전원 회로 설계 및 구성 소자의 이해

Ver 1.2_2021.04.26

mouser.com

gunuedu@gmail.com

목차 - 1

- 이상적인 전기 소자에 대한 이해 4/74(2)
- 전원 공급기(Power Supply) 6/74(1)
- 정류회로(Rectification Circuit) 7/74(5)
- 평활회로(Smoothing Circuit) 12/74(2)
- 돌입전류(Inrush Current) 14/74(2)
- 전압 안정화 방식 16/74(1)
- 전압 안정화 회로(정전압 다이오드) 17/74(2)
- 전압 안정화 회로(분류 조절기) 19/74(2)
- 전압 안정화 회로(시리즈 레귤레이터) 21/74(4)
- 시리즈 레귤레이터 IC를 사용한 전원공급기 구현 25/74(4)
- 시리즈 레귤레이터 IC를 사용한 응용 회로(78XX) 29/74(3)
- 시리즈 레귤레이터 IC를 사용한 응용 회로(LM317) 32/74(6)
- 시리즈 레귤레이터 IC를 사용한 응용 회로(MAX610) 38/74(3)
- 스위칭 레귤레이터 41/74(5)
- 스위칭 레귤레이터에 사용되는 개별 소자(인덕터) 46/74(2)
- 스위칭 레귤레이터에 사용되는 개별 소자(커패시터) 48/74(2)
- 스위칭 레귤레이터에 사용되는 개별 소자(트랜스) 50/74(1)
- 스위칭 레귤레이터에 사용되는 개별 소자(다이오드) 51/74(2)
- 스위칭 레귤레이터에 사용되는 개별 소자(트랜지스터) 53/74(2)
- 초퍼 방식 스위칭 레귤레이터 55/74(1)
- 초크 코일의 설계(코어 재료) 56/74(1)
- 초크 코일의 설계(코일) 57/74(1)
- 초퍼 방식 스위칭 레귤레이터(강압형) 58/74(1)

목차 - 2

- 초퍼 방식 스위칭 레귤레이터(승압형) 59/74(1)
- 초퍼 방식 스위칭 레귤레이터(극성 반전형) 60/74(1)
- 초퍼 방식 스위칭 레귤레이터(승강압형) 61/74(1)
- 플라이백(flyback) 방식 스위칭 레귤레이터 62/74(2)
- 스너버(Snubber) 회로 64/74(1)
- 포워드(forward) 방식 스위칭 레귤레이터 65/74(1)
- 2석식 포워드(forward) 방식 스위칭 레귤레이터 66/74(1)
- 하프 브리지 방식 스위칭 레귤레이터 67/74(1)
- 기타 전원용 IC의 활용 68/74(2)
- 직류 고전압 발생 회로 70/74(1)
- 전원 공급기에서 발생하는 노이즈 감소 방법 71/74(2)
- 새로운 전원 공급기 고찰 73/74(1)

이상적인 전기 소자에 대한 이해 - 1

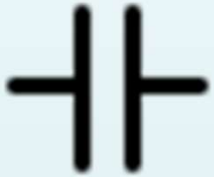
- 저항(R) : 전기에너지를 소비하는 소자

$$\dot{V} = \dot{I} \times R$$

- 인덕터(L) : 전하를 저장하는 소자(전기에너지를 자계의 형태로 저장)

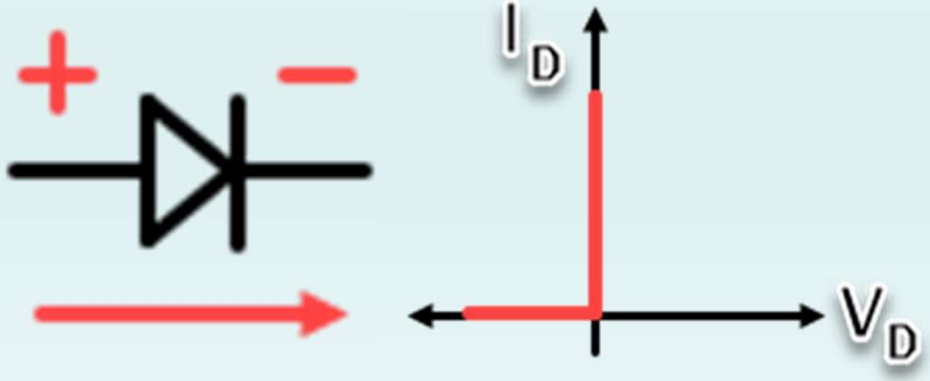
$$\dot{V} = \dot{I} \times j\omega L, \quad I_L(t) = \frac{1}{L}\int v(t) \cdot dt$$

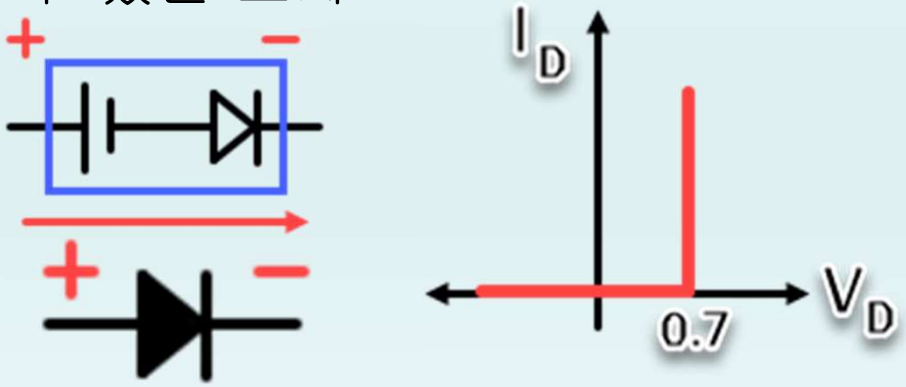
- 커패시터(C) : 전하를 저장하는 소자(전기에너지를 전계의 형태로 저장)



$$\dot{V} = \dot{I} \times \frac{1}{j\omega C}, \quad \mathrm{V_C}(t) = \frac{1}{\mathrm{C}}\int i(t) \cdot dt$$

