하니 반드시 검토가 되어야 합니다.

BJT를 이용한 ON / OFF 스위칭 회로 설계 시 주의점

1. 설계하고자 하는 ON / OFF 스위칭 회로의 전원 전압, 부하 용량, 제어 전압 레벨 등을 확인한다.
2. 부득이 하거나 특별한 경우가 아니라면, NPN형 BJT만을 이용하여 스위칭 회로를 설계한다.
3. BJT를 적용하여 ON / OFF 회로 설계를 완료하였다면, 데이터시트에 명시된 조건 중 'ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS' 등의 전기적, 물리적 고장 조건을 재검토한다.
4. BJT는 Base단의 전류 IB를 이용하여 부하로 흐르는 IC가 조절된다는 점을 반드시 기억한다.
5. NPN형 BJT는 Base단으로 흘러 들어가는 전류 IB에 따라서 IC가 조절되며, PNP형 BJT는 Base단에서 흘러 나오는 전류 IB에 따라서 IC가 조절된다는 점을 명심한다.

-mosfet의 원리 종류와 역할, 선정기준 및 발생하는 문제점을 정의해라

fet의 구동전력이 작은 장점을 설명하면 임피던스가 커서 게이트 전류가 작아 구동전력이 작은거임 그리고 on저항인 $r_{ds(on)}$ 저항이 존재해서 여기서 전력소모됨

이러한 on저항은 스위치가 on됐을 때 스위치의 저항값을 의미하고 fet의 경우 스위치가 막을 수 있는 최대 전압이 커질수록 즉 V_{dss} 가 큰 fet일수록 on저항이 커져 그만큼 전력손실이 크다는 단점이 있다. bjt의 경우 이러한 on저항이 작다는 장점이 있음

그리고 스위칭 속도가 빠르지만 소전력용임 반면 bjt는 속도가 보통이지만 중전력용임

그리고 mosfet과 쇼트키 다이오드가 비슷한 왜냐면 둘다 구동전력작고 스위칭속도 빠른대신 낮은 블로킹전압을가지고 on저항이 큼 그래서 저전압, 고속 스위칭용으로 씬

반면 bjt는 높은 블로킹전압과 작은on저항이라 손실이 적고 속도가 느리고 구동전력이 커서 고전압, 저속 스위칭에 씬

즉 fet의 구동 주파수는 크고 bjt의 주파수는 작다. 그래서 둘다 기생 커패시터를 가지고 있어 dc에서는 오픈이어서 상관안해도 되지만 스위칭으로 사용할시 fet의 스위칭 주파수가 높아 그만큼 빨리 전압상승이 되어 fet의 돌입전류가 커지는 문제를 게이트 드라이버 저항으로 해결하고 그런거임.

MOSFET은 전압으로 전류를 제어하는 소자로 입력 임피던스가 입력임피던스가 크고 입력노이즈에 강하고 온도에 덜 예민해 bjt와 달리 열폭주가 잘 일어나지 않고 bjt에 비해 아주 작은 면적으로 만들 수 있고 전력소모가 적은 장점이 있음.

입력임피던스가 매우커서 전류가 게이트를 통과하지 못하여 전압으로 제어하는거임

r_{ds} 에 걸리는 전압이 드레인전압(V_{ds} ,드레인 소스사이 전압)임

mosfet은 ON/OFF 스위칭과 증폭 두가지로 사용할 수 있다. MOSFET은 컷오프영역, 오믹영역(트라이오드영역), 세추레이션영역이 있는데 이중 컷오프영역과 오믹영역이 각각 OFF/ON의 역할을 가진다. 문턱전압 이상의 전압이 게이트에 인가될 때 드레인 소스 사이의 저항 R_{DS} 저항이 크게 감소하게 된다. 그래서 전류가 드레인 소스 사이에 전류가 흐를 수 있다. 충분한 10V 정도의 전압이 인가되면 포화영역이고 문턱전압 이상이지만 충분한 전압이 아닐때는 오믹영역이다. 근데 통상 15~18v 정도 인가해야함. 이렇게 봐도 되고 $v_{gd} > \text{문턱전압}$ 이면 게이트 전압이 드레인전압보다 더 큰 오믹 즉 스위치 on 됐다봄 스위치 on됐다는건 fet에 전압 거의 안걸린다는거니 당연히 드레인에 전압적게걸림 앞에선 게이트 전압이 충분히 크니 드레인보다 커서 오믹이다 이렇게 말한다 반대로 $v_{gd} < \text{문턱전압}$ 이때는

fet에 컷오프모드 보다는 적지만 전압 패 걸려 증폭에 사용함. 추가 설명하면 스위치로 쓸 때는 그냥 VGS에 충분히 큰 전압인가하면 스위치로 동작하는건 드레인에 부하 달려있다 쳤을 때 부하에 대부분의 전압 걸리니 mos에는 즉 VDS는 작을 거임 그러니 VGS가 크면 무조건적으로 Vgd>문턱전압이니 스위치로 쓸 수 있다는거임. bjt에서는 ic를 생각해두고 증폭을 10~20배로 해놓고 ib를 선정해 스위치로 사용함. 게이트에 충분한 전압을줘 rds(on)저항을 작게하면 그만큼 동작시 전력손실이 작아진다. 왜냐하면 rds에서 소모하는 전력만큼 손실이라서. 포화에서 안정적인 ON이 가능하여 차단영역과 포화영역을 스위칭으로 사용한다. 문턱전압과 RDS(ON)되는 게이트전압은 모델에 따라 다르기 때문에 **데이터시트**를 참고하는게 좋다. 그리고 게이트전압이 문턱전압(Vgs=Vth)인 상태 즉 차단영역과 오믹(리니어)영역의 경계지점을 **핀치온**이라하고 오믹영역에서 포화영역으로 넘어가는 경계지점을 **핀치오프**라 함. 그리고 게이트전압과 문턱 전압의 차이를 **오버드라이브전압**이라함.

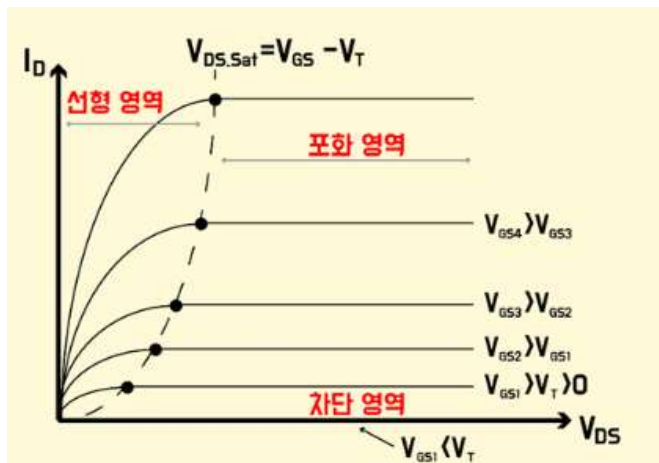
그리고 최대 vds전압인 **VDSS 이상의 전압**이 드레인에 인가되면 mosfet이 **터짐**

전계효과(필드이펙트): 트랜지스터(bjt,mosfet)에 인가된 전압에 의해 전계가 형성되고, 전계의 세기에 의해 전류가 제어(조절)됨 FET(field effect transistor)

mosfet 증폭회로의 종류 n형기준 e형(vgs가 양), d형(vgs가 음), e+d형(vgs가 양,음둘다가능)

또한 mosfet은 리니어영역에서 ID와 VDS가 비례하는 느낌이라 비선형 동저항으로 사용가능그리고 저항이 클수록 전압이 크게 걸리고 이는 손실없이 전달할 수 있는 능력 '전달률'에 직결되기 때문에 High input impedance는 FET의 가장 중요한 특성이면서도 강점입니다.

이렇게 높은 입력임피던스로 전류가 적게들어오니 $p=vi$ 즉 전력소모가 적게 구동가능해짐



게이트 드라이버ic는 fet에 게이트를 드라이브 하기위해 사용하는 것으로 적절한 vgs를 인가해 전력 손실을 줄이고 fet를 빠르게 on/off 할 수 있다.

모든 fet는 ciss라는 기생 커패시턴스가 있고 이로인해 전압 인가시 돌입전류가 발생함 그래서 fet는 입력임피던스가 커서 상관없지만 게이트 드라이버ic는 터질 수 있음 ciss용량이 클수록 돌입전류가 강해지고 충전시간이 느려 시간 지연이 발생하는데 그만큼 열에너지로 손실된다, 그래서 ciss가 작은게 좋고 이를 해결하기 위해 fet의 게이트에 직렬로 저항 즉 게이트 드라이버저항을 달면 전체저항이 높아져 돌입전류로 인한 문제를 해결할 수 있지만 rc회로로 인한 시간지연이 발생할 수도 있다. 즉 ciss로 게이트에 전압이 급격한상승이안되어 전압상승까지 시간이 걸린다는말임 당연히 평활회로 생각해보면 r도 영향을 줌 그래서

저항 또한 작은 것을 사용해 지연시간을 낮춘다. 지연시간이 길어지면 고속스위칭에 문제가 생길 수 있음 그리고 v_{gs} 를 너무 크게 주면 지연시간 때문에 스위칭이 오래 걸리니 적절한 값을 주어야함. 그리고 저항이 너무 작으면 그만큼 i_c 에 무리를 주는거니 이것도 적절한 값으로 선정해야함 그리고 fet에 병렬로 방전용 저항을 달아주면 fet가 off됐을 때 c_{iss} 에 남아있는 전하나 전선에서 발생하는 노이즈등을 방전시켜 오동작을 방지할 수 있다. 그리고 코일과 fet가 연결되어있는 경우 코일의 기전력이 전원과 합쳐져 fet 드레인에 높은 전압이 공급되 망가지는걸 방지하기 위해 fet 소스와 드레인 사이에 플라이휠다이오드를 달아준다.

bjt는 i_b 전류에 의한 문제가 발생하고 mosfet은 빠른 스위칭으로 인한 c 로 인한 문제가 발생함.

bjt의 소비전력은 $V_{CE} \cdot I_C$ 이고 fet는 $R_{ds(on)} \cdot I_d$ 제곱임 $V_{DS} \cdot I_D$ 와 같음

bjt fet 둘다 on 상태로 있을 때 전압작으니 소비전력작음

그러므로 bjt fet 둘다 스위칭 중에는 소비전력이 매우작음 근데 이건 이상적인거고 노이즈도 생각해야해서 어느정도 스위칭 전력손실이 발생함.

스위칭 과도 중 전압과 전류의 에지가 겹치면서 전력 손실이 발생합니다. 즉 on상태에서 트랜지스터의 전압이 높은상태고 전류가 작은상태에서 off를 하면 w_{jsdkqd} 작아지고 전류가 커지게되는데 그렇게 전압은 감소하고 전류는 증가하는 와중인 과도상태 일 때 $P = \text{전압} \cdot \text{전류}$ 인데 스위칭은 한쪽이 작아 전력소모가 작은건데 과도상태에서는 한쪽이 월등히 작지 않고 애매한 값을 지나니 그때 전력손실이 발생하는거임.

이걸 빠른 충방전(스위칭)으로 해결가능하긴 한데 빠른 스위칭으로 인한 돌입전류, 서지전압이 emi 을 초래하니 최선은 아님.

게이트 드라이버 회로는 이러한 전력손실과 스위칭과도현상을 모두 제어가능함. 게이트 저항으로 게이트 드라이버의 출력 소스와 싱크 전류를 제어하면 dv/dt 와 전력손실간 상쇄를 할 수 있음 즉 빠른 스위칭으로 인한 서지전압 문제를 해결한다는거임.

공핍형 MOSFET : 물리적으로 미리 심어진 채널을 가지고 있는 구조(주로 고주파 RF 증폭기 등에서 일부 사용)

2) 증가형 MOSFET : 정상동작을 위해서는 채널을 유기할 필요가 있는 구조(대부분 증가형만 사용)

구분 방법 : 채널이 미리 만들어지느냐, 채널이 유기될 필요가 있는지 (구조적으로 동일모양)

MOSFET은 크게 3가지 모드(Cut-off mode, Ohmic mode, Saturation mode)로 동작하게 된다. 이는 gate 전압과 drain에 인가하는 전압에 따라 결정되며 아래와 같다.

* k_n 은 소자가 갖는 파라미터이며 상수값이다.

1. Cut-off mode, 차단 영역

해당 영역에서는 gate 전압값이 작아 채널이 형성되지 않고, 전류가 흐르지 않는다.

2. Ohmic mode (= Triode mode, Linear mode), 선형 영역 → Source, Drain 모두 채널

형성 O

$V_{GS} > V_{th}$, $V_{DS} < V_{GS} - V_{th}$

선형 저항 소자처럼 동작

전류가 드레인 소스 간에 전류 흐름이 존재

V_{DS} 의 값이 증가함에 따라 I_{DS} 가 증가

MOSFET이 이 영역에서 작동하도록 만들어지면 증폭기로 사용이 가능

해당 영역에서는 gate전압이 문턱전압을 넘어 source와 drain사이에 채널이 형성된다. 전자(캐리어)가 source에서 drain으로 흐르면서 전류가 흐르게 된다. 이때, drain 전압에 따라 흐르는 전류의 양이 선형적으로 증가하여 linear 영역이라고 부르기도 한다.

Ohmic mode에서는 drain 전압이 채널에 미치는 영향이 미미하기 때문에 채널이 단순 저항 역할을 하여 Ohmic mode라고 불린다.

3. Saturation mode, 포화 영역 → Source 쪽 채널 형성 O, Drain 쪽 채널 형성 X

소스에서 드레인 근처까지 전도 채널 형성 못함(핀치 오프 현상)

해당 영역에서는 drain 전압을 증가시켜도 전류가 더 이상 증가하지 않고 일정한 값으로 유지(포화)된다. 식에서도 알 수 있듯 전류식은 더 이상 drain 전압과는 무관하며 gate 전압에 따라 결정된다.

전류가 흐르지 않는 공간 : OFF 영역, Cut-off 영역

전류값이 증가하는 구간 : Triode 영역

전류값이 더 이상 증가하지 않고 일정하게 유지되는 구간 : Saturation 영역

※ Channel Pinch-off (핀치오프)

: 채널이 형성된 상태에서 drain 전압을 서서히 증가시키다가 drain 전압이 $V_{GS} - V_{th}$ 가 되었을 때, drain 쪽 채널이 끊기는 현상이다. 즉, Ohmic mode에서 saturation mode로 넘어가는 경계지점으로, drain 쪽 채널이 사라지게 되는 지점이다. Saturation 영역에서 drain 전압이 증가할수록 pinch-off 지점이 drain에서 source 쪽으로 밀린다.

Channel Pinch-off 지점에서의 drain 전압, 즉 $V_{GS} - V_{th}$ 는 V_{ov} (Overdrive Voltage)라고 한다.

소수 캐리어가 모여서 연결한 채널은 다수 캐리어가 Source에서 Drain으로 이동하는 다리가 됩니다. 전자가 넘어갈 n_type 다리를 n_Channel이라 하고, 정공이 넘어갈 p_type 다리를 p_Channel이라 하지요. 만약 전자가 지나갈 다리가 p_type인 Hole로 구성되면, 전자-정공이 동시에 상쇄되어(EHP 소멸) 전자가 건너가지도 못할뿐더러 다리도 끊어지게 될 테니까요.

STS5NF60L

N-channel 60V - 0.045Ω - 5A - SO-8

STripFET™ Power MOSFET

위의 그림에서와 같이 N채널 FET이며, 최대 60V의 전압을 스위칭할 수 있고, FET가 ON 되었을 때 RDS(ON)의 저항값이 0.045Ω임을 알 수 있으며, FET를 관통하여 흐르는 지속적인 부하전류는 5A이고, 부품의 패키지는 SOIC-8 패키지임을 알 수 있습니다.

Symbol	Parameter	Value	Unit
V _{DS}	Drain-source voltage (V _{GS} = 0)	60	V
V _{GS}	Gate- source voltage	±20	V
I _D	Drain current (continuous) at T _C = 25°C	5	A
I _D	Drain current (continuous) at T _C = 100°C	3	A
I _{DM} ⁽¹⁾	Drain current (pulsed)	20	A
P _{TOT}	Total dissipation at T _C = 25°C	2.5	W
	Derating factor	0.02	W/°C
dv/dt ⁽²⁾	Peak diode recovery voltage slope	5.5	V/ns
T _{stg}	Storage Temperature	-55 to 150	°C
T _j	Max operating junction temperature	150	°C

상단에 나타난 표는 'Absolute maximum ratings'의 정보입니다. 해당 조건을 벗어나는 상황으로 설계가 되거나 사용되면 FET가 손상될 수 있다는 내용입니다. 여기서 중요하게 봐야할 것이 바로 VDS, VGS, ID, PTOT, Tstg, Tj입니다.

VDS는 FET가 OFF된 상태에서 FET의 Drain단과 Source단을 DMM을 측정하였을 때, 60V가 넘는 전압이 걸리게될 경우 FET가 손상되게 됩니다. 따라서 FET를 설계하려는 곳의 회로를 파악하여 FET가 OFF된 상황에서 FET의 Drain단과 Source단의 전압이 60V가 넘는 경우가 발생하는지 우선 검토하여야 하며, 미충족 시 VDS가 충분히 보장되는 FET로 부품을 재선정해야 합니다.

VGS는 FET를 ON / OFF 스위칭용으로 제어하기 위해서 Gate단에 입력해야 하는 전압의 안정적인 범위를 의미합니다. FET를 ON / OFF 제어할 때에 Gate단의 제어 전압의 레벨이 ±20V를 넘을 경우 FET의 Gate가 손상되는 문제가 발생합니다. 현존하는 거의 대부분의 FET들의 VGS는 ±20V입니다. 따라서 특별한 경우가 아니라면 보통 Gate단의 제어 전압 레벨을 FET를 ON시키는 조건에서 15V~18V 사이로 설계합니다.

ID는 FET를 관통해 연속적으로 흐르는 부하전류로 FET를 적용하고자 하는 곳의 회로를 검토하여 FET의 부하가 연속전류치의 50% 이하로 동작될 수 있도록 설계합니다. 데이터시트

에는 25℃를 기준으로 5A로 명시되어 있으므로, 부하전류는 2.5A가 넘지 않도록 설계되는 지 검토하며, 설계 미충족 시에는 ID가 보다 높은 FET로 부품을 변경하여야 합니다. 열폭주 때문에 이렇게 하는거임

PTOT는 RDS(ON) 저항과 관계가 깊습니다. 즉 ID인 부하전류가 흐르는 FET ON 상태일 때 FET 자체가 갖고 있는 저항치로 이 RDS(ON) 저항치에 따라서 발열을 하게됩니다. 이때 발열량이 PTOT를 넘어서게되면, FET가 연속적인 ID를 보장하지 못하며, FET가 발열에 의해 열화되어 소손되게 되니 설계 검토 시 PTOT가 미충족될 경우 방열 대책을 강구하거나, 보다 높은 내열성을 갖는 FET로 설계를 변경하여야 합니다. 한편 PTOT는 아래의 수식으로 계산할 수 있습니다.

$$P_{TOT} > I_D^2 \times R_{DS(ON)}$$

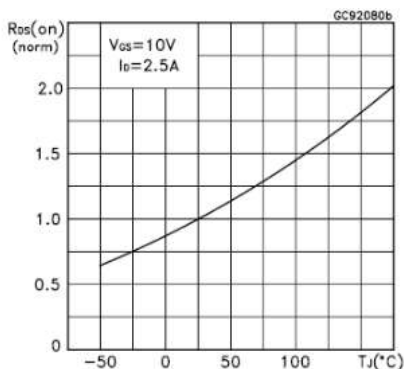
R_{thj-a}	(1)Thermal resistance junction-ambient Max	50	°C/W
T_l	Maximum lead temperature for soldering purpose Typ	150	°C

$$\begin{aligned}
 T_j > T &= T_{25^\circ\text{C}} + (P_{TOT} \times R_{thj-a}) \\
 &= T_{25^\circ\text{C}} + (I_D^2 \times R_{DS(ON)} \times R_{thj-a}) \\
 &= 25^\circ\text{C} + (5^2 \times 0.055 \times 50) \\
 &= 25^\circ\text{C} + 68.75^\circ\text{C} \\
 &= 93.75^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

$$T_j > T \rightarrow 150^\circ\text{C} > 93.75^\circ\text{C}$$

DDAPFS
ELECTRONICS
LABORATORY
<http://blog.naver.com/ansdbits4067>

ID가 5A로 연속적으로 흐를 때 FET는 대략 93.75℃의 온도에 도달하게 된다는 것을 예측할 수 있으며, 이 온도가, Tj 보다 낮은 기 때문에 FET는 소손되지는 않는다고 판단되지만, 아래의 'Figure 10. Normalized on resistance vs. temperature' 그래프를 확인하면, 온도가 상승함에 따라서 RDS(ON) 저항치가 상승하는 것을 알 수 있습니다. 이는 ID의 부하전류에 따라서 FET는 서서히 온도가 올라가는데, 이렇게 상승된 FET의 온도가 RDS(ON) 저항치에 영향을 미쳐 RDS(ON) 저항치가 서서히 올라가는 상황이 발생합니다. RDS(ON)의 변화에 따라 결국 PTOT가 변화하고 이러한 연속적인 폭주 현상이 결국 FET 열폭주로 나타나게 되는 것입니다. 이런 열폭주가 발생하게 되면, FET가 열화되어 소손되는 결과가 발생할 수도 있습니다. 따라서 이와 같은 이유 때문에 앞서 말씀드린 바와 같이 ID의 50%로 부하전류를 사용하는 것을 권장드린 것입니다.



다음으로 전기적 특성에서 'On/off states'에 명시된 내용을 확인해보도록 하겠습니다. 아래에 나타난 표는 ON / OFF 동작으로 FET를 사용할 때 중요하게 검토하여야 하는 FET의 전기적 특성입니다. 여기서 중요하게 살펴봐야 하는 것은 바로 I_{DSS} , I_{GSS} , $V_{GS(th)}$, $R_{DS(on)}$ 입니다.

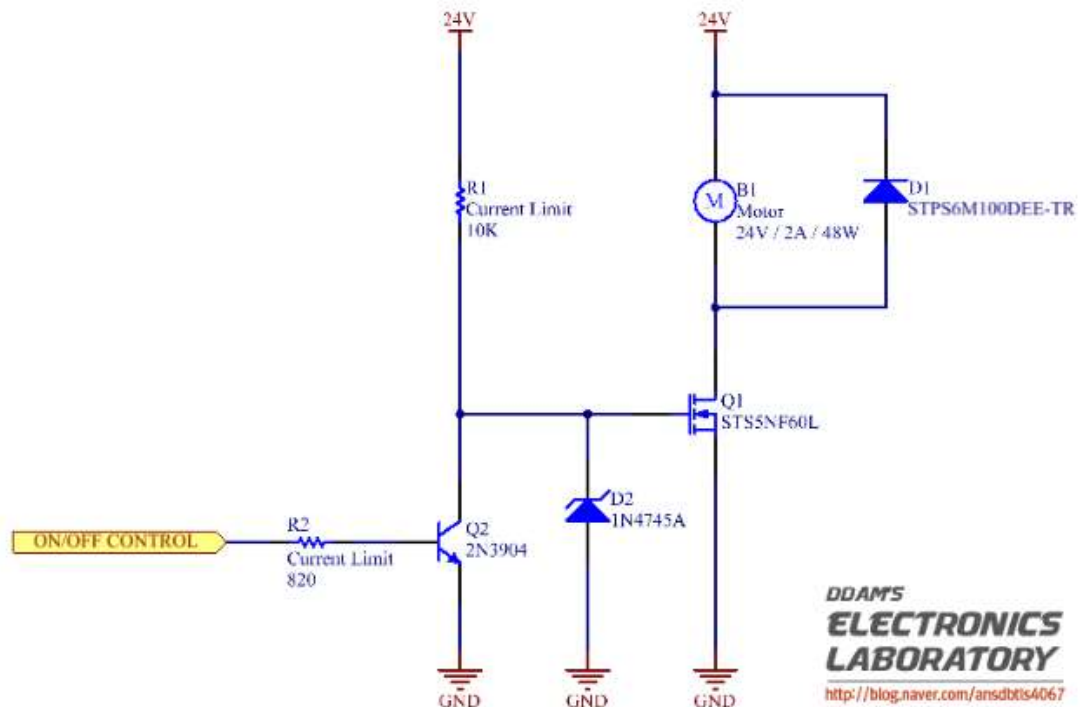
Symbol	Parameter	Test conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
$V_{(BR)DSS}$	Drain-source Breakdown voltage	$I_D = 250 \mu A$, $V_{GS} = 0$	60			V
I_{DSS}	Zero gate voltage Drain current ($V_{GS} = 0$)	$V_{DS} = \text{Max rating}$ $V_{DS} = \text{Max rating}$, $T_C = 125^\circ C$			1	μA
					10	μA
I_{GSS}	Gate-body leakage current ($V_{DS} = 0$)	$V_{GS} = \pm 20V$			± 100	nA
$V_{GS(th)}$	Gate threshold voltage	$V_{DS} = V_{GS}$, $I_D = 250 \mu A$	1	1.7	2.5	V
$R_{DS(on)}$	Static drain-source on resistance	$V_{GS} = 10V$, $I_D = 2.5A$ $V_{GS} = 4.5V$, $I_D = 2.5A$		0.045	0.055	Ω
				0.050	0.065	Ω

I_{DSS} 는 FET가 OFF된 상태임에도 불구하고 FET의 물리적인 반도체 구조에 의해서 Drain단에서 Source단으로 누설되는 전류라고 생각하면 쉽습니다. FET를 선정함에 있어서 정확한 ON / OFF 동작을 위해서는 반드시 I_{DSS} 가 낮은 FET를 선정하는 것이 원칙이며, 부득이할 다소 높은 I_{DSS} 를 갖는 FET를 선정한 경우에 한하여 I_{DSS} 로 인하여 문제가 발생할 수 있는지 검토하여야 합니다.

I_{GSS} 도 마찬가지로 Gate의 제어 신호가 FET의 Body로 누설되는 전류를 의미합니다. I_{GSS} 도 I_{DSS} 와 마찬가지로 가급적 낮은 I_{GSS} 의 FET를 선정하며, 부득이하게 I_{GSS} 가 높은 FET를 선정한 경우 반드시 절연(Isolation)회로로 구동하는 것을 권장드립니다.

$V_{GS(th)}$ 는 FET를 ON시키기 위한 Gate단에 인가해야 하는 최소한의 문턱 전압이라고 할 수 있습니다. 한편 FET도 BJT에서와 마찬가지로 선형 스위칭 동작으로 사용하는 경우가 실무에서는 거의 없습니다. 따라서 $V_{GS(th)}$ 보다 충분히 높은 Gate 전압인 15V~18V의 전압 신호를 인가하도록 회로를 구성하여야 합니다.

$R_{DS(on)}$ 의 경우 V_{GS} 에 따라서 또 FET의 상태에 따라서 조금씩 다른 값을 가지고 있습니다. 그러나 실무 설계에서는 Gate단의 제어 전압 레벨이 15V~18V이므로 데이터시트의 'Figure 6. Static drain-source on resistance' 그래프를 통해 대략적으로 0.045 Ω 로 동작할 것이라 파악합니다. 단, 설계 검토를 위한 계산 시에는 최악의 조건인 $R_{DS(on)}$ 이 가장 높은 값으로 나타난 0.055 Ω 으로 계산하도록 합니다.



그림을 보면 MCU에서 출력되는 5V의 I/O 신호를 앞서 설계에서 다뤘던 Q2 BJT의 Base단에 입력하여 궁극적으로 Q1 FET의 Gate단의 전압을 스위칭하도록 구성되어 있으며, Q2 BJT가 ON / OFF 스위칭함에 따라서 Q1 Gate단에 24V의 게이트 ON / OFF 신호가 설계를 목표로한 Gate 전압인 15V~18V 범위에서 전달될 수 있도록 D2에 16V 제너 다이오드가 추가되는 것을 알 수 있습니다.

추가된 제너 다이오드는 R1의 전류 제한 저항에 의해서 전류가 제한되어 전압을 16V로 클램핑하는 역할을 수행하며, 이렇게 Gate단에 15V~18V의 Gate 신호가 안정적으로 전달되어 Q1의 FET가 ON / OFF되며, 이에 따라서 N채널 FET의 Drain단에 위치한 B1 모터가 회전 동작을 수행하게 됩니다.

B1의 모터는 유도성 부하이므로 인덕턴스가 높은 부하입니다. 따라서 회전동작을 하다 멈추거나, 멈춘 상태에서 회전동작을 수행할 때, 강력한 역기전력이 발생하게 됩니다. 따라서 이를 환류시키기 위한 환류 다이오드가 D1에 위치한 것을 확인할 수 있습니다

그럼 먼저 MCU의 I/O 핀에서 출력되는 5V 신호를 Q2의 Base에 전류를 제한하여야 하는데, 이 전류제한 저항 R2의 저항값을 설계하도록 하겠습니다. 앞선 BJT 실무 회로설계 포스팅에서와 같이 IC를 50mA로 설계하면 다음과 같이 R2의 저항값을 계산할 수 있습니다.

$$R2 = \frac{V_{CONTROL} - V_{BE(sat)}}{I_B} = \frac{5V - 0.95V}{0.005A} = \frac{4.05V}{0.005A} = 810\Omega \approx 820\Omega$$

다음은 제너 다이오드인 D2를 선정하고, 이 제너 다이오드의 전류 제한을 위한 저항인 R1의 저항값을 설계하면 다음과 같습니다. 우선 제너 다이오드는 1N4745A로 16V 제너 전압 V_Z 있으며, 제너 전류 I_Z 는 15.5mA입니다. 이것을 참조하여 R1의 제너 다이오드 전류 제한용 저항을 설계합니다.

$$R1 = \frac{V_{CC} - V_Z}{I_Z} = \frac{24V - 16V}{0.0155A} = \frac{8V}{0.0155A} = 516\Omega \approx 560\Omega$$

D2의 제너 다이오드의 전류 제한 저항은 516Ω으로 계산되었으나 표준 저항값에서 가장 가까운 값이 560Ω으로 설계하면 됩니다. 다만, FET의 경우 전압 제어소자이기 때문에 전류는 크게 Gate단의 전류가 큰 의미가 없습니다. 따라서 560Ω보다 큰 값의 저항을 적절하게 선택하여 설계하면 됩니다. 여기서는 1kΩ을 적용하여 설계하겠습니다.

마지막으로 모터의 역기전력 환류 다이오드를 선정합니다. 역기전력이 매우 크게 작용하기 때문에 부하 정격 전류용량의 3배 이상을 견딜 수 있는 환류 다이오드를 선정해 적용합니다. 선정한 다이오드는 STP56M100DEE-TR으로 전압 정격 3배, 전류 정격 3배 이상의 다이오드를 선정해 적용합니다.

최종적으로 설계가 완료된 FET를 이용한 DC 모터 ON / OFF 스위칭 회로를 나타내었습니다. MCU의 5V I/O 출력 신호를 이용하여 Q2을 ON / OFF하고, 이 Q2의 ON / OFF 제어에 따라 Q1의 Gate 전압이 ON / OFF되며, 결과적으로 B1의 모터가 회전 동작을 할 수 있는 회로가 완성되었습니다.

1. 설계하고자 하는 ON / OFF 스위칭 회로의 전원 전압, 부하 용량, 제어 전압 레벨 등을 확인한다.
2. 부득이 하거나 특별한 경우가 아니라면, N채널 FET만을 이용하여 스위칭 회로를 설계한다.
3. FET를 적용하여 ON / OFF 회로 설계를 완료하였다면, 데이터시트에 명시된 조건 중 'ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS' 등의 전기적, 물리적 고장 조건을 재검토한다.
4. FET는 Gate단의 전압 VGS를 이용하여 부하로 흐르는 ID가 조절된다는 점을 반드시 기억한다.
5. N채널, P채널에 상관없이, 통상적인 FET의 Gate단의 전압은 15V~18V 사이의 범위로 설계한다는 점을 명심한다.

-PMOS NMOS에 대해 설명해보세요.

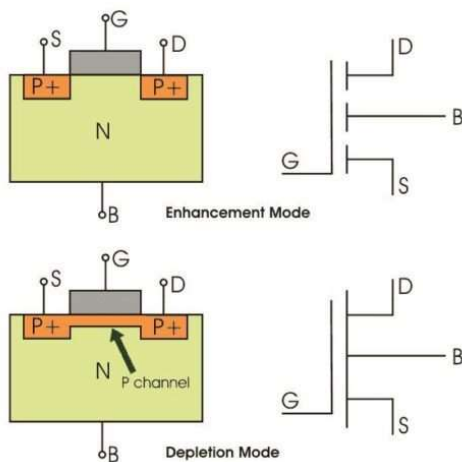
NMOS는 G에 걸린 전압이 높을때 S와 D가 연결되고, 낮을 때에는 S와 D의 연결이 끊어진다. 반대로 PMOS트랜지스터의 경우에는 G에 걸린 전압이 높을때 S와 D의 연결이 끊어지고 낮을때 연결이된다. 게이트에 걸리는 전압에따라 스위칭 작용이 일어나는데, 그 경향이 반대라고 이해하면 된다.

P채널 MOSFET

드레인과 소스는 P+ 영역, 기판은 N형

전류는 P- 채널 MOSFET

게이트에 음의 전압을 적용하면 산화물 층 아래에 존재하는 전자가 반발력을 얻게 되고 기판으로 아래로 밀려 들어가 공핍 영역은 결합된 양전하로 채워지게 됩니다.



pmos게이트 음전압 소스에서 드레인으로 전류흐름

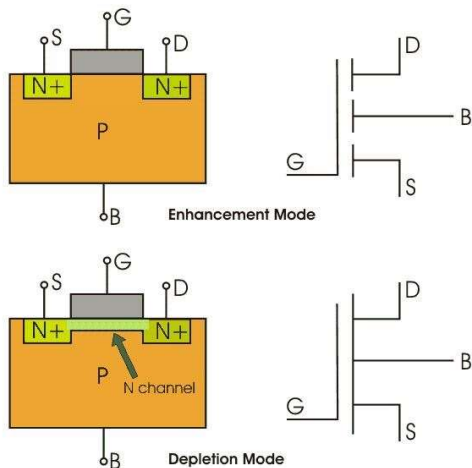
nmos게이트 양전압 드레인에서 소스로 전압흐름

N채널 MOSFET

드레인과 소스는 N+영역, 기판은 P형

전류는 N채널 MOSFET

게이트에 양의 전압을 적용하면 산화물 층 아래에 존재하는 구멍이 기판 아래로 밀려납니다. 공핍 영역은 결합된 음전하로 채워집니다.



-opamp의 원리 종류와 역할, 선정기준 및 발생하는 문제점을 정의해라

부궤환회로(negative feedback)를 구성하는 이유는 opamp는 높은 전압이득을 지닌 증폭기지만 개방이득의 편차 및 대역이 좁아 증폭률 컨트롤 하기 어려워 부궤환회로를 구성함

부궤환회로의 장점은 증폭회로의 이득이 일정해지는 영역(대역)이 확대되고, opamp 개방이득 편차의 영향이 작아지고 왜곡(왜곡,오차전압,노이즈)을 억제할수 있다. 단점으로는 개방이득에 비해 회로의 증폭률이 떨어지고 궤환으로 인해 회로가 발전하기 쉬워진다.

개방루프이득이란 궤환이 없을 때의 이득으로 두입력단자에 인가된 신호의 차를 연산증폭기의 자체이득만큼 증폭한 후 단일 신호로 출력하는 것을 말한다.

opamp는 비교기와 증폭기로 사용할 수 있다. tr로 구성된 opamp는 가격이 싼 대신 소비전력이 높다 mosfet로 구성된 opamp는 가격 비싸고 소비전력 낮다.

OPAMP

1. 기본식 $V_o = (V_+ - V_-) \cdot A_v$, $(V_+ - V_-) = V_{in}$
2. 이상적 $R_i = \infty$, $R_o = 0$, $A_v = \infty$, 대역폭 무한대(어느 주파수에서도 이득이 일정하다는말임), 오프셋전압=0(직류신호 바로 넣어서 써도됨) 오프셋이 그 직류전압말하는건데 오프셋전압있다는건 opamp내부의 기본 직류전압 있다는 말
3. 피드백이 없으면 증폭률이 무한대여서 피드백을 하여 증폭률(이득)을 조정함
피드백 없는게 비교기이긴 함 근데 이건 단순 비교만 함.
4. 부궤환회로(-로 피드백)일 때 시스템 안정되고 가성접지($V_{in}=0$)이 되도록 동작함
정궤환회로일 때 계속 폭주하여 +VCC나 -VEE의 값과 가까워지는 세추레이션이 됨
그리고 정궤환은 피드백이 +쪽인 듯 입력신호와 궤환신호의 위상이 같아 발전의 조건을 만족시킴 부궤환도 위상지연이 계속 발생하다보면 정궤환처럼 될수도 있음
부궤환회로일 때 어느 일정한 값으로 수렴해서 안정적인 증폭값이 나옴
5. 최대 증폭값은 +VCC와 -VEE값 안에 있음 +VCC가 20V일 때 증폭나오는 값이 100V여도 20V가 출력됨 이걸 세추레이션(포화상태)된다고 함
6. $V_{in}=0$ (이건 +,-단자의 전압차=0), $I_{in}=0$ (이건 전류=0)으로 해서 회로 해석하면 됨
7. +단자에 전원 입력되면 V_o 는 비반전(전원값과 부호같음),
-단자에 전원 입력되면 V_o 는 반전된 값나옴(전원값과 부호반대임)
8. $R_o=0$ 과 가까운 값이므로 전류의 감소가 없고 부하효과가 없음 전압의 대부분이 소모되지않고 부하부로 전달됨 그래서 버퍼(전압플로어회로,opamp에 부궤환만 있는 회로)는 부하효과를 없애는 역할을 함 결국 입력 전압과 출력전압을 같게하는 버퍼로 연결해 성질이 다른 두회로를 전기적문제가 생기지 않도록 분리해주는 역할임 즉 회로1,2,3이 직렬 연결됐다 할 때 회로1의 출력을 회로3의 입력으로 쓰고 싶으면 버퍼를 쓰면 회로의 안정성이 올라감 그리고 버퍼는 동일한 전압을 전압 분배할 때 이용한다 그냥 저항 같은 걸로 분배하면 저항값에 따라 전압이 나뉘는데 버퍼를 이용해 원하는 곳에 동일한 전압을 분배 가능하다
- 1.isolation(임피던스 분리) 2.전압분배
예를 들어 하나의 출력단에 여러 입력을 쓸 때 부하효과로 인해 값이 제대로 전달 안될 수 있으니 버퍼 써서 부하효과 줄여줌
-부하효과 : 전원부의 저항에 비해 부하부의 저항이 훨씬 작으면 전압이 전원부에 많이 뺏김 이런걸 부하효과라 함.
- 9.주파수영역,S영역 변환해도 기본 특성 $I, V=0$ 이거 그대로 써서 해석하면됨 변화없음

연산 증폭기는 두 개의 차동 입력과 보통의 경우 한 개의 단일 출력을 갖는 전압 증폭기입니다. '전압 증폭기'이므로, 입력되는 전압 신호를 회로구성에 따라서 전압이 증폭된 신호로 바꾸는 역할을 합니다. 회로 구성에 따라서 출력되는 전압 신호를 입력되는 신호 대비 줄이거나 높여 출력시킬 수 있습니다.

Op-Amp는 세상에 있는 다양한 부품의 Op-Amp가 거의 동일하게 Op-Amp가 갖고있는 자체적인 온도 변화나 제조된 부품마다 약간의 동작의 차이를 보이는 특성은 출력되는 신호에 거의 영향을 미치지 않고, Op-Amp가 연결된 외부 수동 소자에 의해서 그 동작이 좌우되기 때문에 회로 설계에 있어서 아주 빈번하게 사용됩니다.

Op-Amp로 입력되는 입력 임피던스는 거의 무한대와 가깝거나 아주 높은 상태라고 하며, 출력되는 출력 임피던스는 거의 0에 가깝거나 아주 낮은 상태라고 말합니다

-opamp 데이터시트

1 Features

- Qualified for Automotive Applications
- AEC-Q100 Qualified With the Following Results:
 - Device Temperature Grade 1: -40°C to +125°C Ambient Operating Temperature Range
 - Device HBM ESD Classification Level 3A
 - Device CDM ESD Classification level C6
- Supply Voltage: 1.8 V to 5.5 V
- microPackages:
 - Single: SOT23-5
 - Dual: VSSOP-8
 - Quad: TSSOP-14
- Low Offset Voltage: 20 μ V (Typical)
- CMRR: 108-dB (Typical) PSRR
- Quiescent Current: 35 μ A (Maximum)
- Gain Bandwidth: 300 kHz
- Rail-to-Rail Input and Output
- Internal EMI and RFI Filtering

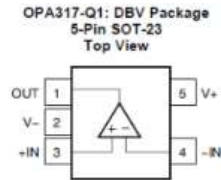
DDAMS
**ELECTRONICS
LABORATORY**
<http://blog.naver.com/ansdbtis4067>

주요하게 살펴볼 사항들은 우선 OPA317은 자동차에 적용되는 응용제품 설계에 적용될 수 있도록 'Automotive Qualified'된 제품임이 나타나 있습니다. 이는 가정용, 범용 제품보다 더 가혹한 조건에서 동작을 보증할 있는 제품임을 나타냅니다.

다음으로 'Supply Voltage: 1.8V to 5.5V'의 내용으로 해당 Op-Amp는 최저 1.8V 공급 전압에서부터 최대 5.5V 공급 전압 범위에서 동작이 가능한 제품임을 알 수 있습니다. 또 'microPackages:'의 내용으로 보다 작은 IC 패키지로 PCB 설계 면적을 줄여 설계할 수 있음을 알 수 있습니다.

또 'Low Offset Voltage: 20 μ V (Typical)'이라는 것을 통해 Op-Amp가 갖는 어쩔 수 없는 Offset Voltage가 보통의 경우 아주 낮은 20 μ V임을 알 수 있으며, 'Gain Bandwidth: 300 kHz'로 Op-Amp로 증폭시킬 수 있는 최대 입력 신호의 주파수가 300kHz임을 알 수 있습니다. 이를 반대로 말하자면, 300kHz 이상의 신호를 입력시킬 경우 이 Op-Amp로는 입력되는 신호를 의도한 설계치로 증폭시킬 수 없다는 것이니 참고하시기 바랍니다.

끝으로 이 Op-Amp는 'Rail-to-Rail Input and Output'을 동작을 제공하여, 입 / 출력되는 신호가 Op-Amp의 공급 전압 범위 이내에서는 모두 출력이 가능하며, 내부에 EMI와 RFI를 저감시킬 수 있는 필터링 회로가 내장되어 있음을 알 수 있습니다.



Pin Functions: OPA317-Q1

NAME	PIN		I/O	DESCRIPTION
	NO.	SOT-23		
+IN	3		I	Noninverting input
-IN	4		I	Inverting input
OUT	1		O	Output
V+	5		—	Positive (highest) power supply
V-	2		—	Negative (lowest) power supply

DDAMS
ELECTRONICS
LABORATORY
<http://blog.naver.com/emd854067>

6.1 Absolute Maximum Ratings

Over operating free-air temperature range, unless otherwise noted.⁽¹⁾

		MIN	MAX	UNIT
$V_S = (V+) - (V-)$	Supply voltage		7	V
	Signal input terminals ⁽²⁾	$(V-) - 0.3$	$(V+) + 0.3$	V
	Signal input terminals ⁽²⁾	-10	10	mA
	Output short circuit ⁽³⁾	Continuous		
T_A	Operating temperature	-40	150	°C
T_J	Junction temperature		150	°C
T_{stg}	Storage temperature	-65	150	°C

VS인 'Supply voltage'를 확인하면, $V_S = (V+) - (V-)$ 라 나타나 있는데, 이는 입력되는 주전원 전압의 상대적 차이가 최대 7V를 넘어서면 안된다는 것을 의미합니다. 또한 Op-Amp의 입력 신호 역시 주전원 전압 범위의 $\pm 0.3V$ 와 $\pm 10mA$ 를 넘어서면 고장을 야기할 수 있으므로 주의하여 설계하여야 합니다.

다음으로 출력 신호가 GND와 단락 상태가 유지되어도 Op-Amp의 고장을 발생시키지는 않는 것을 확인할 수 있는데, 이렇게 Op-Amp의 출력단을 GND와 단락시켜 설계하는 경우는 없으니 참고만 하시길 바라며, 동작, 저장 온도에 대한 범위도 설계 시 참고하시기 바랍니다.

6.3 Recommended Operating Conditions

over operating free-air temperature range (unless otherwise noted).

		MIN	MAX	UNIT
$(V+ - V-)$	Supply voltage	1.8 (± 0.9)	5.5 (± 2.25)	V
T_A	Specified temperature	-40	125	°C

데이터시트의 '6.7 Electrical Characteristics: $V_S = 1.8V$ to $5.5V$ '에 나타난 내용 중 실제 설계에 중요하게 확인하여야 할 몇가지 사항들만 더 검토하도록 하겠습니다. 앞서 계속해서 확인해왔듯이 입력 Offset Voltage는 통상 20uV로 나타나 있지만, 최대 $\pm 90uV$ 로도 나타나 있습니다. 또한 온도 조건이 더해질 경우 $\pm 100uV$ 로 크게 증가하는 것을 확인할 수 있는데요. 이는 MCU 등을 이용하여 펌웨어로 ADC 처리할 때 아주 중요한 설계 사항으로 반드시 확인하여야 하는 부분이 되겠습니다.

한편, 입력 Offset Voltage가 최악의 경우 $\pm 100uV$ 까지 나타날 수 있으며, 입력 신호에 이와 같은 Offset Voltage 신호가 실리게 되면 최종 출력에는 이 Offset Voltage 신호가 증폭

PARAMETER	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
OFFSET VOLTAGE					
V_{OS} Input offset voltage	$V_S = 5\text{ V}$		20	± 90	μV
	$T_A = -40^{\circ}\text{C to } +125^{\circ}\text{C}, V_S = 5\text{ V}$			± 100	
INPUT VOLTAGE RANGE					
V_{CM} Common-mode voltage		$(V_-) - 0.1$		$(V_+) + 0.1$	V
FREQUENCY RESPONSE					
GBW Gain-bandwidth product	$C_L = 100\text{ pF}$		300		kHz
SR Slew rate	$G = 1$		0.15		$\text{V}/\mu\text{s}$
OUTPUT					
Voltage output swing from rail	$T_A = -40^{\circ}\text{C to } +125^{\circ}\text{C}$		30	100	mV
I_{SC} Short-circuit current			± 5		mA
POWER SUPPLY					
V_S Specified voltage		1.8		5.5	V
Turnon time	$V_S = 5\text{ V}$		100		μs

(여기서의 증폭은 감소시키거나 증가시킨 신호를 의미)되어 출력 신호에 나타나므로 꼭 확인해야만 하는 부분입니다.

다음으로 이 Op-Amp를 이용하여 Common-mode로 동작 시킬 때, 입력 신호는 Op-Amp로 공급되는 전원 전압 범위의 최저에서 -0.1V 이상 최고에서 $+0.1\text{V}$ 이하로 입력시켜야만 합니다. 다음으로 주파수 응답특성으로 부하 캐패시턴스가 100pF 일 때, 최대 300kHz 이하의 신호를 증폭시킬 수 있어 이보다 높은 신호는 흡사 Low-Pass Filter와 같이 필터링됩니다. 한편, 입력되는 신호의 변화가 실제 출력에 나타나는 시간에 따른 변화율을 나타내는 Slew rate는 Op-Amp의 증폭 이득이 1일 때, $0.15\text{V}/\mu\text{s}$ 로 예를 들어 설명하자면, 1V 의 신호를 입력할 때, 실제 출력에 1V 가 나타나는 시간은 다른 사항을 고려하지 않고 Op-Amp의 증폭 이득이 1인 상황에서 Slew rate만 놓고 계산할 때에 약 $6.67\mu\text{s}$ 가 걸린다는 것을 나타내니 이보다 출력 신호의 반응이 빨라야할 경우 다른 Op-Amp로 변경하여야 합니다.

출력에 대한 사항으로는 Op-Amp로 공급되는 전원 전압범위에서 통상 30mV 로 스윙(흔들)리며 나타나 최악의 경우 100mV 까지 스윙할 수 있으니 설계 시 이에 대한 고려가 반드시 필요하며, 출력 단락 시 $\pm 5\text{mA}$ 의 출력 전류가 발생함을 알 수 있습니다.

끝으로 Op-Amp의 전원 전압으로는 앞서 살펴본 바와 같이 최저 1.8V 에서부터 최대 5.5V 까지 공급할 수 있어 MCU 등에 연결하여 사용할 때에 적합한지 확인하여 적용 여부를 검토하여야 합니다. 보통의 MCU들의 ADC 입력 전압이 $2.5\text{V} \sim 5.0\text{V}$ 범위이니 참고하시기 바랍니다. 또 Turnon time이 있는데, Op-Amp가 최초 전원 전압을 인가받아 정상적인 동작을 수행할 수 있는 시간이 통상 $100\mu\text{s}$ 이므로 MCU 등을 통해 ADC 처리를 할 때에 이러한 특성을 확인하여 보다 정확하게 ADC 처리를 할 수 있도록 하여야 합니다.