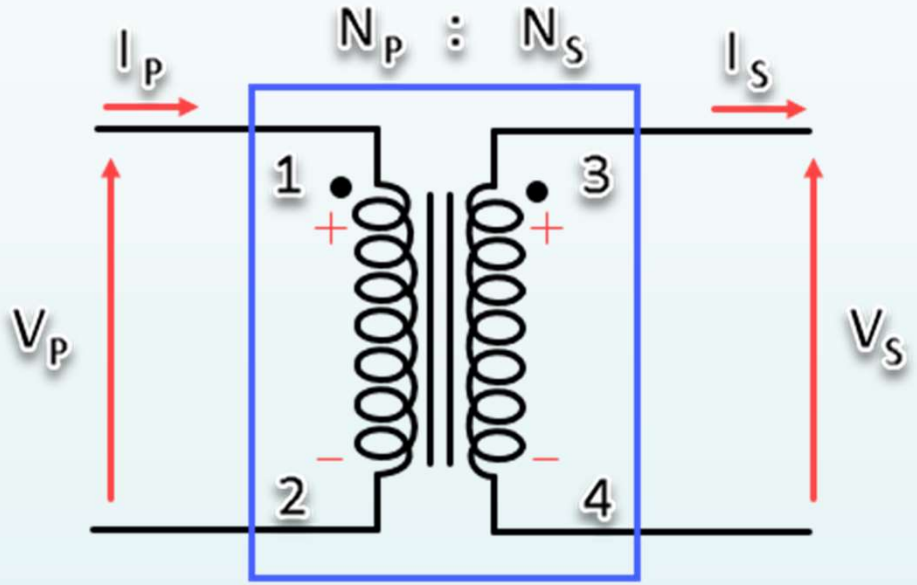
- 다이오드 : 전류가 단방향으로만 흐를 수 있는 소자





이상적인 전기 소자에 대한 이해 - 2

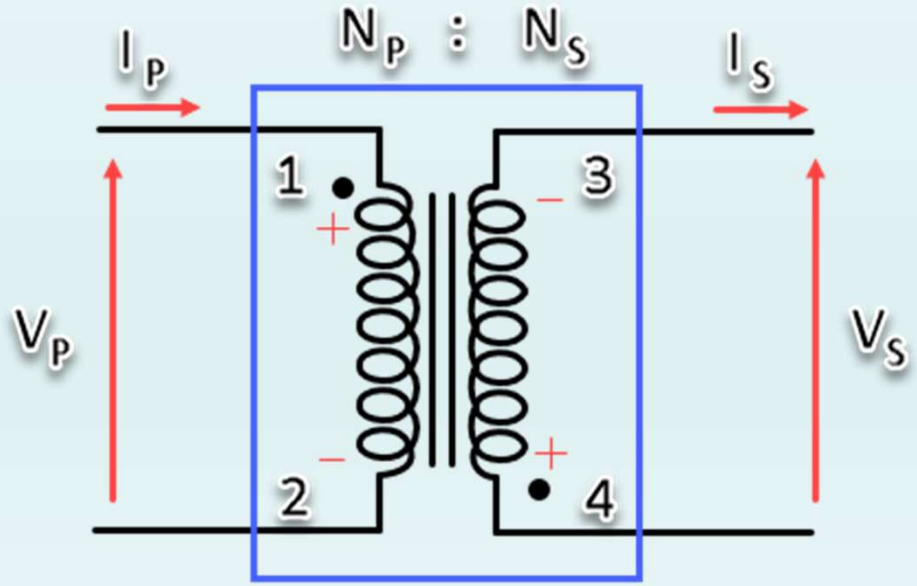
- 트랜스포머 : 전기에너지를 전달하는 소자



$$V_P \times I_P = V_S \times I_S$$

$$V_S = \frac{N_S}{N_P} V_P$$

$$I_S = \frac{N_P}{N_S} I_P$$



$$V_S = -\frac{N_S}{N_P} V_P$$

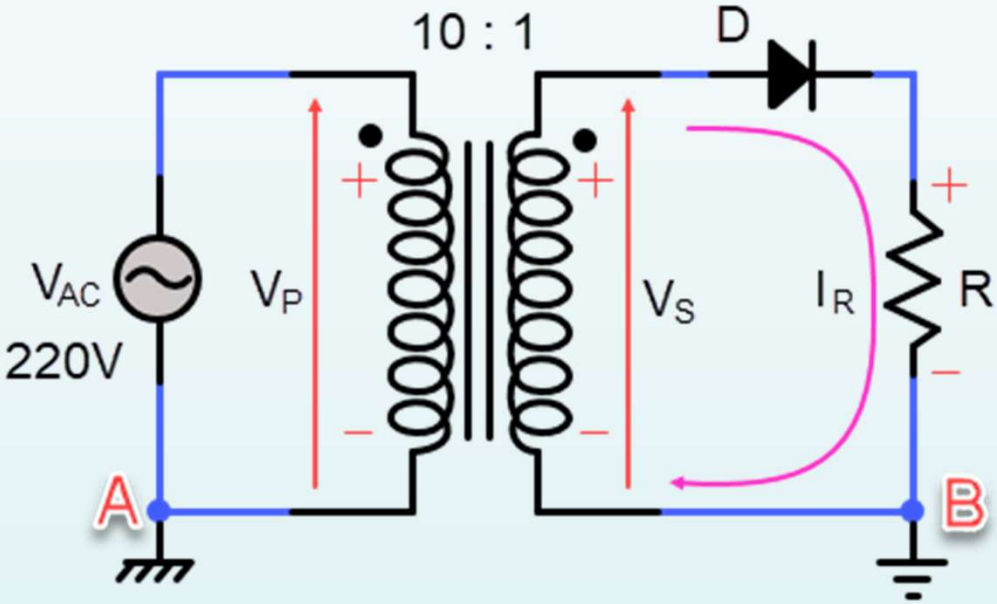
$$I_S = -\frac{N_P}{N_S} I_P$$

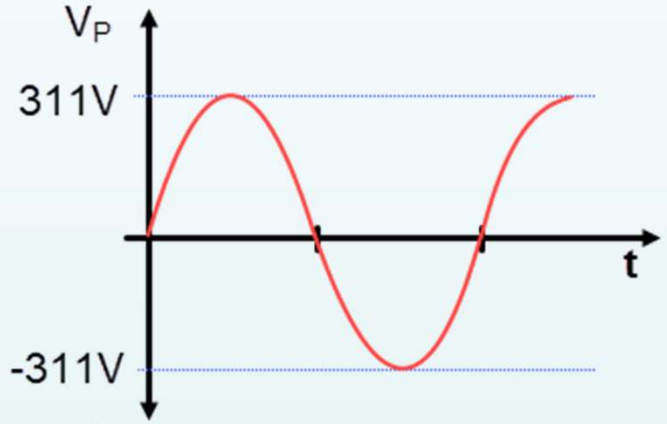
전원 공급기(Power Supply) - 1

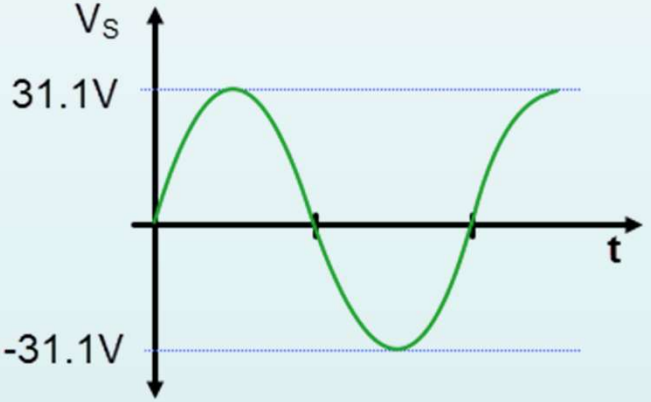
- 전원 공급기는 전자회로에 DC나 AC전압을 공급하기 위한 장치이다. 보통의 경우 전자회로는 DC를 공급한다. 이상적인 전원 공급기는 출력 전압을 유지하기 위하여 무한대의 전류를 공급 할 수 있어야 한다. 즉 출력 임피던스가 무한이라는 뜻이다. 그러나 실제 사용하는 전압 공급기는 출력 임피던스가 유한하다. 그러나 0에 가까운 값을 가지고 있다.
- 전압의 측정
  - 전압을 측정할 때는 기준이 있어야 한다. 그 기준점을 접지 기호로 표시한다. 접지 기호가 없을 경우 사용자가 회로의 임의의 곳을 전압 측정 기준으로 잡아도 된다. 대부분의 경우 전압 측정 기준점은 회로 설계 시에 설계자에 의하여 정해져 있다.
  - 또한 한 회로에 전압 측정 기준점이 여러 개가 있을 수도 있다.
    예) 아날로그 회로와 디지털 회로가 혼합되어 있는 회로의 접지
    상용전원을 전자회로에 사용하기 위하여 DC전원으로 만드는 스위칭 전원공급기 접지(상용전원의 접지, 전원공급기의 접지)
  - 신호 기준점의 기호

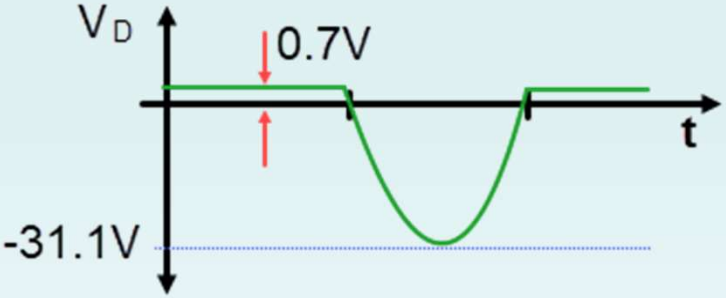
정류회로(Rectification Circuit) - 1

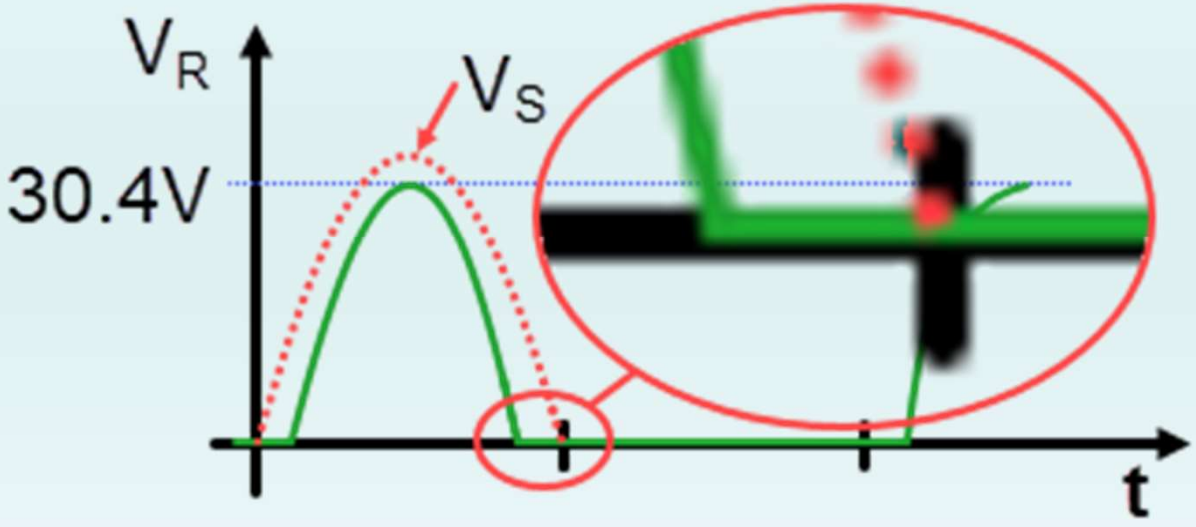
- 정류회로(整流回路, AC-DC변환기)-반파정류기(Half-Wave Rectifier)
  - 주로 상용전원 AC 220V를 DC로 변환 시키기 위한 회로이다.
  - 평균전압이 낮다. 회로 구성이 간단하다.