공통 모드 제거비(CMRR; Common-Mode Rejection Ratio)는 차동 증폭기(differential amplifier)가 두 입력(+ 및 -)에 공통되는 신호 부를 통과시키지 않고 거부하는 정도를 나타낸다. 높은 값의 CMRR은 높은 전압 오프셋과 작은 전압 요동을 가진 신호나 두 개의 신호의 전압 차이를 포함한 정보(예를 들어 평형선에서의 음성 전송)에서 중요하게 응용된다. 이상적으로, V_+ 와 V_- 의 입력을 가지는 차동증폭기의 출력은 $V_o = A_d(V_+ - V_-)$ 이다. 여기서 A_d 는 차동 증폭기의 이득이다. 그러나 차동 증폭기의 실제 출력은 다음과 같다.

$$V_o = A_d(V_+ - V_-) + \frac{1}{2}A_c(V_+ + V_-),$$

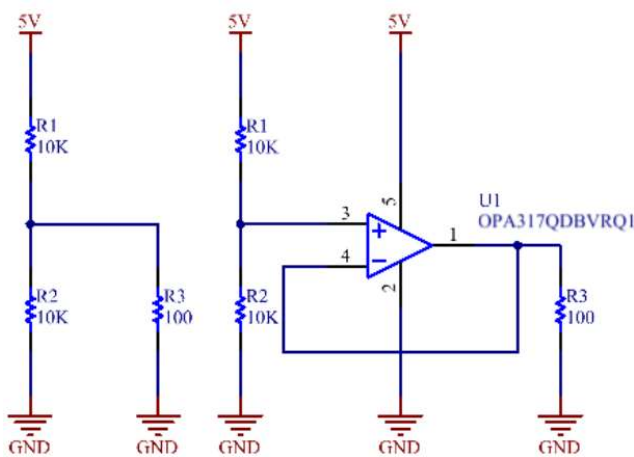
차동증폭기니까 차이가 나는 부분을 증폭시키는 건데 공통된 부분이 있으면 잡음으로 역할을 한다. smps에서 공통모드노이즈와 차동모드노이즈 설명할 때 공통모드는 전원 양쪽방향으로 나가서 정류되기전에 공통된 신호이고 차동은 신호가 반대방향으로 나가고 들어오고 이런게 차동인데 이게 내가 원하는 신호가 아니니까 노이즈라 하는거임.

-opamp 버퍼 자세히 설명 +비반전,반전증폭기

실무 회로 설계에서 Op-Amp가 설계될 때, 적용되는 회로의 거의 90% 응용 회로는 다음의 Voltage Follower(입력 전압 추종, 전압 버퍼), Inverting Amplifier(반전 증폭기), Non-Inverting Amplifier(비반전 증폭기)로 설계가 이뤄집니다.

우선 Voltage Follower에서는 입력되는 전압 신호에 맞춰 출력되는 신호도 입력되는 전압 신호가 될 수 있도록 하는 설계 방법입니다. 이를 보통 입력 전압 추종 내지는 전압 버퍼 회로라로 실무 설계 시 지칭합니다. '입력되는 전압 신호와 같게 출력 전압 신호를 만드는게 굳이 왜 필요한가?'라고 생각할 수 있겠으나, Voltage Follower 회로를 사용하는 이유는 전압 신호의 임피던스를 낮추는 목적으로 사용합니다.

다음의 예시 회로를 통해서 쉽게 설명이 가능합니다. 아래의 예시 회로는 R1과 R2로 전압 분배가 된 전압 신호를 R3에 인가할 수 있도록 구성된 회로입니다. 회로의 동작 목표는 R1과 R2로 전압분배가 된 전압인 2.5V가 부하인 R3에 정확하게 전달될 수 있도록 구성하려는 목표로 설계하였습니다.

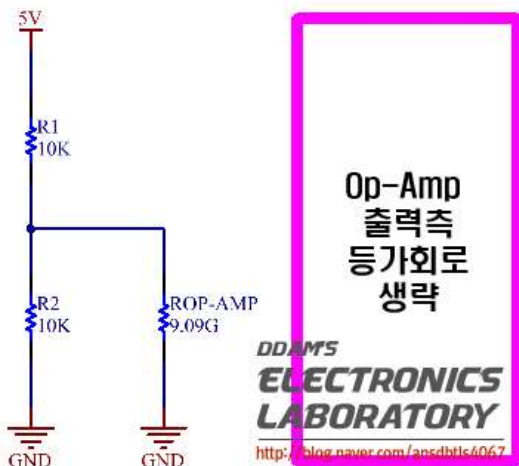


왼쪽 회로에서 실제 R1, R2, R3의 전압은 각각 $V_{R1} = 4.951V$, $V_{R2} = V_{R3} = 0.049V$ 로 나타나 설계 목표를 완벽하게 벗어나게 됩니다. 이렇게 전압의 출력 임피던스가 높기 때문에 부하가 연결됨에 따라서 출력 전압의 크기가 아주 민감하게 변화하는 양상을 확인할 수 있습니다.

반면, 오른쪽 회로는 Op-Amp를 설계에 반영하여 Op-Amp를 이용한 Voltage Follower 회로입니다. Op-Amp로 비반전 입력되는 R1, R2의 전압분배 신호는 Op-Amp의 입력 임피던스가 데이터시트 상 'Input bias current'에 적혀진 통상 바이어스 전류인 275pA를 이용하여 역산하면, 현재 회로상 Op-Amp의 비반전 입력측의 바이어스 전압이 2.5V이므로, 다음과 같이 계산할 수 있습니다. $2.5V \div 0.000000000275 = 9.09G\Omega$ 으로 사실상 거의 무한대의 임피던스라 생각하여도 무방합니다.

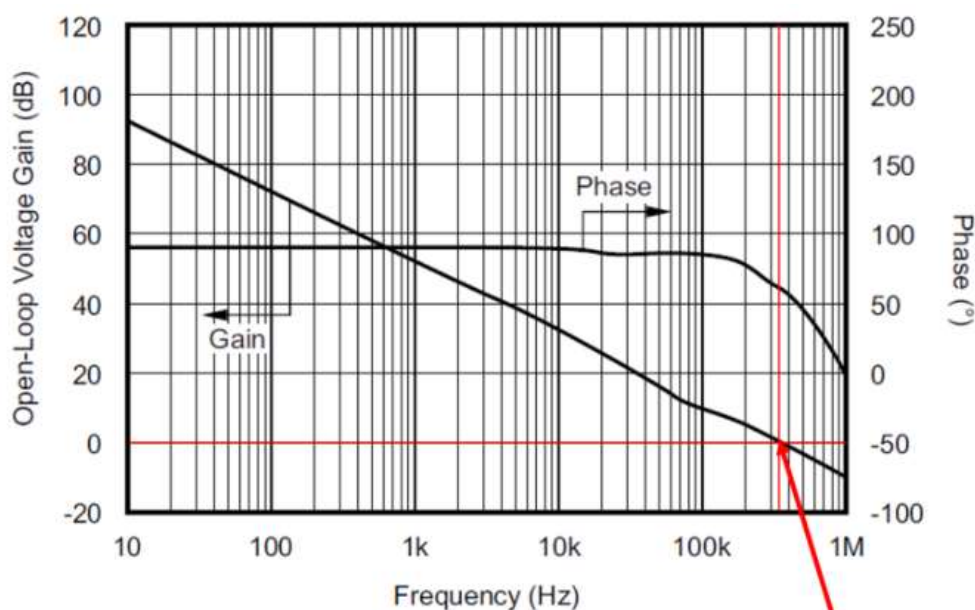
INPUT BIAS CURRENT			
I_b	Input bias current		pA
		OPA4317-Q1	
		$T_A = -40^{\circ}C$ to $+125^{\circ}C$	
			± 275
			± 155
			± 300

따라서 위의 Op-Amp가 적용된 Voltage Follower 회로의 비반전 입력측만 등가회로로 나타내면 아래의 그림과 같으며, Op-Amp의 거의 무한대에 가까운 입력 임피던스로 인하여 Op-Amp로 입력되는 전압 신호는 거의 원형 그대로 입력되게 됩니다. 즉 부하효과를 없애 내가 원하는 부하에 원래의 신호를 그대로 보낼 수 있음 9.09G옴에 걸리는 전압이 출력측에 그대로 전달되고 출력은 아래에 설명



그럼 Op-Amp의 출력측을 확인해보도록 하겠습니다. Op-Amp의 출력 임피던스는 피드백 (되먹임) 입력이 아닌 개방회로 출력 조건에서 데이터시트 상 아래의 2k Ω 으로 나타나 있음을 확인할 수 있습니다. 이는 전압분배 회로에 의한 입력 임피던스 10k Ω 에 배해서 아주 낮은 출력 임피던스이며, 임피던스가 낮아서 부하측 회로 구동에 보다 원활한 동작을 보장할 수 있습니다. 이러한 결과를 종합하여 최종적으로 Op-Amp를 이용하여 Voltage Follower를 구성한 회로에서 부하저항인 R3에 전달되는 전압 신호는 2.5V가 되며, R3의 부하저항의 크기가 바뀌더라도 Op-Amp의 특성인 입력 임피던스가 높고, 출력 임피던스가 낮은 특성에 의해서 항상 균일한 2.5V의 전압 신호가 전달되게 됩니다.

한편, Voltage Follower 회로의 경우 Op-Amp가 동작의 주된 축이 되지만, 아주 간단한 회로 구성을 갖고 있으므로, 반전 증폭회로와 비반전 증폭회로에서와 같이 Op-Amp의 피드백 단에 별도의 저항과 같은 수동 소자가 설계 시 필요없어 간단하게 구성할 수 있습니다.

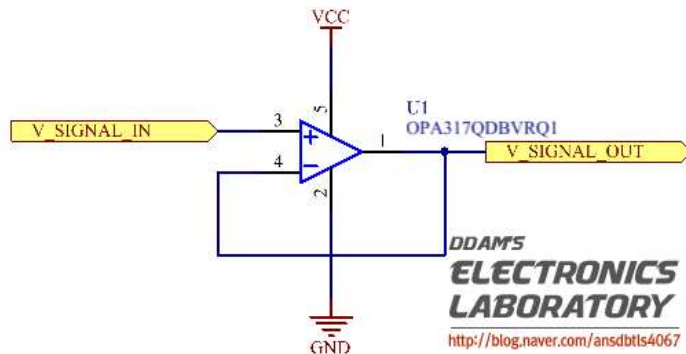


300kHz 이상의 주파수에서 Op-Amp의 이득이 0이하로 떨어지는 것을 확인할 수 있음

또한 이런 Voltage Follower 회로는 입 / 출력의 임피던스 매칭을 위하여 사용하기도 하지만, 실제 Op-Amp 각 제품마다 갖고 있는 'Gain Bandwidth'의 주파수 특성을 이용하여 불

규칙한 고주파의 특성을 갖는 노이즈 신호를 흡수 Low-Pass Filter와 같이 필터링하는 목적으로도 사용됩니다. 해당 설계의 예에서 적용한 Op-Amp인 OPA317QDBVRQ1의 경우 포스팅 서두에서 살펴본 것과 같이 300kHz의 Gain Bandwidth를 가지고 있어서, 300kHz 이상의 입력 신호 내지는 노이즈성 신호는 이득비가 0보다 낮기 때문에 Op-Amp의 최종 출력측에서 필터링 되듯 사라지게 됩니다.

따라서 Op-Amp를 이용한 Voltage Follower 회로를 MCU 등의 ADC 입력측 전단에 설계할 경우 보다 안정적인 전압 신호의 입력을 받을 있게끔 할 수 있습니다.



opamp 버퍼로 사용했을 때 기본회로

버퍼(fet는 커먼드레인, bjt는 커먼 컬렉터, opamp는 볼티지 팔러워)

-버퍼의 특징 1.전압 증폭률(AV)=1, 2.입력저항(Ri) 매우큼, 3.출력저항(Ro) 매우작음
즉 신호증폭이 없으니 신호를 그대로 전달하고 입력저항 크니 신호 잘받아들이고 출력저항 작으니 신호를 잘 넘겨줌 즉 로딩이펙트를 줄인다.

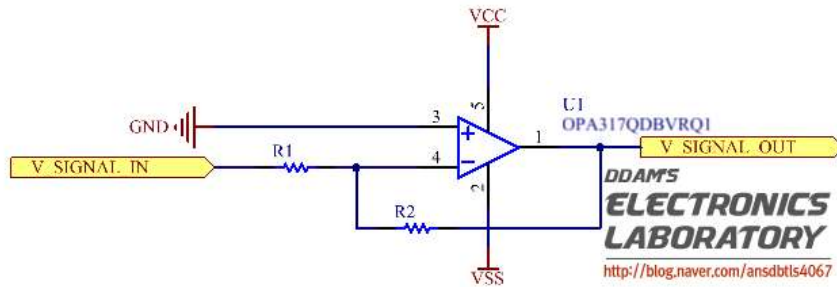
자세히 설명하면 입력저항은 매우크고 출력저항은 매우작아 부하효과를 제거해주고 전압이득이 1이기때문에 입력이 그대로 출력으로 전달된다 이 특성으로 아날로그에서는 5v를 부하에 인가하고 싶은데 입력저항으로 인해 부하에 5v가 아닌 3v이런식으로 전달되는걸 버퍼를 이용해 버퍼가 입력저항이 크니 5v를 다 받아 그걸 버퍼의 출력쪽에서 전압이득×입력전압 만큼의 전압원형대로 전압을 인가하고 낮은 출력저항으로 부하에 모든 전압이 걸리게한다.

이 과정을 위해선 높은입력저항, 1에 가까운 전압이득, 낮은출력저항이 필요하게 된다.

다음으로 Inverting Amplifier는 실무 회로 설계에서 반전 증폭회로라고 지칭하며, 말 그대로 입력되는 전압 신호를 반전 내지는 극을 바꾼 신호로 출력할 수 있도록 하는 회로입니다. 이 반전 증폭회로는 입력되는 신호보다 출력되는 신호를 작거나 크게 변화시켜 출력시킬 수 있습니다. 물론 당연히 이때에도 출력되는 전압 신호의 극은 입력되는 신호에 반대가 되어 출력됩니다.

마지막으로 Non-Inverting Amplifier는 비반전 증폭회로라고 지칭하며, 이 또한 말 그대로 입력되는 전압 신호와 출력되는 신호가 동일한 극으로 출력될 수 있도록 하는 회로도입니다. 그러나 비반전 증폭회로에서는 꼭 입력되는 전압 신호보다 출력되는 전압 신호가 크게 증폭된 상태로만 출력이 나타나는 회로입니다.

-반전 증폭기 설계



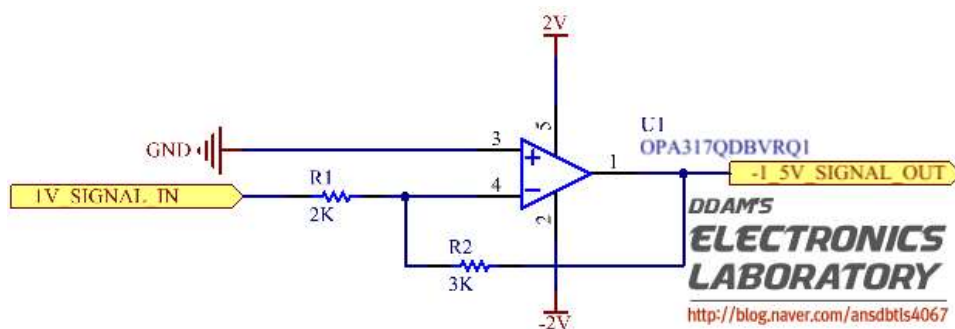
$$V_{\text{SIGNAL OUT}} = -V_{\text{SIGNAL IN}} \times \frac{R_2}{R_1}$$

$$-V_{\text{SIGNAL OUT}} = V_{\text{SIGNAL IN}} \times \frac{R_2}{R_1}$$

입력되는 신호와 극성이 완벽히 반대가 되는 특징, 반전 증폭회로는 신호의 입력측에 연결되어 있는 저항 R1과 Op-Amp의 피드백측에 연결되어 있는 R2의 저항비를 통해서 입력되는 신호보다 출력되는 신호를 작게 배율을 축소하여 출력하거나, 그 반대로 증폭하여 출력시킬 수 있는 특징

추가적으로 반전 증폭회로를 구성할 경우 출력되는 신호가 입력되는 신호의 극에 정반대의 극으로 출력이 나타나기 때문에 반드시 Op-Amp의 전원을 양전원과 음전원을 각각 공급하여야만 합니다. 그래서 위의 반전 증폭 기본회로를 확인하면, 앞선 포스팅에서의 Voltage Follower 회로와는 다르게 Op-Amp의 전원측 구성이 VCC와 VSS로 변경되어 있는 것을 알 수 있습니다.

이 회로에서 VCC는 양전원을 의미하며, VSS는 음전원을 의미합니다. 그렇다면, 이 기본회로를 이용하여 실제 실무에서 쓰일 수 있는 반전 증폭회로를 설계해보도록 하겠습니다. 설계 목표는 입력되는 1V의 신호를 반전 증폭하여 -1.5V로 될 수 있도록 하는 반전 증폭회로를 설계하겠습니다.



6.3 Recommended Operating Conditions

over operating free-air temperature range (unless otherwise noted).

	MIN	MAX	UNIT
(V+ - V-) Supply voltage	1.8 (±0.9)	5.5 (±2.25)	V

여기서 반전 증폭회로로 Op-Amp를 사용하기 때문에 최대 전원전압으로 사용할 수 있는 양극전원의 범위는 ±2.25V임을 알 수 있습니다. 이와 같은 내용을 확인하여 Op-Amp의 VCC와 VSS 양 극에 양전원 2V와 -2V를 공급하도록 설계되었음을 알 수 있습니다.

즉 반전이므로 음전압으로 전원 설정되어야 음의 값이 나올수 있음

출력전압은 설정 전압 이내에서 나오기 때문에 그럼

다음으로 실제 설계한 반전 증폭회로의 증폭비가 -1.5배로 설계가 이뤄졌는지 확인해보도록 하겠습니다. 이를 위하여 앞서 소개한 반전 증폭회로의 수식에 설계한 R1, R2 저항의 값을 적용하여 계산하면, 다음과 같은 결과를 얻을 수 있습니다.

$$\begin{aligned}
 V_{-1.5V \text{ SIGNAL OUT}} &= -V_{1V \text{ SIGNAL IN}} \times \frac{R2}{R1} \\
 &= -\left(1V \times \frac{3000\Omega}{2000\Omega}\right) \\
 &= -1.5V
 \end{aligned}$$

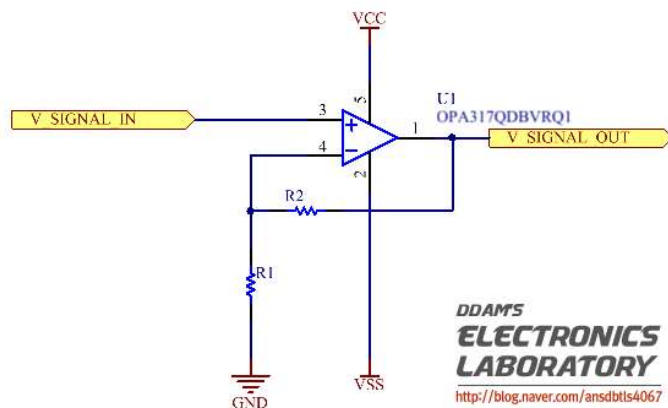
따라서 설계한 반전 증폭회로는 의도한 바와 같이 설계가 정상적으로 이뤄져 있음을 알 수 있습니다. 만약 실제 위와 같은 회로를 구성할 수 있는 OPA317QDBVRQ1가 아닌 다른 Op-Amp를 갖고 있다면, 그 부품을 이용하여 실험해보면, 1V를 입력할 경우 출력측에 -1.5V가 출력되는 것을 확인할 수 있습니다. 이때 입력되는 신호와 출력되는 신호는 반드시 회로의 GND를 기준으로 측정하여야 정확한 시험 결과를 얻을 수 있습니다.

-비반전 증폭기 설계

비반전 증폭회로는 앞서 살펴봤던 반전 증폭회로에 비해서 제 개인적 주관으로 회로의 적용 비율이 훨씬 많은 회로입니다. 그 이유는 반전 증폭을 사용할 경우 출력되는 신호가 반전되어 나타나므로, 이에 따라 Op-Amp에 반드시 양전원과 별도의 음전원을 공급해야하므로, 설계의 복잡도가 상승하기 때문입니다.

따라서 반전 증폭회로는 제 개인적인 생각에 신호를 축소시키는 경우 이외에는 잘 적용되지 않는 것 같다는 생각입니다. 하지만, 신호를 축소시켜 출력시킬 목적으로 사용하는 것 또한 전압분배 회로와 Voltage Follower 이용하면, 얼마든지 구현이 가능하기 때문에 저라면 반전 증폭회로를 잘 사용하지 않을 것 같습니다.

한편 여기서 소개할 비반전 증폭회로는 때때로 양전원을 Op-Amp에 넣어 사용하기도 하지만, 보통의 경우 GND를 기준으로 단일 전원만을 공급하여 주로 사용하는 회로로 많이 사용됩니다.

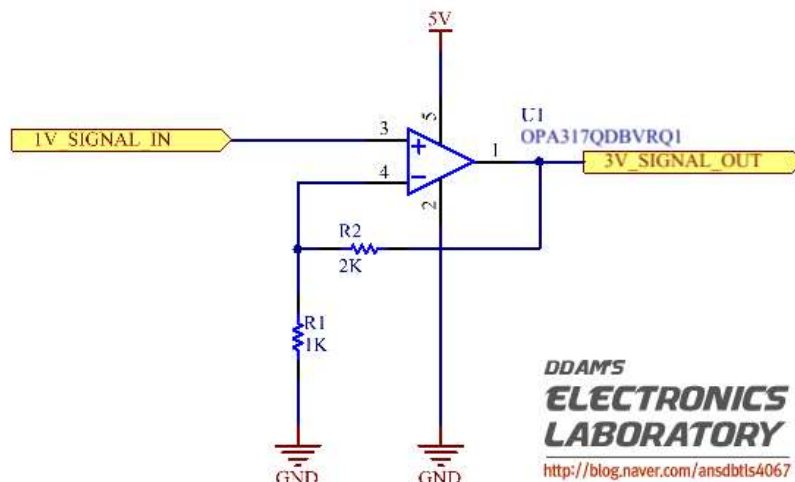


$$V_{\text{SIGNAL OUT}} = V_{\text{SIGNAL IN}} \times \left(1 + \frac{R2}{R1}\right)$$

위의 비반전 증폭 기본 회로를 살펴보면 반전 증폭회로와는 다르게 입력되는 신호가 Op-Amp의 +극으로 들어가고 있는 것을 알 수 있습니다. 또한 제시된 비반전 증폭 회로의 출력 신호 수식을 살펴보면, 비반전 증폭회로를 통해서 는 꼭 입력 신호보다 항상 증폭된 출력 신호만을 얻을 수 있음을 알 수 있습니다.

즉 입력되는 신호보다 출력되는 신호의 배율을 낮춰 출력할 수 없는 회로가 바로 비반전 증폭회로입니다. 이 점을 유념하여 만약 실제 설계에 있어서 입력되는 신호를 축소하려는 동작을 하는 회로를 설계하는데 비반전 증폭회로는 검토사항에서 제외해야만 합니다.

그럼 이와 같은 기본 회로를 바탕으로 다음의 기능을 하는 회로를 실제 설계해보도록 하겠습니다. 설계 목표는 입력되는 신호가 1V이며, 이 입력신호를 3배 증폭시켜 출력되는 신호가 3V가 되도록 회로를 설계하도록 하겠습니다.



여기서는 1V를 입력하고, 출력으로 3배 증폭된 3V를 얻고 싶기 때문에 설계한 Op-Amp의 공급 전원을 5V와 GND로 설계한 것을 확인할 수 있습니다.

이는 3배로 증폭되어 출력되는 신호가 3V이기 때문에 앞서 반전 증폭회로와 같이 양전원을 넣게될 경우 이 Op-Amp가 Rail-to-Rail 동작임에도 불구하고, 전원전압의 최대치인 2V를 넘어설 수 없기 때문입니다. 따라서 출력측에서 얻고자하는 3V의 신호를 생성하기 위해서는 Op-Amp의 동작 전원의 전원전압을 5V, GND로 지정하여 출력되는 신호가 문제 없이 출력될 수 있도록 합니다.

Rail-to-Rail은 출력전압을 인가하는 vcc까지 가능한거임.

반전 증폭회로와 비반전 증폭 회로의 경우 실제 실무 회로설계에 있어서 다음과 같은 분야에 많이 사용됩니다. 특정 아날로그 센서들은 GND를 기준으로 센서의 측정값을 전압신호로 출력하는데, 이와 같은 센서의 출력 전압 신호가 아주 미약한 센서들이 왕왕 존재합니다.

또 이런 아날로그 센서들의 출력 신호를 보통의 경우 MCU 등과 같은 처리장치에 입력하여 유의미한 동작을 수행하도록 하는게 일반적인 실무 설계에서 빈번하게 일어나는 상황입니다. 그러나 센서의 미약한 출력 신호를 그대로 MCU 등의 ADC 채널에 입력시킬 경우 외부의 노이즈 내지는 PCB의 배선 상황 등 여러 가지 요인들에 의해서 센서의 출력 신호가 불안정하게 입력될 뿐만 아니라 미약한 전압 신호로 인하여 MCU 등의 처리장치에서 ADC Full-Scale 범위를 사용하지 못하며, 좁은 신호 범위 내에 센서값이 존재하므로, 오동작을 하는 등 여러 문제점이 발생하게 됩니다.

이와 같은 문제점을 해소하기 위해서는 거의 필수적으로 이와 같은 비반전 증폭 회로가 적용됩니다. 일례로 기울기에 따라서 출력 전압을 나타내는 아날로그 센서가 있다고 가정하겠습니다. 기울기 각도가 수평 상태에서 1° 씩 변화할 때마다 출력되는 전압이 10mV라고 한다면, 이와 같은 아주 미약한 신호를 증폭없이 그냥 처리할 경우 아주 미약하기 때문에 의도한 목표대로 기능을 구현할 수 없습니다.

이 센서가 기울기 $0^\circ \sim 180^\circ$ 를 측정할 수 있다고 하면, $10\text{mV} \times 180^\circ = 1.8\text{V}$ 가 됩니다. 그러나 보통의 MCU 등의 처리장치는 ADC 입력 전원을 3.3V 혹은 5V까지 수용할 수 있으니, 굳이 1.8V를 그대로 입력시키기 보다는 ADC 최대 입력 범위를 모두 사용할 수 있도록 증폭하여 ADC 채널에 입력하면 더 효과적으로 기능 구현을 할 수 있습니다. 3.3V ADC 채널에 입력 시 Op-Amp의 출력신호 Offset 등을 고려하여 대략 1.5배 정도 증폭하면 좋을 것이고, 5V ADC 채널에 입력 시에는 마찬가지로 이유로 약 2.5배 증폭하여 입력시킬 경우 아주 적절하게 처리할 수 있을 것입니다.

상기와 같은 상황은 어디까지나 설계의 예시이므로, 실제 사용하고자 하는 센서의 입 / 출력 범위, Op-Amp의 출력 Offset, 아날로그 센서의 동작 특성 등을 종합적으로 고려하여 설계하면 실무에서 아주 적절하게 설계하실 수 있습니다.

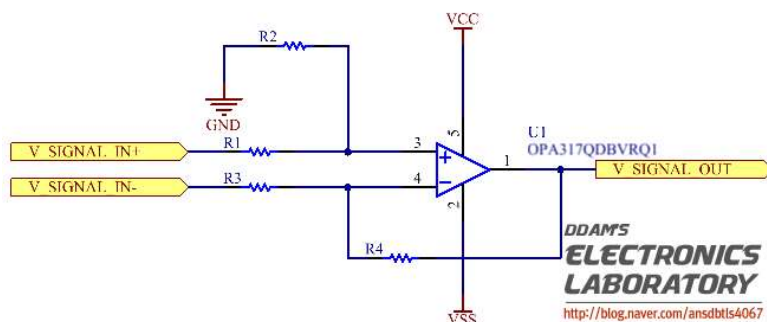
-차동증폭기

이 차동 증폭회로가 쓰이는 경우를 간략하게 알아보면, 전원제어를 하는 장치의 출력 전원에 흐르는 전류량을 측정하기 위해서 아주 빈번하게 사용됩니다.

전력선의 얼마만큼의 전류가 흐르는지 측정하기 위해서 셉트 저항을 설계에 추가하는데요. 이런 셉트 저항은 아주 정밀하고, 오차가 적은 저항값을 갖고 있지만, 저항값이 mΩ 단위로 아주 작습니다. 한편 이런 셉트 저항을 이용하여 전력선에 흐르는 전류를 측정하는 것은 셉트 저항 양단에 걸리는 전압을 측정한 후 이를 옴의 법칙인 $I = V/R$ 의 공식으로 역산하여 측정할 수 있습니다.

또 다른 한 가지 방법은 Allegro사의 전류 측정용 센서인 ACS 시리즈의 IC를 이용하는 방법이 있습니다. 다만, 이 센서는 보통의 경우 0A가 흐를 때 IC의 전원전압의 절반의 전압 신호가 Offset 신호로 출력됩니다. 따라서 이 Offset 신호를 잘라내어 전류를 측정하여야 하므로, 이럴 때 차동 증폭회로를 이용하여 전류를 측정할 수 있습니다.

한편 차동 증폭 회로는 앞서 살펴본 것과 동일하게 두 입력 신호의 전압차를 증폭하는 회로로써 출력 신호를 VOUT이라고 했을 때, Op-Amp로 입력되는 두 신호인 VIN+, VIN-의 차이를 Op-Amp 외부에 실장된 증폭비 Ad배 만큼 증폭되어 출력됩니다.



$$V_{\text{SIGNAL OUT}} = A_d \times (V_{\text{SIGNAL IN+}} - V_{\text{SIGNAL IN-}})$$

$$A_d = \frac{R_2}{R_1} \quad (\text{단, } R_1 = R_3, R_2 = R_4)$$

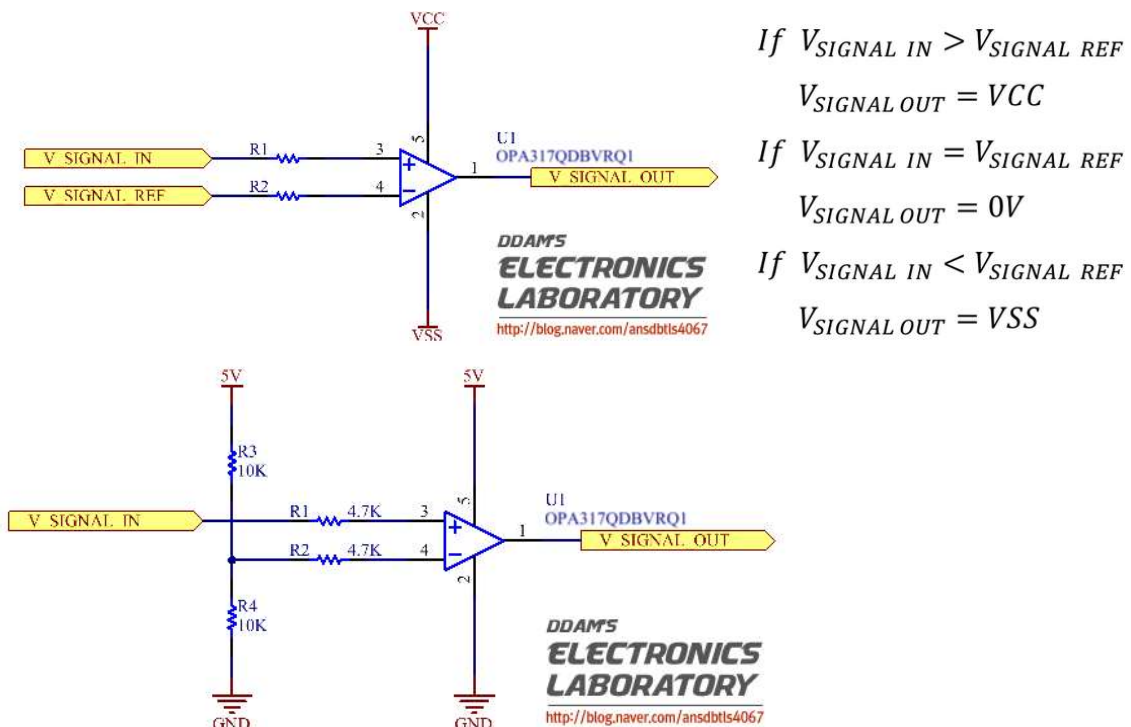
$$V_{\text{SIGNAL OUT}} = \frac{R_2}{R_1} \times (V_{\text{SIGNAL IN+}} - V_{\text{SIGNAL IN-}})$$

R1, R3 저항값과 R2, R4 저항값을 같게 설정하여 설계할 것을 권고드립니다.
전류센서, 션트 저항 등의 Offset이 존재하는 센서 등의 회로를 구성할 때에 효과적으로 사용하기 바랍니다.

-비교기회로 설계(실무에서 잘사용안함)(피드백없으면 비교기임)

비교기는 Op-Amp와 동일한 단자 구조를 갖고 있습니다. 그도 그럴 것이 당연히 Op-Amp를 이용하여 비교기를 설계하기 때문입니다. Op-Amp의 두 단자 중 어느 한 단자를 기준 전압으로 고정시킨 후 비교하고자 하는 신호에 따라서 Op-Amp로 설계한 비교기는 출력 전압이 High 또는 Low로 나타나게 됩니다.

이러한 Op-Amp 비교기 회로는 실제 실무에서 다음과 같이 사용됩니다. 과 / 저전압 보호 회로 기능, 과 / 저전류 보호회로 기능 구현에 접목하여 Hysterisis(히스테리시스) 기능을 함께 넣어 보호 회로로 구현하거나 교류전원의 Zero-Crossing(0 전위) 검출에 사용합니다. 그럼 Op-Amp를 이용한 비교기의 기본 회로와 수식을 다음과 같이 나타내었습니다



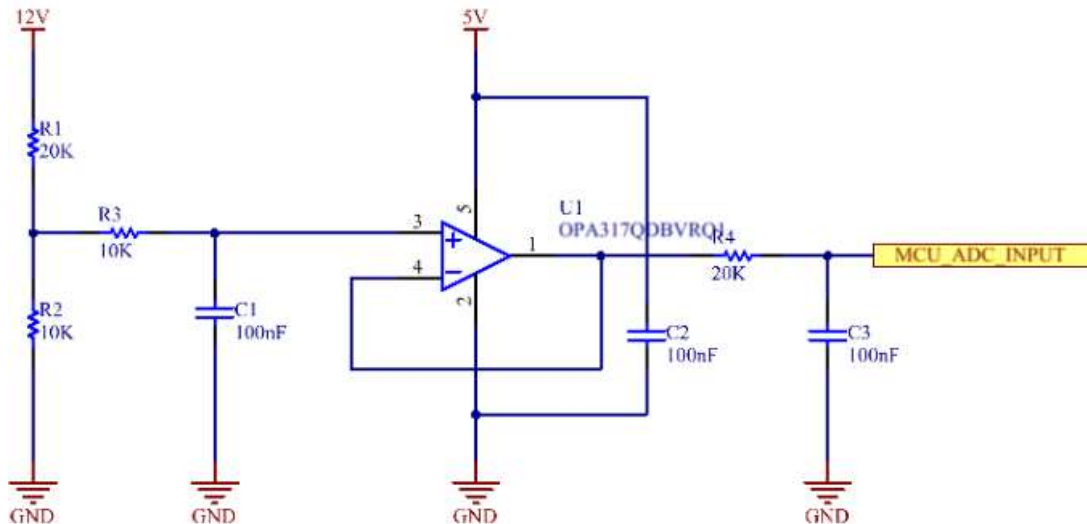
$$\begin{aligned} \text{If } V_{\text{SIGNAL IN}} > V_{\text{SIGNAL REF}} \\ V_{\text{SIGNAL OUT}} &= V_{\text{CC}} \\ \text{If } V_{\text{SIGNAL IN}} &= V_{\text{SIGNAL REF}} \\ V_{\text{SIGNAL OUT}} &= 0V \\ \text{If } V_{\text{SIGNAL IN}} < V_{\text{SIGNAL REF}} \\ V_{\text{SIGNAL OUT}} &= V_{\text{SS}} \end{aligned}$$

비교기 입력측에 Op-Amp와 병렬로 직렬로 R1, R2의 저항이 추가되어 있는 것을 확인할 수 있는데, 이 저항은 입력 신호를 보다 안정적으로 전달받기 위해서 추가되어진 저항입니다. 사실 이 저항이 없어도 Op-Amp의 신호 입력측의 임피던스가 거의 무한대에 가깝기 때문에 넣지 않아도 상관은 없습니다.

-실무 opamp 회로

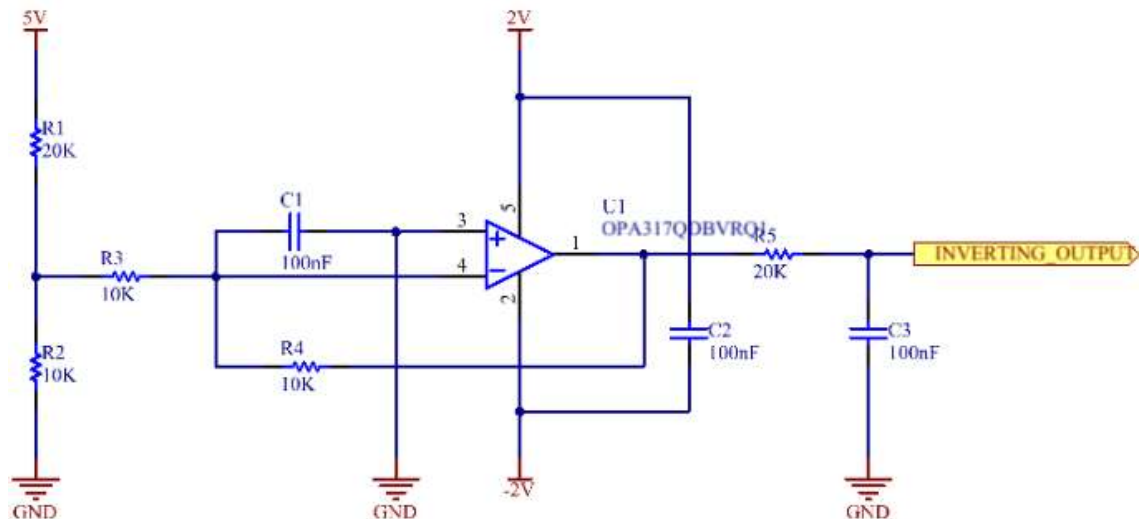
1.voltage follower 회로

아래의 회로는 MCU를 이용하여 입력되는 주전원 12V를 감지하는 동작을 수행하는 Op-Amp를 이용한 Voltage Follower 회로입니다. 회로 구성을 간략하게 설명하면, 입력되는 주전원 12V를 전압분배한 후 안정적인 전압 감지를 위하여 추가적인 RC Low-Pass Filter를 통과한 다음 Op-Amp의 Voltage Follower 회로로 입력시켜 이를 MCU의 ADC 단자로 넘겨주는 역할을 수행합니다.



2.inverting amplifier 회로

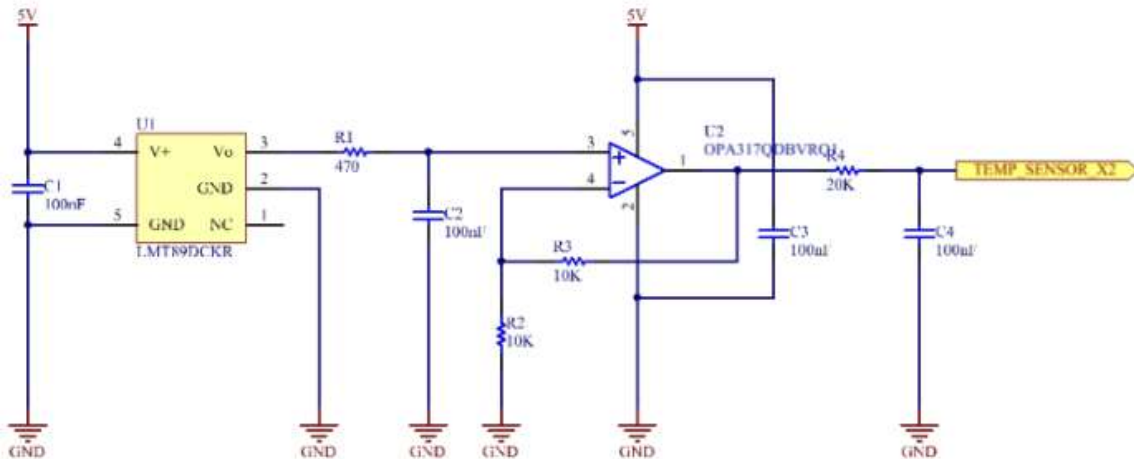
입력되는 양전원측의 신호를 음전원측 신호로 바꾸는 회로입니다. 특수하지 않은 일반적인 회로의 경우 동작하는 회로의 전원 구조가 GND(0V)에서 VCC로 구성되는데, 몇몇 특수한 경우 양전원 VSS ~ GND ~ VCC를 사용하는 회로가 있는 경우에 음전원측에 신호를 전달하여야 하는데, 신호를 음전원으로 바꿀 경우 간혹 사용됩니다.



3.non-inverting amplifier 회로

이번에는 Op-Amp를 이용한 증폭 회로 중 가장 빈번하게 많이 사용되는 비반전 증폭회로를 적용한 실무 회로를 소개하도록 하겠습니다. 보다 현실적인 안내를 위해서 비반전 증폭 회로 입력측에는 특정 센서를 달아 이를 증폭시키는 회로를 나타내었습니다.

Texas Instruments사의 소형 패키지의 온도센서인 LMT89DCKR을 적용하여 온도를 측정할 수 있도록 한 회로입니다. 5V 전원전압 시스템의 ADC 채널에 적절하게 입력시킬 수 있도록 온도 센서의 출력 전압 신호를 두 배 증폭하여 입력시키는 비반전 증폭회로입니다.



6.3 Recommended Operating Conditions

over operating free-air temperature range (unless otherwise noted)

	MIN	MAX	UNIT
LMT89 with $2.4\text{ V} \leq V^+ \leq 2.7\text{ V}$	-30	130	°C
LMT89 with $2.7\text{ V} \leq V^+ \leq 5.5\text{ V}$	-55	130	°C
Supply Voltage Range (V^+)	2.4	5.5	V

Table 3. First Order Equations Optimized for Different Temperature Ranges

TEMPERATURE RANGE		LINEAR EQUATION	MAXIMUM DEVIATION OF LINEAR EQUATION FROM PARABOLIC EQUATION (°C)
T_{\min} (°C)	T_{\max} (°C)		
-55	130	$V_O = -11.79\text{ mV/}^\circ\text{C} \times T + 1.8528\text{ V}$	± 1.41
-40	110	$V_O = -11.77\text{ mV/}^\circ\text{C} \times T + 1.8577\text{ V}$	± 0.93
-30	100	$V_O = -11.77\text{ mV/}^\circ\text{C} \times T + 1.8605\text{ V}$	± 0.70
-40	85	$V_O = -11.67\text{ mV/}^\circ\text{C} \times T + 1.8583\text{ V}$	± 0.65
-10	65	$V_O = -11.71\text{ mV/}^\circ\text{C} \times T + 1.8641\text{ V}$	± 0.23
35	45	$V_O = -11.81\text{ mV/}^\circ\text{C} \times T + 1.8701\text{ V}$	± 0.004
20	30	$V_O = -11.69\text{ mV/}^\circ\text{C} \times T + 1.8663\text{ V}$	± 0.004

해당 센서가 측정할 수 있는 온도의 범위는 5V를 입력시켰을 경우 $-55^\circ\text{C} \sim 130^\circ\text{C}$ 까지 측정이 가능합니다. 온도 센서의 출력 전압을 U2의 Op-Amp에 의해서 2배로 증폭되어 최종적으로 5V 전원 시스템의 MCU에 입력시키기 때문에 상기 수식 전체에 ' $\times 2$ '가 추가되어야 합니다. 다시 말해서, $-55^\circ\text{C} \sim 130^\circ\text{C}$ 온도 범위의 'Linear Equation'의 수식을 ' $V_O = (-11.79\text{ mV/}^\circ\text{C} \times T + 1.8528\text{ V}) \times 2$ '로 변경하여야 정상적으로 측정할 수 있습니다.

비반전 증폭회로를 이용하여 온도 센서의 최대 출력전압이 2.4847V 였으나, MCU가 5V 전원 시스템으로 동작하기 때문에 보다 정확한 ADC 채널의 측정을 위해서 센서의 출력 전압을 2배 증폭시켜 4.9694V, 대략 5V에 아주 근사한 값으로 맞춰 MCU의 ADC 채널에 입력시켜줄 수 있으므로, MCU의 ADC 해상도(분해능)가 8Bit로 다소 낮더라도 보다 정확하고 안정적으로 온도를 측정할 수 있게 됩니다. 그밖에 회로에 추가된 RC Low-Pass Filter 등의 경우 아날로그 전압 신호에 노이즈를 필터하기 위한 목적으로 추가된 부분이다.

-퓨즈, 서미스터, 저항, 저항+사이리스터등의 스위치의 공통된 특징과 원리, 선정기준

■ 퓨즈(fuse)(돌입전류)(250V/1A)(전원회로 필수부품)는 회로의 과전류가 흐르는 경우 끊어서 회로를 보호함(회로에 흐르는 최대전류 * 1.5배로 전류값 정함)

■ 써미스터(Thermister,NTC,부(-)방향서미스터)(돌입전류)(재질:흑연)(5D7,7mm)(전원회로 필수부품)는 온도가 증가하면 저항값 감소하는 소자로 직렬로 연결하여 전체 저항을 증가시켜 INRUSH전류(돌입전류)가 발생할 때 높아진 전체 저항으로 돌입전류를 제한(낮추는)하여 소자의 온도가 급격히 상승하는 걸 막고 급격한 전류상승으로 평활용 컨덴서가 망가지는 걸 보호하는 효과를 가진다. 초기의 높은 저항값으로 초기전류를 제한해 돌입전류로 인한 손상을 막고 조금씩 인가된 전류로 온도가 올라가면 저항값이 서서히 낮아져 전류의 흐름이 원활하게 되고 써미스터의 저항값이 내려갔으니 써미스터로 인한 전력손실이 줄어들게 됨. (ON/OFF 10만번 정도해서 컨덴서 망가지는지 확인하며 소자값 정함)

■ 폴리스위치(poly-switch,ptc,정방향서미스터)

퓨즈는 한번 과전류가 유입되면 열에 의해 끊어지지만 폴리스witch는 열에 의해 끊어졌다가 다시 열이 식으면 붙음. 이걸 폴리스witch가 임계전압이하에서는 저항이 낮고 이상에서는 급격하게 저항이 증가하는 특성을 가져서 그렇다.

■ 사이리스터+저항: 사이리스터는 3단자인데 게이트쪽에 펄스를 인가하면 애노드-캐소드로 순방향 전압을 조금이라도 인가해주면 다이오드 순방향전압시와 같이 동작하게 된다. 역방향 전압이 인가되면 off되게 된다. 이러한 사이리스터와 저항을 병렬로 연결한후 거기에 직렬로 커패시터를 연결하면 커패시터의 돌입전류 발생시 사이리스터의 역방향으로 전류가 흐르니 사이리스터는 off되어 즉 임피던스가 커져 병렬인 저항의 크기로 돌입전류를 줄이고 사이리스터가 on일 때는 임피던스가 작으니 사이리스터의 임피던스로 저항값이 맞춰져 전류가 잘 통과하게된다. 즉 역방향일 땐 저항크기로 줄이고 순방향일 땐 다이오드 on과 같이 역할을 한다. 사이리스터는 게이트의 한번의 펄스로 약간의 순방향전압으로 계속 동작을 이어나갈 수 있는 장점이 있다. 즉 매우 작은 전압으로 동작할 수 있어 전력손실이 작다는 장점이 있는거다.

-바리스터, TVS, 스너버회로의 공통된 특징과 원리, 선정기준

■ 바리스터(서지)(10D471,10mm470V,360V~470V까지 커버)(전원회로 필수부품)

: spike와 surge를 해결하는 역할(서지 해결, 과전압 방지)

바리스터는 전압이 높아지면 저항값이 작아지는 특성을 가져서 임계전압 이하에서는 저항이 매우 높다. 바리스터는 회로에 병렬로 연결해 과전압 발생시 저항이 작아져 병렬관계니 전체저항이 감소하여 회로를 보호한다.

(인가 전압의 * 2배 이상으로함 220V의 경우 440V 굳이 쓰지 않고 470V씀)

서지(과도전압, 인터넷에서 낙뢰나 스위칭,충방전등의 충격파로서 짧은 시간 내에 급속히 증가후 서서히 감소되는 특징)(근데 그냥 코일의 역기전력으로 발생한다 생각하면 됨)

■ 스너버회로(서지)(전원회로 필수부품)(컨버터 회로에 사용됨)

:R과 C로 이루어진 스너버 회로와 R,C,Diode로 이루어진 여러 종류의 스너버 회로가 있고 인덕턴스 부하 같은 스위치, 릴레이 또는 반도체 스위칭 소자(TR,FET,싸이리스터 등)으로 ON/OFF시킬 때 발생하는 과도전압을 억제시키기 위해 사용되는 회로

●인덕터와 스위치, 부하로 이루어진 회로라면 스위치가 처음 ON(쇼트) 됐을 때는 과도상태가 되는데 이는 스위치가 쇼트되어 전체 저항이 낮은 값이 되어 전류가 많이 흐를수 있는 상태가 된다. 그래서 과도상태 때 전류가 급격하게 상승해 높은 전압이 인덕터에 걸리게되고 스위치는 쇼트니까 그것에 맞춰 부하에 인덕터에 걸리고 남은 전압이 걸리고 정상상태가 될수록 L의 전류변화가 적어져 인덕터 전압이 0에 가까운 값이 나와서 전원의 전압이 부하에 다 걸리게 된다. 부하가 없다면 스위치에 걸리게 됨

스위치가 OFF(오픈)됐을 때도 과도상태가 되는데 이는 스위치의 오픈으로 인해 전체저항이 높아지니 전류가 많이 흐르니 힘든 상태가 된다. 그래서 과도상태 때 전류가 급격하게 감소하여 반대 방향으로 높은 전압이 인덕터에 걸리게되고 방향이 반대면 전원과 같은 방향이어서 전원전압+인덕터전압이 오픈상태인 스위치에 걸려 서지 문제가 발생한다.

정상상태가 될수록 L의 전류변화가 적어져 인덕터 전압이 0에 가까운 값이 나와서 전원의 전압이 스위치에 다 걸리게 된다.

스위치가 망가지는걸 막는게 스너버회로이고 원리는 스너버회로의 C가 전압의 급격한 상승을 막고 충전된 C는 R을 통해 방전하는 방식으로 동작한다.

(핵심)

스위치가 ON이네? 전체저항 작겠다 전류흘러야지 해서 전류가 빠르게 증가하니 큰 전압이 순간적으로 걸리는 거고

스위치가 OFF네? 전체저항 커서 전류흐르기 힘들겠다 해서 전류 빠르게 감소해서

반대방향으로 큰 전압이 발생해 이게 전원전압과 합쳐져서 서지가 발생하는 거임

●인덕터 전압이 엄청나게 클거라 생각 할 수도 있는데 인덕터 전압은 전류 말고도 L인덕턴스 값에도 영향을 받음 즉 특성식에 맞게 조절 될 수 있음($V=L \cdot di/dt$) 예를 들어 저항이 20옴 정도의 쇼트에 가까운 값에서 오픈에 가까운 100k(사실잘모름 예임)가 되어도 인덕턴스 값이 작다면 인덕터 전압은 크지 않음

-라인필터, 파이필터의 원리 종류와 역할,선정기준

■라인필터: 전원에 포함된 스위칭 노이즈와 고주파노이즈 제거용(DC전압만들려고)으로 사용 즉 바깥으로 노이즈가 나가는 것을 막아주고 안으로 들어오는것도 막아주는 커튼같은 역할을하며 자세하게 말하면 라인필터는 차동모드노이즈(dm)는 통과시키고 공통모드노이즈(cm)는 제거하는데 이것은 차동일 때 라인필터의 자속이 상쇄돼 전류 통과가 쉽고 공통모드노이즈 일 때 라인필터의 자속이 더해져 전류의 통과가 어려운 상태가 된다.

X커패시터는 차동모드노이즈를 효과적으로 제거함.

Y커패시터는 공통모드노이즈를 효과적으로 제거함(라인필터로 같은 효과)

■파이필터: 평활용 콘덴서로 리플을 제거하고 LPF로 노이즈를 제거(차동모드노이즈제거)

-필터에 관한 내용(수동필터,능동필터)

회로요약보면될 듯 전달함수,공진등등 rc,rl,lc필터등등

-EMI.EMC에 대한 내용

돌입전류,서지,공통모드,차동모드노이즈 등등

EMI: 대상이 되는 제품의 동작으로 인해 노이즈가 얼마나 발생하여 주변의 ic나 시스템에 영향을 미치는 지에 대한 지표 (emi 특성이좋다 = 노이즈 발생이 적다)

EMS: 대상이 되는 제품이 외부노이즈의 영향을 받아도 오동작을 일으키지 않는 능력 내성의 지표로 사용됨(ems특성이 좋다= 노이즈 영향을 적게 받는다= emi에 높은 내성)

emc는 emi ems합친거로 다른기기에 전자방해를 주지않고 다른기기로부터 전자방해를 받아도 본래의 성능을 유지하는 것

근데 토마스홍 쌤이 말해준건 emc는 노이즈가 라인타고들어와서 tv같은곳 영향주는 전도성 노이즈를 말함 emi는 rf,라디오같은 곳에서 나오는 방사성 노이즈로 전도성노이즈로 인해 영향을 받아 발생한다. 가전용등급은 emi(b)등급

emc원인은 주로 접지 문제와 필터문제가 있음(돌입전류,서지,공통,차동모드노이즈 emc인듯)

해결방법으로는 원포인트접지,x,y콘덴서,라인필터,등등등

emi원인 edge(fet같은곳 모서리와 pcb패턴 직각으로 꺾이는거), 스위칭노이즈 등이 있음

emi해결방법으로는 스너버회로등등이있음

크로스토크는 선간결합에 의한 신호 및 노이즈의 전파를 뜻하며 누화,혼선,혼신이라고도 함 2개의 선(pcb포함)이 별개인 경우 ,전기적 신호 및 노이즈는 전도되지 않아야하지만 2개의 선이 평행하고 있는 경우 두선 사이에 존재하는 기생 커패시터 및 상호 인덕턴스에 의해 노이즈가 전도된다 크로스토크는 전도 노이즈라 할수 있음(emc) 패턴을 평행이아닌 십자로 만들어서 패턴간 면적줄여 c의 영향을 줄이고 상호인덕턴스를 없앤다.

배선에는 1mm당 1nH정도의 인덕턴스가 존재하고 콘덴서에는 등가 직렬 인덕턴스 ESL이 존재하고, MOSFET에는 각 단자의 기생용량(ciss)가 존재해 노이즈가 발생한다.

결론적으로 배선이든 fet든 뭐든 다 서지전압과 돌입전류를 크로스토크 무슨 노이즈 이런식으로 말하는 거임

라인필터+x콘덴서 공식 $f = 1/(2\pi\sqrt{L\cdot C})$, f없애고자하는 노이즈

필터의 출력임피던스보다 사용하려는 회로의 입력임피던스가 훨씬커야 입력 필터와 회로가 상호작용하지 않음 즉 입력임피던스가 크고 출력임피던스 작은게 좋음 입력임피던스 크면 노이즈 전류가 들어오기 힘들 그리고 필터는 위상지연과 같은 문제점이 있음

공통모드노이즈(cm,노말모드노이즈) : 전원라인에서 노이즈가 발생하는게 아닌 노이즈원이 기생커패시터같은 커패시터를 거쳐 그라운드를 경유하여 전원라인으로 돌아오는 노이즈로 전원 양쪽에서 회로를 향해 노이즈가 흐른다.

차동모드노이즈(dm) : 노이즈원이 전원라인에 직렬로 들어와 노이즈가 전원전류와 동일한 방향으로 노이즈전류가 흐름 공통은 같은방향으로 노이즈 진행 차동은 반대방향

-SCR(싸이리스터), TRIAC(트라이악), DIAC(다이악)

:SCR은 단방향 스위치 소자로 p형 scr은 게이트에 로우 신호 입력될 때 동작하고 n형은 게이트에 하이 신호 입력될 때 동작한다. 직류전원 일 때 신호가 입력되면 신호가 없어져도 스위치가 on되어(에노드와 캐소드 전류가 계속 통과된다. 전원을 차단해야 off됨

교류전원일 때 게이트 신호가 high인 n형일 때는 게이트신호 들어오고 난 이후에 양의 전압 값에서 전류가 흐르다 음이 되면 다시 전류가 흐르지 않고 다시 게이트신호 들어오고 이걸 반복 p형은 low니 low신호 이후 음의 값에서 이렇게 진행(이 때는 캐소드에서 에노드

로 전류가 음의방향이니까)

TRIAC은 양방향 스위칭 소자로 n,p형이 따로 없음 직류전원일 때 high신호가 들어오면 전류가 에노드에서 캐소드로 흐름 교류전원일 땐 high와 low 신호에 따라 high일 땐 scr과 같이 에노드에서 캐소드로 high신호 이후 양의 전압에서 전류가 흐르고 low일 땐 scr과 같이 캐소드에서 에노드로 전류가 흐른다. 그냥 p형,n형 scr 합쳐놔다보면됨
diac은 양방향 트리거 신호 발생소자로 임계전압 이상에서 전류가 흐름(high일땐 순방향,low일땐 역방향,그냥 전류가 방향맞춰서흐르는거) 트라이악에 필요한 게이트신호를 만들어 주는 소자

-TTL 정의(74LS04)

ttl은 tr을 조합해 만든 논리회로 전원은 5v이고 입력과 출력은 5v이하에서 사용되고 2v이상 시 high로 인지 0.8v이하시 low로 인지하고 출력은 입력이 high일 때 5~2.4V나옴 low시 0.4v이하로 나옴

not게이트,nand게이트 기술노트에 있음

출력구조로는 오픈컬렉터형, 토템폴형, 트라이-스테이트가 있다.(ttl,cmos 둘 다 같음)

보통의 논리회로에서는 컬렉터와 전원 사이에 저항이 구성되어 있고 그래서 전원이 내부에 있지만 사용자로 하여금 컬렉터로 흐르는 전류를 조정할 수 있도록 컬렉터 저항을 외부에서 구성시켜 외부에 전원을 둔 논리회로가 있는데 이를 오픈 컬렉터 출력 회로라 한다.

즉 외부에 저항을 달아서 전원을 바꿔 출력을 마음대로 바꿀수 있는 타입을 말한다.

이 때의 컬렉터저항을 풀업저항이라함 그래서 오픈컬렉터 출력 회로부에 풀업저항은 필수임 그리고 오픈 컬렉터는 not을 출력함

BJT 계열은 open collector, MOS 계열은 open drain이라 부릅니다

토템폴은 not 역할을 하며 완전한 low와 high를 구동하기 때문에 소비전력이 줄어듬

이것도 오픈 컬렉터에 비해

1. 입력 변화에 따른 출력변화가 빠르고(고속 스위칭)
2. 전력 소모도 적다.
3. 출력단 임피던스가 적다.

(이 말은 전류 드라이빙 능력이 좋다는 말과 같다.)

왜냐하면, TR2, TR3이 상호 보완하여 Output에 전류를 공급하기 때문이다. 신호 전달에 있어서 출력 임피던스가 적게되면, 왜곡이 없고 온전히 신호를 전달 할 수 있는 장점으로 작용한다 그래서 오픈컬렉터는 주로 출력단에 사용되고, 토템폴 회로는 회로 사이에 신호 전달에 사용한다고 한다.

트라이 스테이트는 말 그대로 제3의 상태로서 'Low' 상태로 도 'High' 상태로도 정해져 있지 않고 출력 제어용 입력(Enable Input) 이 가해질 경우에만 입력 상태에 따라 정해지는 상태를 의미한다. 그래서 high,low,하이 임피던스(하이인지 로우인지 원지 모르는상태) 3가지 상태를 가져서 트라이 스테이트임. 트라이 스테이트 회로에서는 여러 개의 출력을 한 점으로 모을 수 있기 때문에 여러 개의 출력들 중에서 어느 하나를 선택하고자 할 때에 사용된다.

출력 제어용 입력으로 'Low'전압을 사용하는 회로를 'Active Low'회로라 고 부르고 'High' 전압을 사용하는 회로를 'Active High'회로라고 부른다.

그림 (2)는 오픈 컬렉터 출력 회로와 트라이 스테이트 회로의 예를 보여주고 있고 트라이 스테이트 회로의 Enable Input은 Active Low 임을 나타내고 있다.

추가

RTL(Resistor-Transistor Logic) : 저항(Resistor)과 트랜지스터(Transistor)로 구성된 논리회로

.DTL(Diode-Transistor Logic) : 다이오드(Diode)와 트랜지스터(Transistor)로 구성된 논리회로

.TTL(Transistor-Transistor Logic) : 2개 이상의 트랜지스터들로 구성된 논리회로로서 가장 많이 사용되는 바이폴라 논리회로이다.

.Schottky TTL : TTL 회로에 쇼트키 다이오드를 사용함으로써 TTL의 단점인 지연 시간(delay time)을 감소시킴에 따라 고속으로 동작하는 논리회로이다.

.ECL(Emitter-Coupled Logic) : 트랜지스터의 이미터를 결합시킴으로써 고속으로 동작하게 하는 논리회로로서 바이폴라 회로 중에서 20%~25% 정도 사용된다.

TTL에 대해서 보다 자세하게 특징을 알아보면 일단 CMOS에 비해서 소비 전력이 크다. 또한 TTL의 전원전압은 일반적으로 5V(4.75V ~ 5.25V)이며, CMOS는 P-채널, N-채널이 각각 직렬로 구성된 것이라면, TTL은 BJT(Bipolar Junction Transistor)를 사용했기 때문에 IC를 구성함에 있어서 CMOS에 비해 집적률이 높아질 수 없습니다.

또한 가장 중요한 것으로 CMOS와 TTL의 차이점이라고 할 수 있는 것이 바로 High/Low Level의 입력전압 인식 범위인데, TTL은 무조건 전원전압에 상관없이, Low Level은 0V ~ 0.8V를 Low Level로 인식하고, 2V ~ 전원전압까지 High Level로 인식하게 됩니다.

-CMOS 정의(14069등등)(nmos 1개 ,pmos 1개로 구성됨)

전력 소모가 적은 장점이 있으나 지연시간이 다른 타입의 논리회로보다 긴 것이 단점이다.

cmos는 mosfet을 조합해 만든 논리회로(위에는 pmos 아래는 nmos연결해서 만드는데 게이트를 서로 연결하고 vdd는 pmos에 그라운드는 nmos에 연결함) 전원은 vcc(3~18v)이고 입력과 출력은 3~18v로 사용되고 vcc의 70%이상시 high 입력이라 인지 30%이하시 low 입력이라 인지하고 high 입력일 때 VCC가 출력되고 low입력일 때 0v가 출력된다.

ttl 토템폴은 출력이 low일 때 누설전류가 있는데 cmos는 누설전류가 없음

논리회로(ttl,cmos등등)의 출력값이 high라서 전류가 출력되는데 이때 이 전류를 드라이브 전류라 함. 그리고 출력값이 low가 되어 전류가 전원으로부터 논리회로 안으로 흘러 들어가는 것을 보고 싱크전류라 함

ttl의 드라이브전류는 0.4mA 싱크전류는 4mA이고 cmos의 드라이브전류는 0.42mA 싱크전류는 0.42mA이다.

일단 CMOS는 P-채널과 N-채널이 전원전압과 그라운드 사이에 하나씩 직렬로 연결되어 구성되어진 여러 개의 회로가 있으면 그것이 바로 CMOS 반도체 제조 공법으로 만드는 마이크로프로세서나 SRAM이 되는 것입니다.

한편 CMOS의 주요한 특징은 TTL 반도체보다 낮은 전력 소모, 짧은 전파 지연, 높은 잡음

내성, 그리고 동작 중에는 매우 높은 입력 임피던스(즉, 외부에서 CMOS 칩을 봤을 때 저항이 매우 높다는 뜻) 마지막으로 전압 레벨은 0V에서 공급하는 전원전압까지입니다. 마지막의 특징을 좀 더 자세하게 알아보면, 예를 들어서 현재 CMOS에 공급되는 전원전압이 5V라고 가정하면, 해당 CMOS 칩이 인식하는 Low Level은 대략 0V ~ 1.66V까지의 입력 신호를 Low Level로 인식하고, 반대로 High Level의 경우는 3.33V ~ 5V까지를 High Level로 인식하게 됩니다.

-릴레이의 원리 종류와 역할, 선정기준 및 발생하는 문제점을 정의해라

릴레이는 내부에 있는 전자석에 전기를 인가하여 자석의 지렛대를 끌어당겨 접점을 on/off 상태로 바꾸는 방식이다 tr은 전기적 스위칭, 릴레이는 기계적 스위칭이라 빠른 스위칭은 좋지 않다. 종류로는 ac,dc,latch,mos 릴레이가 있다. 정격의 50%이하 사용 권장하고 플라이휠다이오드를 다는게 안정적이다.

-정전류회로(TR,FET등등)
:tr증폭모드 사용해서 만듦

-정전압회로(TR,FET등등)

1.제너

2.리니어(시리즈) 레귤레이터 +v용 78xx -v용 79xx

c1:완충용(제일왼쪽) 가운데는 그라운드 (제일오른쪽)c2:평활용 c3:바이패스용

c123는 인접배치하고 VDC는 바꾸려는 전압의 1.2배부터 증가시키면서 측정해보면됨

리니어 레귤레이터의 출력전압과 입력전압의 차이와 출력전류의 곱만큼 내부의 저항에 전력이 소모되어 열로서 전력손실됨

그리고 역류방지다이오드를 달아 방전할 대상이 없어 전압이 계속 쌓여서 발생하는 문제를 막음

3.-v용 ic 7660

4.dcdc컨버터

5.소정전압용ic: TL431,LM335 전압이 잘안변하는 장점이 있고 낮은 전압필요할 때 사용

6.tr사용정전압

-A/D,D/A,V/F,F/V회로

a/d는 아날로그 신호를 디지털 신호로 변환하는 것으로

lpf는 ad되기전 노이즈를 제거함

표본화(샘플링)(샘플&홀드 회로로 연속된 아날로그 신호의 진폭치를 샘플링 주기에 따라 순간적인 값을 추출함)

양자화(8bit adc의 경우 vref전압을 2의 8제곱만큼 즉256개로 나눠 대푯값을 만들어 표본화 된 수치를 맞춰 넣고 10bit의 경우에는 10비트 분해능이니 1024단계의 디지털신호를 표현할 수 있다.)

부호화(양자화에서 나온 수치를 0,1로 만들어 표현하는것)의 순서로 진행된다.

atmega128은 10bit 짜리 분해능가짐

1) 샘플링 속도가 빠른 A/D컨버터가 왜 비싼지 그 이유를 동작원리에 근거하여 설명해 보세요. : 샘플링 속도(주파수가 높을)가 빠를수록 안에있는 opamp의 변환속도가 빨라져야 해서 더 비쌘

2) A/D 변환을 위해 VREF전압이 필요한데 이 전압이 작으면 작을수록 A/D의 가격이 비쌉니다. 그 이유를 동작원리에 기반하여 설명해 보세요.

:vref가 작아질수록 양자화할 때 기준이되는 전압들이 작아져 그만큼 정밀하게 opamp와 저항을 만들어야해서 a/d가격이 비싸진다

3) 그래픽 LCD에 이미지를 표시하고 싶은데 속도를 빨리 이미지를 표출하는 경우와 느리게 표출하는 경우 눈에 부자연스런 문제가 나타나는데 어느정도 주기를 갖고 이미지를 표출하는 것이 자연스러운가요? 적정 주기는?-> 아무도 대답 못함.

이건몰라

-플립플롭, 래치

전원이 공급되고 있는 한, 상태의 변화를 위한 신호가 발생할 때까지 현재의 상태를 그대로 유지하는 논리 회로 기억 장치, 메모리 소자로 활용

플립플롭 클럭 있음 = 동기식 Synchronous

래치 클럭 없음 = 비동기식 Asynchronous

1 비트의 정보를 보관, 유지할 수 있는 회로이며 서 입력을 출력에 반영하는 시점을 클럭 신호의 순간 엣지에서 반영하는 플립플롭과, 입력에 따라 항상 반영되는 래치로 구분된다

디코더 방식: 디지털 값을 한번 변환 후 회로로 내보내는 경우

바이너리 방식: 디지털 값을 그대로 받아 동작하는 회로 방식

-OPEN 컬렉터 드라이버 IC(2803)(0.5a까지 구동가능, 50v이상 넣으면 안됨)

5v짜리 마이크로프로세서가 있는데 5v버저구동, 12v모터구동, 48v릴레이 구동해야 하는 경우에 이 각각을 구동해야하는 tr을 엔지니어가 설정해서 만들어야할 때 2803쓰면 안에 tr, 저항 등등 있으니 릴레이 버저 모터 넣어서 쓰면 됨

오픈 컬렉터란 bjt의 컬렉터에 원래는 vcc가 연결되지만 vcc를 빼고 오픈 시킨 상태를 의미함 그래서 이렇게 오픈 컬렉터 형식으로 만들고 외부에서 원하는 vcc전원 인가해서 사용하면, vcc와 컬렉터저항을 없앴다고 보이면 됨 그래서 컬렉터에 아무것도 연결안된채로 완성시키는 거임 그래서 외부에 컬렉터저항다는데 전원과 연결되어 풀업저항이라 함

-버퍼드라이버 ic(62783)(0.5a까지 구동가능, 50v이상 넣으면 안됨)

전압 뺏튀기시켜서 사용하려 할 때 쓰는 ic

마이크에서 5v 전압 나올 때 62783ic 연결해주고 62783에 9v, 24v 등 전원 넣으면 마이크에서 나오는 5v가 9v 등이 되어서 9v 사용가능

플로팅 현상

아두이노에서 택(Tact) 스위치를 연결 할 때, 초보자 분들은 종종 저항을 안달고, 다이렉트로 아두이노에 연결하시는데, 이 때는 스위치를 눌렀을 때와, 안 눌렀을 때 차이가 별로 없습니다

그 이유는 플로팅 현상 때문인데요 플로팅(floating) 현상이란 영어 그대로 떠 있는 상태로 신호가 0(LOW)과 1(HIGH) 사이에 애매한 위치에 떠 있기 때문에 발생하는 경우입니다.

풀업 저항(Pull-up)이란 저항을 전원쪽에 붙여줘서, 플로팅 현상을 해결하는 방법입니다.

스위치가 열려(off) 있을 때, 전류의 방향은 전원에서 IO핀으로 진행합니다. 따라서 IO핀의 값은 HIGH(1)입니다.

풀다운 저항(Pull-down)은 풀업 저항과 반대로 저항을 그라운드쪽에 붙여줘서, 플로팅 현상을 해결하는 방법입니다.

스위치가 열려(off) 있을 때, 전류의 방향은 IO핀에서 그라운드로 진행합니다.

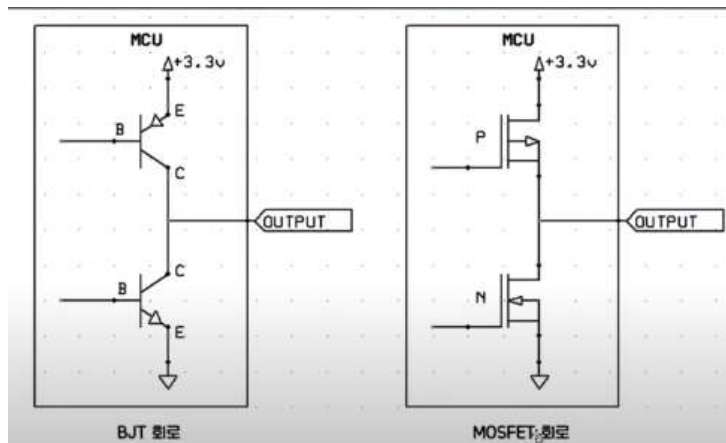
따라서 INPUT의 값은 LOW(0)입니다.

풀업 저항의 값을 통상 10kΩ~100kΩ까지가 가장 많이 쓰이며,

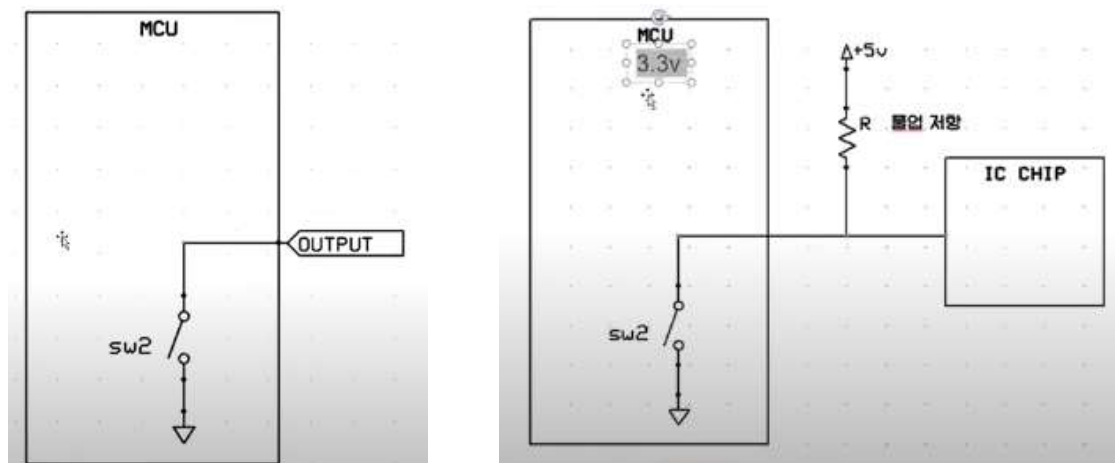
풀업 : 플로팅을 없애려고 풀업과 풀다운을 사용하고 GPIO 입력에서 주로 사용하는 개념임 (출력에서 주로 사용하는건 푸시풀, 오픈드레인같은 개념) 스위치가 열린상태인 핀의 기본값이 3.3v 이고 스위치가 눌러서 닫히면 0v가 됨 i2c같은경우 4.7k 여러개 i2c면 2.7v까지 낮아짐 보통 풀업에선 4.7k~10k 데이터시트 확인해야함 일반적으로 풀다운보다는 풀업을 많이씀 그 이유는 풀업은 high가 기본상태라 외부 노이즈나 충격에 전압튀는 영향을 덜 받음, 풀업 풀다운은 일반적으로 출력 설정에는 영향이 없는데 오픈드레인일 때는 영향을 줌 풀업, 풀다운은 스위치 달려있는 회로보고 판단해서 설정하면 됨 보통 mcu내부에 풀업저항 있으니 그거 활용한다 보면됨

풀다운 : 스위치가 열린상태인 핀의 기본값이 0v 이고 스위치가 눌러서 닫히면 3.3v가 됨

푸시풀 : 전원에서 그라운드 까지 두개의 스위치(bjt or fet)가 있고 중간에 아웃풋이 있어 위쪽 스위치가 on 아래쪽이 off이면 전원과 연결되니 output핀 3.3v되고 위쪽off 아래on이면 그라운드와 연결되니 0v가됨 mcu내부의 0v와 3.3v이용하려는 방법이라 보면됨



오픈드레인 : fet의 드레인에 아웃풋 핀을 달아 쓰는것을 말하고 mcu에서 나오는 전압 말고 내가 필요한 전압을 인가해서 사용하려는 ic를 사용할 수 있음 이때 풀업저항 달아서 씀



-smps

smps설명(220v는 실효치이고 최댓값은 311v임)

smps는 필터부, 1차정류부, 스위칭부, 2차정류부 그리고 피드백부로 구분하였습니다.

필터부에는 smps는 대전류,대전압으로 스위칭하여 많은 스위칭 노이즈가 발생합니다. 이러한 노이즈가 전원라인을 통해 외부로 나가면 다른장치에 오동작을 유발하거나 고장을 일으킬 수 있습니다. 그래서 퓨즈 서미스터 ,바리스터로 구성하였고 1차정류부에 라인필터와 x 콘덴서를 배치하였습니다. 71%효율인데 이거는 시뮬레이션으로 나온값이고 실측은 ~~
1차정류부에는 브릿지다이오드와 라인필터 및 x콘덴서로 구성하였습니다. 1차정류부를 거친 전압은 ac85~265v 50/60hz 에서 dc 120~374v가 되고 리플은 100/120hz가됩니다.

ac220v일때는 dc310v가 됨 이게 fet 드레인에 공급됨

스위칭부의 경우에는 피드백기능이 없어 출력이 개방이든 쇼트든 계속 발진되는 자려식말고 포토커플러를 이용한 피드백으로 pwm을 제어하여 안정적인 발진을 하고 tny279pn을 발진 ic로 사용하였다 그리고 fet의 스위칭 노이즈를 해결하기 위해 상단 스너버회로를 달아 fet가 on에서 off될 때 전원전압과 서지전압의 합으로 인해 fet드레인에 과전압이 걸리는걸 막았습니다. 그리고 r-c-d 스너버지만 rc는 병렬이고 d와는 직렬이다. 이때 c에서 나오는 돌입전류를 막기위해 rc와 d직렬사이에 직렬로 저항을 달아 해결하였습니다. 트랜스는 초퍼트랜스 즉 페라이트코어를 사용했으며 EE2218이다. 코어는 강사님이 pi expert에서 나온 데이터를 트랜스 업체에 맡겨 1000개를 한번에 만들어서 나눠주었다.

1차측의 라인과 2차측 그라운드 사이에 커패시터(y콘덴서)를 달아서 1차측과 2차측을 절연시켜 감전사고를 예방했습니다. 플로팅된 2차측 회로가 접지에 대해 고전위를 띄우는 것을 방지한 것 입니다.(2200pf) 비슷한예로 오실로스코프로 측정할 때도 1차측과 2차측을 각각의 채널로 사용해서 채널간 연결되 쇼트되어 펄 터지는 것을 막기위해 차동프로브를 사용하거나 커패시터를 달아 예방할 수 있습니다.

2차측을 보면 dc신호가 fet의 스위칭으로 ac신호가 되는데 이 때 스위칭으로 인한 트랜스 즉 코일에 전압이 발생하는데 이게 1차측에서 2차측으로 전달된다. 스위치 on일때는 dc신호크기의 전압이 트랜스에 실릴거고 이 때 코일에서 발생하는 전압이 있지만 dc가 크기 때문에 괜찮 그러다 off가 되면 dc 전압이 모두 fet에 걸리게 되는데 이때 트랜스 즉 코일에서 발생하는 전압이 트랜스가 가지는 전압이된다. 이런식으로 ac전압이 만들어지고 전달된다. 고주파라 스위칭이 빠르고 스너버회로를 트랜스에 병렬로 연결해 off됐을때의 서지문제를 해결하는데 즉 트랜스의 전압파형이 급격한상승을 막아 안정적으로 전압가지게 한다는 의미다. 트랜스에는 ac만 입력가능하다. 그래서 변압기 통과 후 다이오드로 정류해서 양의 교류신호를 만든 후 커패시터를 달아서 일정한 전압을 만듦 그렇게 만든 신호는 리플이 있기 때문에 이 리플을 고려한 평균전압이 dc전압이 됨

1차측에서 2차측 인덕터의 전압으로 넘어오는걸 2차측에 에너지가 축적됐다함 이렇게 축적된 에너지가 2차측의 다이오드 상태를 보고 출력되고 안되고 결정됨 2차측 다이오드 역방향전압이 걸리면 다이오드에 전류가 지나가지 못하므로 $I=0$ 이되어 $p=vi$ 로 에너지가 부하쪽으로 공급되지 않고 2차측 트랜스에 에너지가 축적된다. 그러다 순방향 전압이 걸리면 전류가 지나갈수 있기 때문에 에너지를 부하로 공급할 수 있게 된다. 아래에 자세히 말하자면 2차측 정류부 다이오드에 의해 음의 전압은 제거됨 플라이백 smps라 1차측에 스위치가 on일 때 dc로 만들어진 전압이 트랜스에 걸리는데 2차측에서는 권선이 반대로 음의전압이 되어 다이오드에 의해 차단된다. 스위치가 off되어 트랜스의 전압이 발생되면 이 때 2차측

기준으로 양의 전압이 되어 다이오드를 지나 출력되게 된다.

2차정류부에서는 주로 쇼트키다이오드를 사용하지만 계산된 다이오드 내압이 높아 고내압의 장점이 있는 정류다이오드를 사용하였다. 그리고 정류다이오드 선정할 때 스위칭회로이기 때문에 스위칭이 빠를 때 역방향이면 전류가 흐르면 안되지만 순간적으로 전류가 통과되고 다시 통과를 막는 지연시간인 역회복시간(trr)이 짧은게 전력손실 및 안정적인 회로 동작에 유리하기 때문에 138khz의 스위칭주파수에 맞춰 더 짧은 trr인 다이오드를 선정하였습니다. 그리고 다이오드에 rc스너버 회로를 병렬로 달아 역회복시간동안 스너버회로로 전류를 흘러 역방향 전류가 다이오드에 흘러 다이오드에 열이 발생하는걸 막아 다이오드 스위칭 효율을 개선하였습니다. 그리고 출력노이즈를 제거하기 위해 LC필터를 연결하고 방전용저항을 달아 정류과정에서 충전된 커패시터의 전압을 저항을 통해 방전하였습니다.

여기서 LC필터에 들어오는 dc전압은 당연히 dc니까 임피던스 0일거고 dc전압에 실리는 고주파 노이즈 성분이 LC필터의 임피던스에 반응하게 되는거다. 그래서 이렇게해서 LC필터로 노이즈를 제거하고 출력하게 된다.

피드백부는 셉트레귤레이터인 TL431으로 정전압을 형성하였고 PC817 포토커플러를 사용했습니다. 플라이백 smps 전용 ic인 tny279pn은 포토커플러의 tr이 off이였다가 on가 되어 EN/UV핀이 high 인 1.2에서 low인 0.2V가 되면 발진을 멈추고 off가되어 발진을 멈춘다. pc817 포토커플러는 1차단과 2차단의 빛으로 신호를 전달함으로써 절연을 유지하고 2차단의 전압 상태를 1차단에 피드백해주는 역할임

셉트 레귤레이터 tl431의 데이터시트를 보면 내부에서 부궤환회로를 구성해 일정한 전압인 정전압을 형성하고 ref핀에 Vref는 2.5v이 기준이 되어 ref핀과 연결된 저항들의 값으로 캐소드쪽 전압인 Vk가 계산된다. 회로도에서 pc817로 들어오기전에 5v 정전압이 형성되도록 설계하였고 포토커플러의 1번 2번핀 사이에는 LED가 있어 약 1v 걸리고 나머지 4v가 tl431 캐소드 핀에 걸린다. 이게 정상적인 상태일 때의 상태이고 만약 5v보다 더큰 전압이 걸리면 pc817에 걸리는 전압은 계속 같고 이제 캐소드랑 pc817들어오기 전에 저항에 걸리는 전압이 증가할거다 그렇게되면 일단 저항에 걸리는 전압이 증가하는거니 당연히 전류가 증가하게 되고 이 전류가 커질수록 pc817에 흘러들어오는 전류가 커질거고 그러면 pc817의 베이스로 가는 광량이 많아지니 베이스전류의 증폭으로 인한 컬렉터에서 이미터로 흐르는 전류도 커질거임 그렇게 커진 전류가 tny279pn의 EN/UV핀의 전류제한량 이상이 되버리면 내부의 mosfet이 off되어 버림 이런식으로 피드백하고 아무튼 pc817이 켜지면 EN/UV핀은 high인 1.2v에서 low인 0.2v가 되고 mosfet은 off한다고 봐도 됨 정확히는 전류제한량 넘길 때 0.2v로 변한다고함 그리고 전류제한량은 BP/M핀의 바이패스 커패시터 용량이 결정함. 전류제한량이 커지면 그만큼 전압변화에 덜 예민하게 반응해서 high인 상태가 길어지니 전력면에서 좋고 전류제한량이 작아지면 예민해지니 정확한값은 나오지만 low인 상태가 자주나오니 전력면에서 않좋음. 참고사항으로 mosfet off일 때 이론적으로 전류 흐르지 않는상태니 on일 때 전력소모함.

다시 tl431을 자세히 설명하면 Vref=2.5v로 정해져있는 값이고 ref핀의 전압은 Vref랑 다른 전압의 상승으로 ref핀의 전압과 Vref가 차이가 나면 날수록 캐소드로 들어오는 전류가 커질거고 Vk인 캐소드 전압은 두개의 차이가 만나게끔 조절하는 역할을 함. 즉 Vref로 만들어진 Vk가 정전압을 부궤환을 통해 계속 유지하면서 tny279pn의 pc817로 인해 발진을 멈추면 ref핀의 전압도 감소해 Vref와 같아지는거임. 이런식으로 피드백하고 정전압 형성하는거임

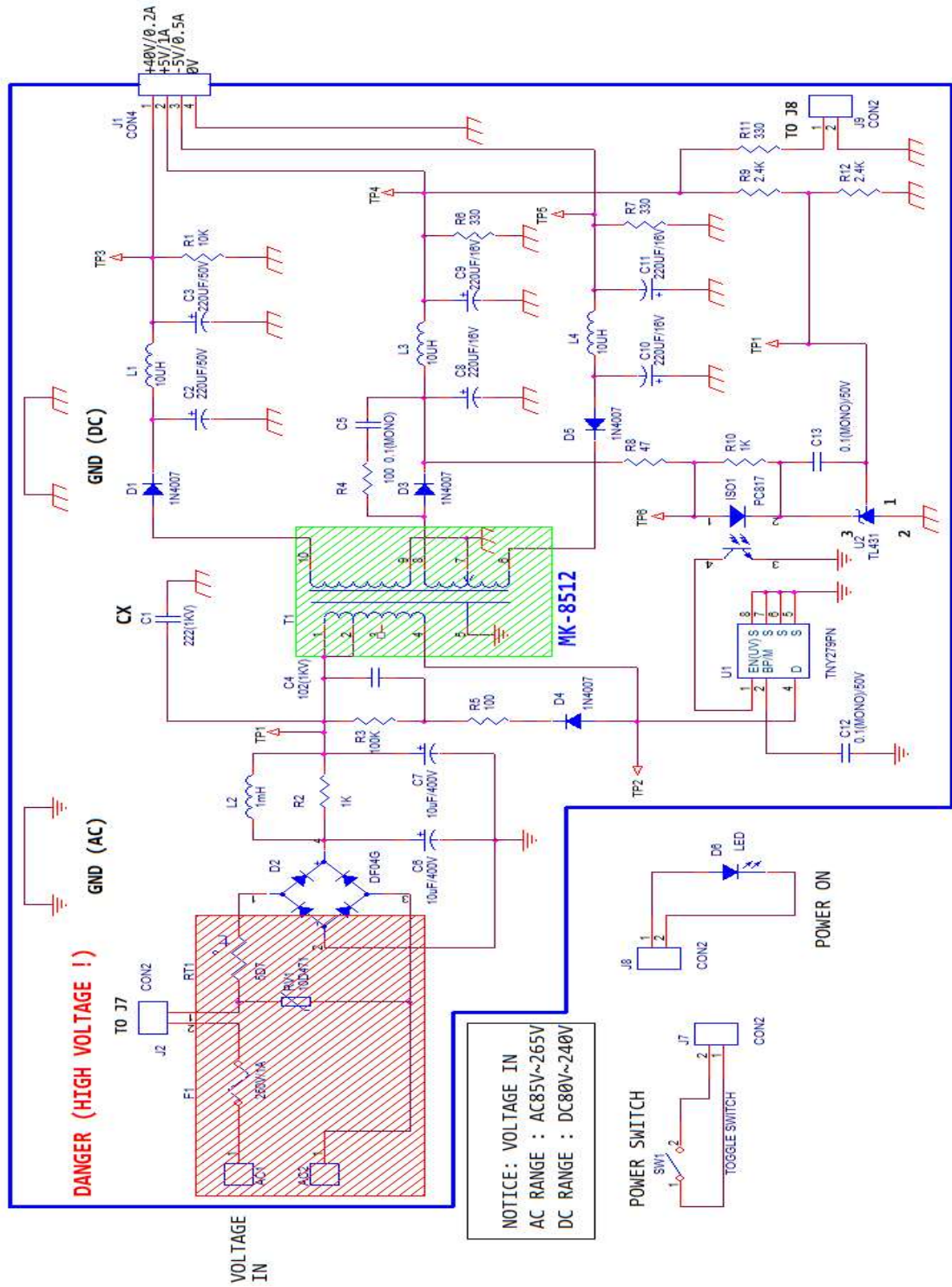
이렇게 부궤환이 유지되어야해서 시간지연으로 인한 정궤환으로 입력신호와 궤환신호의 위상이 같아 발진되는 것을 막기 위해 헌팅방지용 커패시터를 달아 캐소드와 ref핀 사이에 달아 고주파시에 커패시터의 임피던스가 작아져 쇼트 되면 캐소드와 ref핀이 연결되어 둘이 같은 전압을 가지니 즉 출력인 캐소드와 입력인 ref가 같아지니 고주파가 아닐때는 캐소드가 당연히 더 큰데 이제 같아져서 고주파시 전압이득이 그만큼 작아져 정궤환을 막음 즉 증폭이득을 낮춰 시간지연으로 정궤환이 되었을 때 발진되는 크기를 낮추는거 같음. 다른방법으로는 위상지연을 낮추는 방법이 있다고함. 그리고 pc817과 병렬로 저항을 달아 pc817에 흐르는 전류의 양을 조절함

tl431은 애노드,캐소드,레퍼런스단자가 있고 내부에 비교기가 들어있어 레퍼런스 전압이 달라지면 애노드와 캐소드에 흐르는 전류량이 변한다. 그래서 1차측의 fet의 과도한 발진,출력으로 트랜스 2차측 출력전압이 변동을 감지해 pwm발진량을 조절해 2차측 전압을 조정해 회로를 안정화 시킵니다. 예를들어 출력전압이 높아져 전류가 높아지면 포토커플러의 led가 켜져 tr이 on이 되어 발진이 중지되고 발진이 중지된 동안 다시 전류가 감소하여 led가 off되어 다시 발진이 시작되며 안정적인 전압이 출력됩니다. 소자선택은 rohm에서 제공하는 수치를 참고하였고 감사님께 검수받는 형식으로 프로젝트를 진행하였습니다.

Flyback 방식 뿐만 아니라 모든 SMPS 회로의 효율 개선을 위하여서는 먼저 설계하려는 SMPS의 전력을 계획한 후 그에 맞게 트랜스 코어, 갭, 권선비, 권선비에 따른 감는 횟수, 권선 두께, 트랜스 1, 2차 인덕턴스 등을 고려한 트랜스 설계가 필요하다. 이것을 빼대로 하여 스위칭 소자에 걸리는 서지 전압과 스너버 회로 사이의 효율 손실 계산, 누설 인덕턴스로 인해 2차 다이오드에서 생기는 스위칭 노이즈 개선 등의 정량적 연구개발이 수행되어야 한다. 또한 리플이 많은 Flyback 방식의 특성 상 리플을 고려한 평활 콘덴서 선정 및 적정 필터 사용이 과제이다.

그러나 첫째로 이번 프로토타입이 SMPS 연구개발의 첫 공부이자 첫 시도여서 위와 같은 설계를 모두 고려하기에는 무리가 있었고, 둘째로 220V 전력 공급원을 사용하며 스위칭 레귤레이터 사용으로 인해 열적 손실이 적으므로, 효율 개선보다는 일단 정성적 동작 및 안전성 위주의 설계를 진행하였다.

Flyback 방식은 트랜스 1차 코일에서 바로 2차 코일로 에너지를 전달하는 Forward converter 방식과는 달리 1차 코일에서 코어로 한번 저장된 에너지가 2차 코일로 넘어가므로 그에 따른 태생적 효율 저하가 있다. 또 이번 설계에서 사용한 TNY279PN Flyback IC는 듀티비보다는 스위칭 주파수를 최대 132 kHz까지 조정함으로써 전력을 전달하므로 스위칭 손실이 많아 SMPS 효율이 높지 않다. 실제로 TNY279PN 데이터시트에 명기된 효율은 75% 수준으로, 일반적인 SMPS 효율에 비해서 낮다. 311V의 DC 전압을 40V, 5V 수준의 저전압으로 전환시키는 것도 낮은 효율의 원인이다. 이런 낮은 효율 문제 또한 정성적 설계의 이유이다.



항 목	내용	비 고
모델명	JH - 001	플라이백 SMPS(타려식)
입력전압	AC 85V~265V 50/60HZ DC 80~240V	WIDE RANGE형
소비 전력	21.8W이하	효율 71% 기준시
출력전압1	+ 40V/0.2A	DC 40V/0.2A
출력전압2	+ 5V/1A	DC + 5V/1A
출력전압3	- 5V/0.5A	DC - 5V/0.5A
전압안정도(%)	± 0.3%	오차를 의미
사용주의 온도	- 10℃ ~ + 40℃	
사용주의 습도	35~85%	단 결빙되지 않은 상태
외형 SIZE	65 × 50 × 130mm	W × H × D(mm)
제품 색상	검정색	
케이스 재질	플라스틱(PC)	
보호기능	과전류/과전압 보호기능	퓨즈,서미스터/바리스터
	출력 단락 보호기능	TNY279PN
	감전보호기능	감전 보호용 콘덴서
절연방식	1차 2차 절연	트랜스포머를 사용하여 절연
안전인증	KC인증(추후 예정)	EMI/EMC(B) 기준

플라이백 smps이기 때문에 fet가 on되는동안 트랜스의 1차측 권선에 전류가 흘러 에너지가 축적되고 이 때 2차측 다이오드는 off이다 fet가 off되는 동안 축적된 에너지가 트랜스의 2차측 권선에서 다이오드를 통해 출력되며 이 때 커패시터가 충전된다. 그리고 다시 on되면 2차측 커패시터에 있는 전압이 방전되며 전압이 유지된다.

220v라는건 전압 최대값이아닌 실효치를 말하는 거임 그래서 최대전압은 루트2곱-1 310v 임

퓨즈 250v/1a pi experts에서 나온값

써미스터 5d7(상온에서 저항 5옴, 7mm, on/off 10만번해서)

바리스터 10d471(10mm, 470v까지 즉 360~470까지커버)

라인필터($f_o = 1 / (2 \cdot \pi \cdot \text{루트}(LC))$)

평활회로 커패시터내압은 $311 \cdot 1.5$ 해서 대략 400v이상 쓰면됨 용량은 로옴에서 제공하는 공식으로 해보면 16uF정도가 나옴 근데 10사용

1차측 스너버 1000pf ,75k 추천

절연을 위한 커패시터 2200pf추천

2차측 스너버 코일 10uH, 커패시터 10~100uF 내압은 인가전압 1.5배정도

2) 초퍼 트랜스(Chopper Transformer) :

- SMPS에는 수십 kHz 이상의 스위칭 동작을 사용하므로
고속 스위칭에도 자화 손실이 없는 페라이트 코어를 사용해야 함
페라이트코어는 자석과 같음
 - 1차단과 2차단의 권선 방향이 반대인 Flyback 전용 초퍼 트랜스 사용이 필요함
 - 페라이트 코어는 주로 노이즈 제거에 이용하는데 이러한 노이즈는 고주파 성분으로 짧은 시간에 아주 많은 변화가 있어 제거를 해야한다. 페라이트코어를 사용하면 인덕턴스 성분이 커져 인덕턴스 성분의 증가로 임피던스가 증가하니 고주파 신호를 막아주게 된다.
이렇게 노이즈 성분 제거에 좋아 페라이트 코어를 사용한 트랜스를 사용해 손실을 줄이는 거임
- 간단하게 보면 그냥 페라이트코어를 쓰면 고주파시에 발생하는 노이즈 즉 손실을 줄일 수 있다는 의미임

fet선정

- PWM 신호로 트랜스에 빠른 스위칭 ON/OFF를 주어 1차단에서 2차단으로 전력을 전달하게 하므로,
스위칭 손실 면에서 고속 스위칭 속도를 가진 소자 선정(전자-정공 재결합이 있는 BJT보다 FET가 유리)
- 높은 전압의 AC를 DC로 전환할 경우 내압이 높은 스위칭 소자 사용이 요구됨
- FET를 사용할 경우 스위칭이 완전히 열리기까지 10V 수준의 높은 V_{GS} 가 요구되므로,
FET 구동 드라이버 또는 기타 추가 회로 구성이 요구됨
- 최근에는 PWM 제어회로가 FET와 함께 내장된 타력식 PWM IC가 많이 출시되어,
설계가 용이하며 PCB 면적을 감소시키고 생산성 향상에 도움을 줌

- 40v만든 이유는 40v로 리니어 레귤레이터(80v까지가능)사용해서 전압 바꿔서 사용
- 출력이 단락되면 자동차단됨
- 과전류 감지시 퓨즈 끊어져서 퓨즈 교체필요
- emi/emc 아직 해보지 않음
- 자력식? 타력식? 타력식(pwm) 플라이백 smps임
- 정격전력은 $40v \times 0.2a = 8w$, $5v \times 1a = 5w$, $-5v \times 0.5a = 2.5w$ 총 15.5w
1차측 w가 21.8이고 2차측 w가 15.5니까 효율 71%
- 1차측 w는 pi거기서 나온거
- 1n4007 trr 2us tny279pn의 pwm 주파수 132khz 한주기 7.2us
- 효율 개선보다는 정상적인 동작에 유념하여 설계를 했고 아쉬운점으로는 정밀하게 계측하며 추천된 값을 시작으로 세밀하게 조정하여 스위칭 노이즈 제거 및 부품 선정을 했다면 효율이 현재보다 높은 제품을 만들 수 있었을 것이다.

효율과 사이즈의 트레이드 오프

스위칭 주파수를 높이면, 외장 인덕터와 콘덴서를 소형화할 수 있다.
 스위칭 주파수를 높이면, 스위칭 손실이 원인이 되어 효율이 저하된다.
 스위칭 주파수를 높이면, 리플이 작아져, 노이즈도 저하되는 경향이 있다.
 스위칭 주파수를 높이면, 과도 응답이 향상된다.