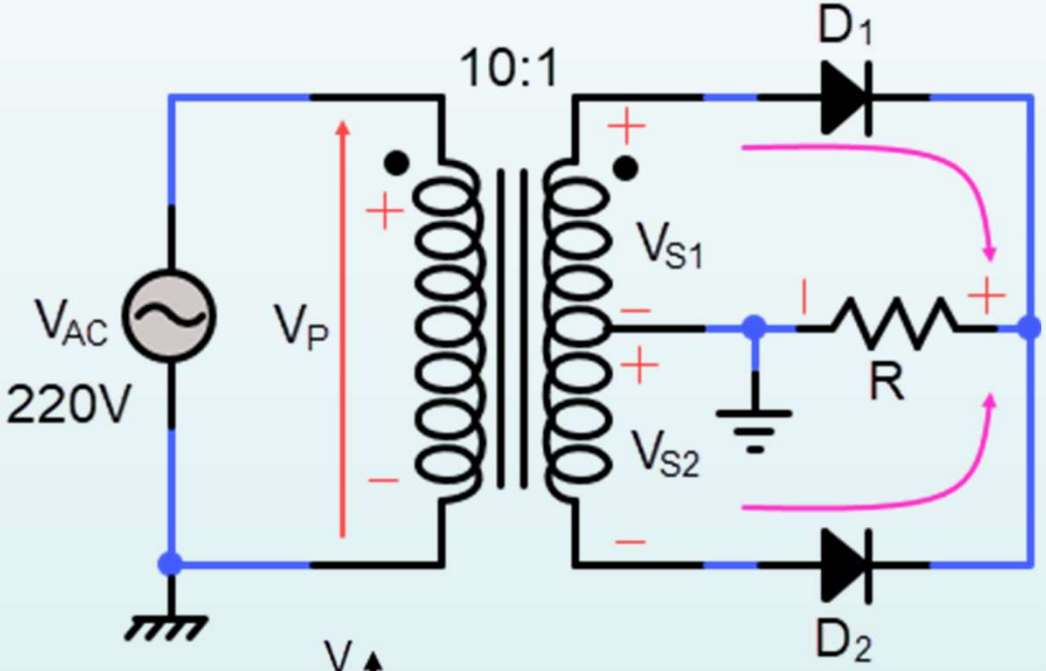


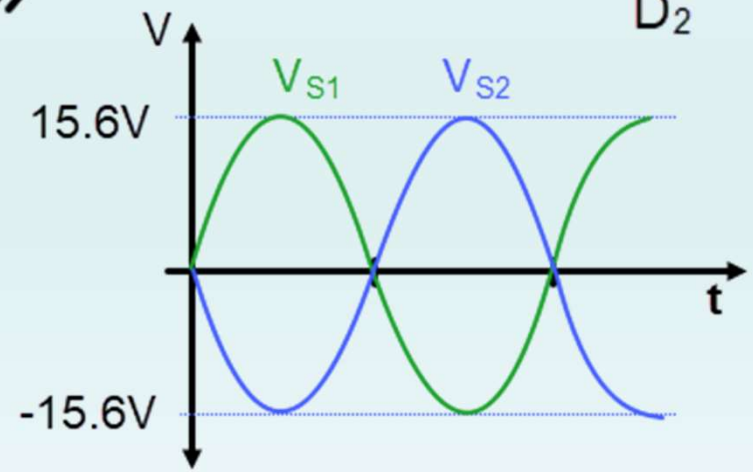


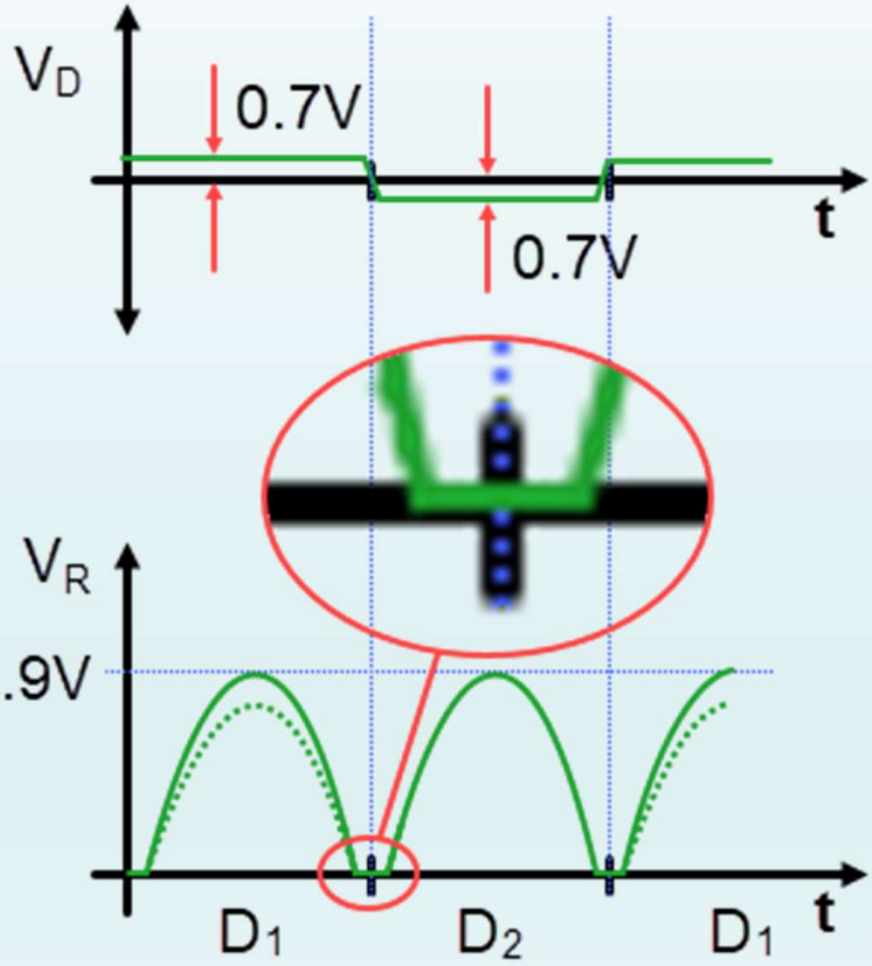


정류회로(Rectification Circuit) - 2

- 정류회로-전파 정류기(Full-Wave Rectifier) Type 1
  - 다이오드 2개를 사용하여 AC전원의 양파형을 사용하여 평균전압이 높다. 다이오드 2개를 사용해 반파 정류보다 전력전달 효율이 떨어진다.
  - 중간텝으로 인한 최대치 불일치가 생긴다.