그림 62 : 스위칭 레귤레이터의 스위칭 주파수와 효율, 사이즈의 트레이드 오프
 스위칭 주파수를 사용하면 off될 때 fet에서 소모하는 전력손실이 0이니 그만큼 효율이 좋아짐 즉 항상 on인 리니어와 비교하면 절반만 on인데 같은 전압 공급가능한거임 그리고 스위칭 주파수가 높아질수록 on에서 off 된 후 커패시터에 의해 전압 유지하며 감소하는 과도 상태가 짧아지니 즉 더 짧은 시간 동안 off니 감소할 시간이 그만큼 적어지게 되어 안정성이 올라감.

	리니어 레귤레이터	스위칭 레귤레이터
강압 승압 승강압 반전	가능 불가능 불가능 불가능	가능 가능 가능 가능
효율	V_o / V_{in} 낮은 경우가 많다.	~95% 전후 일반적으로 높다.
출력전력	일반적으로 수W 방열 설계에 따라 달라진다.	대전력 가능
노이즈	적다	스위칭 노이즈 있음
설계	간단	복잡
부품수	적다	많다
비용	○	△

-스위칭속도가 높을수록 전력효율이 좋은이유(스위칭 손실이 적은 이유)(gpt)

먼저 스위칭 손실은 전류가 스위칭 소자를 ON/OFF할 때 소모되는 에너지입니다. 스위칭 손실은 스위칭 소자의 내부 저항과 스위칭 소자가 전환될 때 발생하는 파동 등에 의해 발생합니다. 이 손실은 스위칭 소자의 효율성과 전력 손실을 결정하는 중요한 요소입니다. 즉, 스위칭 손실이 적을수록 전력 손실이 적어지고, 스위칭 소자가 더 효율적으로 동작할 수 있습니다. 즉 스위칭 속도가 빨라질수록 돌입전류나 서지와 같은 노이즈가 증가하기는 하지만 아래와 같은 이유로 장점이 됨

1.스위칭 손실은 스위칭 동안 소자가 전하를 이동하는 과정에서 발생하는 손실을 의미합니다. 이 손실은 대개 소자 내부에서 발생하는 열로 인해 소비된 전력으로 나타납니다.

스위칭 속도가 빨라질수록 소자가 켜지는 시간과 꺼지는 시간이 짧아지므로, 전하가 이동하는데 소요되는 시간이 줄어듭니다. 이렇게 되면 소자 내부에서 전하가 이동하는 동안 소비되는 에너지도 감소하게 됩니다. 그리고 이 소모 에너지가 줄어들면서 발생하는 스위칭 손실도 감소하게 됩니다.

또한 스위칭 주파수가 높아질수록 스위칭 손실은 줄어들지만, 노이즈는 증가할 수 있습니다. 이는 스위칭 속도가 빠르면 전류와 전압이 급격히 변화하면서 고조파가 발생할 수 있기

때문입니다. 따라서 스위칭 속도를 높일 때에는 노이즈에 대한 고려도 필요합니다.

2. 부하 측 전압 변동이 줄어듭니다. 스위칭 주파수가 높을수록 부하 측 전압 변동이 감소합니다. 이는 전력을 공급받는 부하에게 일정한 전압을 유지하는 데 도움이 되며, 이를 통해 전력 손실이 감소하게 됩니다. 스위칭 속도가 빠르면 스위칭 손실이 줄어들고, 이에 따라 커패시터의 방전이 줄어들어 전압이 더 안정적으로 공급됩니다. 충전속도가 빠르면 부하가 급격하게 변화해도 전압의 하락이 적고, 방전속도가 느리면 일정한 전압을 유지하기 위해 더 많은 커패시터를 사용해야 합니다. 따라서 전원회로에서는 커패시터의 충전속도와 방전속도를 고려하여 선택하게 됩니다.

전압을 공급하지 못하면 전압이 떨어져서 부하에게 제대로 된 전력을 공급할 수 없게 됩니다. 이 경우, 부하가 요구하는 전력을 공급하기 위해서는 더 많은 전류가 필요합니다. 그 결과로 더 많은 전력이 소모되며, 전력 손실이 발생합니다. 따라서 일정한 전압을 공급하지 못하면 부하에게 전력을 제공하는 효율이 떨어지며, 전력 손실이 증가하게 됩니다.

3. 더 작은 크기의 부품을 사용할 수 있습니다. 스위칭 소자의 속도가 높을수록, 부하에 공급되는 전압이 더욱 일정하게 유지되기 때문에, 보다 작은 크기의 필터 커패시터 및 인덕터 등의 부품을 사용할 수 있습니다. 이는 전력 손실을 감소시키는데 도움이 되며, 전체 장치의 크기와 비용을 줄일 수 있습니다. 트랜스의 소형화가 가능해지는 이유는 스위칭 주파수가 커질수록 트랜스의 코어에서 발생하는 자기유도효과가 높아지기 때문입니다. 즉, 스위칭 주파수가 빨라질수록 코어의 자기장 변화가 더욱 심해지고, 그에 따라 코어 주변의 철 손실이 줄어들게 됩니다. 이로 인해 코어의 크기를 줄일 수 있고, 소형화된 트랜스를 만들 수 있습니다. 또한, 스위칭 주파수가 높을수록 트랜스의 자기유도효과가 높아지기 때문에, 트랜스의 코일에 필요한 코일선의 길이가 감소하게 됩니다. 이는 트랜스 전체적인 크기를 줄일 수 있게 되는데, 이를 통해 더욱 소형화된 제품을 만들 수 있습니다.

그리고 일반적으로는 스위칭 주파수가 높아질수록 발열이 심해지지만, 부품의 구성과 냉각 처리 방법 등을 최적화하여 발열을 줄이는 기술적인 개선을 통해 스위칭 주파수와 발열의 관계는 다양하게 변화할 수 있습니다.

또한 열이 발생하는 면적은 부품의 크기와 비례하게 되는데, 부품의 크기가 작아지면서 발생하는 열의 면적도 작아지게 됩니다. 따라서 스위칭 주파수가 높을수록 부품의 크기를 줄이는 것이 발열 문제를 해결하는 한 가지 방법입니다. 그러나 부품의 크기가 너무 작아지면 다른 문제가 발생할 수도 있기 때문에, 최적의 부품 크기를 선택하는 것이 중요합니다.

즉 트랜스는 고주파수가 되면 소형화가 가능해지고 다른 소자들은 소형화를 통해 열문제를 해결하는거임

-입력 신호가 10V 짜리의 양의 교류신호였다면 효과적인 값을 의미하는 "실효값"을 사용합니다. 실효값은 신호의 에너지를 나타내는 값으로, 제곱 평균 값의 제곱근으로 계산됩니다. 이와는 달리 "평균값"은 신호의 시간 평균 값으로 계산됩니다.

그래서 220v 전원은 220v의 실효값을 의미함 그래서 피크값은 311v가됨

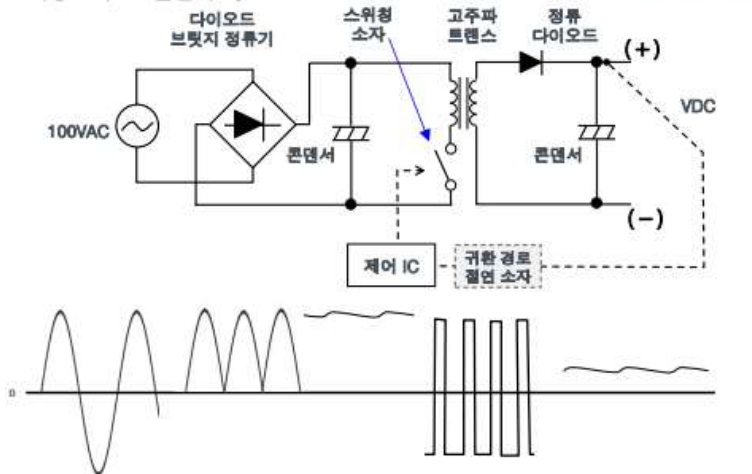
$311 \times 0.707 = 220\text{V}$ 임 $1/\sqrt{2} = 0.707$

전파정류시 평균값 피크에다가 파이/2 나누면되고, 실효치는 루트2 나누면됨

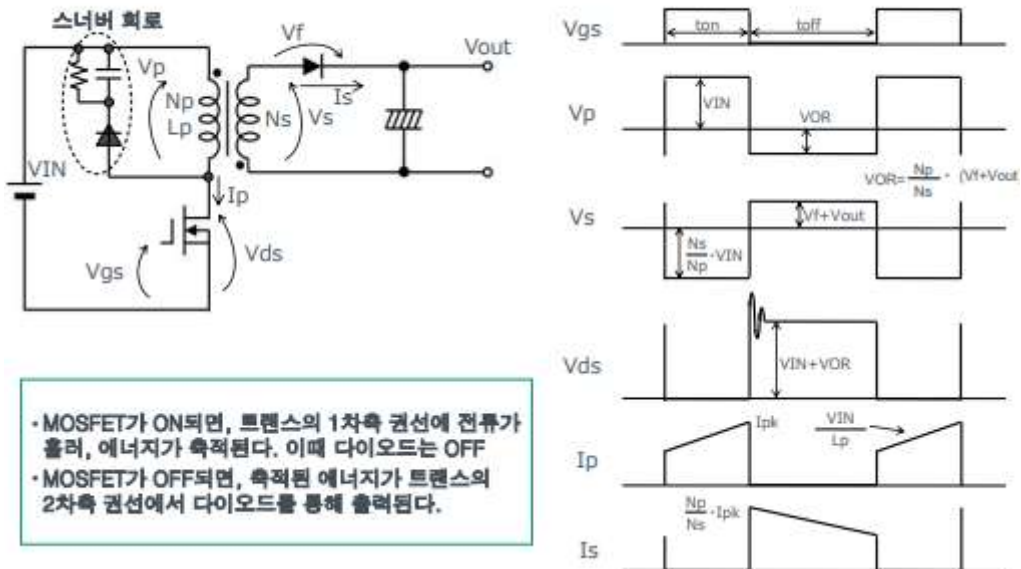
반파정류시 평균값 피크에다가 파이 나누면되고, 실효치는 2 나누면됨

중요!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!

① 스위칭 AC/DC 변환의 기본



② 플라이백 컨버터의 동작 : PWM 플라이백 방식의 동작 (연속 모드인 경우)



-오해! 양의전압이 트랜스 통과후 양과 음을 가지는 전압으로 변하는 이유?

사실은 양의 전압이 아닌 양과 음을 가지는 전압이 트랜스의 입력임

트랜스는 AC 전압을 변압하는 역할을 합니다.

1:n의 권선비를 가진 트랜스의 출력전압= $n \times$ 입력전압이고 출력전류=입력전류/n이 된다.

권선비에 따라 시간에 따른 해당 전압을 비례하게 출력된다.

위에서 dc신호가 스위칭 소자로 인해 음의 값을 안가지는 교류신호가 되었다 이런식으로 생각할 수 있는데 만약 위에 트랜스가 없이 그냥 일반적인 스위칭 회로 였다면 양의 값만을 가지는 교류신호가 되었을 거다. 하지만 위에는 트랜스 즉 코일이 연결 되었기 때문에 코일의 특성에 따라 역방향 전압을 가지게 된다. 그래서 그만큼 스위칭소자에 들어가는 전압이 증가해서 문제일수 있다 이런사실이 된다.

요약하자면 fet가 off일 일때는 dc전압 그대로 코일에 걸리고 fet on일 때는 dc전압 전부 fet에 걸리고 추가로 코일의 역전압이 fet에 걸린다. 그래서 코일에는 역전압이 있다. 그래서 전체적으로 보면 코일 즉 변압기의 입력에는 양과 음을 가지는 교류전압이 생기는거다.

코어 사이즈 : EE2218 사용(8pin) 30w까지 가능할듯

우리 입력 21.8w에 출력 15.5w사용함

SMPS IC : TNY279PN 사용

-유효전력과 무효전력

유효전력이란 R에서 소모하는 전력으로 위상차가 없어 발생하는 전력으로 볼 수 있다.

무효전력이란 L이나 C에서 소모하는 전력으로 위상차에 의해 발생하는 전력으로 볼 수 있다. DC신호에서는 없고 AC신호에서 발생한다.

그리고 전원에서 L과 C에 보냈다가 다시 돌아오는 전력이라 의미없이 전력소비만 늘림

그래서 준만큼 소모해야하는 전력의 효율을 떨어뜨림 효율이 안좋을수록 부하에서 요구하는 전력에 비해 많은 전력이 공급되어야함.

이론적으로 보면 전기회로에서 무효전력(Reactive power 또는 Volt-Ampere Reactive, VAR)은 전압과 전류 사이의 위상차로 인해 발생하는 전력으로, 실제로 전기작업을 하지 않지만 전력계량기에서는 측정되는 전력입니다.

전압과 전류가 같은 위상에서 변화하는 부분은 전력계기가 측정할 수 있는 유효전력(Active power 또는 Watt)으로, 전기 작업을 하는데 기여하는 전력입니다. 하지만 전압과 전류의 위상 차이가 발생하는 경우, 유효전력은 일부만 전기 작업으로 사용되고 나머지는 무효전력으로 분리되어 계산됩니다.

무효전력은 전력계에 부하가 발생하면, 발전소에서 전압을 유지하기 위해 전력을 공급해야 하는데, 이때 무효전력도 함께 공급되므로 발전소에서의 전기 에너지 소비를 증가시키고, 전력망에서의 전력 손실을 야기합니다. 따라서 무효전력은 전력망에서의 효율성을 저해시키는 요인 중 하나입니다.

사각파의 입장에서 무효전력을 보면 사각파에서는 전압이 급변하는 순간에 무효전력이 발생합니다. 일정한 전압 부분에서는 전류가 흐르지 않거나, 또는 전압과 전류가 함께 변하므로 무효전력이 발생하지 않습니다(저항에서는 옴의 법칙에 의해 전압과 전류가 함께 변함). 그러나 전압이 급격히 변하는 순간에는 전류가 변하지 못하고 무효전력이 발생하게 됩니다. 이는 전류가 변하지 못하므로, 변한 만큼의 전력을 사용하지 못하고 무효전력으로 소모되기 때문입니다.

전압이 일정하게 유지되는 구간에서는 무효전력이 발생하지 않습니다. 이러한 이유로 사각파의 경우, 일반적으로는 정확한 평균 전력이나 효율을 계산하는 것이 어렵습니다. 대부분의 전력 측정기는 사각파의 경우, 유효전력만을 측정할 수 있으며, 무효전력과 평균전력은 측정하기 어렵습니다.

CCM(Continuous Conduction Mode)은 높은 전력 시스템에 사용되고 DCM(Discontinuous Conduction Mode)은 낮은 전력에 사용된다.

-자려식과 타려식(smps 회로방식에 따라 자려식과 타려식으로 구분한다.)

자려식은 무효전력을 보상받지 못하고 타려식은 무효전력을 보상받음

자려식은 스위칭 소자와 출력 트랜스에서 발진을 자체적으로 하는것이고 소출력임

타려식은 스위칭 소자의 제어회로 내에 발진기를 별도로 내장하여 스위칭 주파수를 제어하는 방식으로 보통 전용 ic를 사용하는것은 대부분 타려식이고 ic 주변의 저항이나 콘덴서 등에 의해 발진 주파수를 설정가능 그래서 pwm제어를 하면 타려식인거임

인버터 구동회로에는 로이어(Royer) 회로 등을 이용하여 변압기 1차측에서 전압 공진 회로가 형성되도록 구성된 자려식이 있다.

변압기의 2차측 인덕터와 콘덴서에 의해 공진 회로를 형성하고, 전용 IC를 이용해서 그 공진점 근방에서 구동하도록 구성된 타려식(他勵式)이 있음

즉 1차측의 트랜스 즉 인덕터와 커패시터로 공진하면 자려식 2차측의 트랜스의 인덕터와 커패시터가 공진하면 타려식임.

자려식 구동회로의 경우, 타려식 구동회로와 같이 전용 IC를 사용하지 않고, 범용의 전자부품에 의해 구성할 수 있으므로, 타려식 구동회로에 비해 비교적 저렴하다는 이점이 있는 반면, 변압기의 1차측 공진 동작이기 때문에 동작 효율이 나쁘다는 문제가 있다.

타려식 구동회로의 경우, 변압기의 2차측 공진 동작을 이용하고 있기 때문에 고효율로 할 수 있다는 이점이 있는 반면, 통상, 전체의 동작 제어에 전용 IC를 사용하므로 비용이 높게 되어 버린다는 문제가 있다.

당연히 출력쪽인 2차측에서 공진동작으로 임피던스 낮추니 무효전력이 감소에 효과적이라 효율이 좋을 수밖에 없다. 전압 변환이 되기 전에 공진으로 임피던스 낮추는 자려식은 효과가 떨어질 수 밖에 없음

내생각엔 자려식은 1차측에서 rc회로로 시간지연을 만들고 스위칭으로 발진하는 식으로 한다는거 같음 여기 c는 fet내부 c일수도 있고 그럴듯

그리고 타려식은 따로 pwm신호를 인가해서 조절하는걸 말하는듯 이때 따로 피드백을 받던가 뭐 그건 모르겠는데 암튼 다른 ic가 신호를 줘서 타려식인듯

rc회로는 시간지연회로이면서 주파수특성으로 보면 lpf이다. 고주파성분이 적고 저주파때 제대로 신호가 나오는 전달함수 lpf를 통과한 신호의 경우 시간영역에서 회로의 급증하거나 이런부분이 적을거임 반대로 hfp에서는 시간영역에서 일정한 부분이 적을거임 이렇게 시간영역에서 회로파형 보고 lpf가 필요할지 hpf가 필요할지 보면됨 c가 출력과 병렬인 rc회로를 시간지연으로 쓸때 주파수 특성을 보면 lpf형태이니 rc회로를 직렬로 연결한 회로에서는 고주파성분이 줄어들꺼임 그래서 rc회로로 인해 fet의 시간지연을 보면 급증하는 고주파성분이 보이긴하지만 이정도 고주파는 rc회로에서 제거하지 못하는 애매한 고주파인거다 그리고 rc가 커질수록 시간지연이 커지는걸 생각해보면 c가 커질수록 임피던스가 감소해 더많은 고주파를 제거할수 있다 보인된다 그러니 시간영역에서 고주파성분제거로 그전보다는 천천히 증가하는걸 볼수있는거다

그리고 시간지연을 주로 전압기준으로 쓰기때문에 rc회로를 이용한거다 .이런식으로 전달함수보고 이회로를 거친 회로는 어떻게 되겠다 알수있는거임

bjt와 fet의 외부 커패시터를 고려하여 WL을 구하고 내부 커패시터를 고려하여 WH를 구함 일반적으로 WH가 커질수록 tr이 짧아지는데 WH가 커질수록 고주파의 대역폭이 넓어져 제거되는 고주파 성분이 적어지니 많은 고주파 성분이 남아 더 빨리 최대치까지 증가하게 되고 WL이 작아질수록 tr은 길어지는데 WL이 작아질수록 저주파쪽의 대역폭이 커져 제거되

지 않는 저주파수가 많아진다 그말은 dc성분과 같은 저주파수가 많아진다는 거고 그말은 tr 이 길어진다는 의미가 된다. 이런식으로 회로의 보데선도를 그려서 이 회로를 통과한 신호가 어떤식으로 동작할지 알 수 있게 된다. 그리고 보통 rising time은 ns,us이고 감소되는 시간은 ms,s단위라 c로 치면 충전시간이 방전시간에 비해 훨씬 빠른것과 같다.
애초에 이런 WL,WH를 구할 때 임피던스 성분을 기준으로 구하는거임

<https://electriceng.tistory.com/847>

이 사이트에 smps 자려식 타려식부터 스위칭레귤레이터 시리즈 레귤레이터 비교 분석

부하 ▷ 전부하 : 정격 출력의 상태

▷ 무부하 : 공회전 상태

▷ 과부하 : 정격 출력 이상의 상태

전부하란 FULL LOAD 상태를 말하고

무부하란 NO LOAD상태를 말합니다.

차이점은 전동기 부하의 상태를 말하는것으로 FULL LOAD 상태

즉, 전부하는 MOTOR의 정격전류 RATED CURRENT가 흘렀을때의 부하상태를 말합니다.

그이상 전류가 흐르면 과부하 상태라 합니다.

NO LOAD상태 무부하는 기계가 연결만 되어있고 기계에 일을 시키지 않은 상태를 말합니다.

전부하 상태(Full-load)란 공급원과 부하에 손상이 없을 때의 최대 부하 상태를 전부하 상태라고 하고

무부하 상태(No-load)란 부하가 없는 상태, 즉 공급원의 양단에 걸리는 저항이 '0이 아니라' 무한대여서 단락인 상태입니다

smps에서 전압/전류로 저항나온걸로 측정하여 구한 전력이 풀로드시 전력임

:일반적으로 트랜스포머는

ideal transformer + magnetizing inductance + leakage inductance
로 표현하는데요..(여기에 몇가지 요소를 추가하기도 하고..)

ideal transformer 라 함은 메인 스위치가 on/off 인 경우
1차측의 에너지가 2차측으로 모두 전달되는 경우를 이야기합니다.

그러나 실제상황에서는 한주기동안
1차측의 에너지가 모두 2차측으로 전달되는것이
아니라 1차측에 잔여 에너지 성분이 남아 있게 되는데요..
이성분을 자화인덕턴스로 표현을 합니다.

자화 인덕턴스는 물리적으로 보면
한주기 동안 1차측에 축적된 에너지가 2차측으로 전달된후
1차측에 남아있는 flux 양을 표현합니다.
이러한 잔여성분이 바로 트랜스포머의 자화곡선을 결정짓는
주요 요소이며, 트랜스포머의 포화현상의 직접적인 원인으로
작용합니다.

1차측의 잔여 flux 양을 적절히 없애지 않는다면,
주기가 반복되면서 , 자화곡선상의 동작점이 포화 근처를 향해
움직이게 되고, 결국은 포화 현상을 초래한다고 볼수있죠...

flyback 회로에서는 on time 동안 1차측에 에너지가 모두 저장된 후,
off time 에서 2차측으로 전달되는 관계로
의미상 1차측의 L값을 자화인덕턴스로 볼수가 있겠네요..
하지만 forward 방식의 경우에는 on time 동안 1차측의 에너지가
동시에 2차측으로 전달되므로 1차측의 L 값이 모두 표현하려면
이상적인 트랜스포머와 자화인덕턴스를 동시에 고려해야
될듯 합니다...

포워드든 플라이백이든 자화인덕턴스는 1차에서 2차로 에너지 전달할 때 이상적이지 않기
때문에 다 전달 못하고 남은 에너지가 인덕턴스 성분으로 남은건데 그래서 둘다 상관없고

이상적 변압기는 전력손실이 없지만 실제 변압기는 전력손실이 있음(히스테리시스 손실이란, 코어에 의해 발생하는 손실이다. 철손(히스테리시스 손실+와류손실)은 열로 방출되고 권선 저항에서도 손실이 생긴다. 따라서 임. 출력전압이 이상적 변압기와 달리 실제 변압기에서는 더 낮아진다.)

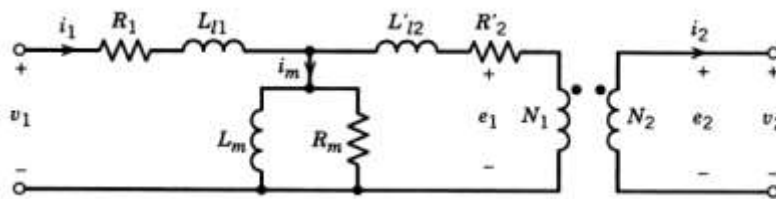
자화전류는 실제변압기에서 발생하는데 이걸 자화인덕턴스에 흐르는 전류이다.

자화전류=1차측 인덕터 전류-권선비*2차측 인덕터전류

이상적일 때 자화전류=0이 나오지만 실제론 2차측 인덕터 전류가 이상적으로 나오지 않기 때문에 자화전류값이 존재하게 됨 이상적으로는 권선비만큼 2차측의 인덕터전류의 감소가 되는데 그걸 곱해줘서 자화전류=0이 되는거임

즉 자화전류는 2차측으로 전달되지 못하고 남아있는 전류라 보면됨

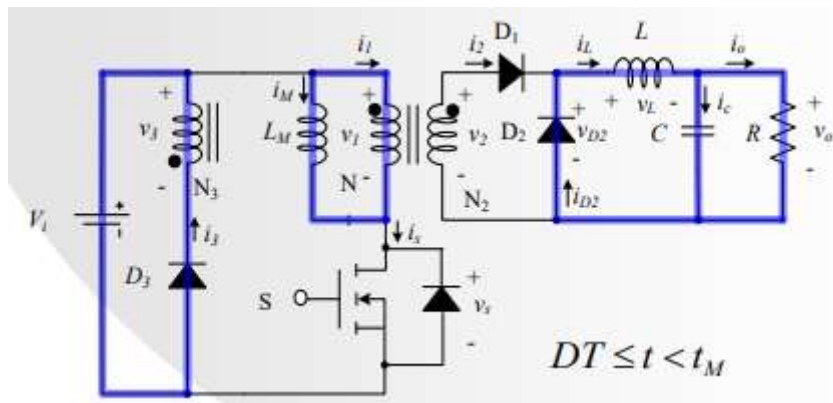
아래의 i_m 이 자화전류임



이렇게 자화전류가 흐르는 곳이 자화 인덕턴스 성분이고 여기에 있는 에너지가 2차측으로 넘어가지 못한 에너지임

이러한 자화인덕턴스성분에 흐르는 전류가 스위치 on일 때 생기는데 스위치off되면 스위치의 임피던스가 높아져 자화전류가 1차측의 코일과 자화인덕턴스의 전류가 스위치로 갈 수 없게 되는데 코일에는 충전된 전류가 남아 있어 에너지가 축전되게 된다. 이게 반복되면 트랜스가 포화되어 망가지게 됨 그래서 자화인덕턴스 극점과 반대방향이고 역방향의 다이오드를 병렬로 연결해서 해결함 자화인덕턴스는 1차측과 극점같음

어떤식으로 해결되냐면 아래와 같이 스위치가 off되면 i_m 과 i_1 전류가 연속함수니 남아있는데 i_3 전=



◆ S.M.P.S 기술자료

1. S.M.P.S의 개요

스위칭 모드 파워 서플라이((Switching Mode Power Supply : S.M.P.S)는 전력용 MOSFET 등 반도체 소자를

스위치로 사용하여 직류 입력 전압을 일단 구형파 형태의 전압으로 변환한 후, 필터를 통하여 제어된

직류 출력 전압을 얻는 장치로서 반도체 소자의 스위칭 프로세서를 이용하여 전력의 흐름을 제어함으로 종래의

리니어 방식의 전원 공급장치에 비해 효율이 높고 내구성이 강하며, 소형, 경량화에 유리한 안정화 전원 장치이다.

S.M.P.S는 스위칭 주파수를 높여 에너지 축적용 소자를 소형화 함으로써 소형, 경량화를 이룰 수 있고, 이를 위해서는 고속 반도체 소자의 개발이 필요하다. 그러나 스위칭 주파수를 고주파화하면 스위칭 손실, 인덕터 손실등 전력 손실이 증대하게 되는 점과 스위치에 의해 발생하는 써지, 노이즈 문제를 고려해야 한다.

S.M.P.S의 용도는 통신용과 산업용 및 PC, OA기기, 가전기기 등의 민수용으로 분류된다.

■ Power Supply 분류

Power supply의 설계방식을 두 가지로 분류한다.

첫째는 Linear type이고 둘째는 Switching type이 있다.

▷ Linear Type

일반적으로 실험실에서 사용하는 부피가 크고 무거운 그런 type을 말한다. Linear type은 기본적인 전원 공급기, 전자적 조절가능 저항요소, 그리고 전압 감지기와 안정된 기준 전압으로 구성된다. 동작은 전압 감지기가 계속해서 DC 출력전압을 감지하고 기준전압과 비교하다가 출력전압을 변화하면 조절 가능 저항을 전자적으로 조절해서 즉시 원하는 DC 출력 전압을 유지한다.

▷ Switching Type

Switching type은 기본적인 전원공급기와 switching 소자, control circuit와 안정된 기준 전압으로 구성된다.

동작원리는 linear와 비슷하며, control circuit에서 DC출력전압을 모니터하고 안정된 기준 전압과 비교한다.

그리고 출력 전압이 변화하면 전자적 switch를 조절 원하는 출력 전압을 유지시킨다. control circuit이 switch를 조절하는 방식에 크게 두 가지가 있는데 한 가지 방식은 switch의 on - time과 off - time의 비를 조절하는 것인데, 이를 PWM(pulse-width modulation)이라고 한다. 또 다른 방식은 PWM에 사용되어지는 switching transistor 대신에 SCR(silicon controlled rectifier)을 사용하는 이 방식은 phase angle을 변화시키므로 PCM(phase controlled modulation)이라고 한다.

▷ Linear와 SMPS의 비교

linear 방식의 장점은 cutoff (0 volt 출력)에서부터 saturation (최대 출력 전압)에 이르는 기

까지 매우 넓은 범위에 걸쳐서 조절 가능하다는 것이다. 단점은 우선 효율이 30~40%정도 밖에 안 된다. 그래서 변압기의 2차측에서 필요로 하는 전압보자 다소 높은 전압을 필요로 하는데 이것을 head room이라고 한다.

또 다른 단점은 부피가 크고, linear요소 중의 하나인 pass transistor에 대한 heat sinking (열 방출장비)도 많은 부피를 차지하고 60Hz 변압이고 큰 부피를 차지한다. 일례로 medium-power linear의 경우 변압기 무게가 50파운드나 된다. 그러므로 현대와 같이 장비가 소형화되는 추세에서는 큰 단점을 가진다.

▷ 전원의 분류(안정화전원)

A. SMPS

- 1) 직류 직접 변환장치(직류초퍼) + (안정화를 위한)제어장치
- 2) 직류 간접 변환장치(좁은 의미의 DC/DC 컨버터) + (안정화를 위한)제어장치

B. 시리즈 파워서플라이

▷ SMPS와 시리즈 파워 서플라이

NO	방식 항목	시리즈 파워 서플라이	SMPS
1	효율	낮다(30~60%)	높다(70~85%)
2	크기	대형(변압기와 방열기의 스페이스)	소형(1/4~1/10)
3	중량	무겁다(변압기와 방열기가 무겁다)	가볍다(1/4~1/10)
4	회로	간단(변압, 정류, 안정화)	복잡 (정류, 스위칭, 펄스제어, 변압, 정류)
5	안정도	높다(0.001~0.1%)	보통(0.1%~3%)
6	리플(P.R.값)	적다(0.1mV~10mV)	크다(10mV~200mV)
7	과도응답속도	빠르다(50Ms~1Ms)	보통(500Ms~10Ms)
8	입력전압의 대응	입력전압 폭이 넓으면 효율이 저하. 입력전압 폭이 넓어도 좋다.	직류 입력에 대응 할수 없다. 100V/220V 공용도가능.
9	* 코스트	낮다	보통(급속히 격차는 감소되고 있다.)
10	신뢰성	부품수가 적고 높지만, 온도 상승으로 내려간다.	온도상승을 내리고 동일하게 가능.
11	불요 복사	없다	있다(필터, 실드로 방지가 가능)
12	용도	고정밀도 전원, 고속프로그램 전원, 10W 이하의 전원, 실험용 가변전원	기기조립용 전원전반, DC 입력기기 소형 고효율을 요구하는 전원.
13	실내장치의 용이성	변압기가 무겁기 때문에 PCB 실장 불가능.	소형 경량 부품, 수 100W 까지 PCB 실장이 가능.

* : w당 코스트는 전력, 회로수로 크게 변화한다.

** : ()내의 숫자는 일반적으로 예외도 많이 있다.

2. S.M.P.S의 기본구성

S.M.P.S의 기본구성은 교류 입력 전원으로부터 입력 정류 평활 회로를 통해 얻은 직류 입력 전압을 직류출력 전압으로

변화하는 DC-DC 컨버터, 출력 전압을 안정화 시키는 궤환 제어 회로, 과전압, 과전류 보호 회로 등으로 되어있다.

궤환 제어 회로는 다시 출력 전압의 오차를 증폭하는 오차 증폭기, 증폭된 오차와 삼각파를 비교하여 구동 펄스를

생성하는 비교기, DC-DC 컨버터의 주 스위치를 구동하는 구동회로 등으로 구성되어 있고, DC-DC 컨버터는

주 스위치와 환류 다이오드, 2차의 저역 통과 필터인 LC 필터 등으로 구성되어 있다.

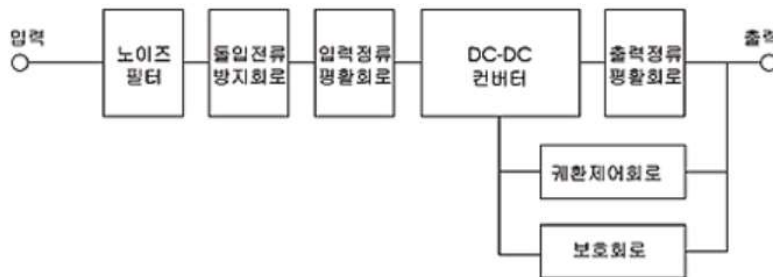
여기서 DC-DC컨버터는 전력의 변환을 담당하는 주요 부분으로서 입출력 변화비의 크기 및 회로 구성에 따라

많은 종류의 컨버터로 분류된다.

S.M.P.S의 회로 방식은 고주파 트랜스포머의 유무에 따라 크게 비절연형과 절연형으로 나눌 수 있는데,

비절연형 으로서는 Buck 방식, Boost 방식, Buck-boost 방식, C'uk 방식등이 있고, 절연형 으로서는 Flyback 방식,

Forward 방식, Full-bridge 방식, Half-bridge 방식 등이 있다.

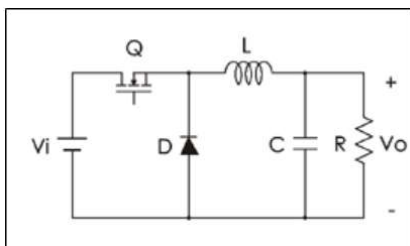


3. S.M.P.S의 회로 방식

■ 비절전형(Non-Isolation Type)

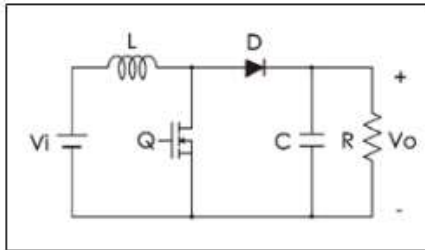
▷ Buck(Step-Down) 방식

주 스위치가 Q가 ON이 되면 입력으로부터 전류가 L을 통하여 출력으로 흐르고 동시에 L에 축적되고 Q가 OFF 되면 L에 축적된 에너지가 환류 다이오드 D를 통하여 출력측으로 방출하게 된다. 스위칭 주기 T_s 를 한 주기로 하여 이 동작이 반복되면서 입력 전력을 원하는 출력 전력으로 변화하게 된다. Buck 방식은 출력전압이 입력 전압보다 낮은 범위에서 나타나며, 이러한 이유로 “강압형 컨버터”라고도 한다.



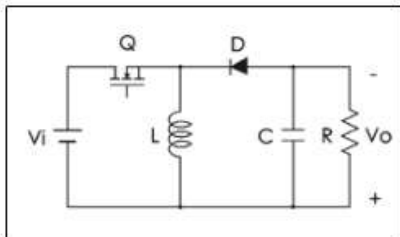
▷ Boost(Step-Up) 방식

스위치 Q가 도통일때 인덕터 전류에 의해서 L에 에너지가 차단되면 L에 축적된 에너지가 환류 다이오드 D를 통하여 출력측으로 방출된다. Boost 방식은 출력 전압이 항상 입력 전압보다 높은 값으로 “승압형 컨버터” 라고도 한다.



▷ Buck-Boost(Step-Down) 방식

Buck-boost 방식은 출력 전압이 입력 전압보다 높거나 낮게되는 승강압형의 특징과 출력의 극성이 입력과 반전되는 특징도 함께 갖고 있어 “극성역 전형 컨버터” 라고도 한다.



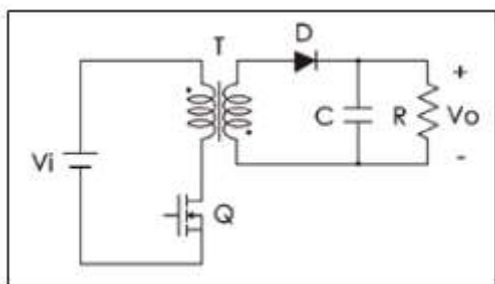
■ 절연형(Isolation Type)

절연형은 1차 코일과 2차 코일을 분리해서 서지발생시 1차에서 차단못해도 2차에서 차단해서 2차측쪽 회로를 보호가능하다. 그리고 절연테이프를 추가 절연하는거임

▷ Flyback 방식

Flyback 방식은 Buck-boost 방식과 기본 동작이 동일하다. 스위치 Q가 도통하면 트랜스의 2차 권선에는 1차와 반대 극성의 전압이 유도되므로, 다이오드 D는 역 바이어스되어 차단되고, 따라서 2차 권선에는 전류가 흐르지 않고 1차 권선으로만 전류가 흘러 자화 인덕턴스에 의해 에너지가 축적된다.

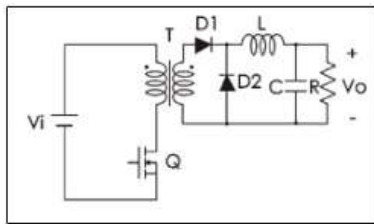
다음 스위치가 차단되면 2차 권선에는 전상태와 반대 극성의 전압이 유도되어 다이오드를 도통 시킴으로써 트랜스의 자화 인덕턴스에 축전된 에너지를 부하에 공급한다. Fly back 방식은 50W 이하의 낮은 출력에 적용하기에 적합하며, 회로가 간단하고 경제적인 반면, 출력 커패시터의 리플 전류가 크다.



▷ Forward 방식

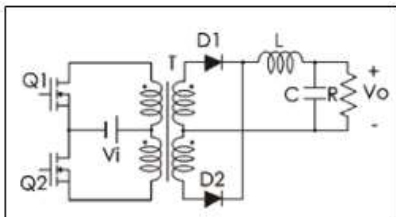
Forward 방식은 출력 용량이 500W급 정도까지의 중전력용으로 많이 응용 되고 있으며, Buck 방식과 기본 동작이 동일하며 안정성이 뛰어난 특징을 가지고 있어서 고신뢰성이 요구되는 통신용의 전원에 폭넓게 이용되고 있다. 동작 원리는 주스위치 Q가 도통하면 D1은 도통, D2는 차단되어 입력 측으로부터의 전류는 트랜스포머를 통하여 출력 측으로 전달됨과 동시에 인덕터 L에는 에너지가 축적된다. 다음에 Q가 차단되면 D1은 차단, D2는 도통되면서 L에 축적된 에너지를 출력 측으로 공급한다.

추가로 트랜스의 극성으로 이해를 돕자면 2차측을 예로들면 트랜스에서 나온 전류는 다시 트랜스로 들어와야 폐루프가 되는거임 Q가 off되어 트랜스에 마이너스 전압이 걸릴 때 2차측 트랜스에서 나온 전류신호가 D1은 통과못하지만 극점 아래쪽방향으로 D2로 흘러서 L인덕터로 가면되지 않나 싶지만 결국 다시 극점있는대로 돌아와야하는데 D1에 의해 막히니 이런생각자체가 말이안되는거임 즉 극점이 있는곳에서 신호를 생각해도 되고 아래에 위상반대로 만들어 생각해도 같은흐름이 만들어진다는거임 그래서 극점방향에서 다이오드 도통안되면 극점반대쪽에서 위상반대로 해도 당연히 안되는거임 그래서 아래의 회로는 다이오드 도통될 때 L인덕터에 에너지충전되고 D1도통안되면 L인덕터에 에너지가 부하로 공급되게 된다. **이거 중요**



▷ Push-Pull 방식

Push-pull 방식은 스위치 Q1, Q2가 교대로 ON, OFF하는 방식으로 1KW 이하의 대용량에 적용 가능하며 구동 회로가 간단하게 트랜스포머의 편자 현상이 발생할 가능성이 있다.

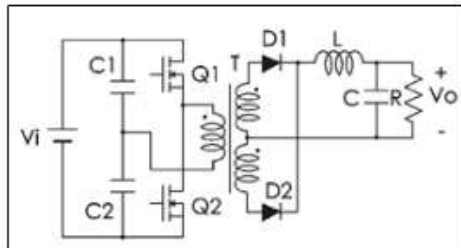


▷ Half-Bridge 방식

Half-bridge 방식은 500W~수KW의 대용량에 많이 응용되고 구동 회로가 복잡하다. 동작 원리는 스위치 Q1이 도통하면 입력 전류는 Q1과 트랜스포머 1차 권선을 통하여 흐름과 동시에 2차 측으로 전달되고, 다이오드 D1을 도통시켜 출력 필터 인덕터 L을 통하여 출력측으로 흐르게 된다. 이 때 L에는 에너지가 축적되며 다음 스위치 Q1,Q2모두가 차단되면 L에 축전된 에너지는 다이오드 D1,D2를 환류패스로 하여 출력 측으로 방출되며 트랜스포머의 전압은 “0”이 된다. 스위치 Q2를 도통시켜 L을 통하여 출력 측으로 흐르게 된다.

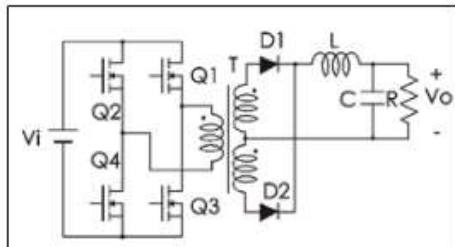
이때 L에는 다시 에너지가 축적되며 다음 스위치Q1,Q2모두가 차단되면 L에 축적된 에너지는 D1,D2를 환류 패스로 하여 출력측으로 방출되며, 트랜스포머의 전압은 “0”이 된다.

이 과정을 한 주기로 하여 반복하면서 동작한다.



▷ Full-Bridge 방식

Full-bridge 방식은 Half-bridge 방식에 스위치 2개를 더 추가한 형태로 4개의 스위치를 사용하므로써 한 쌍의 스위치(Q1,Q4 또는 Q2,Q3)가 교대로 도통, 차단을 반복하면서 Half-bridge 방식과 동일하게 동작하고, 구동 회로가 매우 복잡하며 수 KW이상의 대용량에 응용된다.



4. 전원 용어 설명

1) 입력전압(Input Voltage Range)

규격을 보장 할 수 있는 입력 전압의 범위로서 교류입력은 실효치이고 직류 입력은 순시치이다.

2) 효율(Efficiency)

출력 전력과 입력 유효 전력의 비로서 $\text{효율} = (\text{출력전력} / \text{입력유효전력}) * 100(\%)$ 로 표시

3) 돌입전류(Inrush Current)

전원에 입력 전압을 인가하는 순간에 흐르는 전류의 파고치

4) 정격출력전압(Output Voltage)

출력단에서 나오는 직류 전압의 공칭값

5) 정격출력전류(Output Current)

전원에서 부하로 연속적으로 공급 할 수 있는 전류치

6) 정적입력변동(Line Regulation)

입력 전압을 규격 범위내에서 서서히 변화 시켰을 때의 출력 전압의 변동 최대치

7) 정적부하변동(Load Regulation)

출력 전류를 규격 범위내에서 서서히 변화 시켰을 때의 출력 전압의 변동 최대치

8) 리플(Ripple)

출력 전압에 중첩되는 입력 주파수 및 스위칭 주파수와 동기된 성분으로 Peak-to-peak로 표시

9) 리플노이즈(Ripple Noise)

출력 전압에 중첩되는 리플 이외의 노이즈 성분으로 Peak-to-peak로 표시

10) 주위온도변동(Temperature Drift)

규격의 주위 온도 범위 내에서의 출력 전압의 변동치

11) 기동시간(Rise Time)

입력을 인가한 후 출력 전압이 90%에 도달할 때까지의 시간

12) 유지시간(Holding Time)

입력을 차단한 후 출력 전압이 규정의 전압 범위를 유지하여 순간 정전에도 안정된 출력 전압을 공급할 수 있는 시간

13) 절연전압(Isolation Voltage)

지정된 단자 간에 규정의 교류 전압을 인가시 스파크 방전하지 않고 전원이 파괴되지 않는 전압

14) 절연저항(Isolation Resistance)

지정된 단자간에 규정의 직류 전압을 인가시의 저항치

15) 사용온습도(Operating Temp. & Humid.)

동작 중에 전원의 규격을 보증할 수 있는 주위 온도와 습도

16) 저장온습도(Storage Temp.& Humid.)

동작하지 않은 상태로 성능의 열화없이 보관할 수 있는 주위 온도와 습도

17) 내진동(Vibration)

규정의 시험 조건으로 전원의 손상을 주지 않는 진동의 가속도

18) 내충격(Impact)

규정의 시험 조건으로 전원의 손상을 주지 않는 충격의 가속도로 가속도와 가해지는 시간으로 표시

19) 과전류보호(O.C.P : Over Current Protection)

출력 전류가 규격 이상으로 흐르지 않도록하여 전원 또는 부하를 보호하는 기능으로 과전류 상태를 해소하면 출력 전압은 원상태로 자동복귀

20) 과전압보호(O.V.P : Over Voltage Protection)

부하에 과전압이 인가되지 않도록 규격 이상의 전압이 출력되지 않게 하는 보호기능으로 보호회로가 동작하면 전원은 차단되며, 입력을 차단하고 수분 동안 방치 후 입력을 재투입하면 출력 전압은 원상태로 복귀

21) 리모트센싱(Remote Sensing)

전원과 부하 간에 거리가 있어 배선의 전압 강하가 무시될 수 없는 경우에 사용하는 것으로 센싱선은 접속한 점의 전압을 설정치로 유지

22) 리모트 컨트롤(Remote Control)

복수의 전원을 상용할 때에 각 각의 전원 상승시간과 하강 시간의 차를 설정할 때 사용하는 것으로 외부 신호로 전원을 ON/OFF 하는 기능

5. 사용상 주의 사항

▷ 입력전압

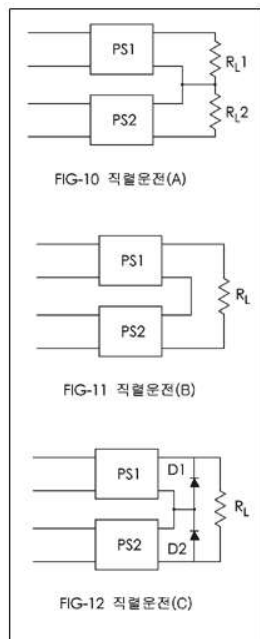
정현파 교류는 실효치이고 구형파는 파고치로 표현되며, 스위칭 전원은 입력 전압을 정류해서 파고치에 가까운 직류 전압을 만들어 인버터를 동작시킴으로 구형파를 인가할 시는 입력 전압 규격치의 약 1.4배의 수치를 인가해야 한다. 교류 입력의 경우에는 사용 지역에 따라 전압, 주파수 등에 차이가 있으므로 확인이 필요하다. 입력측에 인덕턴스가 큰 Line Filter나 Choke Coil이 삽입된 경우에는 입력 ON/OFF시 역기전력의 발생으로 전원의 파괴 또는 스트레스를 주게 되므로 주의해야 한다. 전압 선택형(Dual Input Voltage 형)의 경우 입력 전압(AC110V 또는 AC220V)에 따라 110/220V SELECTOR를 맞춰 사용한다.

▷ 직렬운전

복수의 전원을 직렬로 접속할 경우 두가지 회로방식이 있고,

Fig-10은 문제가 없으나, Fig-11은 PS1과 PS2의 기동 시간과 하강 시간의 차이로 한쪽 전원의 전류가 다른쪽 전원으로 유입되어 기동되지 않을 수도 있다.

이 경우 Fig-12와 같이 출력 다이오드D1,D2를 삽입하면 직렬 운전이 가능해진다.



▷ 병렬운전

A. 병렬운전기능이 없는 전원

Fig-13의 PS1과 PS2의 출력 전압의 차로 우선 전압이 높은 쪽 전원에서 전류가 흘러 O.C.P가 동작하여 전압이 떨어지면, 다른쪽 전원에서 전류가 흘러 한쪽 전원은 과전류 상태로 되어 전원의 고장율을 높이거나 수명을 단축시키는 문제가 있다.

Fig-14의 경우 출력에 저항을 삽입하여 PS2의 출력 전류 밸런스를 맞추는 방법이며, 저항치는 밸런스와 저항의 전력손실을 어느정도로 할것인가에 따라 결정된다.

Fig-15는 다이오드의 전류-순방향 전압 특성의 경사를 이용해 PS1과 PS2의 출력 전류 밸런스를 맞추는 방법으로 다이오드의 내압, 손실전력, 방열등을 고려해야 한다.

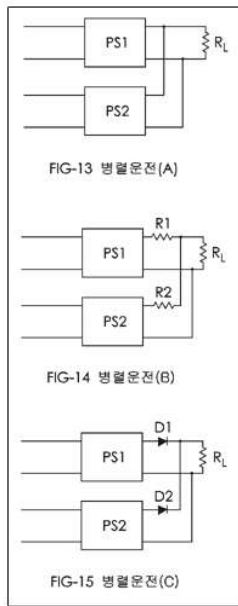
B. 병렬기능이 있는 전원

병렬 운전용 전류 밸런스(CB) 단자가 있는 전원은 출력을 그대로 병렬 접속하여 사용할 수 있으며, 전원 내부의 병렬 운전 회로가 동작해서 자동으로 각 전원의 출력 전류 밸런스를 맞춘다.

▷ 전원의출력이 뜨지 않는 부하

Lamp나 정전류 부하의 경우 'ㄴ'자형의 과전류 보호 회로를 갖고 있는 전원에서는 출력이 뜨지않는 경우가 있는데, 이것은 부하에 전압이 인가된 후 안정점에 도달할때까지 부하의 V-I 특성곡선이 과전류 보호 특성 선상에서 발생하는 현상으로 설계시점부터 부하 특성을 고려할 필요가 있다. 대부분 역L형의 과전류 보호 회로를 갖는 전원으로 하면 해결된다.

▷ 방 열



전원의 입력 유효 전력과 출력 전력의 차이는 전부 열로 바뀌므로 반드시 방열이 필요하다. 자유공간에 전원을 동작시키면 복사 또는 대류로 방열되며, CASE에 들어있는 경우에는 외부에 공기의 입출구를 만들되 출구를 입구보다 크게하는 것이 방열효율이 더 높다. FAN이 내장된 전원은 자체로 강제공냉되므로 주위 온도만 관리하면 된다. 전도 냉각은 전원의 발열 부품을 Aluminum 기판 등의 금속판에 취부하여 외부로 열을 방출시키는 방식이다.

smpls 이상발생시 대처사항

점 검 사 항		확 인 사 항	조 치 사 항	사용되는 제품
입 력 측	정격 전압이 입력되지 않았다	입력 전압 범위가 수동으로 절체되는 전원에서 AC 110V를 입력하지 않았는지? 220V용에 110V를 입력하지 않았는지?	220V계에서는 전압선택 단자를 220V에 110V계에서는 전압 선택 단자를 110V 단자에 연결할 것(FREE VOLTAGE 제품에서는 제외)	WTC75 SERISE WTC100 SERISE WTC150 SERISE WTC220 SERISE WTC300 SERISE
	입력 전압이 전원에 인가되지 않았다.	전원의 배선은 정확하게 되어 있는지? 『F.G단자에 입력 전압선의 연결 등』 외부 FUSE가 단선되지 않았는지?	AC 또는 DC 입력단자에 저속을 고칠 것. 전원에 내장된 FUSE가 용단 되었을 경우 당시에 수리를 의뢰 할 것.	전 MODEL
출 력 측	오배선 등 (조암상태 불량)	부하에 따른 배선은 틀림없는지?(+V단자와 GDN 단자와 오접속 등)	배선을 고친다	
		출력이 SHORT 되지 않았는지?	SHORT를 수정	
		접속용 SHORT가 풀리지 않았는지?	SHORT를 다시 조임	
	과전압보호가 동작되고 있다.	출력전압 설정용 V.R를 시계방향으로 너무 많이 돌려놓지 않았는지?(출력 전압 조정치가 정격 이상.)	입력전압을 OFF하고 V.R를 반시계방향으로 돌려놓고 약 5분가량 방치했다가 다시 전원을 ON 한다.	
	과전류보호가 동작되고 있다.	전원의 출력 전류가 정격 전류 이상이 되지 않았는지?	사용 전원의 정격 전류의 확인과 실제 출력 전류를 측정한다.	
결 로 되 고 있 다.	과열보호가 동작되고 있다.	전원에 내장된 FAN 또는 FAN 의 바람이 막히지 않았는지?	방해물을 제거하고, 입력을 차단하고 실온에서 방치 후 충분히 냉각후 재가동한다.	WTC 220~1500 SERIES
	결로되고 있다.	물이 묻지 않았는지?	물이 묻지 않도록 한다	전 MODEL
		급격한 온도 변화는 없었는지?	가능한 한 주위온도 변화가 적도록 한다.	

tny279pn의 동작원리

:TNY279PN은 Flyback 변환기와 같은 스위칭 모드 전원 공급장치의 구현을 위한 IC입니다. Flyback 변환기는 일반적으로 저전력 전자 제품에서 사용되며, 입력 전압을 적절하게 다운 변환하여 출력 전압을 공급합니다.

TNY279PN의 동작 원리는 크게 두 가지 모드로 나눌 수 있습니다. 첫 번째는 충전 모드이고, 두 번째는 방전 모드입니다.

충전 모드:

TNY279PN은 처음에는 내부 스위치가 닫힌 상태이며, 입력 전압이 내부 커패시터에 축적됩니다. 이후에는 내부 스위치가 열리면서, 적절한 시점에 전력이 트랜스포머에 전달됩니다. 이로 인해 전류가 증가하며, 트랜스포머의 에너지가 저장됩니다. 이 모드에서는 트랜스포머의 에너지가 적절하게 충전되어 저장됩니다.

방전 모드:

내부 스위치가 다시 닫히면, 트랜스포머에서 저장된 에너지가 출력 부하로 전달됩니다. 이렇게 전달된 에너지는 출력 측에서 다시 축적되며, 이 과정에서 출력 전압이 생성됩니다. 이 모드에서는 충전된 트랜스포머의 에너지가 방전되어 출력 전압이 생성되는 과정입니다. 이와 같은 충전 및 방전 모드를 반복하면, 입력 전압을 적절하게 다운 변환하여 출력 전압을 생성할 수 있습니다. 또한, TNY279PN에는 다양한 보호 기능이 내장되어 있어 과전압, 과전류, 단락 등의 문제를 방지할 수 있습니다.

smps효율 올리는법

스위칭 손실 최소화: SMPS의 스위칭 손실은 전력 손실의 대부분을 차지합니다. 스위칭 손실을 최소화하기 위해 스위칭 속도를 빠르게 하거나 손실이 적은 반도체 소자를 사용하는 등의 방법을 사용할 수 있습니다.

저전압 드랍: SMPS에서 출력 전압을 유지하기 위해 필요한 조건 중 하나는 저전압 드랍입니다. 저전압 드랍은 SMPS에서 전력 손실을 초래합니다. 저전압 드랍을 최소화하기 위해 적절한 크기의 반도체 소자를 사용하고, 저항과 인덕턴스 등의 손실을 줄이는 것이 중요합니다.

저전류 드로핑: SMPS에서 전류가 큰 부하에서 저전류 드로핑이 발생하면 전력 손실이 발생합니다. 따라서, SMPS 설계에서 전류 드로핑을 최소화하기 위해 반도체 소자의 크기를 적절히 선택하고, 적절한 소자의 누설 전류를 고려해야 합니다.

노이즈 필터링: SMPS에서는 스위칭 노이즈가 발생할 수 있으며, 이는 전자기파 방출의 원인이 될 수 있습니다. 따라서, 노이즈 필터링 회로를 설계하여 스위칭 노이즈를 감쇠시켜야 합니다.

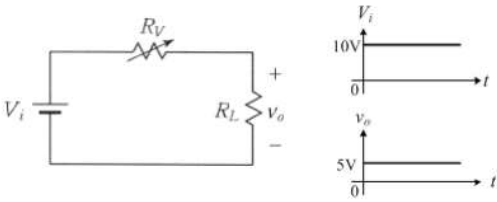
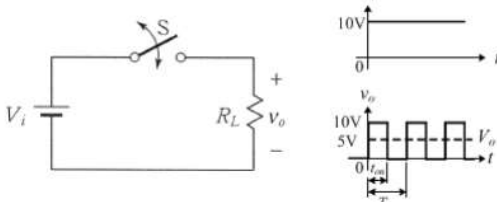
적정 부하 설계: SMPS의 효율을 높이기 위해서는 적정 부하를 설계해야 합니다. 부하가 적으면 SMPS는 효율이 낮아지고, 부하가 과하면 SMPS는 과열이나 소자 파손 등의 문제가 발생할 수 있습니다. 따라서, 적정 부하를 고려하여 SMPS를 설계하는 것이 중요합니다.

트랜스방식 특징(예를들어 리니어 레귤레이터같은거)

트랜스방식은 바로 ac전원을 바로 트랜스를 이용해 강압한 후 브릿지다이오드를 이용해 정류하는 방식이다.

장점: 회로가 간단, 노이즈가 적다, 저렴하다

단점: 크기가 크고 중량이 높다. 발열이 크다, 효율이 나쁘다

Linear Power Supply	Switch-Mode Power Supply
	
<ul style="list-style-type: none"> Active 영역에서 가변저항처럼 스위칭 동작(BJT) 전압분배 원리로 출력전압의 크기 제어 출력 전압의 리플이 매우 작음 큰 전력손실을 가짐 	<ul style="list-style-type: none"> Saturation 영역에서 스위칭 on/off 동작(BJT) 스위치 on/off를 통하여 평균 출력전압의 크기 제어 선형 전력변환기보다 상대적으로 큰 출력전압 리플을 가짐→출력 측 필터 필요 작은 전력손실을 가짐

-스위칭 레귤레이터와 리니어 레귤레이터의 효율과 전력손실의 이유

스위칭 레귤레이터의 효율이 리니어 레귤레이터보다 좋은 이유는 크게 두 가지입니다.

첫째, 리니어 레귤레이터는 입력 전압과 출력 전압 간의 전압차를 저항을 통해 낮추는 방식으로 동작합니다. 이에 따라 출력 전류가 커지면 저항에 의해 발생하는 전력 손실도 커지게 됩니다. 즉 입력전압과 출력전압의 차이와 출력전류의 곱만큼 리니어 레귤레이터 저항에 전력이 소모되어 열이 발생하는거다. 반면에 스위칭 레귤레이터는 입력 전압과 출력 전압 간의 전압차를 일정한 주파수로 스위칭하는 방식으로 동작하며, 전압을 스위칭하는 전자소자(모스펫, 다이오드 등)의 손실이 발생하지만, 이 손실은 전류가 낮은 상황에서 발생합니다. 따라서, 출력 전류가 작을수록 스위칭 레귤레이터의 효율이 더욱 높아집니다.

둘째, 리니어 레귤레이터는 입력 전압과 출력 전압 간의 전압차를 저항을 통해 낮추기 때문에, 낮아진 전압차를 발산하는 전력은 단순히 열로 소멸됩니다. 반면에 스위칭 레귤레이터는 전압차를 스위칭하는 방식으로 동작하기 때문에, 발산되는 전력이 스위칭 주파수에 의해 변환되는 에너지로 재활용될 수 있습니다. 즉 스위칭 레귤레이터에서 fet가 off 일때는 전류가 흐르지 않기 때문에 전력이 손실되지 않고 fet가 on일 때는 fet 드레인-소스에 전압이 0이되어 전력손실이 되지않음. 이에 따라, 스위칭 레귤레이터는 입력 전압과 출력 전압 간의 전압차가 클수록 더욱 효율적으로 동작할 수 있습니다.

따라서, 일반적으로 출력 전류가 큰 경우나 입력 전압과 출력 전압 간의 전압차가 큰 경우 스위칭 레귤레이터가 리니어 레귤레이터보다 더욱 효율적으로 동작할 수 있습니다.

리니어(시리즈)레귤레이터

가격이 저렴,간단,노이즈가적음,리플작아 안정적동작

강압만가능,효율나쁨,발열큼,소출력만 가능

SMPS(Switching Mode Power Supply) 특징(플라이백,포워드,벅등등)

- 고주파 제어로 소형화, 경량화 가능
- 효율이 높음
- FET의 ON/OFF 스위칭 방식이라 발열이 작음
- 트랜스 방식에 비해 회로가 복잡
- 높은 피크 전류가 소자에 흘러 고내압의 부품이 많음
- 스위칭 노이즈가 심함

플라이백,포워드 절연식,비절연식 둘 다 가능이고 벅이나 이런건 비절연임

플라이백 컨버터(SMPS) 특징

- 최소 부품수로 구성 가능하여 간단하고 가격이 저렴함
- 강압,승압 모두 가능 절연,비절연 가능
- 입력 전압의 범위가 넓음
- 작은 용량의 스위칭 전원에 적합함
- 출력 콘덴서의 리플 전류가 큼
- 트랜스의 권선비로 대략적인 출력 결정 가능
- 대출력에는 부적절하다.

포워드방식:1차측 코일에서 2차측 코일로 바로 에너지가 전달됨

- 제어 안정적, 소전력 대전력 모두 가능, 플라이백보다 대전력 가능
- 효율 좋지않음

벅

fet on시 인덕터를 통해 부하에 전류가 흐르고 인덕터에 에너지 축적 이 때 다이오드 off
fet off시 인덕터에 축적된 에너지를 다이오드를 통해 부하에 공급

- 강압에 사용
- 비절연,소전력용도
- 포워드 방식과 같은 동작

-리니어 전원회로의 동작원리 및 특징, 주의사항(트랜스 방식도 리니어임)

-스위칭 방식 전원회로 동작원리 및 특징, 주의사항(플라이백, 포워드, 벅,부스트 등등)
20khz이상으로 스위칭주파수가 높기 때문에 소형화가 되는 트랜스의 특성과 높은 주파수에
서 사용하는 초퍼트랜스 즉 페라이트코어를 사용해 스위칭으로 전력효율을 높이고 소형화로
장점을 살린 방식이다. 하지만 복잡하고 스위칭노이즈문제를 해결해야한다.

-플라이백 컨버터에서 DM noise가 발생하는 곳을 찾고 해결할 수 있는 방법 제시
:전력변환회로는 고주파,고전류를 고주파수로 스위칭하기 때문에 거기서 발생된 스위칭노이
즈가 fet의 ciss같은 기생커패시터를 타고 전원으로 들어가 발생한다. dm노이즈는 x컨덴서
와 lpf같은 라인과라인사이에 있는 커패시터를 통해 해결할 수 있다.

각 스너버에 대해 그림으로 그리고 설명해봐라

:스너버 회로는 Low-side측뿐만 아니라, High-side측에도 자주 사용됩니다.

high side는 내가 smps에 한 그거고 low side는 fet의 드레인소스와 병렬로 배치한다.
dc의 경우 스위치와 병렬로 직렬인c-r하면되고 ac의 경우 스위치와 직렬로 병렬인 c와r 그
리면되고 내 회로에서처럼 r-c-diode해도 되고 이정도?

스너버 회로를 사용해서 생길 수 있는 side effect, trade off가 뭐냐?

(rc로 인한 시간지연, 열로 인한 전력손실)

:RC 스너버 회로는 기생 용량 및 기생 인덕턴스로 인해 발생하는 전압 스파이크를, 저항을
통해 열로 변환하여 저감한다.

스너버 회로의 추가로 인해 스위칭의 전환이 완만해지면 효율이 저하되므로, 노이즈 레벨과
효율의 타협점에 대해 검토해야 합니다. 또한, 저항은 노이즈 전압을 열로 변환한다는 전제
가 있으므로, 저항의 허용 손실에 주의가 필요합니다. 저항의 손실은 하기의 식으로 산출할
수 있습니다.

RC의 값은 일반적으로 $R=2\Omega$, $C=470pF$ 정도를 출발점으로 하고, 실제의 확인을 통해 최적
치를 찾아냅니다.

공통모드노이즈(dm), 차동모드노이즈(cm)이 뭐냐 ,아울러 이것을 줄일수 있는 방법은?

:공통모드노이즈(cm,노말모드노이즈) : 전원라인에서 노이즈가 발생하는게 아닌 노이즈원이
기생커패시터같은 커패시터를 거쳐 그라운드를 경유하여 전원라인으로 돌아오는 노이즈로
전원 양쪽에서 회로를 향해 노이즈가 흐른다. 그러니까 노이즈가 커패시터를 따라 그라운
드로 간후 다시 전원으로 향해서 다시 회로로가니까 둘이 같은방향임

차동모드노이즈(dm) : 노이즈원이 전원라인에 직렬로 들어와 노이즈가 전원전류와 동일한
방향으로 노이즈전류가 흐름 공통은 같은방향으로 노이즈 진행 차동은 반대방향

즉 차동은 노이즈 2개모두 커패시터를통해 그라운드 거쳐서 다시 전원으로 향해 양쪽에서

노이즈가 진행하는 것이고 공통은 노이즈가 전원으로 바로 들어가는 거니까 한바퀴 도는 것처럼 보이는거임 노이즈원은 smps의 스위칭노이즈 같은것들임 이게 노이즈가 나오는 방식에 따라 나뉘는 듯

노이즈를 줄일 수 있는 부품에 대해 알고 있는 것 얘기해봐

:돌입전류:퓨즈,폴리스위치,서미스터,저항등등

서지:바리스터,tvs,스너버회로

공통:라인필터,y콘덴서(마일러)(라인과 접지사이의 콘덴서)

차동:x콘덴서,lpf같은 라인과라인사이의 콘덴서

우리 부서에서 하고 싶은 업무?

: 저전력 설계에 방해되지 않게 전원회로의 노이즈 저감, 고효율에 힘쓰고 싶다.

그렇다면 zvs,zcs 스위칭을 해야하는 이유 , 왜 스위칭 손실이 발생하는지??

:제로전압스위치(소프트 스위칭) ,제로전류스위치(소프트스위칭) 이거 하드스위칭,소프트스위칭 말하는거임 전압이 0됐을 때 스위칭하면 제로전압스위치, 전류가 0됐을 때 스위칭하면 제로전류스위치를 말함 **하드스위치는 일반적인 회로에서 나오는 우리 smps의 fet에서 나오는 스위칭노이즈를 말하며 특징으로는 스위치가 바뀔 때 전류를 급격히 변화시키므로 스위칭 손실과 스위칭 노이즈가 발생한다.** 스위칭 주파수가 높을수록 손실 및 노이즈가 커지므로 스위칭 주파수를 높여 전원의 소형화를 도모할 때 사용 되고 있다.

하드 스위칭은 MOSFET을 켜거나 끌 때 전압과 전류 사이의 중복 동안 발생합니다. 전압조정기 제조업체는 스위칭 파형의 전류(di/dt) 및 전압(dv/dt) 변동률을 증가시켜 중복을 최소화하고 결과적으로 스위칭 손실을 최소화하려고 합니다.

소프트 스위칭(제로 스위칭) 기술

소프트 스위칭 동안, MOSFET이 켜지거나 꺼지기 전에 전압이 최소값이 아니라 제로로 떨어지므로 전압과 전류 간의 중복이 제거되고 손실이 최소화됩니다.이 기법은 또한 전압이 아니라 전류가 제로에 도달할 때 MOSFET을 스위칭하는 데 사용할 수도 있습니다.

추가적인 이점은 매끄러운 스위칭 파형으로 EMI가 최소화된다는 것입니다

(1) 공진 전원 기술

공진 전원은 제로 스위칭이 가능한 회로이며 전류 공진 전원과 전압 공진 전원 기술이 있다.

예를 들어 그림 11에 나타난 전류 공진 전원 회로의 원리를 설명한다. 하이 사이드 스위치와 로우 사이드 스위치의 MOS 트랜지스터 중간 점에서 공진 인덕턴스 L_r 과 공진 커패시턴스 C_r , 부하인 트랜스를 직렬 접속한다. L_r , C_r 직렬 접속에 의해 전류(I_{r1})가 공진한다.

병렬 접속하면 전압 공진을 실행한다. 또 L_r 과 C_r 의 r 은 공진 Resonant의 약자이다.

전류가 제로점으로 됐을 때 하이 사이드와 로우 사이드 스위치를 전환하므로 ZCS 동작을 실행한다. 전류 공진 전원이라고 해도 실제로 공진점은 사용하지 않고 그림 11(c)과 같이 공진점 근처를 사용한다.

(2) 비공진 전원

전류 또는 전압이 제로일 때 스위치하면 스위칭 손실과 스위칭 노이즈도 적어진다. 스위칭 손실이 적어지도록 전압과 전류가 스위칭하는 타이밍을 의도적으로 움직이게 한 것이 비공진 제로 스위치 기술이다.

전류가 제로로 된 후 스위치하는 것을 ZCS(제로 전류 스위치 : Zero Current Switch), 전압이 제로로 된 후 스위치하는 것을 ZVS(제로 전압 스위치 : Zero Voltage Switch)라고 하며, 응용 예로서 의사공진 전원 등을 들 수 있다.

그림 12에 의사공진 회로의 예로 플라이백 제로 스위치 전원 회로를 나타낸다. 실제로는 공진을 사용하지 않고 불연속 스위치 모드를 사용한다. 어떤 부하라도 불연속 모드로 되도록 제어하므로 입출력 조건에 의해 스위칭 주파수가 변동한다. 불연속 모드는 스위치 전류가 제로로 된 후 스위치를 전환하므로 ZCS 동작을 한다. 그 결과 스위칭 손실과 스위칭 노이즈가 저감한다

-포토커플러의 원리 종류와 역할, 선정기준 및 발생하는 문제점을 정의해라

포토커플러는 빛으로 전기신호를 전달하는 소자로 내부의 led를 켤 수 있을 정도의 전류와 전압을 인가하면 내부의 포토tr에 빛이 도달해서 tr이 턴온되는 구조이다.

-SMPS에 사용되는 특정한 회로구조를 토폴로지(Topology)라고 하는데, 대표적인 토폴로지는 다음과 같다.

비절연 방식 (Non-isolated)

Buck converter

Boost converter

Buck-boost converter

Boost-buck converter

SEPIC converter

Charge-pump

맨 아래에 Charge-pump를 제외하면 모두 인덕터의 역기전력을 이용하여 전압을 변환한다.

절연식 (Isolated)

Flyback converter

Half-forward converter

Forward converter

Push-pull converter

Half-bridge converter

Full-bridge converter

절연식 토폴로지에는 반드시 트랜스포머가 포함된다. 입력측의 전력을 출력측으로 변환하여 전달하는 역할과 입력측과 출력측의 권선을 물리적으로 분리[2]함으로써 전기적인 절연을 제공하는 역할을 동시에 수행하기 위함으로, SMPS의 내부를 살펴봤을 때 절연테이프로 칭칭 감겨 있는 덩어리가 바로 이것.

각 토폴로지는 어플리케이션마다 다른 특성을 가진다. 흔히 사용되는 PC용 전원장치의 경우, Half-bridge나 Full-bridge 형태로 설계되며 이보다 크기와 다루는 전력이 작은 스마트기기용 충전기 등의 경우 Flyback converter가 흔히 사용된다

-bldc모터컨트롤러(기술노트참고하기)

bl4252-1262 u,v,w선 3개 홀센서 HU,HV,HW선 3개 그라운드 vcc 총 선 8개

SMPS는 4만원 이건 5만원 정도 들음

모터스펙은 12v/1a 기준시 최대전류0.83A 최대속도 6200RPM 3상 bldc 모터임

3상모터라서 fet 6개필요 선 1

인터럽트 허용설정하고 타이머는 16비트인 타이머1을 사용하였고 크리스탈을 16MHZ 사용했으니 타이머의 클럭 분주 주파수는 16MHZ로 설정하면. 고속 pwm을 사용하여 top이 ICR이고 TOP에서 BOTTOM으로 갈 때 인터럽트가 일어난다. 16Mhz를 사용하고 1분주하면 그대로 16MHz인데 거기에 ICR을 800으로 설정해서 25khz 즉 4us가 된다. 이말은 tcnt가 4us마다 1씩 증가하고 800번 지나면 tcnt가 800이되 ICR과 같아지니 오버플로우 인터럽트 발생되 이걸 1스텝이라 한다. 우리 모터는 총 6스텝이 한바퀴 회전이다. 또한 우리모터는 최대속도 6200rpm이라 1분동안 6200회전 1초에 100회전을 한다. pwm주기가 4us니까 $4us \times 800 = 3.2ms$, $3.2ms \times 6 = 19.2ms$ 니까 1초에 100회전은 1번회전할 때 10ms가 걸린다는 말이다. 정확하진않지만 최대 속도 기준으로 6200rpm이 나오도록 설계하였고 전류센싱을 adc를 통해서 값을 받아 1A이상일 때 버저가 울리도록 설계하였습니다.

adc의 분주비는 128분주 10bit이다. 즉 샘플링 주기가 8us임

adc를 받기전 RC lpf를 거쳐 노이즈를 제거하고 여기서 $r=1k$ $c=0.1\mu f$ 라서 $f=1/2 \times \pi \times r \times c$ 하면 $f=1592hz$ 이고 주기는 600us이다. 즉 신호들어오는 구간은 매우 짧은 시간인데 이신호를 너무 긴시간동안 적분하면 제대로 안읽혀 최소 수십 hz이량이 되야함 근데 너무큰가? 모터의 스텝은 홀센서의 현재값을 확인 후 다음 스텝을 위한 u,v,w 상태에 맞게 pwm 신호를 fet HIN에 high신호를 fet LIN을 줘서 다음 스텝을 위해 이동시킴.

인터럽트 신호마다 다음 스텝으로 넘어가며 진행합니다.

풀브리지=h브리지 ,모터의 양방향 제어가 가능하다

이 모터를 구동 시키기 위해 가장 간단한 방법은 120도 통전형 인버터 또는 6-스텝 인버터로 불리우는 방식으로, 구형파(사각파)를 각 상에 연결된 스위치들이 120도 간격을 두며 출력 주파수의 반주기마다 번갈아 도통되도록 한다. 이 방법은 1주기 동안 두 번 존재하는 60도 무통전 구간에서 유기전압의 제로 크로스 발생을 통해 위치검출을 할 수 있기 때문에 센서리스 기법 적용이 용이하다

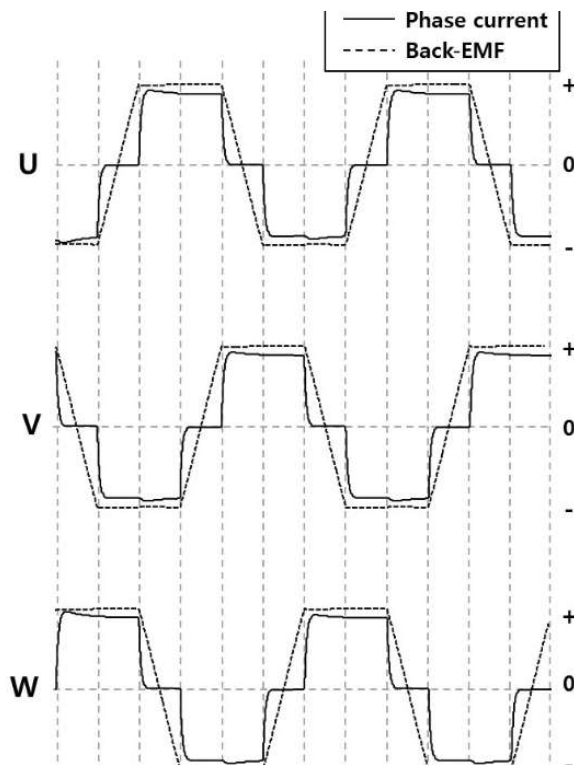
atmega 리셋회로나 5v전원 바이패스용 커패시터, 크리스탈 커패시터의 소자값은 atmega128 데이터시트에 추천된 값을 사용하였다.

그리고 10k의 풀업저항을 달았다.

정리: bldc에서 역기전력이 사다리꼴이라 그걸 구형파 전압으로 상쇄시켜 모터 토크 감소와 효율 문제를 해결하고 홀센서로 현재 회전자의 위치를 파악해서 그걸로 회전자의 회전을 위한 고정자인 u,v,w의 상태를 정해주는거임 하이사이드는 pwm으로 로우사이드는 high로 해서 각 스텝을 진행함.

bldc말할때 os안쓰고 인터럽트로 다 해결했고 돌입전류, 서지전압 고려했고 인터럽트 주기 조절해서 속도 순차적으로 증가 이런거랑 부트스트랩에 충전될 시간 제공하기 위해 처음에 15%로 시작하고 홀센서 이용해서 여기서는 속도제어지만 거기서는 위치제어 했고 홀센서의 위치를 통한 bldc 각 상을 제어하는 부분에서 어려움을 느껴 실험을 진행해보며 원리를 차근차근 습득한 부분과 레지스터 설정 부분을 데이터시트를 보며 분석했던 경험을 통해 데이터시트에 모든 내용이 들어있다는걸 알았던걸 말하면 될듯.

역기전력은 모터에 전류 흐르면 거기에 맞춰 역방향으로 역기전력이 발생하는데 그걸 통해서 현재 bldcmotor 핀의 상태를 알수 있음 그걸 이용해서 제어하는 거임. 이러한 역기전력은 사다리꼴 형태이고 각 상의 전류는 아래와 같음



홀센서를 이용해 역기전력의 파형을 관찰하여 모터 상의 위치 및 속도를 추정함. 즉, 현재 홀센서 a,b,c에 가까이있는 N극과 S극에 따라 a,b,c의 값이 정해지고 그 때 회전을 위해 N극과 S극을 이동해야해서 그거에 따라 아래의 각 상의 상태를 파악할 수 있고 그것을 기준으로 하이사이드 부분에 pwm 신호를 주고 로우사이드는 high를 통해 영구 자석인 회전자로 회전시킴. 결론적으로 홀센서의 값으로 현재 회전자에 어느 섹터 즉 위치에 있는지 확인하는거임.

- 역기전력은 장점과 단점 둘다 있는데 장점은 에너지 활용가능과 전압제어등등이고 단점은 회로 손상으로 보면 됨.

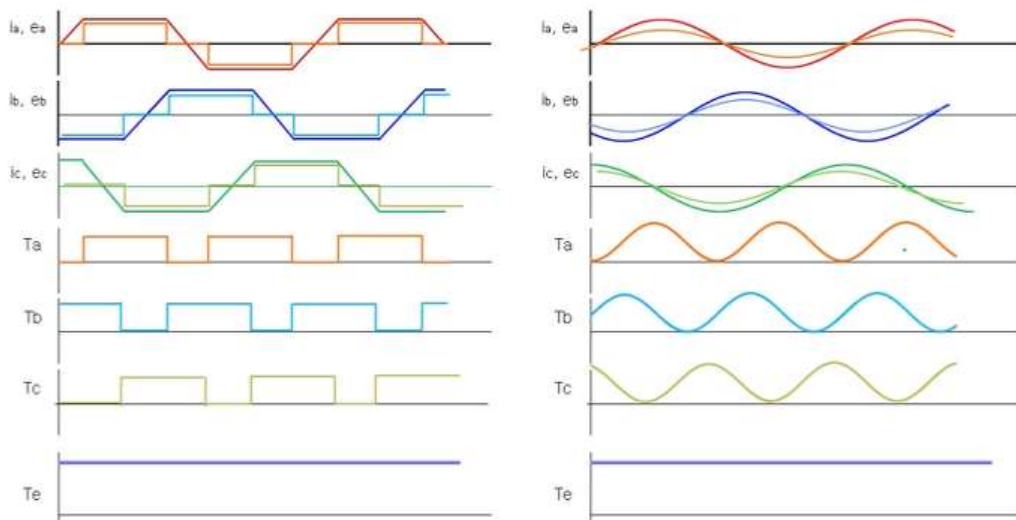
	Hall sensor			Switching driver					
	HC	HB	HA	U+	U-	V+	V-	W+	W-
1	1	1	0	1	0	0	0	0	1
2	1	0	0	0	0	1	0	0	1
3	1	0	1	0	1	1	0	0	0
4	0	0	1	0	1	0	0	1	0
5	0	1	1	0	0	0	1	1	0
6	0	1	0	1	0	0	1	0	0

BLDC 전동기는 MOSFET과 같은 switching 소자에 의해 ON/OFF 되는 형태이기 때문에 float 상태와 같이 switching 소자가 OFF인 경우는 전류가 흐르지 않게 됩니다. 따라서 상 전류는 구형파가 나오게 됨.그리고 BLDC 전동기의 큰 특징중에 하나가 역기전력 파형이 사다리꼴(trapezoidal)형태로 나타난다는 것입니다.

BLDC 전동기와 PMSM을 구분할 수 있는 가장 큰 특징이 역기전력의 파형을 비교하는 것입니다. BLDC 전동기는 역기전력이 사다리꼴 형태로 나타나는 한편 PMSM은 역기전력이 사인파 형태로 나타납니다.

BLDC 모터를 구동하기 위해서는 U, V, W 각 단자에 구형파 전압을 가하게 됩니다.이는 BLDC 모터가 회전하면서 발생하는 역기전력의 파형이 사다리꼴 모양을 하고 때문임 구형파 전압을 가하는 이유는 이러한 역기전력을 효과적으로 처리하기 위함임. 만약 구형파 전압을 가하지 않으면,역기전력과 인가 전압이 서로 상쇄되지 않고 모터 토크가 감소하고 효율이떨어집니다.

정현파 역기전력과 공간적으로 동상인 정현파 전류 여자 하면 일정토크 발생



정현파 형태의 역기전압과 전류가동상일때(+일때는 +전압을 -일때는 -전압을 그리고 나머지는 플로팅을 시키면)

가장 크고 일정한 토크를 얻게 됩니다.(제일 마지막 그래프)

- DC 모터는 브러쉬 타입과 브러쉬리스 타입(BLDC)로 나뉩니다.
- AC 모터는 유도 방식과 동기 방식으로 나뉩니다.
- AC 모터가 더 광범위하게 사용되어 왔고 가격도 저렴합니다.
- AC 모터가 제어가 복잡하나 DC 브러쉬 타입에 비해 내구성이 좋습니다.
- AC 모터도 진화를 계속하여 동기 방식의 모터는 효율도 많이 좋습니다.
- 현재 대다수의 전기차에 사용됩니다.
- DC 모터 역시 AC동기 모터와 유사한 BLDC이 개발되었습니다.
- 일부 전기차에 사용이 시도되고 있습니다.

저도 헛갈려서 여러 번 찾아 보고 글을 썼습니다만, BLDC모터와 AC동기모터는 기본적으로 원리가 같은 건 맞습니다. 모두 인버터를 통해 주파수 변조로 속도를 조절하는 방식을 사용하고 있습니다....

굳이 두 개를 분류하는 이유는 입력 전원이 AC 이냐 DC이냐 이기 때문입니다. 교류면 AC동기모터, 직류면 BLDC 모터이지요.

원리가 같음에도 이때까지 전기차에서 AC 동기 모터를 사용한 이유는 모터의 단가가 저렴하고 기술적으로 성숙되어있어 신뢰성이 높았기 때문이고, 덕분에 불편하지만 DC -> AC 컨버터를 사용하는 수고를 해왔다고 하더군요.

지금은 BLDC 모터의 신뢰도가 높은 수준에 다다랐기 때문에 컨버터가 필요없이 바로 직류를 사용하는 쪽으로 넘어가는 중입니다.

DC 모터는 고정자로 자석을 사용하고, 회전자로 코일을 사용하여 브러쉬를 이용하여 전류의 방향을 전환합니다. DC 모터는 회로가 단순하고 가격도 저렴합니다. 다만 브러쉬라는 부품을 이용하기 때문에 마찰 때문에 내구성이 떨어지고 소음이 발생한다는 단점이 있습니다.

다음은 브러쉬리스 모터 BLDC 모터입니다. 앞서 언급한 브러쉬를 없앴다고 해서 BLDC 모터입니다. 고정자가 코일을 감은 전자석이고, 회전자가 영구자석입니다. 전자석이 N극 S극을 만들어주면서 영구자석을 회전시키는 것입니다. 그리고 영구자석의 N극/S극 위치를 알아야 정확한 시점에 전자석을 N극 S극을 만들기 때문에 영구자석 위치를 알 수 있는 홀센서가 부착되어 있습니다. 브러쉬가 없기 때문에 내구성이 좋고 소음이 적습니다. 다만 회로 및 제어가 살짝 복잡해집니다.

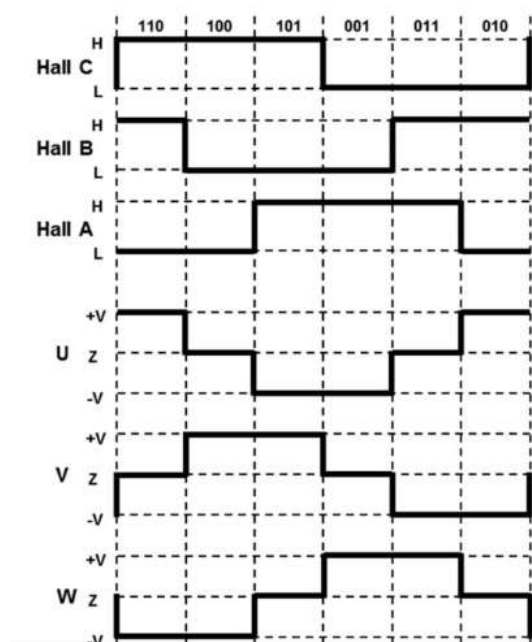
다음은 영구자석동기모터 즉 PMSM이라고 불리는 모터입니다. PMSM은 역기전력이 사인파 형태로 발생합니다. 그래서 BLDC 처럼 on/off 제어를 하면 안되고 전기 역시 사인파를 발생시켜줘야합니다. BLDC는 쉽게 말해서 on/off 밖에 안되기 때문에 1step 씩 끊어서 이동을 하는거고요, PMSM은 순시적으로 강약을 조절할 수가 있어서 부드럽게 이동합니다. PMSM이 효율이 좋고 에너지밀도가 높고 정밀도가 높습니다. 다만 제어가 설계가 복잡합니다. 전기자동차에서는 대부분 PMSM을 사용하고 있습니다.

bldc는 구형파 인버터가 필요하고 pmsm은 사인파 인버터가 필요함 근데 구형파는 품질이 좋지 않기 때문에 효율이 좋은 사인파를 씀

유도전동기는 영구자석을 안 쓰고 빈 강통 주위에 자석을 회전시키게 되면 강통에 와전류가 발생하고 그로 인해 강통도 자석을 따라 같이 회전하는 원리입니다.

영구자석을 사용하지 않기 때문에 구조도 단순하고 가격이 저렴합니다. 하지만 에너지밀도가 낮고 효율이 낮고 제어도 어려워서 전기차에서 많은 선택을 받고 있지는 못합니다.

bldc는 다양곳에 쓰이는데 세탁기 구동을위한 모터에도 쓰여 유도전동기를 사용했을 때의 소음문제를 해결하고 그리고 에어컨의 실내기와 실외기의 팬모터와 실외기의 컴프레서에도 bldc모터 사용함 냉장고 컴프레서도 마찬가지임



DC 모터의 특성

- (1) 기동 토크가 크다
- (2) 인가전압에 대하여 회전특성이 직선적으로 비례한다
- (3) 입력전류에 대하여 출력 토크가 직선적으로 비례하며, 또한 출력 효율이 양호하다
- (4) 가격이 저렴하다

DC 모터의 가장 큰 결점으로는 그 구조상 브러시(brush)와 정류자(commutator)에 의한 기계적 접점이 있다는 점이다.

이 토크(torque)란, 회전력이라고도 표현할 수 있는데, 물체를 동작시키려 할 때에 필요로 하는 힘을 표현한 것이다.

브러시리스 모터(Brushless Direct Current motor, BLDC motor)는

말그대로 브러시가 없는 모터입니다. 브러시리스 모터는 기존의 브러시가 있는 브러시드 모터의 단점을 보완하기 위해 만들어졌습니다

브러시드 모터는 외부가 영구자석으로 항상 같은 극성을 가지고 있고, 중앙의 회전체에 코일을 감고 여기에 전류를 흘리며 극성을 바꿔줌으로써 회전이 됩니다. 이때 가만히 있는 부분을 고정자 (stator), 돌고 있는 부분을 회전자(rotor)라고 부릅니다. 브러시는 회전자에 전기를 공급하기 위해 회전자에맞닿은 채로 돌아가기 때문에 마모되기 쉬워 수명이 짧으며, 소음과 노이즈가 생기기 쉽고, 효율이 떨어지며, 스파크가 생기기도 합니다.

이러한 브러시드 모터의 단점을 보완하기 위해 브러시리스는 브러시가 아닌 트랜지스터등의 파워소자로 구성된 전자회로(드라이버회로)를 사용하여 전기적인 전류의 흐름을 만들어내 모터를 회전시킵니다. 브러시가 없어짐으로 인해 접촉부분이 사라져 수명이 길며, 효율이 높고 소음이나 발열이 적습니다. 또한 저속에서 고속까지 기동 토크가 일정해 속도의 안정성이 높으며, 원하는 토크와 회전속도를 정확하게 제어할 수 있습니다. 기존 브러시드모터에 비해 같은 출력이라면 크기가 더 작게만들수 있는 것 또한 장점이라 할 수 있습니다.

브러시리스의 단점으로는 가격이 비싸며, 전류를 제어해줄 전자변속기(ESC)가 필요합니다.

홀소자

바로 홀 소자라는 것을 이용해서 회전자의 위치 검출용으로 쓸 수 있습니다. 자속에 크기에 비례한 전압으로 자속을 발생시키는 전류의 크기를 알 수 있기 때문에 전류 센서용으로 사용됩니다. 그림에서 보는 바와 같이 하얀색 투명판이 홀소자입니다. 평소에는 전류가 흐르지 않지만 자속에 영향을 받으면 전기가 흐르게 됩니다. 이러한 소자를 사용하여 모터의 위치를 알아내고 제어할 수 있게 되는 것입니다.

기존 홀센서가 부착된 BLDC 모터의 역기전력 파형과 홀센서 파형을 나타낸 것입니다.

역기전력의 파형이 0점을 지나는 지점을 zero crossing point (ZCP)라고 하며, ZCP는 홀센서 신호와 전기각으로 30도 차이가 나게 됩니다. 따라서 역기전력을 신호처리하여 홀센서와 같이 회전자의 위치를 검출 할 수 있게 해야 합니다.Zero crossing point를 검출하는 방법으로 neutral point(중립점, 영점)를 역기전력과 비교하는 방법을 많이 사용합니다. 하지만 모터의 선이 u, v, w상 밖에 없는 경우 가상의 중립점을 저항을 이용하여 생성하여 그림 2와 같이 virtual neutral point에 대한 비교기를 통해 ZCP를 검출합니다.

토크제어(전류제어), 속도제어(위치제어,내꺼)

속도제어 또는 위치제어는 토크의 크기와 상관없이 모션이 가능하게 만들어주는 제어 방법입니다. 물건을 집기 전에는 속도 지령에 따라 로봇팔이 움직이게 됩니다. 물건을 집게가 잡는 순간 이때도 속도 제어를 한다면 로봇은 계속해서 움직이려 하겠지만 물리적으로 더 이상 로봇팔은 움직일 수 없습니다. 따라서 현재 속도는 0이 되고 모터는 제어기의 지령에 따라 모션을 발생시키기 위해 점점 더 큰 전류를 내보내게 되면서 과부하 상태가 됩니다. 모터의 속도 제어기로써 모터의 위치를 측정하는 홀센서나 엔코더 등을 통해 현재 모터의 회전 속도를 측정하여 피드백 제어하는 방식입니다.

토크제어는 모션에 상관없이 모터의 토크 크기를 제어하는 방식입니다. 그림 1과 같이 물건을 집기 전에는 원하는 속도가 발생하도록 계산된 토크 지령을 내려 움직이게 합니다. 물건을 집게가 잡는 순간 물건을 집기 적절한 토크 지령을 내려 적절한 힘의 크기로 물건을 집을 수 있습니다. 토크 제어는 모션에 상관없이 제어가 되기 때문에 물건을 잡는 순간 움직이지는 않지만 물건을 잡는 힘의 세기를 조절할 수 있습니다. 모터의 전류 제어기로써 전류 센서를 통해 모터에 흐르는 전류를 측정하여 피드백 제어하는 방식입니다.

PID 제어란

자동제어방식 가운데서 가장 흔히 이용되는 제어방식으로 PID제어라는 방식이 있다.

이 PID란,

P : Proportional(비례)

I : Integral(적분)

D : Differential(미분)

의 3가지 조합으로 제어하는 것으로 유연한 제어가 가능해진다.

2. 단순 On/Off 제어

단순한 On/Off 제어의 경우에는 제어 조작량은 0%와 100% 사이를 왕래하므로 조작량의 변화가 너무 크고, 실제 목표값에 대해 지나치게 반복하기 때문에, 목표값의 부근에서 증감을 반복하는 제어로 되고 만다.

3. 비례 제어

이에 대해 조작량을 목표값과 현재 위치와의 차에 비례한 크기가 되도록 하며, 서서히 조절하는 제어 방법이 비례 제어라고 하는 방식이다.

이렇게 하면 목표값에 접근하면 미묘한 제어를 가할 수 있기 때문에 미세하게 목표값에 가까이 할 수 있다.

이 모양은 아랫 그림과 같이 나타낼 수 있다.

4. PI 제어

비례 제어로 잘 제어할 수 있을 것으로 생각하겠지만, 실제로는 제어량이 목표값에 접근하면 문제가 발생한다.

그것은 조작량이 너무 작아지고, 그 이상 미세하게 제어할 수 없는 상태가 발생한다. 결과는 목표값에 아주 가까운 제어량의 상태에서 안정한 상태로 되고 만다.

이렇게 되면 목표값에 가까워지지만, 아무리 시간이 지나도 제어량과 완전히 일치하지 않는 상태로 되고 만다.

이 미소한 오차를 "잔류편차"라고 한다. 이 잔류편차를 없애기 위해 사용되는 것이 적분 제어이다.

즉, 미소한 잔류편차를 시간적으로 누적하여, 어떤 크기로 된 곳에서 조작량을 증가하여 편차를 없애는 식으로 동작시킨다.

이와 같이, 비례 동작에 적분 동작을 추가한 제어를 "PI 제어"라 부른다.

이것을 그림으로 나타내면 아랫 그림과 같이 된다.

5. 미분 제어와 PID 제어

PI 제어로 실제 목표값에 가깝게 하는 제어는 완벽하게 할 수 있다. 그러나 또 하나 개선의 여지가 있다.

그것은 제어 응답의 속도이다. PI 제어에서는 확실히 목표값으로 제어할 수 있지만, 일정한 시간(시정수)이 필요하다.

이때 정수가 크면 외란이 있을 때의 응답 성능이 나빠진다.

즉, 외란에 대하여 신속하게 반응할 수 없고, 즉시 원래의 목표값으로는 돌아갈 수 없다는 것이다.

그래서, 필요하게 된 것이 미분 동작이다.

이것은 급격히 일어나는 외란에 대해 편차를 보고, 전회 편차와의 차가 큰 경우에는 조작량을 많이 하여 기민하게 반응하도록 한다.

이 전회와의 편차에 대한 변화차를 보는 것이 "미분"에 상당한다.

이 미분동작을 추가한 PID 제어의 경우, 제어 특성은 아랫 그림과 같이 된다.

이것으로 알 수 있듯이 처음에는 상당히 over drive하는 듯이 제어하여, 신속히 목표값이 되도록 적극적으로 제어해 간다.

풀 브리지 컨버터 (Full-bridge Converter)는 하프 브리지 컨버터 보다 큰 출력을 가진 시스템에 주로 사용됩니다. 하프 브릿지는 2개의 스위칭 소자를 가지고 스위칭하는 반면 풀 브리지는 4개의 스위칭 소자를 가지고 상보적으로 스위칭합니다

구분	세부적인 사양	기타사항
입력신호	4개 KEY	시작/정지, 정/역, 증가, 감소
출력신호	BLDC모터 제어 출력	홀센서 신호
동작전압	12V / 1A	12V/1A 어댑터 사용
소비전력	12VA 이하	사용 모터 최대 0.83A 전류 흐름
제어방식	PWM DUTY 제어	15% ~ 95%까지 5%씩 증감
기타사항	BLDC 모터는 외부에 연결	MOTOR: 12V, HALL: 5V
기술적 사항	-LCD 제어 및 BUZZER 구동 루틴 구현 -PWM 출력 루틴 구현(PWM 전용PORT 사용) -DUTY 비UP, DOWN, START/STOP, CW/CCW 루틴구현 -3상 브릿지 모터 구동 회로설계 -3상 모터에 대한 전류 센싱 -과전류 감지 루틴 구현	
고려할 사항	- 모터의 과부하에 대한 감지 기능 - 역회전, 정회전, DUTY 비, 전류 LCD로 표시 - 전원 입력이 역으로 인가되는 경우 보호 기능 - 모터의 역기전력에 대한 보호 기능 - 안정적인 전원 공급 가능 (정전압)	

항목	내용	비고
모델명	JH - 002	
입력전압	DC 12V	12V/1A 어댑터 사용
기준 모터 사양	BLDC MOTOR(12V)	BL4252-1262 (기준)
	Hall Sensor 내장형	Hal lSensor VCC : 5V
	최대 정격 회전수: 6200rpm	
	최대 정격 전류: 0.83A	
제어기능	동작/정지, 정/역회전, 속도조절	스위치를 통해 제어
모니터링	CharacterLCD	16x1문자출력
사용주의 온도	- 10 ℃ ~ + 40 ℃	
사용주의 습도	35 ~ 85%	단 결빙되지 않은 상태
외형 SIZE	145 x 96 x 30 mm	W x H x D (mm)
제품 색상	흰색	
케이스 재질	플라스틱(PC)	
보호 기능	모터 과부하 보호기능	일정 전류 이상 시 STOP
	전원 과전류 보호기능	일정 전류 이상 시 퓨즈 끊김
	전원 공급 안정화 회로	
절연 방식	비절연	
안전인증	KC 인증(추후 예정)	EMI/EMC(B) 기준

본 제품과 함께 제공되는 12V/1A 어댑터를 본 제품과 연결합니다.

목표속도는 UP, DOWN 스위치를 통해 900RPM~6000RPM 범위 안에서 300RPM(DUTY비 5%) 단위로 조절이 가능합니다.