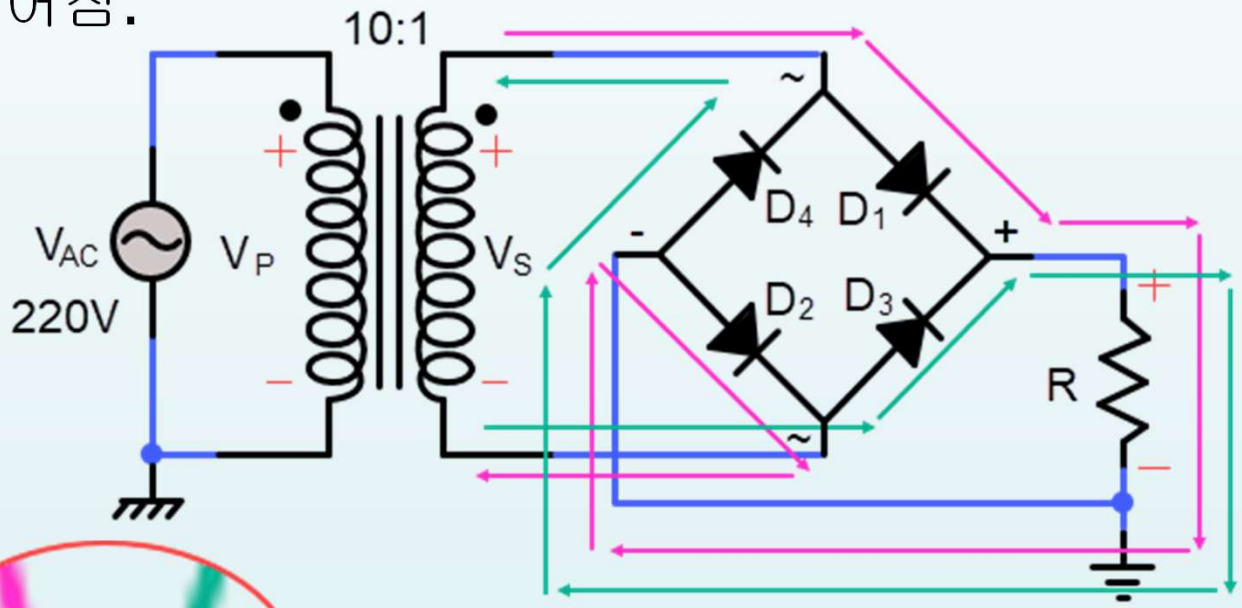


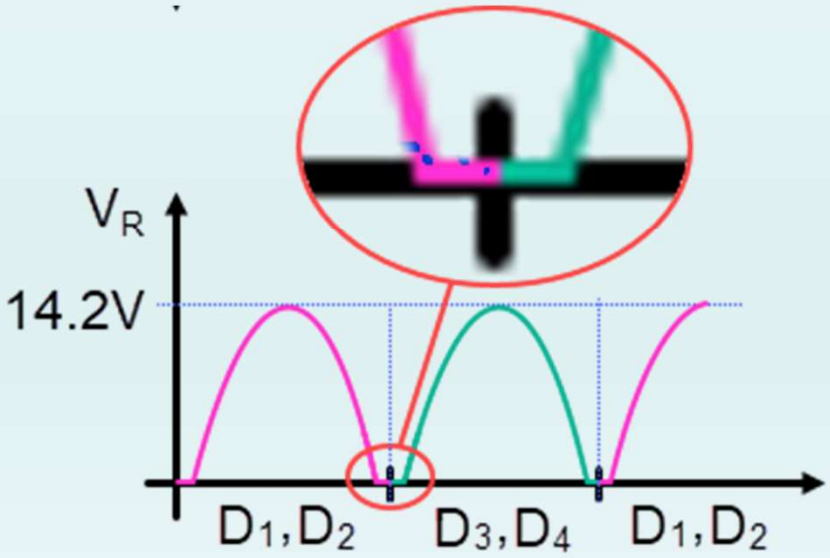


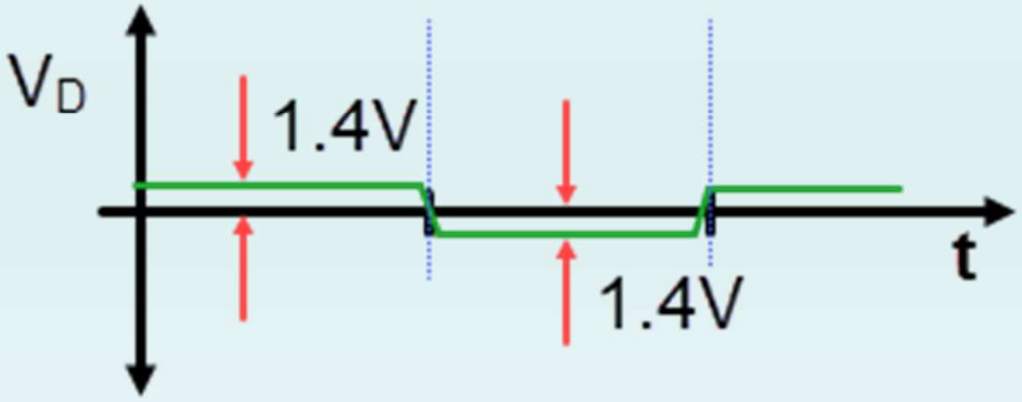


정류회로(Rectification Circuit) - 3

- 정류회로-전파 정류기(Full-Wave Rectifier) Type 2
  - 중간텝이 없어도 되며, V_S가 일정하다. 평균전압이 높다.
  - 다이오드가 4개가 쓰여 단가 및 전력소비가 증가하여 전력전달 효율이 떨어짐.

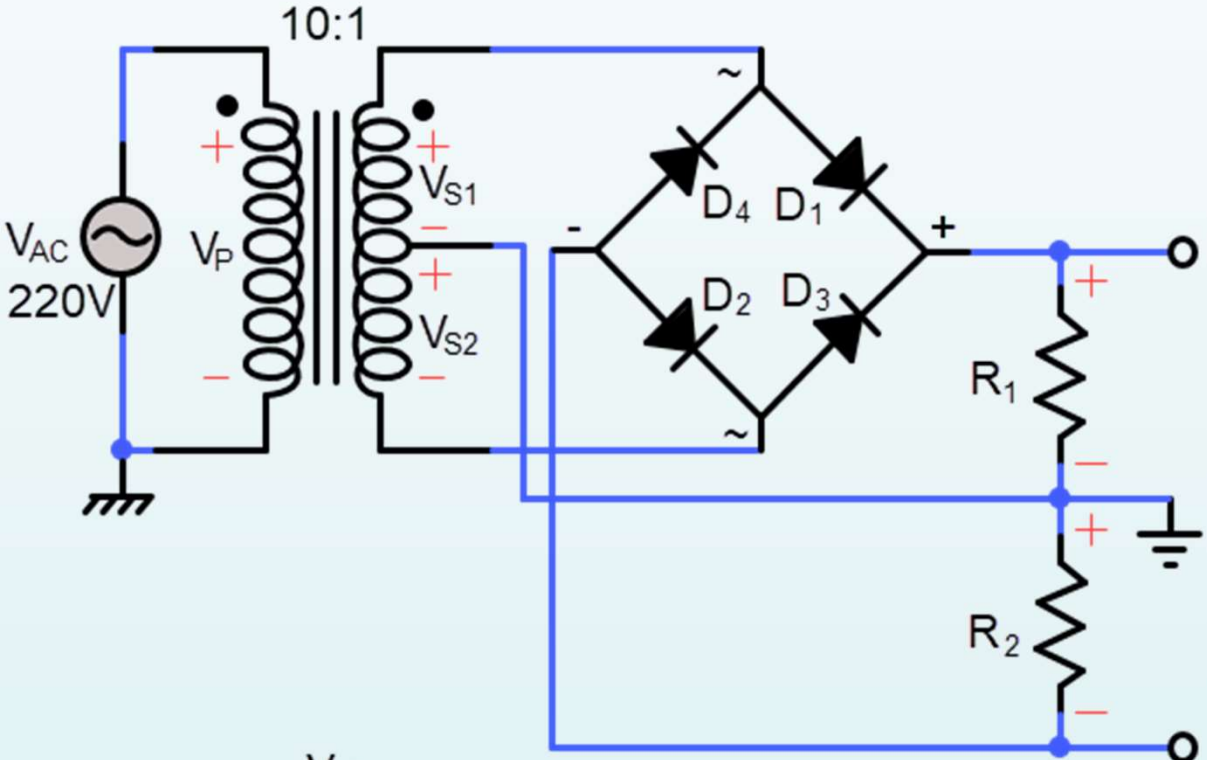


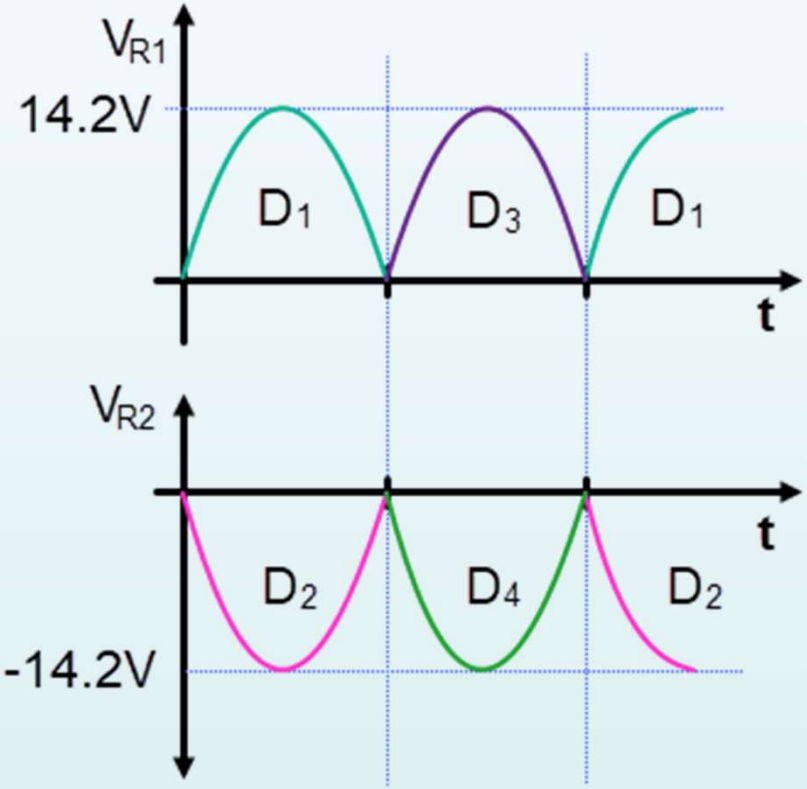


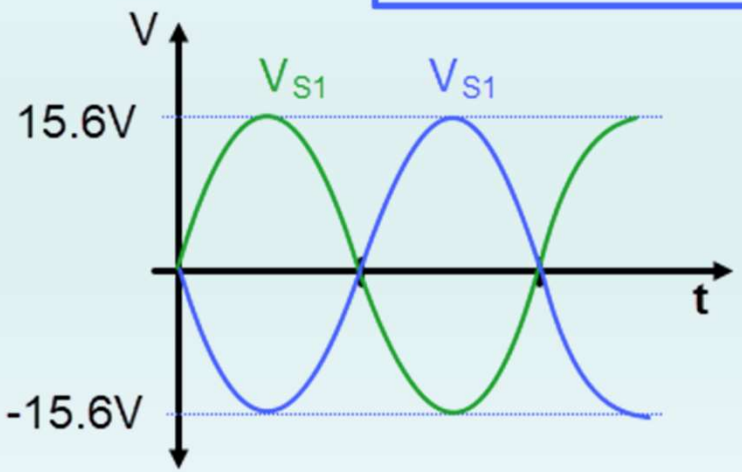


정류회로(Rectification Circuit) - 4

- 정류회로-전파 정류기(Full-Wave Rectifier) Type 3(양전원)