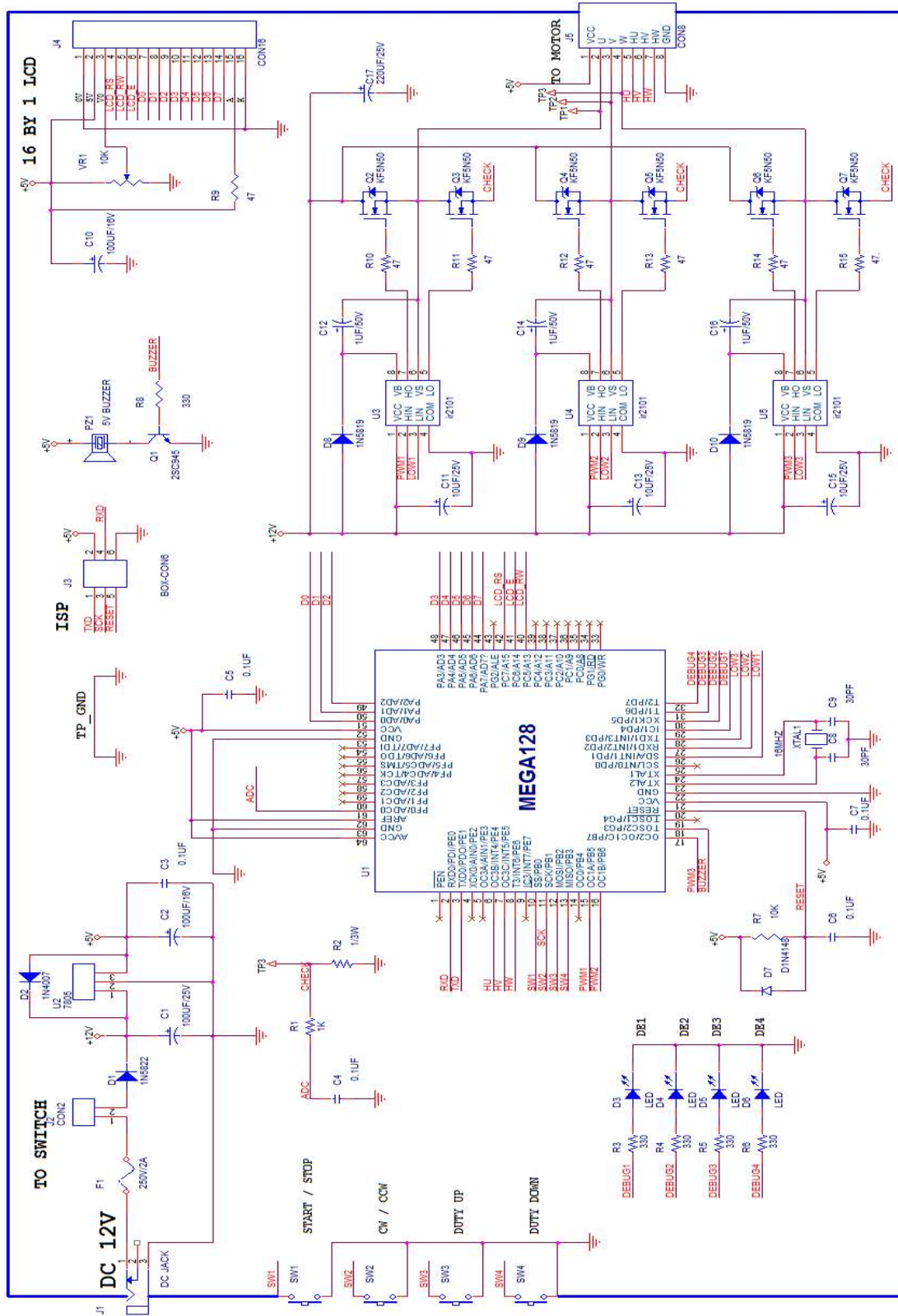
START/STOP, CW(정방향) / CCW(역방향) 스위치를 통해 모터의 동작/중지, 정/역 방향을 언제든지 변경할 수 있습니다.

모터가 연결 안됐을 경우 “DISCONNECTED”가 LCD에 출력되고 모터 연결 후에 “PRESS START” 출력됩니다.

과전류가 흐를 경우 버저에서 삐소리가 나며 모터가 정지되고 “OVERCURRENT”가 출력되며 3초후 “PRESS START” 출력됩니다

모터 사용 전류량 한계치 설정을 800mA 이하로 설정하시기 바랍니다.
본 제품은 1A 이상의 전 내부에서 과전류를 감지하여 FUSE를 끊어 버리는 경우가 있습니다.

순서	동작 원리
1	제품에 전원이 들어온 상태에서 모터가 연결 되면 ATmega128A가 모터의 현재 홀센서 위치를 읽어 검출하여 여기에 맞도록 6개의 MOSFET소자를 구동하기 위한 게이트 드라이브 신호를 출력 합니다.
2	이 때 필수적으로 상위 MOSFET 소자를 구동하는 부트스트랩 회로의 커패시터를 충전시켜 주어야 합니다. 그렇지 않을 경우 상위 MOSFET의 게이트 전압이 부족하여 MOSFET이 구동하지 않을 수 있습니다. 본 제품의 경우 PWM신호의 DUTY 비가 15%에서 시작하여 커패시터가 충전될 시간이 충분하니 신경 쓰지 않아도 됩니다.
3	PWM신호와 인터럽트를 사용하기 위해 IR2101의 HIN 핀에 ATMEGA128A의 OCR1A, OCR1B, OCR1C 핀에 각각 연결하여 타이머를 사용합니다. 홀센서의 위치에 맞는 신호들을 HIN,LIN에 넣어 타이머로 인터럽트를 하여 각 스텝을 바꿉니다. 총 6스텝이 한바퀴입니다.
4	스위치를 누름에 따라 DUTY가 5%씩 상승하고 감소하여 모터의 속도가 증감 합니다. 그리고 모터를 정지할 경우 DUTY가 0%가 되고 START를 누를시 처음에 15%의 DUTY가 나타납니다. DUTY는 15~95%까지 조절 가능합니다.
5	하부 MOSFET에 1Ω의 와트 저항을 사용하여 ATMEGA128D의 ADC로 값을 읽어 800mA 이상의 전류가 측정되면 모터를 정지하여 모터 과부하를 막습니다. 추가적으로 ADC로 값을 입력받을 때 LPF를 달아서 안정적으로 입력 값을 받습니다.



File	Size	Document Number	Rev
BLDC MOTOR	E	DESIGN BY HEO JIN HO	<Rev Code>
DATE	Saturday, February 05, 2022	Sheet	1 of 1

모터 STEP

아래의 표는 IR2101의 HIN과 LIN에 값을 넣었을 때 홀센서에서 출력되는 값을 표로 나타낸 것 입니다.

HOLE SENSOR				BLDC MOTOR					
STEP	U	V	W	U_HIN	U_LIN	V_HIN	V_LIN	W_HIN	W_LIN
1	0	1	0	PWM	L	L	H	L	L
2	1	1	0	L	L	L	H	PWM	L
3	1	0	0	L	H	L	L	PWM	L
4	1	0	1	L	H	PWM	L	L	L
5	0	0	1	L	L	PWM	L	L	H
6	0	1	1	PWM	L	L	L	L	H

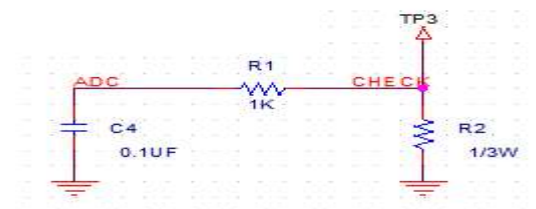
정방향 1→2→3→4→5→6→1→2

역방향 6→5→4→3→2→1→6→5

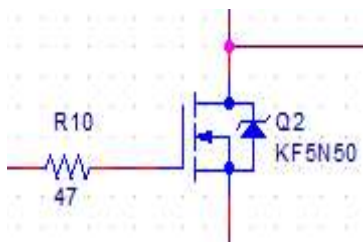
전류센싱

ATMEGA128A의 ADC핀에 입력 값을 받으면 내부의 10비트 A/D컨버터로 표본화, 양자화, 부호화하는 과정을 거쳐 아날로그 값을 디지털 값으로 바꿀 수 있습니다.

R1과 C4로 LPF를 구성하여 표본화 된 값이 A/D 컨버터로 들어가게 됩니다. 그리고 R2의 저항 값을 1옴으로 작게 설정하여 전압 값과 전류 값을 1대1로 비교하여 전류 값을 검출합니다.

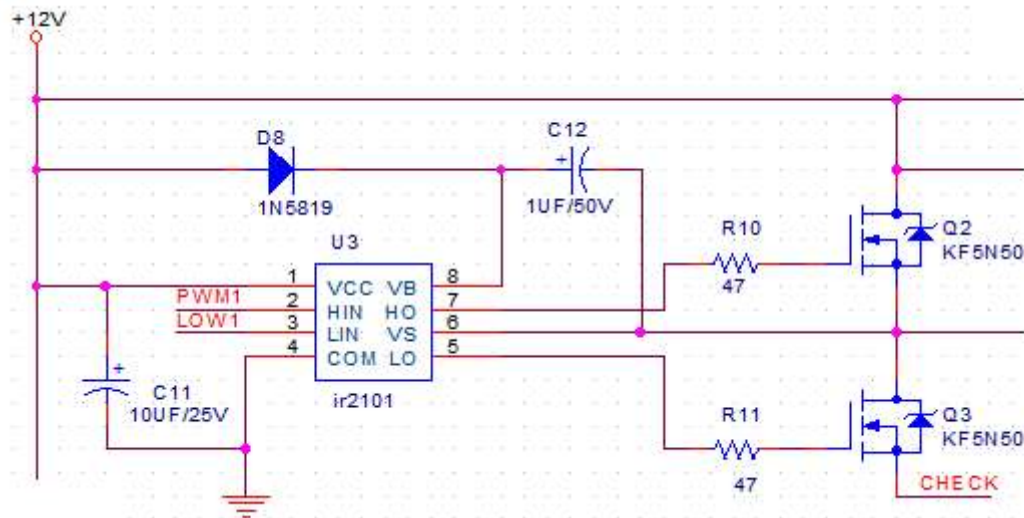


게이트 드라이버 저항



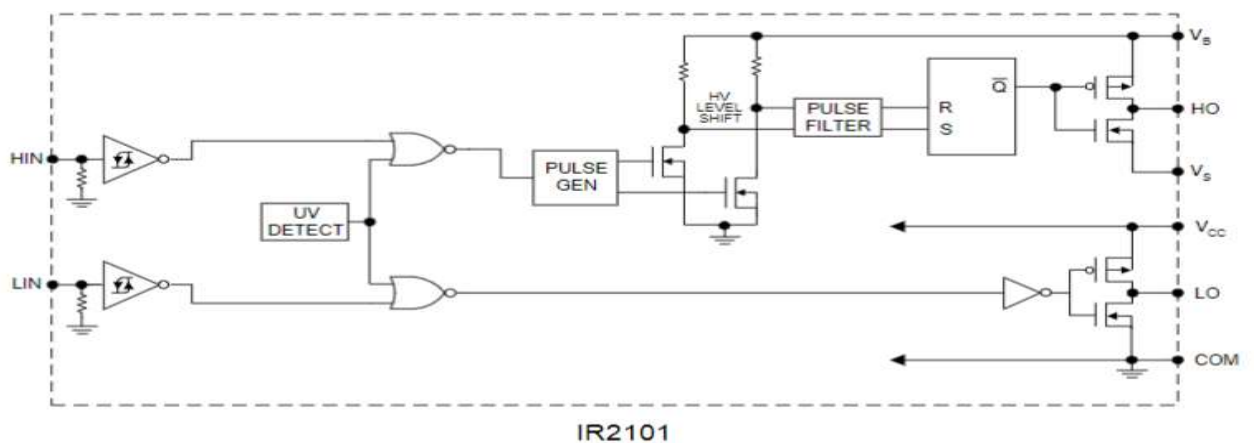
게이트 드라이버 저항(R10)없이 FET를 구성하면 FET 내부의 기생 커패시터(CISS)로 인해 돌입전류가 유발 될 수 있습니다. 이것을 해결하기 위해 게이트에 직렬로 저항을 달아 돌입전류를 해결하는데 저항 값이 크면 돌입전류 해결에는 좋지만 CISS와 함께 R-C회로가 구성되어 시간 지연이 발생합니다. 그래서 낮은 게이트 드라이버 저항과 CISS가 낮은 FET를 선정해야 고속 스위칭에 유리합니다. KF5N50은 CISS가 500PF로 낮아 선정하게 되었습니다.

부트스트랩 회로



: FET 게이트에 단순히 +12V가 들어갈 때 FET가 ON이 순간적으로 되지만 드레인으로 들어오는 +12V로 인해 VGS전압이 0이 된다. 그래서 부트스트랩 회로를 이용하여 게이트로 들어오는 전압을 증가시켜줄 필요가 있다. +12V가 다이오드(D8)를 지나 11.4V가 커패시터(C12)에 충전됩니다. FET가 ON이 되면 VS에는 +12V가 흐르게 될 것이고 커패시터는 충전된 11.4를 방전하여 커패시터 +부분에는 23.4V가 VB에 인가됩니다. 아래의 IR2101의 내부회로를 보면 VB에 인가되는 전압이 HO로 출력될 것이고 HO에서 출력된 23.4V가 FET의 게이트에 인가되어 VGS전압이 11.4V가 되어 FET가 ON을 유지합니다.

IR2101의 HIN, LIN에 인가되는 입력 값에 따라 FET를 ON/OFF 스위칭 동작을 합니다.



1. MONO 콘덴서의 용도와 사용이유를 설명하세요.
2. 트랜스를 사용할 시, 1차 전압에서 2차 전압으로 넘어갈 수 있는 조건을 설명하세요.
3. TR 혹은 FET 소자로 모터를 동작할 수 있게 회로도를 그려보고, 주의할 점을 설명하세요.
4. pull-up, pull-down에 대해 설명하세요.
5. 스위치를 누를 때마다 노이즈(채터링)가 발생하는데, 이에 대한 대처 방법을 설명하세요.
6. SPI방식, IIC방식 메모리에 대해 설명하세요.
7. 정전압에 대해 설명하고 자유롭게 설계해보세요.
8. 기판설계 시 발생하는 노이즈 문제를 최소화 할 방법을 설명하세요. (EMI/EMC 관련_
9. 기판설계 툴(PADS)의 사용기간과 숙련도, 사용하면서 가장 어려웠던 점 이야기하세요.
10. 본인이 기판 설계를 할 때의 절차와 중요하게 고려한 점 설명하세요.
11. PADS의 배선을 대부분 직각 형태로 처리한 이유 (직각 형태가 노이즈에 불리하다고 지적하셨음)
12. 버저를 구동하기 위한 회로도를 그리고, 타이머 기능을 이용해 프로그래밍 해보세요.

마스터과정 관련

13. 퓨즈를 사용하는 이유를 설명하세요.
14. 1차제품의 스위칭 소자의 용도와 동작 방식을 설명하세요.
15. 1차제품의 트랜스는 어떤 제품을 구매한 것인가요? (수업 때 배운대로 설명)
16. 2차제품의 입력 전압을 9V로 선택한 이유를 설명하세요.
17. 스위치에 풀업 저항이 보이지 않는데 그 이유는? (AVR 내 풀업기능을 설명)
- 18 2차제품의 센서 모듈의 경우, 더 좋은 모듈이 있는데도 이것을 선택한 이유를 설명하세요.
19. 센서 모듈을 펌웨어를 통해 동작하는 방법을 설명하세요.
20. 타이머의 동작 방식을 설명하세요.
21. 그외 자신이 펌웨어에서 사용해 본 기능을 설명하세요. (저는 인터럽트를 설명했습니다)
22. 제품 설명서는 본인이 직접 작성한 게 맞나요? 차례대로 설명해보세요.

HW제품들의 가격이 점점 증가하며, 제한된 콘텐츠로 인해 고객들이 잘 구매하지 않는 현상이 발생하고 있다는 문제를 제시하고 이를 어떻게 해결할 것인가? 의 문제였던 것으로 기억합니다.

생활가전

1.콘덴서의 등가회로와 ESR,ESL, 대책은

-> ESR은 고유저항, ESL은 고유 리액턴스치,,대책은 MLCC 콘덴서를 사용하면 된다는 점 복습

2.SMPS의 회로구성에 대하여

-> 자려식,타려식이 있고 회로 구성이 어떻게 동작된다는점과 초퍼 TRANS를 반드시 페라

이트를 사용한다는 점 복습

3.X,Y콘덴서와 라인필터, 그리고 UL,CE,KC인증이 뭔가요

-> X,Y 콘덴서는 반드시 규격품 사용한다는 점과 EMC/EMI에서 기능과 효과에 대하여 복습하고 8장에서 배운 EMI/EMC 해결 방법까지 복습하세요

4.OPAMP를 이용한 회로설계

-> 비교기로 회로 구성하는 경우와 $f(x) = 3 \cdot dx/dt + 2.5 \int (d/dt) + 1V$ 의 방정식을 OPAMP로 설계한것 복습하여 회로 그려보세요.

5. 통신에서 5G란 무엇인가 ? 무엇이 장점인가, 단점이 무엇인가?

-> 5G에 대한 것은 KT,SK,SS등이 설명한것 인터넷에 많이 나와 있습니다.

6.VR(가상현실)의 요소기술은 무엇인가?

-> 카메라,모션센서,LCD표시장치,그래픽기술,OS를 실장한 프로그램 (애니메이션 프로그램)

7.본인이 VR을 적용하고픈 분야가 있다면 설명하여 보세요

-> 평소 본인이 하고 픈 분야가 있다면 대략적으로 아이디어를 설명하되 많은 사람들에게 즐거움과 행복을 줄수 있는 것으로 ..

8.인공지능의 핵심기술은 무엇인가요?

-> 추론이론,빅 데이터 부터 기본 핵심 요소에 대하여 암기하도록 하세요.

9.LED TV와 OLED TV의 차이점에 대하여 설명하세요

-> LED TV는 LED를 백라이트로 사용하고 LCD에 영상을 표출하는 방식, OLED는 자체발광으로 영상을 표출하게 한것. 두께,소비전력, 화소수,화질,제조상의 장단점등을 비교하여 어필하세요.

10.냉장고에 추가하고픈 기능이 있나요?

-> 예들 들면 화장품 냉장고를 따로 사용하지 말고 현재의 냉장도 옆에 같이 결합하면 좋겠습니다. ㅎㅎ 이런식으로 제안하세요

11.청소로봇을 사용하는 것과 무선 충전기를 사용하는것과 장단점은?

->. 청소로봇은 간단한 반면, 바닥 위주로 청소함,그리 깨끗하게 청소하지 못함. 무선 충전형 고 흡입력의 진공청소기는 흡입력은 좋으나 전기를 많이 소비하고 고속 직류 BLDC모터를 제어하기 위한 구성원가 비쌈.

12.실내먼지 정화용 공기청정기의 원리에 대하여 설명하세요

-> 먼지를 집진하는 방법이 여러가지 있으니 인터넷에서 검색해서 정리하여 외우세요.

13.직접 전자기기를 만들어 본거 있어요?

-> 가장 자신감 있게 "많이 있습니다" 이렇게 이야기 하세요. 문답을 하면서 점차 실무과정에서 배운 회로를 위주로 어필하기 바랍니다. 그러면 더 질문이 많아지게 되어 있습니다.

1. 회로에서 EMI 대책을 고려하여 적용한 부분에 대하여 설명해보세요.
2. Thermister와 Varister는 왜 쓰였고, 선정 기준은 무엇이였는지 설명해보세요.
3. 퓨즈를 사용하는 이유를 설명하세요.
4. 위에 감전 방지용 콘덴서의 사용이유를 설명하세요.
5. 스위칭 소자의 용도와 동작 방식을 설명하세요.
6. 제어부에서 출력부의 신호를 피드백 받는 동작을 설명하세요.
7. TL431 옆 mono 콘덴서(고주파 대역의 이득을 낮추는 헤파시터)의 사용이유를 설명하세요.

// 그에 대한 대답을 잘 못하여 설명해 주셨습니다.

이외에도

6. 기판설계의 숙련도와 설계하면서 특별히 고려한 부분이 무엇인지 설명하세요.
 7. 마이컴 F/W에 대해 사용해 본 기능을 설명하세요.
 8. 임피던스에 대해 전공지식이 없는 사람도 이해하도록 설명하세요.
 9. 임피던스 매칭이란 무엇인지 설명하세요.
- 등등 이 있었습니다.
10. HARD ○○ 방식인지 SOFT ○○ 방식인지 설명하세요. // 용어가 익숙치 않아 답변을 못하였습니다.

1) 샘플링 속도가 빠른 A/D컨버터가 왜 비싼지 그 이유를 동작원리에 근거하여 설명해 보세요.-> 아무도 대답 못함

2) A/D 변환을 위해 VREF전압이 필요한데 이 전압이 작으면 작을수록 A/D의 가격이 비쌉니다. 그 이유를 동작원리에 기반하여 설명해 보세요. -> 아무도 대답못함.

3) 그래픽 LCD에 이미지를 표시하고 싶은데 속도를 빨리 이미지를 표출하는 경우와 느리게 표출하는 경우 눈에 부자연스런 문제가 나타나는데 어느정도 주기를 갖고 이미지를 표출하는 것이 자연스러운가요? 적정 주기는?-> 아무도 대답 못함.

회로도

입력은 왼쪽 출력은 오른쪽, 중심엔 중요 부품, drc체크로 에러 체크

기판조립

높이 낮은거부터 일반저항 딱 붙여서, 와트저항 3mm 띄워서, 다이오드 바깥
전해커패시터 바깥, 세라믹 커패시터 3mm이상, 저항 칼라 방향 통일, ic 바깥, tr 3mm이상
알콜이랑 칫솔로 플럭스 제거(퓨즈나 커넥터 녹으니 조심)

pads pcb설계

패턴 1mm당 1A허용, 100mils은 2.54mm임, 배선길이는 최대한 짧게, pcb외각 데드존 5mm

패턴 두께는 최소 0.4mm이상 전류 많이 흐르는 부부이나 전원은 두께 굵게

f4: top,bottom 변환, f2:선연결, 컨트롤r: 부품회전, via 무분별하게 사용금지

카파 까는이유: gnd를 넓게 퍼서 emi를 줄이려고 사용 즉 회로의 모든 gnd를 패턴(배선,트레이스)으로 연결했다고 모두 전원의 gnd와 동일 전위가 아님 패턴이 길면 길수록 드랍이 커져서 전원 gnd보다 높을 수도 있음 그래서 그라운드 카파를 깔아서 그라운드 임피던스를 낮춰주는거임 카파를 너무 넓게 깔면 열 전달이 고루고루 되지않아 냉땀이 나기 쉽고 노이즈가 그라운드 카파를 통해 다른곳에 영향을 줄 수 도 있음

회로이론

키르히호프 전류법칙 : 마디에 들어오는 전류와 나가는 전류의 합이 같음 ->노드방정식

키르히호프 전압법칙 : 닫힌회로의 전압의 합은 0임 ->매쉬방정식

중첩의 원리 : 전압원=0 ->쇼트, 전류원=0->오픈 각각 전원 하나만 남긴 후 마지막에 더함

등가회로 = 특성식(전압과 전류와의 관계식)이 같은 회로

테브난 등가회로 $V = Z_{th} \cdot I + V_{oc}$

노턴 등가회로 $I = (1/Z_{th}) \cdot V - I_{sc}$

$V_{oc} = I_{sc} \cdot Z_{th}$, $Z_{th} = V_{oc} / I_{sc}$

Voc구하기 : 구하려는 부분을 오픈해서 그쪽에 전압 가도록 해서 구함

Isc구하기 : 구하려는 부분을 쇼트해서 그쪽으로 전류 가도록 해서 구함

Zth구하기 : 독립전원(값이 안변하는 전원)을 빼서 소자들만으로 전체 저항값 구함

이 외에도 그냥 특성식 만들어서 등가회로 같은지 확인하면 됨

회로의 선형성은 저항,커패시터,인덕터 값이 1이다가 10되면 나오는 전압 값도 10배 증가 이런거임.

회로의 비선형성은 트랜지스터,다이오드 이런 것처럼 값 변해도 이렇게 선형적으로 안변함

회로의 중첩성은 저항 2개 더해도 각각 더하는거랑 합쳐서 더 하는거 같은 그런거임

최대전력전송은 직류신호일 때 전원부의 R_{th} 과 부하부의 R_L 이 같으면 최대전력전송됨

교류신호일 때 전원부의 Z_{th} (허수부 반대)와 부하부의 Z_L 이 같으면 됨

교류신호일 때 최대전력전송이 일어날 조건을 말하는게 임피던스 매칭임

즉 어떤 하나의 출력단과 입력단을 연결할때, 서로 다른 두 연결단의 임피던스차에 의한 반사를 줄이려는 모든 방법을 임피던스 매칭이라 함

전기쓰는용도 1.에너지측면에서 사용(가정에 공급) 2.신호용으로 사용(스마트폰,티비등)

OPAMP

1. 기본식 $V_o = (V_+ - V_-) \cdot A_v$, $(V_+ - V_-) = V_{in}$

2. 이상적 $R_i = \infty$, $R_o = 0$, $A_v = \infty$, 대역폭 무한대(어느 주파수에서도 이득이 일정하다는말임), 오프셋전압=0(직류신호 바로 넣어서 써도됨) 오프셋이 그 직류전압말하는건데 오프셋전압있다는건 opamp내부의 기본 직류전압 있다는 말

3. 피드백이 없으면 증폭률이 무한대여서 피드백을 하여 증폭률(이득)을 조정함

피드백 없는게 비교기이긴 함 근데 이건 단순 비교만 함.

4. 부궤환회로(-로 피드백)일 때 시스템 안정되고 가성접지($V_{in}=0$)이 되도록 동작함

정궤환회로일 때 계속 폭주하여 $+V_{CC}$ 나 $-V_{EE}$ 의 값과 가까워지는 세추레이션이 됨

그리고 정궤환은 피드백이 +쪽인 듯 입력신호와 궤환신호의 위상이 같아 발진의 조건을

만족시킴 부궤환도 위상지연이 계속 발생하다보면 정궤환처럼 될수도 있음

부궤환회로일 때 어느 일정한 값으로 수렴해서 안정적인 증폭값이 나옴

5. 최대 증폭값은 +VCC와 -VEE값 안에 있음 +VCC가 20V일 때 증폭나오는 값이 100V여도

20V가 출력됨 이걸 세추레이션(포화상태)였다고 함

6. $V_{in}=0$ (이건 +,-단자의 전압차=0), $I_{in}=0$ (이건 전류=0)으로 해서 회로 해석하면 됨

7. +단자에 전원 입력되면 V_o 는 비반전(전원값과 부호같음),

-단자에 전원 입력되면 V_o 는 반전된 값나옴(전원값과 부호반대임)

8. $R_o=0$ 과 가까운 값이므로 전류의 감소가 없고 부하효과가 없음 전압의 대부분이 소모되지 않고 부하부로 전달됨 그래서 버퍼(전압플로어회로, opamp에 부궤환만 있는 회로)는 부하효과를 없애는 역할을 함 결국 입력 전압과 출력전압을 같게하는 버퍼로 연결해 성질이 다른 두회로를 전기적문제가 생기지 않도록 분리해주는 역할임 즉 회로1,2,3이 직렬 연결되다 할 때 회로1의 출력을 회로3의 입력으로 쓰고 싶으면 버퍼를 쓰면 회로의 안정성이 올라감 그리고 버퍼는 동일한 전압을 전압 분배할 때 이용한다 그냥 저항 같은 걸로 분배하면 저항값에 따라 전압이 나뉘는데 버퍼를 이용해 원하는 곳에 동일한 전압을 분배 가능하다

1.isolation(임피던스 분리) 2.전압분배

예를 들어 하나의 출력단에 여러 입력을 쓸 때 부하효과로 인해 값이 제대로 전달 안될 수 있으니 버퍼 써서 부하효과 줄여줌

-부하효과 : 전원부의 저항에 비해 부하부의 저항이 훨씬 작으면 전압이 전원부에 많이 뺏김 이런걸 부하효과라 함.

9.주파수영역,S영역 변환해도 기본 특성 $I, V=0$ 이거 그대로 써서 해석하면됨 변화없음

1차회로(DC)(미방 라플라스로 변환해서 품)

시상수(time constant) 시상수 클수록 변화속도 느림

RC회로 시상수= $R \cdot C$, RL회로 시상수= L/R

1차회로는 그냥 앞의 C와 L의 특징에 맞춰서 해석하면 됨 그리고 그래프는 기술노트 보기 $R \rightarrow R$, $L \rightarrow L/S$, $C \rightarrow 1/SC$ 로 하는데 이걸 미분을 S로 바꾸는 라플라스 특성으로 저항처럼 나타냈을 때 이렇다는 거임 옴의 법칙처럼 표현한거임 $V=R \cdot i$ 이렇게 표현한거임

L의경우 $v=L \cdot di/dt$ 를 라플라스에선 $V=SL \cdot i$ 가 되니 SL을 저항 즉 임피던스라함

C의경우 $i=C \cdot dv/dt$ 를 라플라스에선 $I=SC \cdot V$ 가 되니 $V=I/(SC)$ 니 $1/SC$ 을 저항 즉 임피던스라함 그리고 이걸 주파수영역 즉 푸리에 변환하면 $S=j\omega$ 로 하면되니

우리가 잘 아는 임피던스값임 $X_L=\omega L=2\pi f \cdot L$, $X_C=1/(\omega C)=1/(2\pi f \cdot C)$ 가 됨

이렇게 바로 시간영역에서의 회로 소자의 값을 라플라스로 고쳐도 되고 전압-전류 식을 만든후 해당 식을 라플라스로 고쳐도 됨 이런식으로 미방풀면됨.

교류신호에서 나오는 페이지도 푸리에의 일부임 즉 주파수영역으로 옮기는건 모두 푸리에와 관련됐다 보면됨. 주파수 영역을 사용하면 복소수가 사용되는데 페이지도 마찬가지로 주파수영역을 사용하고 정형파를 주파수영역에서 복소수를 크기와 위상의 형태로 나타내기 편하게 표현했다 보면됨.

2차회로(DC)(RLC직렬회로)(그래프는 기술노트 보기)

특성식으로 근 구했을 때 실근2개(오버댐핑), 중근(크리티컬댐핑), 허근(언더댐핑)

($V_c(t)$ 값기준으로 그래프그린거)

오버댐핑은 1차회로랑 그래프비슷

크리티컬댐핑은 오버댐핑과 비슷하지만 총방전속도 더 빠름

언더댐핑은 교류그래프처럼 됨 근데 시간지날수록 감소

LC회로는 정형파신호와 같이 나옴

정현파(주파수영역으로 해석)

$V=Z \cdot i$ 인데 이때 Z 에 들어가는 모든건 임피던스임 그래서 저항이든 인덕터든 다 임피던스임

R :레지스턴스 $(1/R)=G$:컨덕턴스 Z :임피던스 $1/Z$:어드미턴스 L :인덕턴스 C :커패시턴스

$Z=R+jX$ 일 때 R :레지스턴스 X :리액턴스 $G+jB=Y$ 일 때 G :컨덕턴스 B :서셉턴스

$X>0$: 인덕턴스->유도성부하(전압-전류 위상차 양수),

$X<0$: 커패시턴스->용량성부하(전압-전류 위상차 음수)

전력

-에너지: 전력을 적분하면 에너지가 됨 전력들의 합이 에너지임

-DC에서의 전력: 전력(평균전력) $P=VI$

-AC에서의 전력: 순시전력(순간순간의 전력, $p(t)=pr(t)+px(t)$), 평균전력(순시전력의 평균값, P),

실효치(V_{rms}), 복소전력($S=P$ 평균전력 $+jQ$ 무효전력)

-실효치(V_{rms} 값): 회로에서 AC전원을 DC전원으로 바꿀 때 소모하는 전력이 같은 DC값
(AC,DC의 평균전력이 같은 값)(V_{rms} 는 DC 값을 말함)

-복소전력($S=P+jQ$):

$$S = P + jQ = (V_{rms})(I_{rms})^*$$

P (유효전력,평균전력)=실제 부하에서 소모하는 전력(R 의 순시전력의 최댓값,진폭값임)

$$P = VI \cos \phi [W]$$

Q (무효전력)=전원으로 부터 받아 잠시 저장후 다시 돌려주는 전력

$$Q = VI \sin \phi [VAR]$$

즉 커패시터나 인덕터에서 소모하는 전력

(dc에서는 임피던스가 $X_C=0$, X_L =무한대 이므로 교류신호일 때만 고려하는거임)

(커패시터나 인덕터의 순시전력의 최대값,진폭값임),(L 과 C 로 보냈다 사라지는 전력),

(전원입장에서 쫓던걸 다시 받는거라 딱히 의미없어 사라진 에너지라는 의미)

- L 과 C 의 평균전력이 0인 이유

: L 과 C 는 공급된 전력 소모해 에너지 저장하고 저장한 에너지를 다시 공급하는 에너지 저장 소자라서 평균값을 내보면 0이 나옴 그래서 무효전력으로 판단함

-역률(power factor,전압과전류의 위상차)= $pf=P/|S|$ 역률은 최소값 0, 최대값 1임

P (평균전력), $|S|$ (피상전력,복소전력의 크기),(리액턴스 성분이 적을수록 역률이 큼)

$$PF = \frac{P}{S} = \frac{VI \cos \phi}{VI} = \cos \phi$$

-역률의 의미: 무효전력 클수록(X 성분이 클수록) 역률 작음, 전원에서 부하로 에너지를 복

소전력 만큼 주는데 부하에서는 에너지만큼 받아 유효전력만큼 소모한 후 무효전력만큼 전원에 돌려줌 문제는 이 무효전력을 전원에서 받지 않고 허공으로 사라짐, 공진주파수에서는 임피던스 허수부가 0이라 저항성분만 남아 공진 때는 역률이 최대인 듯? 역률=1인 듯

역률=1: 에너지 준 만큼 다 소모

역률=0: 에너지 준 게 모두 허공으로 날아감

전원: 복소전력 공급, 소자: 복소전력 소모

복소전력의 공급량=소모량, 소모량에 따라 공급량 결정됨

-역률개선(전압과 전류의 위상차를 줄이는 것)

: 전원과 부하 사이에 보상회로를 달아서 이 때 전원이 전압원인 경우 병렬로 연결, 전원이 전류원인 경우 직렬로 연결해서 부하에서 전원으로 다시 보내 사라질 무효전력을 보상회로에 보내 저장시키고 그 후에 다시 부하에서 에너지 저장시키려 할 때 전원에서 에너지 받는게 아닌 보상회로로부터 에너지를 받아 저장함. 무효전력을 주는 비율이 감소하여 역률이 개선됨

무효전력의 흐름이 부하->보상회로->부하->보상회로 이렇게 됨

보상회로 조건: 전압원일 때 병렬, 전류원일 때 직렬로 연결, 유효전력=0(L,C성분만 존재)

유도성 부하(X>0)일 때 보상회로는 용량성 부상회로

용량성 부하(X<0)일 때 보상회로는 유도성 보상회로

L이 에너지 내놓으면 C가 받아가고 C가 내놓으면 L이 받아감

자세한건 기술노트보면서 보데선도그리는거랑,전달함수그리는거,변환등 보면됨

[표 1-2] 전력의 종류와 의미

구분	식	의미
순시전력	$p(t) = v(t) \cdot i(t) [W]$	단위 시간당 공급/소비하는 에너지
평균전력	$P_{avg} = VI \cos \phi [W]$	순시전력의 평균값
피상전력	$S = VI [VA]$	교류의 부하와 용량을 표시하는 전력
유효전력	$P = VI \cos \phi [W]$	전원에서 실제 소비하는 전력
무효전력	$Q = VI \sin \phi [VAR]$	실제 아무 일도 하지 않는 전력
복소전력	$S = P + jQ = (V_{rms})(I_{rms})^*$	유효전력과 무효전력의 합
역률	$PF = \frac{P}{S} = \frac{VI \cos \phi}{VI} = \cos \phi$	전력전달의 효율성

-시간영역에서 변환하는 이유

S영역으로 변환(라플라스 변환), 주파수영역으로 변환하면 인덕터, 커패시터를 모두 저항으로 생각해서 값을 다 더할 수 있어서 회로 해석을 편하게 할 수 있음.

전달함수(T(S), T(jw)): 출력(전압이나 전류)/입력(전압이나 전류)으로 회로가 어떤 역할을 하는지 알 수 있게 해줌

전달함수는 주파수영역보다 S영역에서 구하는게 식이 더 간단함

전달함수로 보드선도(주파수영역)로 전달함수 주파수 그래프그리면 필터, 증폭기등 무슨 역

할인지 쉽게 파악가능

$d=데시=1/10$, $\log(P_o/P_i)$ [B] = $10\log(P_o/P_i)$ [dB], P&V제곱과 비례

$10\log(V_o/V_i)제곱=20\log(V_o/V_i)$ [dB] $\rightarrow 20\log|T(j\omega)|=|T(j\omega)|dB$

-푸리에 급수(혹은 변환)이란 간단하게 말해 여러 주파수 성분을 담고 있는 신호를 각 주파수 성분별로 분해해주는 역할을 하는 것이다. 이런 과정을 푸리에 해석 혹은 푸리에 분석이라고 부른다.

자세하게 보면 푸리에 시리즈(푸리에급수)는 주기적인 신호를 일련의 삼각함수의 합으로 분해합니다. 이를 통해 신호의 주파수 성분을 추출하고, 주기성을 갖는 신호의 파형을 분해하여 다양한 신호 처리 작업에 사용할 수 있습니다.

급수란 수열의 모든 항을 더한 것, 즉 수열의 합이다 즉 푸리에급수는 복잡한 주기신호를 사인과 코사인의 합들로 만들어낼 수 있다. 이걸 주파수영역에서 나타내면 y축에 평행한 화살표 그게 표현되서 원하는신호에 필터쓰고해서 없애거나 증폭기로 증폭하거나 하면됨

$$f(t) = a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} (a_n \cos n\omega t + b_n \sin n\omega t), \quad -\infty < t < \infty$$

$$a_0 = \frac{1}{T} \int_0^T f(t) dt$$

$$a_n = \frac{2}{T} \int_0^T f(t) \cos n\omega t dt$$

$$b_n = \frac{2}{T} \int_0^T f(t) \sin n\omega t dt$$

그리고 이 푸리에 급수와 계수를 복소 표현으로 나타내면 다음과 같습니다.

참고) 오일러 공식 $e^{i\pi} = \cos\pi + i\sin\pi$

$$f(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} C_n e^{in\omega t}$$

$$C_n = \frac{1}{T} \int_0^T f(t) e^{-in\omega t} dt$$

푸리에 변환(Fourier Transform; FT)은 임의의 입력 함수(주기, 비주기 상관없음)를 받아서 다양한 주파수를 갖는 주기함수(sin, cos)들의 합으로 분해하여 표현하는 것을 말한다.

푸리에 급수는 주기가 있는 함수에서만 적용이 가능했지만, 이를 확장하여 푸리에 변환을 만들어 냈다. 푸리에 변환은 모든 함수 또는 신호들을 입력으로 받아와 frequency domain에서 cos과 sin의 합으로 이루어진 정현파로 분해(표현)할 수 있다는 장점이 있다.

$$f(t) = \int_{-\infty}^{\infty} \mathcal{F}(u) e^{j2\pi ut} du \quad \dots$$

$$\mathcal{F}\{f(t)\} = \int_{-\infty}^{\infty} f(t) e^{-j2\pi ut} dt \quad \dots$$

$\mathcal{F}\{f(t)\} = F(u)$: 푸리에 변환 표기법

$f(t)$: 변환 하고자하는 연속 함수

$$u : \text{주파수(frequency)} = \frac{1}{\text{시간주기}(T)}$$

연속 신호와 이산 신호에 따라 푸리에 급수,변환의 공식이 달라짐

-공진: 입력 임피던스의 허수부(L,C성분)이 해당 주파수에서 0이 되는 것

$Z_{in}(j\omega) = R(j\omega) + jX(j\omega)$, $\omega = \omega_0$ 일 때 $X(j\omega_0) = 0$ 일 때 허수부가 0됨, ω_0 =공진주파수

허수부가 0이 되기 때문에 회로에 저장했다 사라지는 무효전력이 공급되지 않고 유효전력만 전달됨. 전원입장에서는 R성분만 보이는 것이고 L과C가 자기들끼리 에너지 주고받음 (앞의 역률개선은 허수부를 줄이는 거지 없애는게 아님)

-3dB주파수(반전력주파수)(차단주파수)(보데선도인 $|T(j\omega)|_{dB}$ 에서 최댓값의 -3dB지점)

:공진주파수때 소모하는 전력(최댓값)의 절반을 소모함

($P = I_{제곱} * R = V_{제곱} / R$ 이라서 I 나 V 는 최댓값(공진주파수)에서 루트2 나눈 값이 나오는 주파수)

$10\log(1/2) = -10\log 2 = -3dB$, $\log 2 = 0.3010$, 전달함수=루트1/2=0.707이니까

V_o 가 V_i 에 비해 0.707배 된 지점을 의미한다.

-공진주파수에서 전류가 최대인 이유

: 허수부가 사라져 전체 저항의 크기가 작아져서 최대의 전류가 흐르는 것임

-공진요약

1.입력임피던스 허수부=0

2. $V_L + V_C = 0$ (공진주파수시,직렬시)

3. $W_t = W_L + W_C$ 에너지 총합 일정(L에서 C로 C에서 L로 에너지 주고 받음)

4.그 와중에 R에서는 에너지 지속적으로 소모(전원에서 R로 에너지 공급)

-BandWitdh(대역폭)(차단주파수의 차)

-Q(quality factor)=2파이*최대저장에너지/공진주파수에서 한주기 동안 소모되는 에너지

=2파이* W_t [$W_L + W_C$ 을 의미]/ W_R , 최대저장에너지는 항상 일정

=전력의 의미로는 무효전력/유효전력이라 할 수 있음

= ω_0 (공진주파수)/B(대역폭)

=Q가 클수록 대역폭 좁음, Q가 작을수록 대역폭 넓음

-Q가 굉장히 큰 RLC직렬회로 의미

:대역폭이 매우 좁아 공진주파수에서만 전류가 흐를 것이고 인가되는 전원의 주파수가 공진주파수에서 조금만 벗어나도 전류가 안 흐른다는 의미

Q가 작다면 공진주파수 벗어나도 어느정도 전류흐름

-2*제타=1/Q

$Q < 0.5$: 오버댐핑(2개의 실근)

$Q = 0.5$: 크리티컬댐핑(중근)

$Q > 0.5$: 언더댐핑(허근,복소근)

추가 $Q > 0.707 = \text{루트}1/2$ 일 때 오버슈트 발생

오버슈트: -3dB지점에서 내려갈때면 급격하게 상승하다 하락함 올라갈때면 내려다가 올라감

필터

필터(filter):원하는 신호를 추출하기 위해 사용

시간영역의 신호($v(t)$ 같은거) 일 때

:변조가 불가하여 여러 신호 중 특정신호만을 어떤시간대에서 빼거나 통과시키기 어려움

주파수영역의 신호($v(j\omega)$ 같은거) 일 때

:주파수대역으로 옮기면 특정신호를 다른 주파수로 옮겨 그 주파수에서 신호가 위치하게끔

할 수 있음 이것을 변조(modulation)이라 함. 20khz에 있는 여러 신호중 하나를 100khz로 옮김

전달함수 구한 후 보데선도(보드선도)(bode plot)을 그려서 차단주파수를 알 수 있고 회로 특징 파악 가능함 자세한 건 노트보기

1.LPF

수동필터(수동소자 rlc로구성),

능동필터(opamp등 능동소자와 수동소자로 구성)

장점: 증폭,필터 둘 다 가능

단점: 주파수대역이 한정적임, 높은 주파수 불가

2.HPF

3.BPF

4.BSF

5.APF

-scaling(스케일링,크기 및 주파수를 크게 또는 작게 하는 것)

:소자의 값을 비례하게 바꾸면 T(S) 즉 전달함수 변화 없이 크기 및 주파수 변경가능
크기변경

기본 임피던스 값 \rightarrow 임피던스 * Km = 소자 크기 변경되고 전달 함수 동일

$R \rightarrow Km \cdot R$, $L \rightarrow Km \cdot L$, $C \rightarrow C/Km$ C는 $1/j\omega C$ 니까 이런거임

주파수변경

기본 임피던스 값 \rightarrow 임피던스 * Kf = 주파수 변경되고 전달 함수 동일

R은 주파수 없음, $L \rightarrow L/kf$, $C \rightarrow C/Kf$ 주파수를 10배증가 시키면 값을 10배감소해야 전달함수가 동일함

결론적으로 $R \rightarrow Km \cdot R$, $L \rightarrow (Km/Kf) \cdot L$, $C \rightarrow C/(Km \cdot Kf)$ 임

자기결합회로(변압기)

-트랜스는 교류 전원을 입력으로 받아서 출력으로 교류 또는 직류 전원을 내보내는 부품입니다. 따라서 교류 신호가 들어가지 않으면 작동하지 않습니다.

-코일(인덕터)흐름: 전류가 흐름 \rightarrow 자속 발생 \rightarrow 전압 발생

자속은 감은수*전류와 비례하고 전압은 감은수*자속의 변화에 비례함

그리고 인덕턴스는 감은수 제곱에 비례해 $v(t)=L \cdot (di(t)/dt)$

-인덕턴스는 자기인덕턴스(self inductance)와 상호인덕턴스(Mutual Inductance)가 있음

자기 인덕턴스는 코일 하나에 자체적으로 흐르는거고

상호인덕턴스는 반대쪽 코일에 영향을 주는 거임

-상호인덕턴스: 1차측과 2차측 코일은 전기적으로 끊어진 관계이고 1차측의 전류가 2차측으로 흐르는게 아닌 1차측의 전류는 1차측에서 끝남. 1차측의 전류로 인해 자속이 발생하고 2차측으로 들어가 2차측에 시각적인 변화가 일어나면서 양단에 전압이 발생함

이 2차측 전압이 부하에 연결되어 신호,파워가 전달됨

-특성식

$V_1(t)=L_1(di_1(t)/dt)+M(di_2(t)/dt)$, $V_2(t)=M(di_1(t)/dt)+L_2(di_2(t)/dt)$, 흑점 같은방향

$V_1(t)=L_1(di_1(t)/dt)-M(di_2(t)/dt)$, $V_2(t)=-M(di_1(t)/dt)+L_2(di_2(t)/dt)$, 흑점 반대방향

흑점의 위치에 전압 +방향이 생성됨

$M = K(\sqrt{L_1 \cdot L_2})$ (K는 0과1사이 값)

$K=0$ (결합 무): 코일1,2가 전혀 결합되지 않음, $K=1$ (완전 결합): 코일1,2가 완전히 결합됨

-선형변압기($K=1$ 일 때 선형변압기임)

전원의 POWER가 부하로 전송(신호가 전송됨)

:전원이 선형변압기로 신호를 주고 선형변압기에서 신호를 받아 2차측으로 옮겨서 그 신호가 부하로 옮겨감

반사임피던스(선형변압기에서 나타남)

$Z_{in}(\text{입력임피던스, 반사임피던스}) = Z_{11} + (w_{\text{제공}} \cdot M_{\text{제공}}) / Z_{22}$, $Z_{11} = R_s + j\omega L_1$, $Z_{22} = j\omega L_2 + Z_L$

등가회로 1.T형 등가회로 2.파이형 등가회로 이 때 $K=0$ 임

-이상변압기(선형변압기에서 몇가지 조건 추가해서 계산하기 편하게 만든 이상적인 변압기)

1. $R_1=R_2=0$, 2. $K=1$ (완전결합) 3. L_1, L_2, M =무한대($N_2/N_1=n:\text{const}(\text{상수, 일정}), \text{권선비}$)

특점 같은 방향 $V_2=nV_1, I_2=-(1/n)I_1$, 특점 다른 방향 $V_2=-nV_1, I_2=(1/n)I_1$

변압기 원리 전압증가=전류감소=전력일정(복소전력동일)

$n<1$:강압변압기($100V \rightarrow 1V$)

$n=1$:절연변압기($V_2=V_1, I_2=I_1$)

: 전류와 전압의 파형에는 영향을 미치지 않아 1차측과 2차측이 전기적으로 절연됨
(전류면에서 전자의 움직임으로는 분리되어있고 자기장에 의해 결합되어 있음)

$n>1$:승압변압기($1V \rightarrow 100V$)

등가회로는 기술노트 보기

-이상단권변압기(강압, 승압에만 이용)(하나의 코일로 해결)(코일을 적게 쓰려고 사용)

-교류신호가 변압기를 통과한다고 할 때 동작원리를 보면 변압기 통과전 전압이 모두 양이라 할 때 통과후에는 변한 전압이 양과 음을 지나는 교류신호가 됨 그래서 변압기 통과 후 다이오드로 정류해서 양의 교류신호를 만든 후 커패시터를 달아서 일정한 전압을 만듦

4단자망(단자가 4개=특성식 2개)

-Z, Y, h, g, 전송, 역전송-parameter

-회로에서 부분적으로 어떤 값을 구할 땐 2자망으로 쓰지만 어떤 블록의 기능을 이해할 땐 항상 4단자망으로 생각해야 함(어떤 입력이 들어와서 출력이 어떤식으로 나오는지)

자세한 내용 기술노트보기

-가역회로망

-종속접속(모든 전기적인 시스템은 종속접속으로 구성됨)

: A단자망에서 나오는 출력단자가 B단자망의 입력으로 연결될 때 이것을 종속접속이라 함

C와 L의 특징

-C와 L은 전압, 전류를 생성하는게 아닌 전원에서 공급하는 양에 맞춰 저항처럼 값을 가짐
그래서 $I = C \cdot dv/dt$, $V = L \cdot di/dt$ 이와 같이 전원에서 온 값을 분배하는 거임

-과도상태: 과도상태란 안정적이지 않은 변화가 있는 상태를 말함

스위치가 ON/OFF 되는 상태, 전원이 생기거나 없어지는 상태

-C는 DC에서 나중(정상상태)에 오픈, $I = C \cdot dv/dt$ 즉 V변화없음($I=0$), V연속함수

L은 DC에서 나중(정상상태)에 쇼트, $V=L \cdot di/dt$ 즉 I변화없음($V=0$), I연속함수

-C의 과도상태를 쇼트라고 봤던 이유는 C의 전압이 가파르게 연속적으로 변화하는 걸 보고 그렇게 생각한 거임 근데 그냥 스위치로 인한 전체저항변화, 전원 유무 이런거에 맞춰서 V가 이렇게 변하니까 I는 이렇게 되겠네 이런식으로 생각하면 됨(I가 특성식에 맞는 값 가짐)

-L의 과도상태를 오픈이라고 봤던 이유는 L의 전류가 가파르게 연속적으로 변화하는 걸 보고 그렇게 생각한 거임 근데 그냥 스위치나 전원 유무 이런거에 맞춰서 I가 이렇게 변하니까 V는 이렇게 되겠네 이런식으로 생각하면 됨(V가 특성식에 맞는 값 가짐)

즉 과도상태일 때 L의 전압이 회로 전체의 전압을 가지는게 아님

-C는 전원만큼 전압이 충전되고(오픈이니까) L은 전원만큼 전류가 충전됨(쇼트니까)

-C가 처음에 급격하게 전압이 변화해 돌입전류발생

L은 처음에 급격하게 전류가 변화해 서지발생

●즉 서지가 역기전력에의 한 것임 순간적으로 큰 전압걸리는 것인데 이것은 특성식에 의하면 L의 과도상태 초기에 전류의 연속적인 급격한 변화로 큰 전압이 인덕터에 걸림
예를들어 전원 생길 땐 전원 오는 방향으로 저항에 전압 걸리듯 순간적으로 큰 전압이 L에 걸리는 것이고 전원 없어 질땐 전원 생길 때와 반대 방향으로 전압걸려서 역기전력인 변화를 싫어해서 반대방향으로 걸린다고 하는거임

●C와L 모두 처음에는 빠르게 충전 방전되다가 나중에는 천천히 충전 방전됨

C의 경우 전압이 빠르게(dv) 충전되서 전류가 급격하게 증가하는 것이고

L의 경우 전류가 빠르게(di) 충전되서 전압이 급격하게 증가하는 것임

예)RC회로,RL회로를 생각해보면

RC회로의 과도상태일 때 C의 전압 변화가 빨라 높은 전류가 나오고 전압이 전원과 같은 값이 되거나 0이되는 변화가 없는 상태가 되면 전류가 0이 된다.

RL회로의 과도상태일 때 L의 전류 변화가 빨라 높은 전압이 나오고 전류가 전원에 의한 전류값과 같은 값이 되거나 0이되는 변화가 없는 상태가 되면 전압이 0이 된다.

(핵심)

RC: 전원 생겼네? C가 연속적으로 전압충전해야지(증가) 해서 빠르게 전압이 증가해

큰 전류가 갑자기 생김

전원 없어졌네? C가 연속적으로 전원방전해야겠다(감소) 해서 빠르게 전압이 감소해

반대방향으로 큰 전류 생김

RL: 전원 생겼네? L이 연속적으로 전류증가시켜야지 해서 빠르게 전류가 증가해

큰 전압이 갑자기 생김

전원 없어졌네? L이 연속적으로 전류감소시켜야지 해서 빠르게 전류가 감소해

반대방향으로 큰 전류 생김

C나L이 병렬로 나온다던지 복잡한 회로가 나올 땐 그냥 정상상태만 생각해서

C의 정상상태 오픈, L의 정상상태 쇼트 이렇게 해서 그냥 해석하고 과도상태로 인한 돌입 전류나 서지를 자세하게 구하는 건 힘듬 간단하게 나올 땐 그냥 앞에처럼 생각하면 됨

-C직렬=R병렬, L직렬=R직렬

$W_c = (1/2) \cdot C \cdot v(t)$ 제곱,

$W_L = (1/2) \cdot L \cdot i(t)$ 제곱,

$p(t) = dW/dt = v(t) \cdot i(t)$

$I = C \cdot dv/dt$ 라서 C작을수록 V충전속도 빠름, $V = L \cdot di/dt$ 라서 L작을수록 I충전속도 빠름

직렬 2개 C값이 1:2일 때 충전되는 전압비 2:1

$WC=(1/2)*L*I^2$ 제곱, $WL=(1/2)*C*V^2$ 제곱

-교류에서 R은 ($V=R*I$) 전압전류 위상차없음

C는 ($V=(1/JWC)*I$)은 전류가 90도 위상 더 커서 전압이 전류보다 90도 느림(뒤처짐)

전압이 90도 일때의 상태가 전류 0도의 상태와 같음

L은 ($V=JWL*I$)은 전압이 90도 위상 더 커서 전압이 전류보다 90도 빠름(앞서감)

-직렬교류회로에서 전원에서 공급되는 전압을 r,l,c 나누는데 이때 전원이 가지는 위상은 저항과 같은게 아님 공급되는 전압을 전체 임피던스로 나눠서 나오는 위상을 기준으로 RLC 위상 특징에따라 그리고 임피던스 값에따라 나눈다 생각하면 쉽게 생각됨

그리고 그렇게 나온 소자의 순간전압들의 합은 공급된 전압과 같음 그리고 당연히 시작의 전압들은 전부 0이고 나중에 정상상태가 됐을 때 이제 위상별로 차이가 나는거임

돌입전류(C로 인해 발생): 퓨즈, 저항, 서미스터, 저항+사이리스터 등의 스위치로 해결

서지(L로 인해 발생): 바리스터, TVS, 스너버회로 등으로 해결

-퓨즈(fuse)(돌입전류)(250V/1A)(전원회로 필수부품)

: 회로의 과전류가 흐르는 경우 끊어서 회로를 보호함

(회로에 흐르는 최대전류 * 1.5배로 전류값 정함)

-써미스터(Thermister)(돌입전류)(재질:흑연)(5D7,7mm)(전원회로 필수부품)

: 온도가 증가하면 저항값 감소하는 소자로 직렬로 연결하여 전체 저항을 증가시켜 INRUSH전류(돌입전류)가 발생할 때 높아진 전체 저항으로 돌입전류를 제한(낮추는)하여 소자의 온도가 급격히 상승하는 걸 막고 급격한 전류상승으로 평활용 컨덴서가 망가지는걸 보호하는 효과를 가진다. 초기의 높은 저항값으로 초기전류를 제한해 돌입전류로 인한 손상을 막고 조금씩 인가된 전류로 온도가 올라가면 저항값이 서서히 낮아져 전류의 흐름이 원활하게 되고 써미스터의 저항값이 내려갔으니 써미스터로 인한 전력손실이 줄어들게 됨.

(ON/OFF 10만번 정도해서 콘덴서 망가지는지 확인하며 소자값 정함)

-바리스터(서지)(10D471,10mm470V,360V~470V까지 커버)(전원회로 필수부품)

: spike와 surge를 해결하는 역할(서지 해결, 과전압 방지)

(인가 전압의 * 2배 이상으로함 220V의 경우 440V 굳이 쓰지 않고 470V씀)

서지(과도전압, 인터넷에서 낙뢰나 스위칭,충방전등의 충격파로서 짧은 시간 내에 급속히 증가후 서서히 감소되는 특징)(근데 그냥 코일의 역기전력으로 발생한다 생각하면 됨)

-스너버회로(서지)(전원회로 필수부품)(컨버터 회로에 사용됨)

:R과 C로 이루어진 스너버 회로와 R,C,Diode로 이루어진 여러 종류의 스너버 회로가 있고 인덕턴스 부하 같은 스위치, 릴레이 또는 반도체 스위칭 소자(TR,FET,싸이리스터 등)으로 ON/OFF시킬 때 발생하는 과도전압을 억제시키기 위해 사용되는 회로

●인덕터와 스위치, 부하로 이루어진 회로라면 스위치가 처음 ON(쇼트) 됐을 때는 과도상태가 되는데 이는 스위치가 쇼트되어 전체 저항이 낮은 값이 되어 전류가 많이 흐를수 있는 상태가 된다. 그래서 과도상태 때 전류가 급격하게 상승해 높은 전압이 인덕터에 걸리게되고 스위치는 쇼트니까 그것에 맞춰 부하에 인덕터에 걸리고 남은 전압이 걸리고 정상상태가 될수록 L의 전류변화가 적어져 인덕터 전압이 0에 가까운 값이 나와서 전원의 전압이 부하에 다 걸리게 된다. 부하가 없다면 스위치에 걸리게 됨

스위치가 OFF(오픈)됐을 때도 과도상태가 되는데 이는 스위치의 오픈으로 인해 전체저항이

높아지니 전류가 많이 흐르니 힘든 상태가 된다. 그래서 과도상태 때 전류가 급격하게 감소하여 반대 방향으로 높은 전압이 인덕터에 걸리게되고 방향이 반대면 전원과 같은 방향이어서 전원전압+인덕터전압이 오픈상태인 스위치에 걸려 서지 문제가 발생한다.

정상상태가 될수록 L의 전류변화가 적어져 인덕터 전압이 0에 가까운 값이 나와서 전원의 전압이 스위치에 다 걸리게 된다.

스위치가 망가지는걸 막는게 스너버회로이고 원리는 스너버회로의 C가 전압의 급격한 상승을 막고 충전된 C는 R을 통해 방전하는 방식으로 동작한다.

(핵심)

스위치가 ON이네? 전체저항 작겠다 전류흘려야지 해서 전류가 빠르게 증가하니 큰 전압이 순간적으로 걸리는 거고

스위치가 OFF네? 전체저항 커서 전류흐르기 힘들겠다 해서 전류 빠르게 감소해서

반대방향으로 큰 전압이 발생해 이게 전원전압과 합쳐져서 서지가 발생하는 거임

●인덕터 전압이 엄청나게 클거라 생각 할 수도 있는데 인덕터 전압은 전류 말고도 L인덕턴스 값에도 영향을 받음 즉 특성식에 맞게 조절 될 수 있음($V=L \cdot di/dt$) 예를 들어 저항이 20옴 정도의 쇼트에 가까운 값에서 오픈에 가까운 100k(사실잘모름 예임)가 되어도 인덕턴스 값이 작다면 인덕터 전압은 크지 않음

자세한 동작원리는 기술노트 보기

-라인필터: 전원에 포함된 스위칭 노이즈와 고주파노이즈 제거용(DC전압만들려고)으로 사용

-파이필터: 평활용 콘덴서로 리플을 제거하고 LPF로 노이즈를 제거

전자회로

fet,bjt

디지털-스위치

아날로그-증폭기

FET : 전압증폭기 - 입력된 전압을 증폭해 출력에서 내보냄

BJT : 전류증폭기 - 베이스 전류 들어오면 베타배해서 컬렉터 전류로 내보냄

(컬렉터 저항에 무관하게 전류 결정됨)(전압증폭도 됨)

-트랜지스터는 디지털과 아날로그로 사용되는데 **디지털**이 내가 잘 아는 **스위칭**이고 **아날로그**가 **증폭** 즉 종속전류원으로 사용되는거임

종속전류원은 2종류가있는데 **전압제어전류원**이 **fet**이고 컨트롤단자(gate)의 전압에 의해 전류가 제어됨

나머지 한종류는 **전류제어전류원**으로 **bjt**임 이걸 컨트롤단자(base)의 전류에 의해 전류가 제어됨

-bjt의 컬렉터-이미터, fet의 드레인-소스를 지난다고 해서 ic나 id전류가 감소하거나 그런게 아니다.

-tr은 fet와 bjt가 있는데 fet는 집적도가 높아 실리콘웨이퍼에 단위면적당 들어갈수있는 tr이 많고 bjt는 주로 pcb에 사용하는 대신 성능이 좋다 bjt는 이미터 베이스 컬렉터로 구성되고 이미터가 소스, 베이스가 게이트, 컬렉터가 드레인과 같다.

fet의 모드(dc해석에서 판단)(dc해석할 땐 ac성분 모두 0으로 만듦 전압=0=쇼트상태)

mos기준 기본 $ig=0$ 문턱전압이 0.7v,1v,1.5v,3v등 fet사양에 따라 다름

$v_{gd}=v_{gs}-v_{ds}$, v_{gd} =문턱전압의 의미는 $v_{ds}=v_{gs}$ -문턱전압이라는 의미임

-컷오프모드(off): $v_{gs}<$ 문턱전압 $\Rightarrow id=0$

v_{gs} 가 문턱전압이하라 채널미형성으로 드레인전류 안흐름

오믹모드,트라이오드모드(on): $v_{gs}>$ 문턱전압 $\Rightarrow id>0$, $v_{gd}>$ 문턱전압

v_{gs} 가 문턱전압이상이라 채널형성되고 v_{gd} 가 문턱전압 이상이라 소스와 드레인모두에 채널형성되고 전류 급증한다 점점 일정한값나오려함

(채널이어져서 전자 원활히 움직여 전류가 계속 증가 그리고 원활히 전류 흐름=on상태)

(채널이 드레인과 소스에 모두 형성됨)

$id=kn(2(v_{gs}-v_{tn}) \cdot v_{ds}-v_{ds}^2/2)$, v_{tn} =문턱전압

세추레이션모드(증폭): $v_{gs}>$ 문턱전압 $\Rightarrow id>0$, $v_{gd}<$ 문턱전압

v_{gs} 가 문턱전압이상이라 채널형성되고 v_{gd} 가 문턱전압 이하라 소스에만 채널 형성되어 일정한 출력전류흐름(채널이 소스에만 형성됨)

$id(sat)=kn((v_{gs}-v_{tn})^2/2)$ =일정한 id값이 됨($id-v_{gs}$ 에서 id값 v_{gs} 의 크기에 따라 결정됨)

그래서 그래프에서 id의 높이가 v_{gs} 에 의해 결정된다 보면됨, fet는 전압증폭기임

VO-VI 그래프 만들면 VO 일정한부분이 스위칭이고 VI에 따라 VO가 변하면 증폭임

회로 보고 v_{gs} 구한 후 세추로 가정 후 id 구한 후 출력루프로 식 만들어서 id값 넣어서

$v_{gd}<$ 문턱전압이면 세추로 보면 됨 아닐 때는 id 오믹으로 구해서 가정 확인하면 됨

이론상 위와 같고 자세한건 데이터시트 보면서 $V_{GS(th)}$ 이걸 보고 on(오믹)되는 V_{GS} 전압

을 보고 RDS(on) 이 때의 상태를 보고 완전 on되는 VGS전압을 파악하는 식으로 보면 됨

fet의 특성곡선

- id-vgs 그래프는 vgs가 문턱전압인 VGS(th)이상 일 때 id가 점점 많이 증가하는 형태로 문턱전압이하일때는 컷오프영역 이상일 때는 오믹or세추임

- id-vds 그래프는 vgs로 결정된 최종적인 id전류 크기 까지의 변화를 보는 그래프로 vgd>문턱전압일 때는 오믹영역으로 vds<vgs-문턱전압인 vds가 작을 때의 영역으로 0에서부터 최종 id전류까지 id가 큰 기울기가 점점 줄어드는 형식이고

vds>vgs-문턱전압인 vds가 클때는 최종 id전류가 유지된 상태가 나오는 세추영역이다.

최종 id전류의 크기는 vgs전압이 클수록 커진다. 그리고 vgs가 클수록 처음에 증가하는 id의 크기 즉 기울기가 증가한다. 그리고 vgs 값에 따라 id가 일정해지는 지점을 모두 점선으로 이으면 0에서부터 작은 기울기가 점점 커지는 곡선이 만들어진다 이걸 바탕으로 점선 전까지는 id가 큰기울기에서 작은기울기로 변하며 id값이 증가하다 점선 이후에는 일정한 id가 나오면 된다.

-dc해석에서 VO-VI 전달함수를 보면 VO가 일정한 부분들이 스위치이고 VI에 따라 VO가 변하는 부분이 증폭의 영역이다. 그래서 인버터(not게이트)의 형태인데 VI 작을때 큰 VO가 나오고 큰 VI에서는 작은 VO가 나온다 그리고 VI 중간값에서 적당한 크기의 VO가 나온다.

증폭은 AC신호가 되는것이기 때문에 dc신호를 통한 전달함수는 디지털부분만 신경쓰면 된다. 그래서 이러한 증폭부분인 세추는 금지대로 정의해서 디지털에서 사용하면 안되는 부분이 된다. VO-VI그래프를 보면 입력이 VIL일 때 VOH가 나오고 입력이 VIH일 때 출력 VOL이 나온다. 이런식으로 인버터다. 디지털의 조건은 VOH>VIH, VIL>VOL을 만족해야한다 VIH>금지대>VIL이렇게 구성된다. VOH는 high로 인정하는 출력전압의 최소치를 의미하고 VIL은 low로 인정하는 입력전압의 최대치이다. 위의 조건을 만족해야하는 이유는 VOH>VIH여야 LOGIC A의 출력값인 VOH가 연결된 LOGIC B 입력기준인 VIH 이상이어야 HIGH로 입력을 받으니까 그런거다 출력과 입력이 연결됐는데 신호가 같아야되는게 정상적인 동작이다. 그러니까 VOH가 VIH보다 크지않으면 입력받을 때 VIL과 VIH사이의 신호로 받으면 금지대영역이니 무슨 신호인지 알지못하게 된다. 즉 VOH와 VOL사이에 출력전압이 있거나 VIL과 VIH사이에 입력전압이 있으면 금지대니 안된다는 의미다.

BJT에서도 똑같은

-AC신호에서 전압증폭률은 뒤에 나올거고 DC든 AC신호든 모두 마이너스곱의 증폭이다. BJT에서도 마찬가지

bjt의 모드(dc해석에서 판단)(dc해석할 땐 ac성분 모두 0으로 만듦 전압=0=쇼트상태)

npn기준 기본 $i_b = i_{bs}(\exp(v_o - V_T) - 1)$

컷오프(off): 조건 $v_{be} < v_{beon} \Rightarrow i_b = 0$, 결론 $i_c = 0$

(이미터-베이스-컬렉터로 되있고 베이스 기준으로 이미터와 컬렉터 모두에 역방향임)

세추(on): 조건 $v_{be} = v_{beon}$ 즉 $i_b > 0$, $i_c < \beta i_b$, 결론 $v_{ce} = v_{cesat}$

(베이스 기준으로 이미터에는 순방향 컬렉터에도 순방향임)(출력전류 i_c 는 액티브보다 작음)

액티브(증폭): 조건 $v_{be} = v_{beon}$ 즉 $i_b > 0$, $v_{ce} > v_{cesat}$, 결론 $i_c = \beta i_b$

(베이스 기준으로 이미터에는 순방향 컬렉터에는 역방향) (얼리볼티지 추가식은 책에)

$v_{beon} = 0.7V$, $v_{cesat} = 0.2 \sim 0.3V$

먼저 $v_{be}=v_{beon}$ 가정 후 입력루프로 i_b 를 구해 컷오프인지 판단하고 액티브로 가정해 $i_c=\beta i_b$ 로 i_c 구하고 출력루프식만들어 i_c 값을 넣어서 v_{ce} 값 구해서 $v_{ce}>v_{ce(sat)}$ 이면 액티브이고 작으면 $i_c<\beta i_b$ 인 뜻이므로 세츄로 $v_{ce}=v_{cesat}$ 으로 보면 된다.

BJT의 특성곡선

- i_b-v_{be} 그래프는 v_{be} 가 문턱전압인 $V_{be(on)}$ 이상 일 때 i_b 가 매우크게 즉 원활하게 흐르는 형태로 그래프보면 $v_{be(on)}$ 에서 i_b 전류가 y축대칭으로 일자로 급증하는형태이다. 원래는 0에서부터 $v_{be(on)}$ 에서 많이 증가하는 다이오드 특성과 같은데 편하게 보려고 위와 같이함 그래서 문턱전압이하일때는 컷오프영역 이상일 때는 오믹or세츄임

- i_c-v_{ce} 그래프는 i_b 로 결정된 i_c 인 $i_c=\beta i_b$ 인 i_c 가 v_{ce} 가 $v_{ce(sat)}$ 값 이상일 때 일정한 최종 i_c 가 나오고(이때가 액티브) $v_{ce}=v_{ce(sat)}$ 에서는 i_c 가 0에서부터 급증하는 y축대칭이 나온다.

즉 $v_{ce(sat)}$ 이하의 오프상태인 컷오프 $v_{ce(sat)}$ 에서는 온상태인 세츄 $v_{ce(sat)}$ 이상일 때는 증폭인 액티브로 보며된다. 그래서 $i_c=0$ 컷오프, i_c 급증=세츄, 급증한 후 일정한 i_c =액티브가 되고 급증하여 일정해지는 값은 i_b 와 전류 증폭률에 따라 결정됨 전류증폭률은 100~200배이고 ac전류와 dc전류 모두 증폭률이 같음.

fet의 채널 랭드 모듈레이션과 bjt의 얼리이펙트

-둘다 fet의 경우 i_d-v_{ds} 에서 v_{ds} 의 변화에 따라 일정한 i_d 가 나오는데 실제로 v_{ds} 가 커지면 i_d 가 조금씩 증가하는거고

bjt에선 i_c-v_{ce} 에서 v_{ce} 의 변화에 따라 일정한 i_c 가 나와야하는데 실제로 v_{ce} 가 증가하면 i_c 가 조금씩 증가함 이렇게 증가하는 직선을 쫓 그리면 $-V_A$ 라는 매우 큰 마이너스 전압에서 만나는데 이것을 얼리 볼티지라함(bjt,fet둘다)(거의 100v이상)

증폭

-fet ac parameter

$g_m=2\sqrt{k_n \cdot I_{DQ}}$, I_{DQ} =dc해석에서 구한 i_d 값,

$r_o=1/(\lambda \cdot I_{DQ})$, 보통 r_o 무한대임

-fet ac 등가회로(ac해석할 땐 dc성분 모두 0으로 만듦 전압=0=쇼트상태)

게이트와 소스사이에 오픈이고 v_{gs} 전압이 걸림

드레인에서 소스로 $g_m \cdot v_{gs}$ 크기의 전류원 생성되고 병렬로 r_o 저항있음

게이트와 드레인사이는 오픈임

공통게이트,소스,드레인 모두 위의 조건 만족함

-bjt ac parameter

$g_m = I_{CQ}/V_T$, I_{CQ} 는 dc해석에서 나온 i_c 값, $V_T=26mv$,씨얼볼티지 g_m 매우 큼

$r_{파이} = \beta/g_m = V_T/I_{BQ}$

$r_o=V_A/I_{CQ}$, r_o 는 보통 무한대, v_a =얼리볼티지,얼리이펙트에서 나온 전압임 보통 매우큼

-bjt ac 등가회로(ac해석할 땐 dc성분 모두 0으로 만듦 전압=0=쇼트상태)

베이스와 이미터 사이에 r_{π} 의 저항이 있고 v_{π} 의 전압이 걸림 그래서 $v_{be}=v_{\pi}$ 임
컬렉터에서 이미터로 $g_m \cdot v_{\pi}$ 크기의 전류원 생성되고 병렬로 r_o 저항있음
게이트와 드레인 사이는 오픈임
공통베이스, 이미터, 컬렉터 모두 위의 조건 만족함

-이렇게 ac등가회로를 그려서 입력저항, 출력저항, 증폭률을 구함

증폭기는 입력저항이 클수록, 출력저항이 작을수록 부하효과가 감소해 신호의 전달이 좋고 증폭률이 클수록 증폭을 많이 시킴

-입력저항 구하는 법: 입력측에서 본 저항으로 fet의 C_S 와 bjt의 C_E 의 경우 입력과 출력 사이가 오픈되니 입력측에서 바라본 입력측의 전체저항 구하면 됨

-출력저항 구하는 방법1: 테브난인 출력측 오픈해서 출력에 걸리는 전압 v_{oc} 구하고 노턴인 출력측 쇼트해서 출력에 걸리는 i_{sc} 구한후 v_{oc}/i_{sc} 하면 저항이 나옴

-출력저항 구하는 방법2: 입력저항의 방법처럼 출력측에서 바라본 저항을 구하면 되는데 이 때 독립전원은 제거하고 종속전원은 그대로 둔다. 독립전원은 입력 ac전원이고 종속전원은 fet기준 $g_m \cdot v_{gs}$ 전류원처럼 값이 영향을 받아 변화하는 전원을 의미한다. 그렇게하면 fet기준으로 ac전원이 사라지니 $v_{gs}=0$ 이니 출력측에 있는 저항만을 고려하여 출력측에서 본 기준으로 전체저항 구하면 된다.

-증폭률은 fet기준으로 ac로 인한 v_{gs} 구한후 $g_m \cdot v_{gs}$ 전류원으로 인해 출력에 걸리는 전압 구하는 식으로 구하면 됨.

bjt 기준으로 더 자세하게 표현하면

ac파라메타

1. $r_{\pi}=V_T/I_B$
2. $g_m=I_C/V_T=\beta/r_{\pi}$
3. $r_o=V_A/I_C$

V_T 는 떠멀볼티지로 26mv정도로 작고 V_A 는 얼리이펙트에서의 얼리 볼티지로 매우 크다.

- bjt증폭기 해석법(mos와같음)

1. dc해석을 통해 동작점을 파악해 I_{CQ} 와 V_{CEQ} 를 찾는다.
2. 이것을 통해 AC파라메타를 찾는다.
3. AC파라메타로 AC등가회로를 그려 입력저항, 출력저항, 전압증폭률을 찾는다.

-DC해석 하는법

1. 먼저 액티브 가정후 AC성분제거하고 입력루프로 I_B 찾고 $I_B \times \beta$ 해서 I_C 찾고 출력루프로 V_{CE} 찾아서 $V_{CE} > V_{CE(SAT)}$ 이면 액티브가정확인이다. 당연히 I_B 가 0보다 클때이다. 이 때 $V_{BE(ON)}$ 로 고정되고 보통 0.7V이다. 만약 세츄레이션이면 $V_{CE(SAT)}$ 으로 고정된다 보통 0.3V이다. 이렇게해서 I_{BQ}, I_{CQ}, V_{BEQ} 를 알수 있다.

-AC등가회로

dc성분을 모두 0으로 만든상태에서

r_{π} 는 베이스와 이미터 사이에 위치 그리고 r_{π} 에 걸리는 전압인 v_{be} 를 v_{π} 이라 함

gm×v파이 크기의 전류원이 컬렉터에서 이미터 방향으로 위치함 이때 v파이가 0이면 당연히 이 전류원은 0이되므로 오픈이됨

마지막으로 ro가 컬렉터 이미터 사이에 위치 즉 전류원과 병렬로 배치됨.

이것을 기본으로 회로의 저항들과 전원 추가 하면됨

-커먼 이미터는 이미터가 그라운드 입력이 베이스 출력이 컬렉터

커먼 베이스는 베이스가 그라운드 입력이 이미터 출력이 컬렉터

커먼 컬렉터는 컬렉터가 그라운드 입력이 베이스 출력이 이미터

즉 이미터는 계속 바뀌고, 베이스는 주로 입력, 컬렉터는 주로 출력을 한다 보면 됨

-bjt의 경우 컬렉터저항이 커질수록 ic가 증가할수록 전압 증폭률이 증가하고

mos의 경우 드레인 저항이 커질수록 id가 증가할수록 전압 증폭률이 증가함

그 이유는 전압증폭률은 ac값이 증폭되는거고 ac해석에서 vcc는 그라운드가 되니 컬렉터 저항과 드레인저항에 걸리는 전압이 출력전압이 출력전압이 되기 때문이다. 그리고 최종적으로는 dc에서 구한 출력전압이 최종 출력전압이된다.

-동작점이란 출력특성곡선인 bjt의 경우 ic-vce 그래프에서 출력 루프 식인 예를들어 $v_{cc} = R_c \cdot i_c + v_{ce}$ 를 dc load line(출력루프방정식) 이라하고 출력특성곡선에 그렸을 때 만나는 점을 동작점인 Q라 하는데 이 동작점을 기준으로 ac신호의 증폭된 크기가 스윙을 하며 움직임

fet의 경우엔 dc신호인 vgs에 진폭의 크기가 vm인 ac신호가 추가되 vgs값이 변하니 id-vds에서 vgs에 의해 정해진 id 값의 최종크기가 변하게 됨 이렇게 변하다 출력루프와 만나는 점인 동작점이 컷오프나 오믹 영역에서 만나게 되면 왜곡이 발생함 일정한 파형으로 증폭되는게 아닌 찌그러지거나 잘린 파형이 나온다는거임

bjt의 경우엔 위와 같이 ac전압추가로 ib가 변하는데 ib가 변하는만큼 ic도 당연히 변하는데 이렇게 변하는 ic가 출력루프식과 액티브 영역에서 만나야 되는데 세츄나 컷오프에서 만나게 되어 왜곡이 발생한다.

즉 전원의 경우 ac+dc이기 때문에 이 dc인 바이어스 전압을 잘 설정 즉 동작점을 잘 설정해야 ac의 변화로 모드가 바뀌 왜곡이 생기는 문제를 해결하고 ac의 진폭을 최대로 높일수 있음 mos의 경우 id-vds그래프에서 동작점이 vds가 0에서 vcc 사이의 전압에서 컷오프,오믹,세츄가 1:1:1중 오믹과 세츄를 나누는 지점에 동작점이 생기도록 즉 vds가 vcc의 3분의 2 지점이 되도록하는게 컷오프와 오믹으로 영역이 넘어가는 중간이어서 ac진폭을 최대로 할수 있다. bjt의 경우 ic-vce그래프에서 vcc의 절반지점에 동작점을 설정하면되는데 이걸 세츄로 가는 vce가 매우 작아 무시해도 될정도라 세츄와 컷오프의 중간인 지점에 동작점을 위치하면 ac전원의 진폭을 최대로 할수있다. 이걸 바이어스 설정이라한다.

근데 정확히 판단할 때는 앞의 부하선은 dc load line 이고 이거 말고 ac lode line를 따라 ac+dc인 동작점이 이동을 한다 dc load line은 출력루프방정식이고 ac load line 은 dc 출력 루프 방정식의 dc로 된 전압 전류를 ac로 바꾼후 (전체전류-dc전류)이렇게 표현해서 만든 식으로 dc출력루프방정식보다 마이너스 기울기가 더 큰 즉 더 가파른 직선이 나온다. 이것을 따라서 스윙을 하게 된다.

주파수특성(fet와 bjt 내부의 커패시터를 고려)(커패시터는 ac신호가 들어갈 때 만 동작)

-주파수 특성에서 중요한건 앞에서 구한 1.증폭률과 2.주파수에 따른 증폭률이 깎이는 즉

감소하는 것과 같은 불안정해지는 지점을 찾는게 중요하다.

-fet의 경우 $i_g=0$ 이지만 ac신호처럼 주파수가 있을 때는 커패시터의 임피던스가 무한대가 아니니 커패시터를 고려해 해석해야해서 커패시터의 특성인 $I=c \cdot dv/dt$ 로 인해 i_g 전류가 흐르게 됨

그래서 전력전자에서 fet의 게이트에 전압이 충전되는 시간을 고려하는 거고 게이트의 돌입 전류를 고려하여 이것을 바탕으로 게이트 드라이버 저항의 값을 결정하는거임

저주파수에서 전류 증폭은 매우 작은 전류가 들어간다 보면 매우 큰 전류가 나오니 무한대에 가까운 전류증폭이 되고 주파수 증가하면서 점점 감소해 WT인 컷오프 주파수에서 증폭을 1되고 더 감소하다 유지된다. 이런식으로 고주파수 일수록 입력전류가 제대로 들어간다 보면 된다.

-bjt의 제대로된 등가회로는 앞의 기본형태에서 c는 베이스와 이미터 사이에 C파이의 커패시터가 있고 베이스와 컬렉터 사이에 C_u 의 커패시터가 추가된다.

-fet의 제대로된 등가회로는 앞의 기본형태에서 c는 게이트와 소스 사이에 C_{gs} 의 커패시터가 있고 게이트와 드레인 사이에 C_{gd} 의 커패시터가 추가된다

-bjt 기준으로 증폭기회로를 설명하면 외부 커패시터가 3개 있는데 위치는 입력쪽에 C_{c1} , 출력쪽에 C_{c2} , 그리고 Re저항과 병렬로 C_e 가 존재한다. 내부커패시터는 앞에서 이야기한 C파이와 C_u 가 있다. mos도 똑같다 외부 커패시터의 용량은 크고 내부 커패시터의 용량은 작다.

외부커패시터는 용량 크니 저주파수에서 고려하고 이때 내부커패시터는 용량 작아 오픈취급 내부커패시터는 용량 작으니 고주파에서 고려하고 이때 외부커패시터는 용량 크니 쇼트취급 즉 $X_c=1/(w \cdot c)$ 라 주파수가 작고 용량크니 쇼트나 오픈이 안된다고 보면 된다.

커패시터의 역할을 자세히 설명하자면(+온도특성여기서 설명함)

1. C_{c1} 과 C_{c2} 는 입력과 출력쪽에 각각 연결하는 커플링 커패시터로 입력측과 증폭기측과 출력측을 구분시킨다. 즉 dc해석할 때 주파수=0이니 커패시터가 오픈 되어 입력측에 있는 ac 신호를 무시할 수 있게 하고 ac해석할 땐 용량이 큰 커패시터는 쇼트되어 ac신호를 방해하지 않는다.

2.Re저항은 온도 보상효과를 가지는데 t_r 의 온도가 증가하면 출력전류가 감소하게 되는데 이것을 Re저항이 조금만 변하게 한다. 그리고 Re저항이 클수록 변화가 감소하고 그만큼 증폭률이 감소되는 단점이 있다.

bjt의 열폭주를 Re저항으로 해결하는데 이것도 마찬가지로 온도 보상효과로 열폭주로 인한 출력전류가 상승하고 이것으로 인해 bjt의 온도가 상승하고 온도가 상승하니 다시 출력전류가 증가하는 이러한 효과를 줄인다. 근데 일반적으로 온도가 증가하면 출력전류는 감소하고 특정상황에서 열폭주가 발생하는거임

요약하자면 온도가 증가할수록 문턱전압이 감소해 즉 fet의 경우엔 문턱전압인 ($V_{GS(th)}$)가 낮아지니 더 낮은 vgs에서도 on이 되어 같은 vgs라 했을 때 온도가 높을게 더 빨리 on됐으니 출력전류인 i_d 전류가 더 클 거임 vgs=3v일 때 on 시작이라할 때 한 5v정도까지 온도 클수록 i_d 가 크고 그 이후에는 온도 클수록 i_d 가 작음

bjt의 경우에도 bjt는 다이오드(pn)와 같이 npn이렇게 2개의 다이오드로 만드는 거니 온도 특성 또한 같다. 다이오드의 특성과 bjt의 i_b-v_{be} 특성이 같으니 온도가 증가할수록 문턱전압이 감소하는데 이 때 문턱전압이 감소해도 모두 $v_{be(on)}$ 이상의 전압이 걸린다보면 어차

피 둘다 매우큰 i_b 라서 i_b 값은 큰차이가 없다. 그래서 온도가 증가하면 전류증폭률인 베타가 증가한다. 베타가 증가하면 그만큼 i_c 도 증가한다. 즉 결론적으로 온도가 증가할수록 출력전류가 증가한다고 보면 된다. 이렇게 i_c 가 증가하면 당연히 $i_e = i_b + i_c$ 니까 i_e 도 증가한다. 여기서 R_e 저항을 달면 i_e 증가하니 R_e 에 걸리는 전압인 V_{Re} 가 증가하고 그러면 입력루프에서 보면 v_{be} 는 유지되니 V_{Re} 증가된거에 반비례해 i_b 가 감소하게 된다. 그러면 i_c 가 감소하여 증폭률이 증가해 증가된 i_c 의 값을 조금 줄여주는 효과를 가진다.

즉 fet은 온도증가시 어느 정도까지의 입력전류 까지는 출력전류 증가하다 어느 이상의 입력전류에서는 출력전류 감소된 값이 나오고

bjt는 온도증가시 전류 증폭률이 증가해 출력전류가 증가함

추가적으로 bjt에서는 R_e 저항을 추가하면 입력임피던스가 상승하는 장점이 있다.

3.CE가 증폭률 감소의 해결책으로 R_e 에 병렬로 커패시터를 달면 ac해석시 커패시터가 쇼트가 되니 R_e 가 사라지니 ac 전압의 증폭률에 영향을 주지 않는다. 즉 dc에서는 R_e 저항이 존재하게 ac에서는 R_e 저항이 존재하지 않게하여 증폭률에 영향 안끼침.

그래서 CE를 bypass cap이라고 한다.

4.내부 커패시터의 경우 ac신호가 있을 때만 고려한다.

5.그리고 부하 저항과 병렬로 load capacitor가 있는데 이것은 출력과 병렬로 연결된 커패시터를 의미하고 이것을 부하의 입력 커패시턴스 라고함.

입력커패시턴스가 크면 회로의 성능이 저하되는데 이것은 로드 커패시터는 출력과 병렬이니 쇼트가 될 때 출력이 0이 나오는 즉 고주파수일 때 출력이 없다는 의미이니 커패시터의 용량이 크면 시상수가 커진다는거고 WH는 그만큼 감소하니 대역폭이 줄어 증폭기 특성이 나빠지게 된다. 그리고 전원에 입장에서 증폭기를 들여다보면 증폭기도 일종의 부하의 역할로 보이니 증폭기의 입력 커패시턴스 또한 작은게 좋다. 즉 입력커패시턴스가 크면 앞단의 특성이 안좋아진다. 전원의 경우엔 안좋은 신호가 나오니 증폭을 해봤자 소용없게 된다.

증폭률이 꺾이는 즉 변화하기 시작하는 지점 찾는법

가장 중요한건 처음 꺾이는 지점임 저주파수에서는 WL지점, 고주파수에서는 WH지점

1.라플라스(미분방정식을 쉽게 풀게함)

- i, c 를 저항과 같이 계산할수 있게 만들어서 전달함수 찾아 보데선도 그리는 방법

2.시상수법

-rc회로의 경우 시상수=rc인 걸 이용해서 폴점=주파수=시상수의 역수를 이용해 폴점을 찾아내 보데선도를 그리고 전달함수를 찾아내는 방법. 시상수가 클수록 변화하는 데 오래 걸림 즉 rising time이 길어짐= 주파수 감소함

bjt와 fet의 외부 커패시터를 고려하여 WL을 구하고 내부 커패시터를 고려하여 WH를 구함
일반적으로 WH가 커질수록 t_r 이 짧아지는데 WH가 커질수록 고주파의 대역폭이 넓어져 제거되는 고주파 성분이 적어지니 많은 고주파 성분이 남아 더 빨리 최대치까지 증가하게 되고 WL이 작아질수록 t_r 은 길어지는데 WL이 작아질수록 저주파쪽의 대역폭이 커져 제거되지 않는 저주파수가 많아진다 그말은 dc성분과 같은 저주파수가 많아진다는 거고 그말은 t_r 이 길어진다는 의미가 된다. 이런식으로 회로의 보데선도를 그려서 이 회로를 통과한 신호가 어떤식으로 동작할지 알 수 있게 된다. 그리고 보통 rising time은 ns,us이고 감소되는

시간은 ms,s단위라 c로 치면 충전시간이 방전시간에 비해 훨씬 빠른것과 같다.

애초에 이런 WL,WH를 구할 때 임피던스 성분을 기준으로 구하는거임

3.miller effect

-정확도는 조금 떨어지지만 입력과 출력 사이에 커패시터 같이 시상수법으로 풀기 어려울 때 사용하는 방법

1번의 경우 소자들을

$j\omega \rightarrow S$

$R \rightarrow R$

$L \rightarrow j\omega L \rightarrow SL$

$C \rightarrow 1/j\omega C \rightarrow 1/SC$ 이런식으로 변경해 v_o/v_i 인 전달함수=출력/입력 구해서 보데선도 그림 이 때 전달함수의 분자가 0이 되는 S의 근을 제로점, 분모가 0이되는 S의 근을 폴점이라 한다. n차회로의 경우 n개의 제로점과 폴점이 존재하고 항상 폴점=>제로점이다 폴점을 기준으로 회로가 20dB씩 꺾인다 보면된다.

2번의 경우

RC회로의 시상수 $\tau = RC$ 이다. 그리고 $1/\tau = \omega$ (주파수)이다. 즉 $\tau = RC = 1/\omega$ 이다.

여기서 C는 C의 용량이고 R은 C에서 들여다본 전체저항이다.

시상수법은 만약 저주파수 영역이고 3차회로라 폴점(주파수)이 3개일 때 가장 큰 폴점이 처음 꺾이는 WL 즉 컷오프 주파수가 된다. 일단 3개의 폴점의 크기 순서를 모르니 일단 각각의 폴점이 모두 자기가 제일 크다고 생각하고 구한다. 그렇게 해서 나온 폴점의 순서가 거의 실제 폴점의 순서와 동일하다. 그럼 자기가 제일 크다고 가정할 때 폴점을 구하는 방법은 먼저 P1이 가장 크다고 할 때 P1기준으로 P2와 P3의 주파수는 P1보다 작으니 P2와 P3의 중심이 되는 커패시터는 P1을 기준으로 임피던스를 계산해보면 주파수가 증가된 값으로 계산되니 임피던스는 감소하여 쇼트로 취급한다.

그래서 P1의 시상수는 $C * (\text{나머지 } C \text{를 모두 쇼트한 후 기준인 } C \text{에서 들여다본 전체저항})$ 이 된다. 이런식으로 P1, P2, P3를 구한후 크기 비교를 하면된다. 그 이후에 이제 실제로 P2와 P3를 구할때는 이제 만약 P2가 두 번째이면 P1의 C는 오픈 P3의 C는 쇼트 이렇게 하면되고 마지막인 P3는 나머지 C를 오픈으로 하면된다. 근데 저주파수에서는 가장 큰 주파수인 P1만 중요하다.

고주파수에서는 가장 작은 주파수인 WH가 중요한데 이때는 가장 작다 가정한 후 폴점의 순서를 구한다. 그래서 가장 작은걸 정할 때 나머지 C를 모두 오픈하면 된다.

이렇게 나온 P1과 P2,P3사이에 10배정도 차이나면됨 P1의 값이 유의미한거지 P2,P3는 P1에만 영향을 안주면됨 그리고 커패시터의 용량을 정할 때 먼저 P1, P2, P3의 주파수 크기를 정해야하는데 이것을 통해서 커패시터 용량이 결정되기 때문에 커패시터나 인덕터의 용량이 클수록 크기가 커지고 비용이 비싸지니 알맞은 용량이 나오는걸로 정해야함
예를들어 P1이 100rad/sec으로 설정할 때 c들의 총 용량이 100uf 이고 P2가 100rad/sec로 설정할 때 c들의 총용량이 20uf이면 P2를 100rad/sec인 컷오프 주파수로 설정해야함

고주파기준 전달함수=전압증폭률(AV)= $AM * ((1+S/Z1) * (1+S/Z2)) / ((1+S/P1) * (1+S/P2))$

저주파수에 위치한 폴점의 식은 전압증폭률(AV)= $AM * ((S+Z1) * (S+Z2)) / ((S+P1) * (S+P2))$ 가

된다. 이러한 형태를 예상하면 된고 bpf의 경우 위의 형태가 각각 주파수에 맞춰 형태가 쉬었다 보인된다. bpf일 때 중앙인 증폭률 기준으로 폴점마다 아래로 20dB씩 꺾이는게 중첩됐다보면되고 제로점일 때 20dB씩 중첩된게 사라진다고 보인된다.

AM=일정한 부분의 전압증폭률, 5,6장에서 처럼 구하면된다.

$((1+S/Z1)*(1+S/Z2))/((1+S/P1)*(1+S/P2))$ 는 2차회로의 예이다.

만약 RLC회로에서 시상수법으로 구하고 싶다면 이 때도 저주파수, 고주파수 구분한 후 저주파수일 땐 제일 큰거 구하는 걸로 시상수값 모두 구해 비교하고 고주파수일 땐 가장 작은거 구하는 걸로 모두 시상수값 구해 비교해서 구하면된다. $\tau = RC = R/L$ 이때 커패시터와 인덕터의 임피던스 어떻게 변하는지에 따라 쇼트, 오픈하면 된다.

추가적으로 회로로 식을 만들면 만약 근이 3개 짜리 식인 $1+a1*s+a2*s^2+a3*s^3=0$ 이 나온다면 s의 근인 $s1, s2, s3$ 의 관계는 $s1 < s2 < s3$ 이렇게 큰 차이가 나는 식이 나온다. 그래서 근사치로 근을 구하는 방법은

$1+a1*s=0$ 으로 $s1 = -1/a1$,

$a1*s+a2*s^2=0$ 으로 $s2 = -a1/a2$

$a2*s^2+a3*s^3=0$ 으로 $s3 = -a2/a3$ 이렇게 구할 수 있다. 큰 차이가 날때만 사용가능하다.

그래서 이러한 방식으로 2차회로의 폴점을 보면 고주파수시 여러 시상수의 합 중에서 가장큰 시상수가 다른 시상수에 비해 매우 크기 때문에 가장 큰 시상수가 시상수의 합으로 봐도 되니 가장 큰 시상수인 첫 폴점은 분모의 $a1$ 의 역수인 $1/a1$ 이 된다. 라플라스로 이렇게 풀어도 된다.

3번인

millor effect는 bjt와 fet에서 회로가 중간에 끊겨 있을 땐 편하게 풀수 있지만 중간에 저항이나 커패시터가 있어서 풀기 어려울 때 사용하는 방법임. 가운데 커패시터가 있다면 커패시터가 양쪽으로 분리되어 나뉘짐 그래서 양쪽에 각각 병렬로 연결됨
오른쪽 $Yj' = Yj(1-k)$, 왼쪽 $Yj'' = Yj(1-1/k)$ 이렇게 분리됨 이때 k는 전압이득(Av)임
원래 전압이득을 구하는 부분에서는 커패시터가 없다 하지만 밀러 이펙트 여기는 실제 파형에서 WH이 부분에서 일정한 전압이득인 k보다 감소한 값이 나온다 이 때 커패시터가 있지만 k값을 이용해 커패시터를 분리시켜 양쪽에 병렬로 연결됨 그래서 이건 오차가 있음 k구할땐 5장 6장처럼 커패시터 다 없애면 됨.

그래서 입력쪽에 붙는걸 $CM = Cu(1-k)$:miller capacitance라 하고

출력쪽에 붙는걸 $Co = (1-1/k)$:output capacitance라 함 Co 는 gmv파이 전류원과 병렬임
가운데 무언가 있어서 시상수법 복잡할 때 밀러이펙트 쓰면 됨 그렇게해서 식만들어 $T(s)$ 구해서 폴점 찾으면 됨

내부 커패시터는 고주파수 영역이므로 컷오프주파수는 작은 폴점임 입력쪽에 c파이와 CM 병렬이니 두개의 합이고 여기서 C파이가 순방향이니 크고 CM도 값이 크니 출력쪽보다 입력쪽 C가 더클거다 그러니 시정수가 크니 폴점이 작아 입력쪽 C가 폴점일거다. 근데 이건 전체 회로 봐야하긴 하다.

만약에 전류원이 입력일 때 밀러이펙트 쓴다하더라도 k는 전압이득을 의미함

-폴점이 컷오프주파수인 꺾이는점 근처에 여러개라면 그냥 그 근처에서 컷오프주파수있구나라 보면됨 WL,WH말하는거임

-주파수 특성인 전달함수의 특성을 그린 보데선도를 시간영역에서 볼 때는

시간영역에서의 사각파 파형에서 일직선으로 급증하는 부분은 고주파수가 많은 부분이라 보면 됨 그 이유는 AC신호를 보면 증가 감소하고 DC신호는 일정한 값이니 고주파수일 땐 주파수가 높으니 그만큼 주기가 짧아 급증하게 됨 그리고 이제 일정하게 유지되는 부분은 저주파수가 많은 부분이라 보면 됨. 일정하니 DC신호라 주파수0인것과 같으니까.

그래서 BPF를 통과하면 고주파수와 저주파수가 제거가 되는데 만약 사각파가 인가되면 BPF 통과 이전에는 사각파이고 BPF 통과 이후에는 최대 크기는 같은데 앞에처럼 급증하는게 아닌 고주파수가 제거되니 곡선의 형태로 처음에 많이 증가하다 점점 천천히 증가하는 형태로 최대 크기에 도달한다. 그 이후 저주파수가 제거되니 일정한 값이 유지되는게 아닌 어느 정도 값이 점점 감소하게 된다. 그러다 이제 급감할 때도 고주파수가 제거되어 급감이 아니라 어느정도 빠르게 감소하다 천천히 감소하게 된다.

이렇게 최대크기가 A일때 고주파수가 제거되어 증가하는게 0.1A에서 0.9A까지 걸리는 시간을 $\text{rising time} = tr$ 이라 한다. 즉 최종치의 10%에서 90% 도달하는데 걸리는 시간이다.

tr 이 작다는건 빨리 증가한다는 뜻이다. 그리고 이 tr 은 WH와 반비례하는데 그 이유는 WH가 크면 그만큼 대역폭이 늘어나니 제거되는 고주파수가 작아 tr 이 짧아진다. 그리고 WH가 작으면 제거되는 고주파수가 많아지니 tr 이 길어진다.