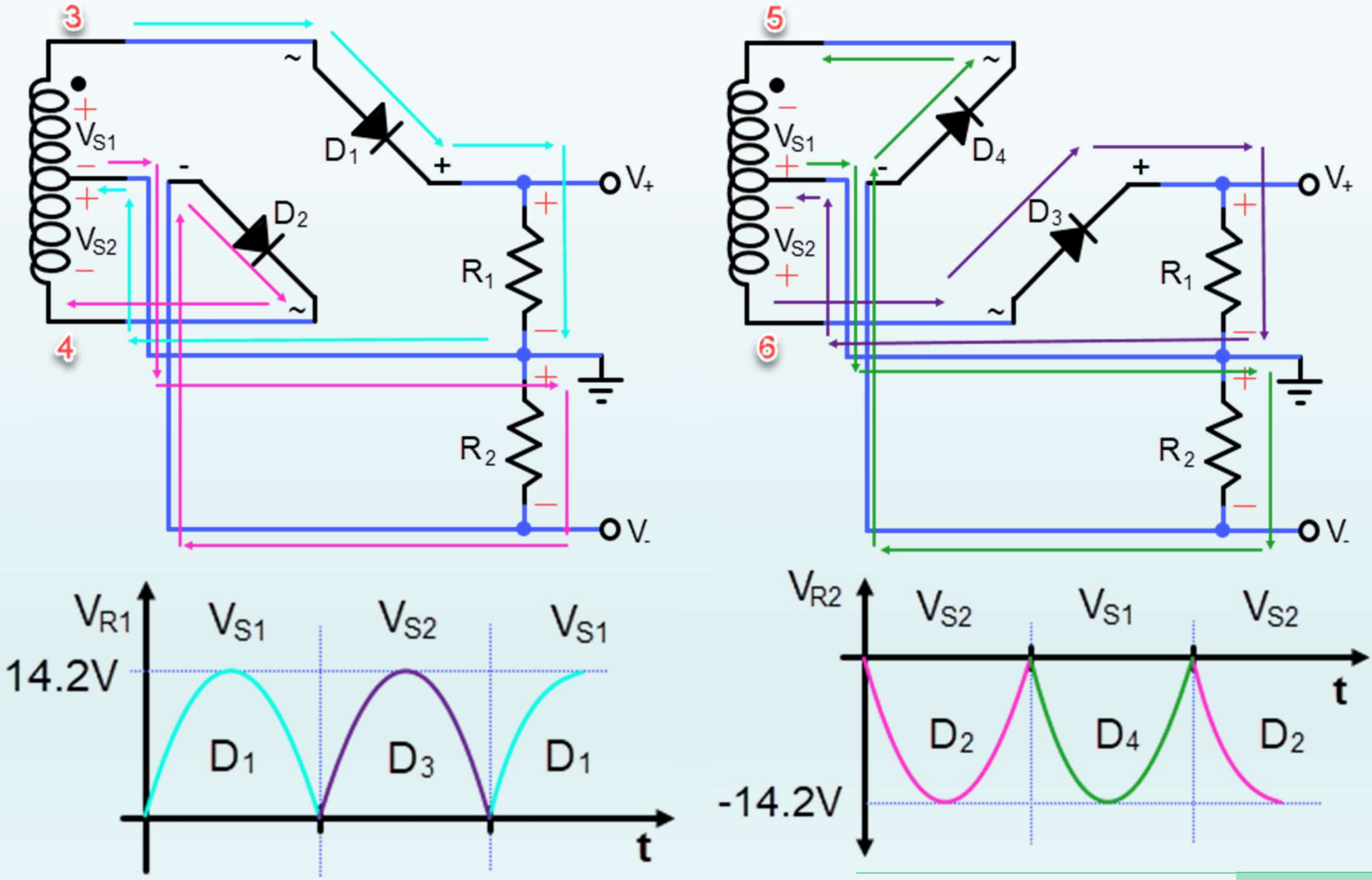




정류회로(Rectification Circuit) - 5

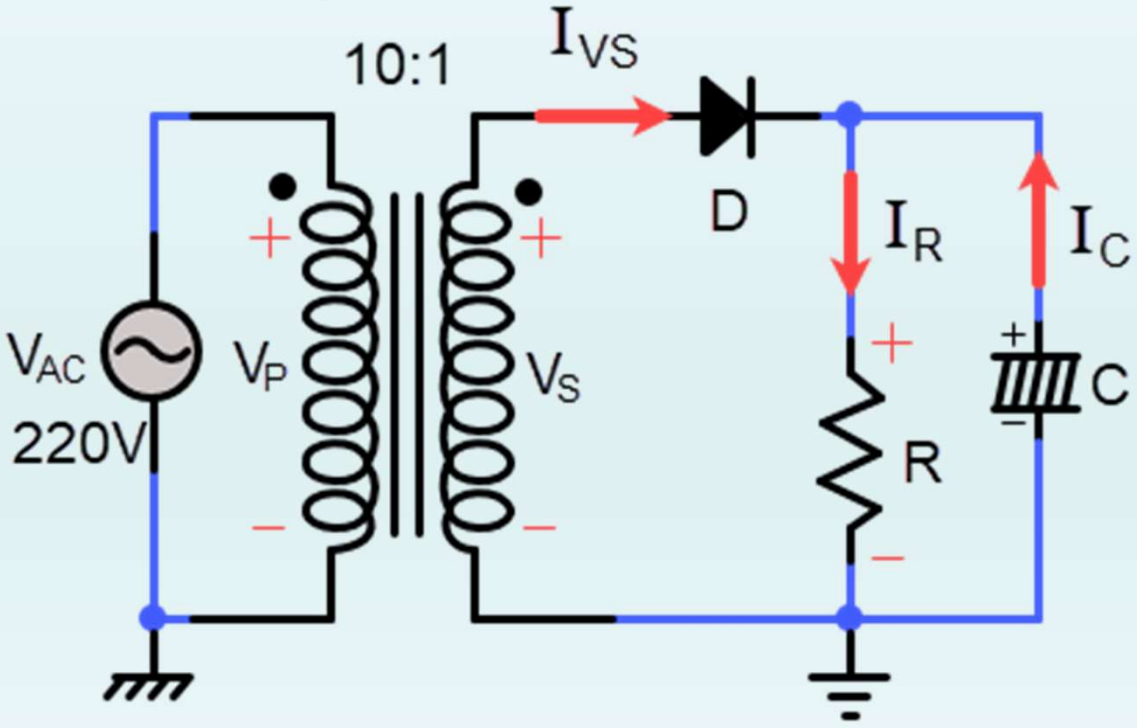
mouser.com

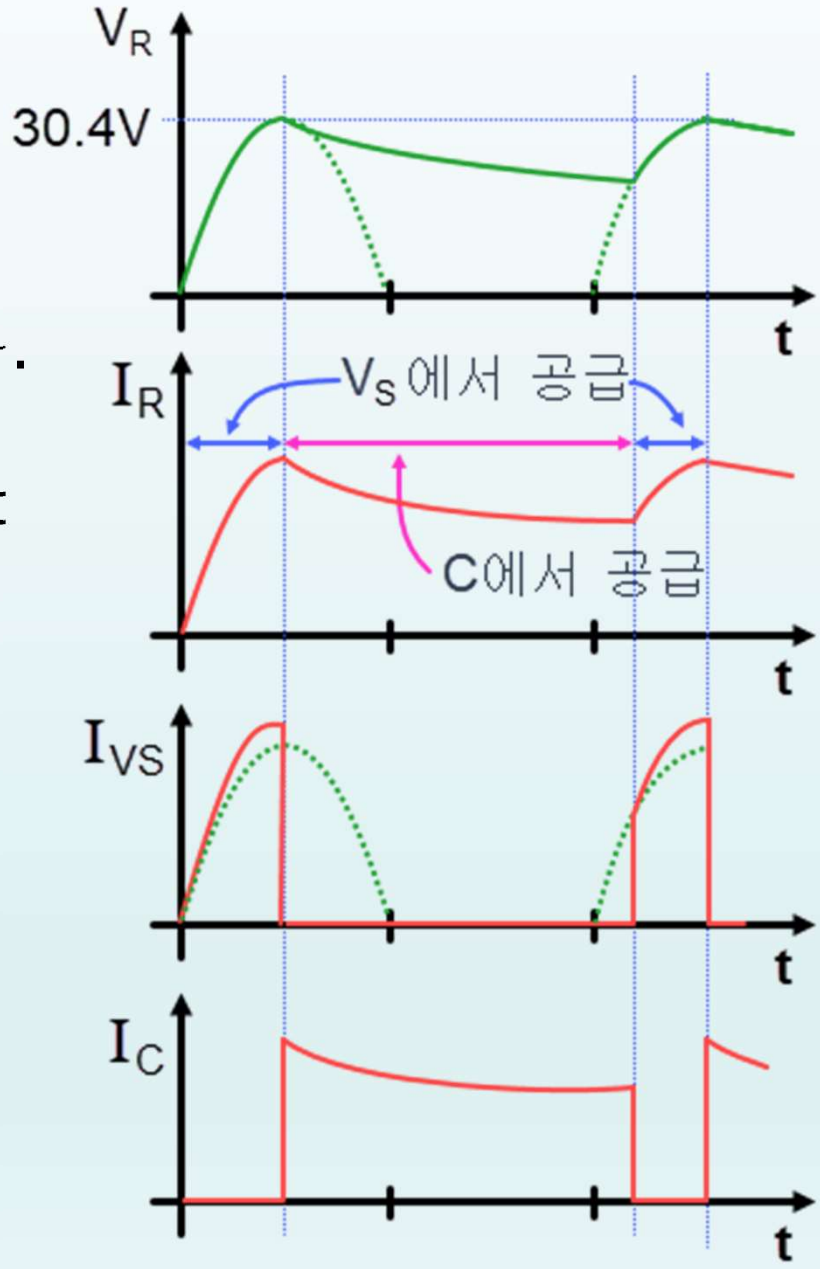
- 정류회로-전파 정류기(Full-Wave Rectifier) Type 3(양전원)



평활회로(Smoothing Circuit) - 1

- 평활 커패시터의 활용
  - 평활 커패시터(C)는 정류기에서 출력된 전압의 평균치를 높이기 위한 소자이다.