이러한 tr 은 보통 ns,us이고 저주파수가 제거되어 감소되는 시간은 보통 ms,s단위라 두개를 한번에 보기는 힘들고 각각을 조정해서 봐야함

그리고 WL이 커질수록 제거되는 저주파수가 많아지니 더 많은 값이 최종적으로 감소하게됨. 이것을 표현하는게 $Tilt(\%) = (\text{감소된 크기} / \text{전체 크기}) * 100$ 임

그리고 애초에 C 때문에 freq성분이 발생하는 거임 r만 있으면 회로에서 주파수영역을 고려하지 않아도 됨. 그래서 시간영역의 신호가 주어진고 시상수로 보던가 아니면 시상수역수로 해서 폴점으로 보데선도 파악해서 보던가하면됨. 회로이론에서처럼 시상수가 크면 그만큼 C의 전압이 증가하는 시간이 길어진다는 의미와 같아짐

시상수 크다=폴점 작다 =고주파수에 컷오프주파수라면 그만큼 제거되는 고주파 많다=천천히 증가한다. 다 같은 의미임

FET에서 커패시터 만들어지는 과정

-FET의 구조에서도 커패시터처럼 전극-절연체-전극과 같이

전극(metal)-절연체(oxide층)-전극(채널)이다 이것을 보면 FET에도 커패시터가 존재한다고 보면된다. 그리고 채널은 오믹과 세추레이션에서 형성되는데 이걸 채널이지만 전자가 많이 있으므로 전극처럼 행동한다 보면 된다. 결론적으로 C_{gs} 와 C_{gd} 가 발생함 채널이 소스에 연결되고 채널이 드레인에 연결되니 이렇게 되는거임

근데 세추레이션측 포화인 증폭상태에서는 드레인 쪽에 채널쪽엔 채널 형성안됨

오믹인 on상태에서는 드레인과 소스에 모두 채널 형성되 smps에서 양쪽에 모두 커패시터 고려해야 되는 거임.

BJT에서 커패시터 만들어지는 과정(다이오드의 커패시터 특성)

-BJT에서 베이스와 이미터 사이에 c_{pi} 가 베이스와 컬렉터 사이에 c_{mu} 가 있는데 c_{pi} 의 경우 베이스와 이미터 사이니 순방향 전압으로 인해 생겨났고 c_{mu} 는 베이스와 컬렉터 사이이니 역방향전압에 의해 생겨났다 순방향전압으로 생겨난 커패시터의 용량이 역방향으로 생겨난 커패시터보다 훨씬 크니 $c_{pi} \gg c_{mu}$ 이다. 추가적으로 순방향은 마이너스 캐리어 분포에 의해 만들어지는 디퓨전 캡이고 역방향은 디플리션 영역의 이온에 의해 만들어지는 정선 캡이다. 결론적으로 다이오드에 전압을 가하면 마이너스 캐리어 분포도 달라지고 디플리션영역의 폭도 달라지는데 방향에 따라 둘의 크기 유무가 바뀐다보면 된다.

-코일

코일 즉 도선에 전류가 흐르면 자장이 일어나고 자장이 시간에 따라 변화가 생기면 전압이 발생한다. 변화가 없다면 전압이 발생하지 않는다. 도선 즉 라인에 전류 흐르는걸 인덕터라 하는데 이 도선의 인덕터 값은 매우작아 임피던스가 거의 0에 가까워 회로해석할 때 고려하지 않는거임. 근데 GHz이상의 고주파일땐 도선의 임피던스가 커지니 무시 못한다. 그리고 도선의 직선보다 꺾여지는 지점에서 임피던스가 높아져 수직을 피하는거임.

-커패시터

커패시터는 전기장을 형성하는데 원리를 말하면 2단자인 어떤 물체에 전압을 인가하니 물체에 모여있는 차지의 양이 변할 때 커패시터가 존재한다고 한다. 차지 $Q=C*V$ 로부터 $I=c*dv/dt$ 가 나오게됨. 만약 전압이 변화했는데 모여있는 차지가 변하지 않으면 커패시터 성분이 없다는거임. 즉 차지가 변화한다는건 커패시터처럼 절연층을 이용하여 차지를 모으거나 다이오드에서 캐리어가 넘어가서 차지가 변하는걸 말함.

지나가는 차지= 전류, 모여있는 차지의 변화=커패시터 그래서 C가 크면 차지가 빨리 모였다 빨리 사라지는걸 반복하므로 전류가 매우 잘 흐른다고 볼 수 있어 쇼트라고 하는거임.

-증폭률 만배의 opamp를 회로를 구성해서 100배로 만들면 줄어든 배수 만큼 대역폭이 100배 증가함 이런식으로 작용함

-고주파수에서 감소하는 보대선도 일 때 WT가 있는데 이건 gain band width product로 게인이 1이 되는 즉 0db지점을 표시해 준거임 이게 사용할 수 있는 최대치를 의미함 즉 컷오프주파수임 이것은 거의 $WT=\beta*W_H$ 이고 WT 이후에 제로점이 있는데 만약 WT근처에 제로점이 있다면 가까워서 그래프가 변경되 실제 WT지점이 달라질 수 있음

-흐르는 전류가 흐르는 전압에 비례한다 =저항을 의미함 그래서 g_m*v_{pi} 크기의 전류원과 병렬로 저항에 v_{pi} 만큼 전압이 걸리면 전류원은 $1/g_m$ 으로 바뀌게됨

-증폭기는 전력도 증가시켜 전압 증가할 때 전류도 증가하지만 변압기는 전력이 그대로임 변압기는 전압 증가할 때 전류는 감소함

그리고 t_r 은 입력(V_s)에서 공급하는 전력+ v_{cc} 에서 공급하는 전력 = 출력에서 소모하는 전력 임 근데 V_s 가 ac신호라 전압이 작으니 V_s 에서 공급하는 전력은 작음

표준 저항은 1 1.2 1.5 1.8 2 2.2 2.7 3.3 3.9 4.7 5.6 6.3 8.1에 10의 제곱수를 곱해서 저항값을 정함

- 여러 증폭기를 연결해 증폭률을 증가시키거나 다른 효과를 가질수 있는데 각각의 회로의 등가회로는 일반적인 4단자망의 등가회로로 볼수 있기에 입력전압과 입력저항이 있고 출력 쪽에 증폭률 \times 입력전압의 전압원과 직렬로 출력저항이 존재하고 출력전압이 있다 입력전압, 출력전압은 일단 오픈한곳의 전압으로 해놨다. 그냥 4단자망 등가회로 생각하면 되고 이런

4단자망 등가회로가 짝지어져 있다 보면 됨 그래서 출력전압이 흐르는곳에 다음단의 입력저항이 위치해 전압을 받고 뭐 이런식으로 전달됨 이런 증폭기들을 연결했을때 최종증폭률이 $av1 \times av2 \times$ 이런식으로 증폭률들의 곱으로 존재하려면 이전 증폭기의 출력저항보다 다음 증폭기의 입력저항이 매우커야 전달되는 전압이 입력에 다 걸리는 즉 로딩이펙트가 없음 그리고 전체 회로관점에서 보면 첫 증폭기의 입력저항이 전체회로의 입력저항이되는데 이걸 등가회로보면 입력쪽과 출력쪽이 떨어져있어 입력쪽에는 입력저항뿐이라 그럼 그렇다면 전체 출력저항은 마지막단의 출력저항이 됨

-회로에서 어느 부분에 12v가 흐른다면 거기에 병렬로 12v전압원을 해도 상관없고 만약 1A가 어느 부분에흐른다면 직렬로 1A전류원을 넣어도 상관없음 전압원의 경우 병렬로 된 부분의 전압을 알수 있기때문에 병렬된 부분을 굳이 보지않아도 되고 전류원은 직렬로 연결된 회로에 흐르는 전류를 알기때문에 굳이 보지 않아도 된다. 그리고 a회로 b회로 사이에 12v흐른다고 보면 a회로와 병렬로 12v전압원 연결되고 b회로와 병렬로 12v전압원 연결되게 각각 해석할 수도 있음 전류의 경우도 병렬로 1A전류원 각각 해석하면됨

FET추가정보

-jfet는 mos와 ac등가모델이 같은데 ac파라메타 공식이다름

$gm = (-2/\text{문턱}) \times \text{루트}(id_{ss}/id_Q)$ 이고 $ro = 1/\lambda id_Q$ 이다

-n타입 mosfet의 구조를 설명하면 게이트 전극 아래에 메탈,절연층,p타입 반도체가 위치하고 절아래에 body전극이 연결됨 게이트와 바디사이에 게이트가 양으로 전압이 인가되어야 에너지가 공급되 절연층과 p타입사이의 p타입쪽에 전자들이모여 p타입이 n타입으로 변함 이걸 역전층이라하고 이때의 전압을 $V_{th} = \text{threshold voltage}$ 임계전압,문턱전압이라함 그리고 이렇게 변한상태를 보고 채널이 형성되었다해서 n채널 모스펫 또는 n타입모스펫이라함

-FET에는 두가지 모드가있는데 게이트에 전압인가되면 채널이 생기는 **enhancement mode**와 전압인가없이도 채널이 생성되어있는 **depletion mode**가 있고 심볼은 거의비슷함 다만 전달특성 $id-vgs$ 그래프에서 둘다 문턱전압이상부터 증가하는데 인핸스는 문턱전압이 양수로써 내가 아는 그래프이고 디플리션은 문턱전압이 음수라 전압이 0일때도 이미 채널 형성되어 전류가 흐르고 있음 그냥 파형은같고 문턱전압위치가 다른거임

- pmos를 위에 nmos를 아래에 직렬연결로 두어 만든게 **cmos**인데 이건 둘중하나가 on이면 하나가 off인 방식으로 둘다 on되어야 높은 전압에서 낮은 전압으로 pmos지나 nmos지나 그라운드로 전류통로가 생겨 전류통로가 생기는데 그걸 막으니 전력소모가 굉장히 작다는 장점이있음

- **바디이펙트**란 소스와 바디를 맞물리는게아닌 바디를 그라운드와 맞물려 문턱전압을 조금 증가시켜 그로인해 드레인전류가 변화하는것을 의미한다.

-**subthreshold conducting**이란 v_{gs} 가 문턱전압 이하에서도 미세하게 드레인전류 흐르는걸 의미하고

-fet의 누설전류

breakdown effect는 v_{gs} 의 경우 v_{gs} 가 매우 크다면 절연층이 아예 망가져서 소자가 파괴되는 것을 의미하는데 일반 다이오드의 breakdown은 전기적특성을 제거 즉 역방향전압을 낮추면 다시 다이오드의 역할을 할수있다 v_{ds} 의 경우 2가지가 있는데 v_{ds} **breakdown 현상**은 드레인과 바디의 관점에서 보면 n채널의 경우 바디는 p타입 드레인은 n으로 v_{ds} 가 매우

증가시 다이오드관점에서 역방향 바이어스가 매우 크게 들어와 breakdown 현상이 발생해 드레인전류가 매우 커지는걸 의미하고 어차피 드레인에서 전류흐르니 바디든 소스든 상관없긴함

나머지하나는 **punch through(펀치스루)현상**으로 vds가 증가하면 channel length modulation 현상으로 드레인 전류가 발생하는데 vds가 매우크면 채널이 매우 짧아지는것과 같아져 드레인 전류가 매우 커지는 현상이 발생한다. 그래서 breakdown은 채널길이에 상관없이 일정전압이상에서 발생하고 punch는 채널이 짧은 mos일수록 vds증가시 길이가 짧아지는게 빠르게된다.

이러한 **breakdown(브랙다운)현상과 펀치스루 현상을 누설전류(leakage current)라 함**

-mos를 4단자말고 2단자처럼 사용해 부하로 사용할수있는데 이것은 드레인과 게이트를 묶어서 $v_{gd}=0$ 으로 만드는 방법이다(인헨스모드일 때 이렇게)

-디플리션모드로 mos만들어 저항처럼사용하려면 디플리션모드이기때문에 추가공정이 필요해서 그냥 pmos를 기본상태 그대로 사용하면 어차피 같은 모양으로 전달함수가 나타낼수있어서 **주로 pmos를 사용함**

-**mos에서 소모하는 전력**의 경우 일단 전력은 전류의 흐름에따라 공급 소모가 결정되는데 전류가 빠져나가는 방향이면 공급 들어오는 방향이면 소모가 된다. 그렇게해서 mos를보면 게이트와 드레인에서 들어오는 방향으로 전류공급되니 게이트와 소스,드레인과 소스가 각각 연결된 회로에서 mos로 전력 공급한다 보면된다 이때 게이트 전류는 0이니 게이트에서 오는 전력은 없다보면되고 남은 드레인에서 오는 전력이 mos에서 소모하는 전력이된다 즉 $p=id \times v_{ds}$ 가 된다.

-jfet,mesfet의 내용은 전자회로정리보기

버퍼(fet는 커먼드레인, bjt는 커먼 컬렉터, opamp는 볼티지 팔러워)

-버퍼의 특징 1.전압 증폭률(AV)=1, 2.입력저항(Ri) 매우큼, 3.출력저항(Ro) 매우작음 즉 신호증폭이 없으니 신호를 그대로 전달하고 입력저항 크니 신호 잘받아들이고 출력저항 작으니 신호를 잘 넘겨줌 즉 로딩이펙트를 줄인다.

자세히 설명하면 입력저항은 매우크고 출력저항은 매우작아 부하효과를 제거해주고 전압이득이 1이기때문에 입력이 그대로 출력으로 전달된다 이 특성으로 아날로그에서는 5v를 부하에 인가하고 싶는데 입력저항으로 인해 부하에 5v가 아닌 3v이런식으로 전달되는걸 버퍼를 이용해 버퍼가 입력저항이 크니 5v를 다 받아 그걸 버퍼의 출력쪽에서 전압이득 \times 입력전압 만큼의 전압원형태로 전압을 인가하고 낮은 출력저항으로 부하에 모든 전압이 걸리게한다.

이 과정을 위해선 높은입력저항, 1에 가까운 전압이득, 낮은출력저항이 필요하게 된다.

디지털에서도 부하효과를 제거해주는데 먼저 **팬아웃**을 알아보면 앞의 아날로그에 빗대서 전원이 5v인 상태에서 입력저항인 1이고 부하저항이 10이면 거의 대부분에 전압이 부하에 실릴거다 근데 만약 부하가 1이면 2.5v가 걸리게되어 문제가 된다 그리고 부하가 10이더라도 10인 부하가 병렬로 4개 있으면 그만큼 저항값이 낮아져 부하효과가 발생한다. 디지털에서 팬아웃이란 만약 팬아웃이 4라면 로직에서 나온 신호가 4개까지는 그대로 전달되는데 4개보다 많을땐 신호가 바뀌어서 전달된다 만약 h가 출력으로 나오면 h가 입력으로 다음 로직에 들어가야되는데 L이 들어가는 이런 문제가 발생한다 그래서 만약 로직의 팬아웃이 4

인데 8개의 로직을 연결해야하면 버퍼를 2개 연결해 버퍼 각각에 4개의 로직을 연결하면 버퍼가 입력을 그대로 넘겨주니 신호가 변화없이 잘 넘어가고 팬아웃문제도 해결된다.

fet의 커먼게이트를 증폭기로 사용하지 않는 이유는 앞에서 $A_v = R_o / R_i$ 인데 출력저항이 높으면 증폭률이 높는데 부하저항을 달면 출력저항이 드레인과 그라운드 사이에 연결되어 부하저항과 병렬관계이니 감소된 저항값이 나와 증폭률이 감소된다 즉 부하효과때문에 증폭기로 사용하지 않는다. 그래서 그냥 전류증폭률이 1인 특징이있다고 생각하면된다.

bjt의 커먼 베이스는 입력이 이미터이고 출력이 컬렉터로 증폭기로 잘 사용하지 않는 이유는 커먼 이미터에 비해 부하에 의해 증폭률이 큰 영향을 받아 증폭률의 변동이 생기므로 좋지 않은 증폭이다. 그리고 주파수 특성이 좋은데 이것은 커먼이미터에 비해 입력 임피던스가 작아 넓은 대역폭을 가진다는 의미이다.

일반적으로, 증폭기의 주파수 대역폭은 증폭기의 입력 임피던스가 작을수록 넓어집니다. 이는 작은 입력 임피던스에서는 증폭기가 더 많은 전류를 처리할 수 있으므로, 입력 신호의 고주파 성분까지 증폭할 수 있습니다. 반면에, 입력 임피던스가 큰 경우 증폭기는 전류 처리 능력이 줄어들기 때문에 고주파 신호를 처리하지 못하고 주파수 대역폭이 좁아지게 됩니다.

CE=증폭기, 증폭기의 조건 1.증폭률 높음 2.입력임피던스 높음 3.출력임피던스 낮음

CE with R_e , R_e 로 인해 증폭률 감소 그러나 입력임피던스 증가와 dc에서 온도보상효과

CC=buffer

CB=주파수 특성 향상에 이용

bjt 추가정보

-bjt의 누설전류는 두가지가 있는데 하나는 이미터를 오픈시켰을때 컬렉터와 베이스 사이에 흐르는 전류를 말한다. 이걸 액티브모드 기준으로 그냥 컬렉터정선에 역방향바이어스만 존재한다고 볼 수 있어서 I_{cbo} 는 디플리션 영역이 커짐에따라 발생하는 드리프트 전류인 역방향 포화전류를 의미한다.

나머지 하나는 베이스가 오픈된 상태에서 이미터와 컬렉터 사이에 흐르는 전류를 의미해서 액티브를 만족해야하니 이걸 컬렉터쪽에+ 이미터쪽에 -인 전원인 v_{ce} 와 같다 볼수 있다. 여기의 i_c 전류를 i_{ceo} 라 하며 여기서도 당연히 역포화전류인 i_{cbo} 가 흐른다 디플리션영역이 커짐으로 홀이 이동하는걸 이미터에서 상쇄시키려고 전자를 보내는데 이게 상쇄시키지않고 컬렉터로 넘어가서 이 두개의 전류의 합이 $i_c = i_{ceo} = i_e = i_{ceo} + \alpha \times i_e$ 가 되게 된다. 알파란 $i_e = \alpha \times i_c$ 이걸 말함. 그리고 위의 식을 토대로 i_{ceo} 와 i_{cbo} 를 비교해보면 당연히 역포화전류인 i_{cbo} 가 훨씬작음 알파 $\times i_e$ 는 i_c 와같은 큰값이라서그럼

-bjt의 스위치는 컷오프와 세츄에서 사용하고 컷오프는 스위치 오프로 전류 못흐르는 오픈 상태이고 세츄는 스위치 온으로 전압이 걸리지 않는 쇼트상태이다. 액티브가 아날로그인 증폭으로 사용되는 이유는 세츄는 편하게보면 v_{ce} 가 v_{ce} 가 고정된채로 i_b 에 상관없이 i_c 가 흐르는 상태인데 자세히 보면 증폭률과 관계없이 v_{ce} 값에 따라 i_c 가 결정된다. 하지만 액티브 영역에선 v_{ce} 값에 관계없이 i_b 의 값에따라 증폭률곱 만큼의 i_c 가 흐른다. 그래서 증폭에서 액티브 모드를 사용하고 주로 증폭은 ac인 소신호에서 주로 사용하는데 이런 소신호가 세츄나 컷오프에서는 제대로된 파형이 아닌 왜곡이 있는 찌그러진 파형이 발생한다

세츠키의 경우 $v_{ce}=0.3$, 컷오프의 경우 $i_b=0$ 이렇게 되서 그럼 하지만 액티브에서는 입력 파형과 출력파형이 위상차와 크기만 다르지 완전한 파형형태로 나와 제대로 증폭된다 볼 수 있다.

-active에서 sat로 변경되는데 영향주는것

1. 온도 상승으로 인한 증폭률 증가하면 i_c 가 증가해 v_{ce} 가 세츠키값보다 작아질수있음
2. 입력전원의 상승으로 증폭되는 머찬가지로 i_c 가 증가함
3. i_b 의 증가로 i_c 증가
4. R_c 의 증가로 v_{ce} 감소

이런걸 보면 세츠키가 액티브 보다 i_c 전류가 무조건 높으면 세츠키다로 볼지도 모르는데 이런 상태가 변한걸 기준으로 앞에서의 mode 판단 기준을 작용했을때 모드가 바뀐거임
상황이 변해 i_c 가 높아진거지 이게 $i_b \times$ 증폭률 보다 높아진게 아님

fet의 다단증폭기

-**cascade 회로** 즉 캐스케이드회로는 공통소스의 출력을 공통드레인이 입력으로 받아 출력해 증폭률은 공통드레인은 1에가까우니 공통소스의 증폭률을 따르고 공통 드레인은 버퍼로 사용되는 효과를 가져 출력저항이 매우 작아 앞에서 말했던 전체 출력저항을 낮춰 소스의 드레인저항인 출력저항이 매우 큰 문제를 해결해 부하가 연결됐을때 로딩이펙트를 없애는 역할을 한다.

cascocode 회로 즉 캐스코드회로는 공통게이트의 소스에 공통소스의 드레인을 연결해서 전체적인 입력저항 출력저항 증폭률은 공통소스 한개만 있는것과 같은데 주파수 특성의 관점에서 보면 주파수 특성이 매우 우수한 장점이 있다.

bjt의 다단증폭기(여러단의 증폭기 혼합해서 만듦)

-cascade amplifier(ce +ce)

입력저항은 첫 번째단에서 결정되고 출력저항은 마지막단에서 결정되고 전압증폭률은 ce 두개를 연결했으니 전압증폭률 높아짐. 형태를 자세히 보면 먼저 우리가 아는 ce가 나온 후 컬렉터에 두 번째 ce의 베이스가 연결되는데 이때 두 번째 tr은 npn로 이미터에 vcc가 달려있어 전류가 이미터에서 베이스로 나간후 첫 번째 tr의 컬렉터에서 이미터로 전류가 흐른다. 그리고 출력전압은 두 번째 tr의 컬렉터에 위치한다.

-darlington amplifier

2개의 tr을 써서 새로운 tr 3단자를 만든 형태로 둘다 npn이고 첫 번째 tr의 이미터에 두 번째 컬렉터의 베이스가 연결되고 첫 번째 tr의 컬렉터에 두 번째 tr의 컬렉터가 연결된 형태이다. 그래서 $i_c = \beta_1 \beta_2 i_b$ 에 가깝게 설정되고 $v_{be}=1.4v$ 가 된다. 그리고 v_{ce} 최소 1v이상 이어야하는데 원래 tr이 $v_{ce} \geq 0.3v$ 이면 여기에 $v_{be}=0.7v$ 추가되서 그렇다. 회로보면 이해가 갈거다.

-cascode amplifier(cb+ce)

cb의 이미터에 ce의 컬렉터가 연결된 형태고 cb의 컬렉터에 출력전압이 연결된다. 전압증폭률은 ce에 의해 정해지고 cb에 의해 대역폭이 넓어진다는 장점이 있다. ce에 의해 정해지는 이유는 위에서 말했는데 위에 CB가 아래에 CE가 연결된 상태라면 컬렉터부터 쪽 아래로 전류 흐르는게 동일한 전류흐른다 보는 이유는 위에 bjt에서 나온 전류가 gmvp파일일

때 아래로 내려가도 추가되는게 1정도라서 별 차이가 없다. 그리고 $g_m = I_C / V_T$ 인데 $V_T = 26\text{mV}$ 정도라서 g_m 이 매우 크다. 추가적으로 $r_{\pi} = V_T / I_B$ 라서 그렇게 크지도 작지도 않다. 이런 형태다. C_B 로 인해 입력임피던스가 감소해 대역폭이 넓어진다.

tr 증폭기 기본구성 설명 (bjt 기준으로)(R1,R2이거 설명하는거임)

- bjt의 기본형태 입력전원과 베이스 저항이 베이스단자에 연결되고 컬렉터단자에는 V_{CC} 와 컬렉터 저항 이미터단자는 그라운드이고

mos의 기본형태는 입력전원이 게이트에 연결되고 드레인에는 드레인저항과 V_{CC} 가 소스에는 그라운드가 연결된 형태이다.

둘다 증폭기일때는 전원부에 ac전원과 저항이 추가되고 거기에 커패시터라 추가되고온도 보상을 위해 소스저항과 이미터저항 사이드이펙트 해결을 위해 커패시터가 추가된다.

두개의 증폭기 똑같이 생겼다 둘다 R_1, R_2 가 같은위치에있고 bjt의 경우 베이스전류를 위해 R_1, R_2 가 존재하는거고 mos의 경우 게이트전압을 위해 존재한다. 이제 bjt에서는 추가적으로 이미터저항2개 다는 버전이 있긴하다.

베이스 저항을 디지털때와 다르게 증폭에서는 V_S 와 직렬이 아닌 V_{CC} 와 베이스단자 사이에 연결하는 이유는 베이스저항을 V_S 와 직렬로 연결하면 베이스저항이 클때 베이스 전류가 작아 전압증폭을 해도 출력전압에 영향이 거의 없기때문에 ac입장에서는 베이스저항을 낮추면 좋겠는데 dc입장에서는 베이스저항이 작으면 I_B 가 커서 그만큼 증폭된 I_C 로인해 세츄레이션에 가까워지는 문제가 생겨 V_{CC} 와 베이스 단자 사이에 베이스저항을 연결한후 커패시터를 V_S 쪽에 연결해 dc해석할땐 큰 베이스 저항으로 베이스 전류 낮춰 바이어스설정을 하고 ac해석할땐 V_{CC} 는 그라운드로 바뀌고 베이스저항과 베이스단자가 병렬이니 bjt의입력저항은 작은편이라 보통 dc에서 베이스 저항의 영향을 받았던걸 생각하면 현재 병렬인 베이스 저항 크기에 영향을 받지않고 전류가 흐르게 된다.이때 베이스저항을 R_1 으로 주로 두고 이 베이스저항과 베이스단자와 병렬인 상태에서 그라운드로 연결되는 R_2 저항을 달아 dc에서 V_{CC} 를 통해 들어오는 노이즈문제를 해결할수있다. V_{CC} 로 노이즈가 들어오면 노이즈로 인해 I_B 전류가 흔들려 즉 동작점이 변경될 수 있다. 이러한 노이즈를 전류가 클때 상대적으로 노이즈가 작아보이는 걸로 무시하게 만들수 있는데 R_2 를 달면 R_1 에 흐르는 전류가 베이스전류+ R_2 전류로 더많은 R_1 전류가 필요하게 되는걸로 봐도 되고 종합적으로 R_2 가 있든없든 R_1 아래의 베이스단쪽의 전압은 액티브에서 일정하니 결정되어 R_1 에 흐르는 전류는 R_1 에 의해 결정됨 거기에서 R_2 를 달면 전부 베이스로 가던 전류중 일부가 R_2 로 가게됨 그래서 I_B 가 매우 크면 노이즈에 줄고 대신 바이어스 설정문제가 생기고 I_B 가 작으면 동작점이 흔들려 출력이 불안정해지는 대신 적당한 위치에 동작점이 위치했을땐 바이어스가 좋다. 결론적으로 R_2 가 있어서 베이스전류가 뺏기긴하지만 R_1 을 작게해서 전류를 증가시키면 베이스전류가 증가한다 즉 R_2 를 넣어서 R_1 값을 작게 하여 전류 증가 시키고 R_2 값에따라 베이스전류 조절가능하다 다만 ac해석에서 입력저항구할때 보통 입력저항이 R_1, R_2 의 병렬값이 들어가게되는데 병렬이므로 그만큼 입력저항이 작으니 부하효과가 발생해 제대로 입력이 전달되지않는다 mos에서도 입력저항 출력저항 구했던것도 입력저항이 커야 신호를 잘 받고 출력저항이 작아야 신호를 잘 넘겨줄 수 있다.

active load(fet, bjt, opamp 다 사용가능)

ACTIVE LOAD란 active 즉 tr이나 opamp로 저항을 만든다는 것으로 여기서는 컬렉터 저항

대신 pnp을 이용한 회로로 npn의 컬렉터에 pnp의 컬렉터를 연결한다. 자세한 회로는 책에 있다. 효과는 두가지이다. 첫째, 작은 v_{cc} 전압으로 큰 R_C 가 사용가능하다. 설명하자면 출력 전압은 R_C 에 비례하기 때문에 증폭률이 커질수록 R_C 도 커진다. 그러면 i_C 전류가 i_B 에 의해 정해지면 $R_C \cdot i_C$ 가 R_C 가 크니 V_{CC} 도 큰 값이어야 한다. 여기서 문제는 v_{cc} 가 크다는 것이니 R_C 에 흐르는 전류가 감소하면 v_{cc} 또한 감소한다. 당연히 v_{cc} 를 고려하니 dc 해석이고 R_C 에 흐르는 전류가 감소하려면 R_C 에 병렬로 전류원이 있으면 그만큼 저항에 흐르는 전류가 감소할거고 두개의 전류가 합친게 컬렉터 전류이니 컬렉터 전류에는 영향을 안준다. 그렇게 되면 ac 해석에서 R_C 에 병렬인 전류원은 dc 전류이니 없어지고 r_C 만 남아 증폭률에 변화도 없어 문제없다. pnp 트를 npn의 컬렉터에 달면 둘의 컬렉터가 연결되니 컬렉터 전류가 같고 pnp의 베이스를 통해 i_C 전류가 결정되니 i_C 가 커서 컬렉터 저항으로 인해 v_{cc} 가 큰 문제가 해결된다. 그리고 두 번째 효과는 트를 쓰기 때문에 칩의 면적이 감소하는 즉 집적도가 좋아진다. 액티브로드는 칩 설계시 주로 사용하니 용도만 알면된다.

다이오드 내용

드리프트 전류(다이오드 역방향 전압에서 주된 전류임)(디플리션 영역의 이온에 의해)

(이렇게 발생한 전류가 리버스 세추레이션 커런트 = 포화 역방향 전류임)

- 드리프트 전류의 원리는 일렉트릭 필드에 의해 힘을 받아 전자의 속도가 증가하고 그로 인해 전류가 발생하는 방식이라 필드 증가하면 속도 증가하고 전류 증가한다.

그리고 일렉트릭 필드 $E = V_{\text{전압}} / d_{\text{거리}}$ 임

먼저 fet의 채널이 디플리션 영역을 의미한다는걸 알아야한다. 그리고 디플리션 영역이 늘어난다는건 드리프트 전류로 보면 일렉트릭 필드가 증가한다는거고 그러면 전자의 속도가 증가하고 그래서 전류가 증가하는걸 의미한다. pn 역방향 바이어스일때 당연히 디플리션 영역이 증가함 즉 문턱 전압 + 역방향 바이어스 크기 만큼의 전압이 다이오드에 걸리게되는게 역방향 바이어스로 디플리션 영역이 넓어져서 그런거임

그러면 역방향 포화 전류란 디플리션 영역이 증가해 만들어지는 전자-홀 쌍이 일렉트릭 필드에 의해 이끌려서 만들어지는 드리프트 전류를 의미함

디퓨전 전류(다이오드 순방향 전압에서 주된 전류임)(마이너스 캐리어 분포에 의해)

- 디퓨전이란 농도가 높은 곳에서 낮은 곳으로 이동하는 것으로 순방향 바이어스의 경우 문턱 전압만큼의 전압만을 다이오드가 가져 디퓨전이 쉽게 일어나 p의 홀이 농도가 낮은 n의 홀으로 이동하고 n의 전자가 농도가 낮은 p의 전자 쪽으로 이동한다. 이렇게 해서 디퓨전 전류가 발생하게 된다. 이때 드리프트 전류도 있지만 작아서 생각하지 않아도 된다. 그리고 이렇게 이동된 홀의 경우 n의 전극이 있는 곳으로 이동할수록 전자-홀 재결합에 의해 사라져 평형 상태의 홀의 농도를 가지게 된다.

그래서 bjt의 증폭기 커패시터는 베이스 기준 순방향인 이미터와 역방향인 컬렉터 때문에 각각의 커패시터 크기가 정해지는 거임 커패시터의 위치는 모드에 상관없이 같고 크기가 모드에 따라 달라지는 거임 애초에 세추와 컷오프 모드는 증폭에 쓰지 않으니 ac 모드를 신경 안써도 됨

- 다이오드 온도 특성은 온도가 증가할수록 낮은 문턱 전압 가져 더 낮은 전압에서 빨리 증가

-breakdown이거 항복전압이고 역방향전압이 상승하다 어느순간 매우큰 전류가 발생하는걸 의미하고 이걸 이용한게 제너,쇼트키 다이오드임 두 개는 구성 물질이 다름

-다이오드의 스위칭 과도현상:다이오드의 바이어스가 순방향에서 역방향으로 바뀔 때 전류 파형이 순방향전류 $I_F = (V_F - (V_1 + V_2)) / R_F$ 인 양의 전류가 역방향으로 바뀌면 바로 전류가 0이 되는게 아닌 $-I_R$ 값이 된 후 약간의 시간동안 값 유지한후 0으로 감소한다.
 $I_R = (V_R + (V_1 + V_2)) / R_R$

-다이오드 이상적 해석

다이오드가 순방향시 전압가지지 않으니 쇼트취급하면됨

다이오드가 역방향시 전류흐르지 않으니 오픈 취급

-다이오드 실제 dc해석시

순방향시 다이오드가 저항과 문턱전압원의 직렬관계로 해석

역방향시 오픈 취급

-포토다이오드는 제너다이오드처럼 역방향으로 배치하면 빛이 들어오는 양에 따라 전류가 증가함 그래서 광유무파악하는 광센서나 광유무에 세기까지 알수있는 광통신에 사용됨

-led는 전류의 세기에따라 방출하는 빛의 세기가 달라짐 색깔은 에너지 밴드갭따라 달라 빨강이 제일 밴드갭작음 낮은 에너지쪽임

-쇼트키다이오드는 다이오드와 역할이 같고 다만 문턱전압이 0.3~0.4v로 작다

-제너다이오드는 일반다이오드와 같은데 그냥 역방향으로 다는거라고 보면된다. 당연히 역방향으로 전류가 흐르고 역방향으로 전압이 걸린다. 등가회로도 일반다이오드의 dc등가회로와 같다. 특성은 항복전압을 문턱전압으로 보였되서 항복전압이하에서는 전류 안흐르고 항복전압보다 크면 매우 큰 전류 흐른다. 일반다이오드와 특성이 같아보일수 있지만 일반다이오드는 순차적으로 상승하는 느낌이고 이건 매우 가파르게 상승한다. 주로 병렬로 연결하기 때문에 on되면 거의 항복전압크기를 가져서 정전압의 역할을 하게 된다.

-일반다이오드는 dc 등가회로는 저항과 전압원(문턱전압)이 직렬연결된 모습이고

ac등가회로는 저항과 Cd,CJ 총 세 개의 소자가 병렬연결된 모습이다. 역방향 바이어스시 CJ가 크고 순방향 바이어스시 Cd가 크다.

-dc신호와 ac신호 다이오드는 굳이 어렵게 생각하지 말고 그냥 문턱전압 이상일 때 문턱전압만큼의 전압원만 있는 거고 문턱전압 이하일 때 오픈이라 생각하면 편함 그래서 굳이 앞에서처럼 등가회로 고민하지말고 그냥 내부에 저항도 있고 커패시턴스도 있다 생각하자.

-하프 웨이브 정류회로, 풀웨이브 정류회로, 브릿지 정류회로

-다이오드로 정류하여 dc성분을 만들어 낸 후 c를 병렬로 연결하면 c가 필터역할을 해서 ac성분을 제거한다. 그리고 c또한 방전해야 하기 때문에 r을 병렬로 연결하여 총방전이 일어나는데 이것은 rc회로로 과도상태니까 시상수 타우가 rc이다. 이렇게 과도상태가 진행할 때 전압의 최대와 최소의 차가 리플 전압이 되고 최대일 때 까지 다이오드가 on되고 감소 시작할 때 바로 off 된다 생각할 수 있지만 실상은 c의 전류는 미분치이고 r의 전류는 옴의 법칙으로 성립하여 두 개의 전류가 같아야한다. 그런데 최대 전압에서 c의 전류는 미분치가 0이기 때문에 0이고 r의 전류는 0이 아니기 때문에 다이오드를 통해 전류가 약간의 시간동안 공급되어야 두 개의 전류가 같게 된다. 그래서 감소하는 기울기가 타우가 될 때까지 다이오드가 on되다가 타우가 된 순간 즉 미분치와 옴의법칙으로 나온 전류가 같아지게 되는 순간 다이오드가 off 되게된다. 그냥 알고만 있으면 됨

-리플 전압 공식: $V_r = V_M - V_L = (V_m - V_{\text{문턱전압}}) * T(\text{주기}) / \tau(\text{타우시상수})$

리플전압을 낮추기 위해 시상수 즉 rc 를 증가시키면 되지만 r 을 증가시키면 전류가 감소하는 문제가 c 를 증가시키면 c 의 크기 및 비용이 커지는 문제가 발생 그래서 T 를 감소시키면 되는데 이게 반파 정류대신 전파정류를 사용해서 리플전압을 감소시키는거에 적용되는거임
전파정류는 반파정류에 비해 주파수가 2배니까 주기가 절반이라 그만큼 리플이 적어짐

-**커패시터**에서 전류가 들어오는 방향이면 충전중이라 생각하면 되고 전류가 나가는 방향이면 방전중이라 생각하면 됨 즉 **전류의 방향에 따라 커패시터의 상태를 판단하면 됨**. 만약 전류가 안흐른다면 충전도 방전도 일어나지 않는 상태임

- rc 방전 일 때 어떻게 보면 rc 가 병렬로 되어있는거로 볼 수 도 있지만 다이오드가 off이니 r 과 c 는 직렬 상태로 연결된거임 그래서 시상수 타우가 rc 인건 r 과 c 가 직렬로 연결되어있는 상태에서 말한거임 그래서 저항없이 c 만 연결된 경우는 시상수가 0이기 때문에 매우 빠르게 전압 상승함 참고적으로 다이오드 다음에 c 는 다이오드에 저항이 있기 때문에 이상적인 경우가 아니라면 시상수 값이 존재함 다만 내부저항이 작으므로 낮은 시상수 값을 가질거임. 이렇게 생각하면 c 와 rc 가 병렬로 되어있을 때 혼자있는 c 가 더빠르게 충전되는 이유를 설명할 수 있게됨.

-**결론**: 다이오드랑 커패시터 이런거 있을 때 다이오드의 on,off를 먼저 생각한 후 c 에 흐르는 전류나 전압이 어떻게 될지 판단하는게 회로 해석할 때 편함.

즉 다이오드 온일 때 다이오드에 흐르는전류 양일 조건 만족하는 다이오드부분에 문턱전압 만큼의 전원이 있는 등가회로 그리면 되고 다이오드 오프일 때 다이오드전압 문턱전압 이하를 만족하는 다이오드 부분 오픈인 등가회로 그리면됨 그렇게해서 전달함수 구하면 회로 쉽게 파악가능 근데 그냥 대충 파악할때는 이상적으로 on 쇼트 off 오픈으로 해서 해석하면됨 전원은 ac,dc상관없이 다 이런식으로 해석가능

다이오드 양쪽 본후 캐소드 쪽의 전압이 더 작으면 on이니 쇼트로 직관적으로 해석하는 이런식임

-클리퍼회로,볼티지더블러,클램프회로 이런회로는 전압을 **마이너스무한대부터 주면서 다이오드의 흐름을 본 후 파형을 분석**하면 편함 다이오드가 여러개라도 변화는 1개씩 일어나고 개수+1개가 총 변화의 수임 그리고 다이오드 변화는 한개씩 변화하고 전원의 전압을 마이너스 무한대에서부터 높여가면서 변화를 보면됨.

-**클리퍼회로**는 리미트회로로 특정전압 이상이나 이하 나오지 않게 제한하는 회로이고

볼티지더블러는 교류신호를 직류신호로 바꾸고 전압2배로만듬

클램프회로는 교류신호에 직류신호를 추가해 원하느만큼 시프트 시킴

-다이오드로 디지털로직을 만드는데 and,or이런걸 말하며 H,L가 기준임 or게이트는 전압이 계속 감소한다는 단점이있어 인버터회로로 전압 증가시켜 nor 게이트만들고 and는 and게이트는 전압이 계속 증가한다는 단점이있어 인버터회로로 전압 감소시켜 nand 게이트만듬.

인버터회로는 트랜지스터로 만들면됨 인버터는 not게이트를 의미함.

키워드

긍정적: 발전적, 기본기, 성찰, 복습, 지식 나누기, 협력, 긍정적, 통제
부정적: 겁 많음, 게으름, 나태함, 안일함, 우유부단, 낮은 자신감

팔로워형

:리더형이 되기전 팔로워형으로 써 배우고 성장해야한다 생각

이전까지는 겁이 많아 주로 남들을 따라 가는 역할을 자주 하였지만 겁을 이겨내기 위해 먼저 다른 사람들 밑에서 배우고 성장해 제가 해당 프로젝트를 맡을 충분한 지식과 경험이 있다면 다른 사람들을 이끌며 프로젝트를 진행해 보고 싶다. 하고 싶은건 하지말고 하기 싫은건 하자 라는 생각으로 두려움을 없애고 있다. 그리고 지속적인 성찰과 성찰에서 얻은 결과물의 복습 그리고 가장 중요한 기본기에 집중해서 성장한다.

그리고 가장 중요한 팀원과 회사를 생각하며 남들에게 피해주지 않고 말은바 소임을 다 할 것이다.

내가 생각하는 삶의 방향

1. **나에 대한 통제** : 시간에 휩쓸리지 않고 내가 주체적으로 시간을 보내 만족스러운 하루 만듦
2. **적극성 및 몰입** : 더욱 나은 방법으로 재밌게 즐기고 성장하여 알찬 하루가 됨
3. **피드백 및 복습** : 내가 경험했던 감정, 상황, 해결책 등을 유념하며 인생을 살아 발전적이고 내가 생각하는 인생의 중요한 요소를 상기시킴
(전공, 일기, 추억, 성찰으로 소중한 것을 잃지 말자.)
(복습을 습관화해 나태함과 안일함을 없애자.)
4. **가장 중요한건 기본기** : 모든 핵심은 기본기에서 나와 문제의 해결 및 원인을 기본기에서 찾도록 해서 빠른 실력향상과 일처리가 가능함
5. **인정 후 긍정적인 사고** : 불안과 긴장, 자책과 같은 부정적인 감정을 인정하고 긍정적인 사고를 해서 자신감? 행복감?으로 만듦
6. **도전정신** : 최고가 되기는 힘들지라도 뛰어난 수준 까지는 충분히 노력과 경험으로
이룰 수 있다는 생각으로 기본에 집중해 성장함
7. **나의 사고관에서 벗어나기** : 고집, 첫불리 남을 평가, 내가 옳으니 니가 상처받아도
어쩔수 없어와 같은 닫힌 사고를 열린 사고로 바꿔 부정적이고 도전하지 않는 나약한 사람을 벗어나자. 가끔은 이성적이고 냉정하게 생각하며 상황판단하기
8. 내가 만족해야 나 뿐만 아니라 나의 주변 사람들과 더 좋은 미래를 위해 생각하고 같이 시간을 보낼 수 있으니 위의 방법들을 꾸준히 복습하여 성숙한 사람이 되자.
부모님, 친구, 내가 소중하게 생각하는 모든 사람들과 행복하게 시간을 보내자!
9. 어차피 할거면 확실하게 아는척, 우유부단, 망설이지 말고 당당하게 내가 원하는 거 하는데 겁먹을 필요가 뭐가 있냐라는 생각으로 삶을 살기

나의 부정적인면

: 위의 항목을 지키지 못했을 때의 모습

나태, 안일, 우유부단, 나 뿐만 아니라 주변 모두에게 최선을 다하지 않음, 부정적인 생각, 도전에 대한 두려움, 자책, 포기, 이기적인 생각 및 행동, 그래도 나 정도면 괜찮다는 결과물 없는 막연한 생각

-매사에 최선을 다하는 삶을 원함 최선을다는건 매우 열심히 한다는 뜻이지만 내가 여기서 말한 **최선은 적극적으로 즐기고 몰입하자는 거임** 놀 때는 더 재밌게 놀려고 방법을 찾아도보고 온전히 거기에 몰입하는거임 공부나 운동 일할때도 마찬가지
집중력이 약한 나는 몰입하는 연습을 해야함 그래야 불면증도 사라지고 나의 이런 잡생각들을 줄일수 있을것임

-**나에 대해 파악하려고 노력하고 이를 바탕으로 해결책을 생각함.** 나는 인내력이 약하여 이것만 하고 공부해야지 운동해야지 이런 내가 가진 목표를 실패할 때가 많았음 그래서 공부할 땐 공부가 잘될 만한 장소를 만들거나 핸드폰의 유튜브와 같이 내가 도피하기 위해 사용할만한 흥밋거리를 없앴. 그래서 현재는 공부하기 좋은 환경을 만들고 내가 만든 규칙을 지키려함

1.복습 한가지하기. 2.놓지 않기. 3.하루 8시간이상 앉아있고 그 이후는 무얼해도 만족하기.

-**단순히 흘러가는대로 하루를 보내는게 아닌 내가 정말 원하고 하고 싶은것들로 하루를 보내고 싶음.** 그래서 해야할 일이 싫어 유튜브나 웹툰으로 시간을 보냄 내가 유튜브나 웹툰을 보고 싶어서 본다면 오히려 좋지만 회피하기 위해 선택하는 점이 문제가 됨. 그래서 나에게 대한 통제가 어느정도 필요함 위에 적은거 말하는거임.

-**노력으로 높은 재능을 따라가지 못하더라도 뒤는 따라갈 수 있다 생각함.** 아무리 약한부분이 있어도 계속해서 도전하고 시도한다면 어느 정도의 경지를 이룰수 있음. 나는 나 자신이 특별한 재능이 없어 약하다 포기하지말고 내가 최고가 되진 못해도 어느정도 잘하는 수준까지 만들 수 있을 것이다.

예를들어 운동은 난 정말 왜소하고 별명도 비실이 였지만 운동을하며 살도 찌우고 체격도 만들어가는 중이다 이를 위해 목표를 위한 효율적인 방법과 제대로된 운동방법에 집중했다. 결과적으로 남들이 감탄할만한 몸은 아니지만 어디가서 크게 무시받지는 않는것 같다.
운동말고도 노래, 농구, 공부에서도 똑같이 적용된 것 같다.

-**탄탄한 기본기를 중요하다고 생각함. 기본기를 갖추는게 잘하기 위한 첫걸음**이라 생각하여 운동이든 노래든 공부든 가장 핵심이 되는 원리를 파악하고 거기에 집중하면 연습함. 기본기가 어느정도 잡힌 이후에 부족하다 느끼는 부분을 채워나가면서 실력 향상에 노력함

-**문제를 명확히 알아야 해결책을 마련할 수 있어 문제의 원인에 집중하고 기본이 되는 가장 중요한게 무엇인지에 집중하며 해결책을 제시함.** gsat 시험을 치는데 시간이 부족한 경우 내가 왜 시간이 부족한 걸까 고민하고 내가 지문의 핵심내용 파악이 느린게 원인이구나 그러면 지문을 확실하게 인식하는게 중요하니 핵심단어를 먼저 파악하고 기억하면서 지문을 읽어 불필요한 정보를 걸러내보자. 전공의 경우 무슨회로지 무슨 문제가 발생할 수 있지? 이런걸 소자의 특성과 소자에서 주로 발생하는 문제에 집중해서 그 소자의 문제를 해결할 수 있는 방법을 전체 회로를 볼때도 적용하며 문제를 해결하면 됨. 수능과목,운동 등 등 더 많음

-**경험의 피드백과 얻은 지식을 복습하는게 중요하다고 생각.** 복습은 귀찮지만 복습을 생활

화하며 복습하는걸 익숙하게 만들어야 내 인생이 더 발전적일거라고 생각함. 힘들게 얻은 정보와 경험들을 복습을 하지 않아 다음에 더 긴시간을 통해 파악하고 이런 점들이 내가 예전에 공부를 못했던 이유이다.

-**편한 복습을 위해 요약노트를 만든다.** 위에서와 같이 가장 중요한 복습을 위해선 복습이 편해야 한다. 이를 위해 전공요약노트, 기술노트등을 작성해 다음에 소비할 시간을 줄인다. 작성할 때는 긴시간이 걸리지만 내가 앞으로 계속해서 이용할 지식이다.

-**부정적인 감정을 부정하여 없애는게 아닌 인정하고 긍정적으로 생각하려함.** 나 지금 긴장했네 이거 은근 재밌네. 면접전에 지금 떨리는게 정상이고 난 저사람들한테 날 소개하고 발표하려니까 저 사람들이 어떻게 나를 생각할지가 기대된다. 곧 시험이라 지금 불안하네 근데 나 그동안 열심히 준비했는데 꼭 내실력 보여줘야지! **이렇게 불안하고 떨리는건 내가 성장하거나 목표를 향해 달려갈 때 주로 나타나는 반응이니 이거 행복한데?**

-**내가 항상 옳은게 아니란걸 알게됨.** 내가 생각하는게 조금이라도 더 맞을거야 이렇게 닫힌 사고로 인해 성장할 수 있는 좋은기회와 내 인생을 제한 시킨거 같다. **상대의 조언에 공감해보고 한번 시도라도 해보는 도전정신을 기르자.**