  - 대용량의 전해 커패시터가 사용된다.
  - 짧은 시간 커패시터 충전 전류 I_{VS}가 흐른다. 도통각이 좁아 역률이 좋지 안다.
- 평활 커패시터의 반파 정류에 사용.
  - 커패시터 인풋 정류기(Capacitor Input Rectifier)라고 함.



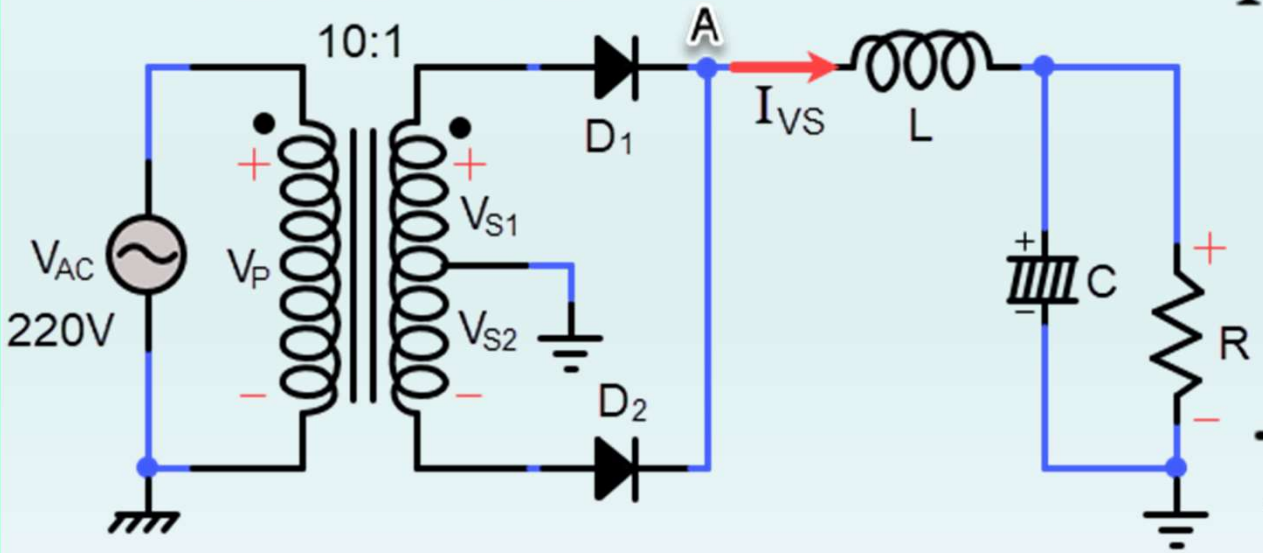


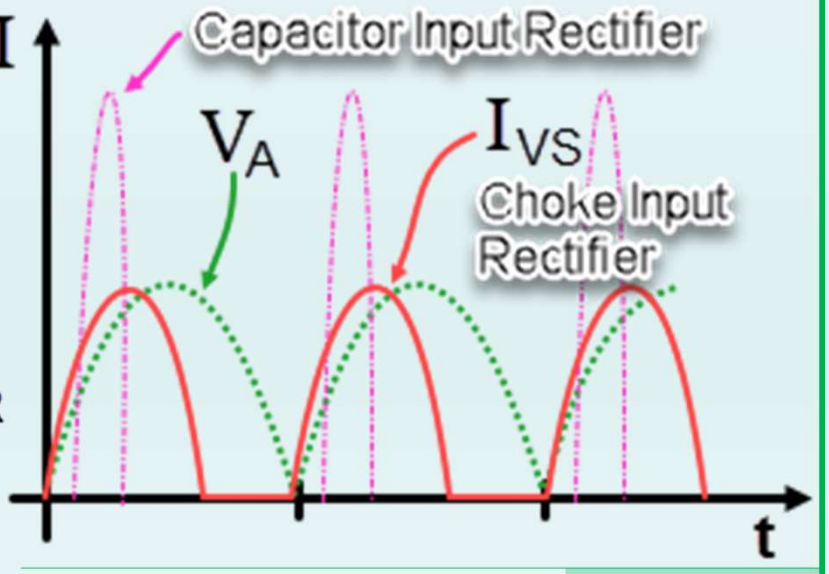
평활회로(Smoothing Circuit) - 2

- 평활 커패시터의 용량 계산(평활커패시터용량계산.pdf 참조)

$$- r_f = \frac{V_{Ripple(pp)}}{2\sqrt{2}V_{C(DC)}} \times 100\%,\ C = \frac{\omega C R_L}{2\pi f\left(V_{C(DC)}/I_O\right)}$$

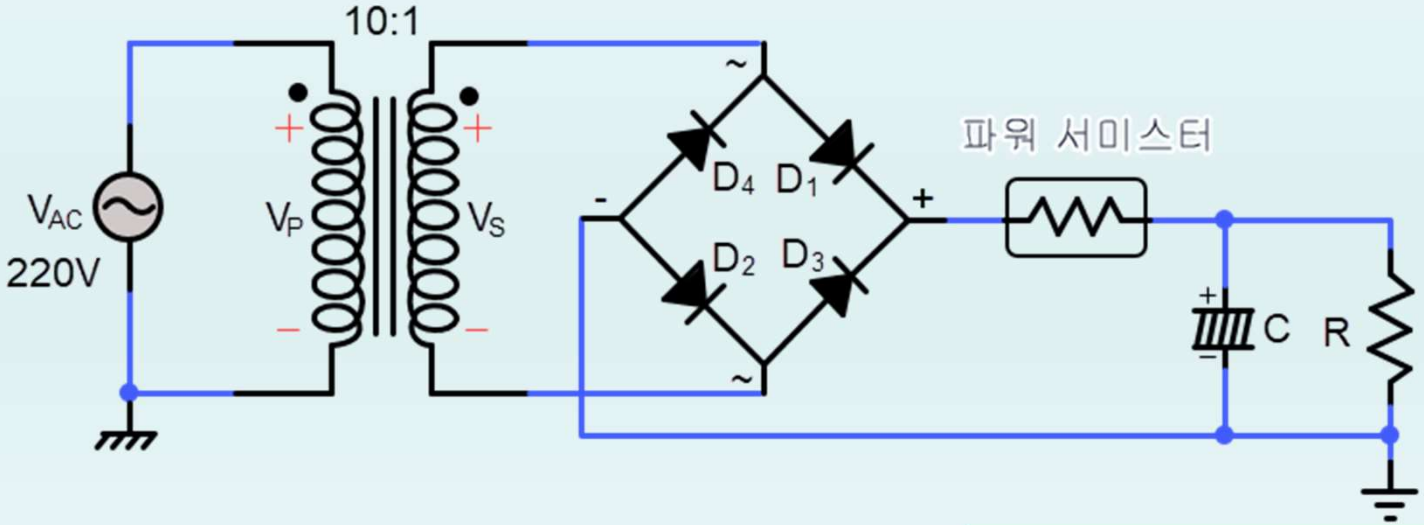
- 초크 인풋형 정류기(Choke Input Rectifier)
  - 커패시터 인풋형 정류기 보다 공급 전류의 피크 값을 낮게 해주고 도통각을 넓어지게 하여 역률을 좋게 한다. 이런 이유로 정류 후의 맥동 전압(Ripple Voltage)이 작아진다.
  - 출력전류가 낮아지면 인풋형 정류기로 전환되어 출력전압이 높아진다. 또한 출력 전류가 큰 폭으로 변화하는 전원에서는 사용하면 출력 전압이 저하 한다. 그리고 보통 초크 코일 L이 대형이기 때문에 대전력에 사용한다.





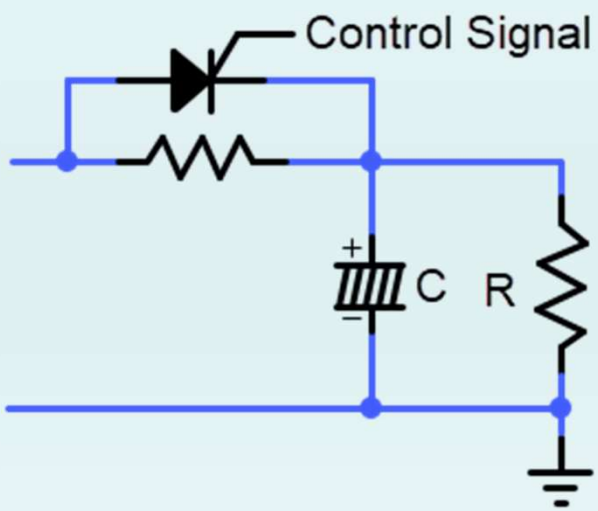
돌입전류(Inrush Current) - 1

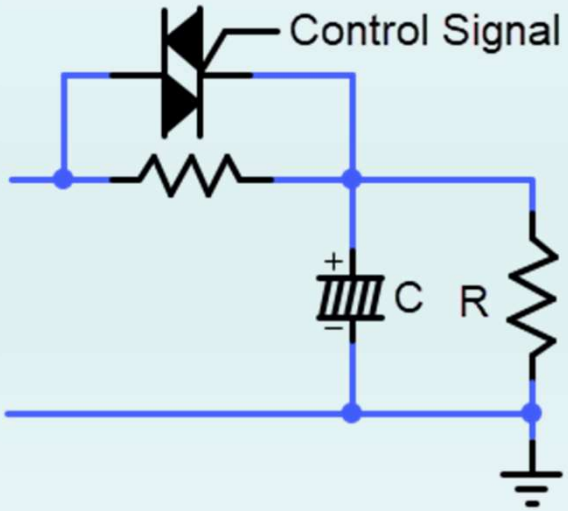
- 돌입전류란 트랜스 출력단에 커패시터가 있기 때문에 발생하는 현상이다. 전원이 처음 인가 될 때의 커패시터의 충전전압은 0V이기 때문에 커패시터의 전압을 트랜스의 출력전압과 같게 만들기 위하여 트랜스가 출력 가능한 최대의 전류(돌입전류)를 출력하게 된다.
- 돌입전류 방지회로
  1) 파워 서미스트를 이용한 방법 : 파워 서미스트는 온도가 높으면 저항값이 낮아지고, 온도가 낮으면 저항값이 높아진다. 전원 인가 시 높은 저항 값으로 돌입전류를 방지하고 이후 전류가 흐르게 되면 서미스트의 온도가 올라감으로 저항값이 낮아져 정상전류가 흐르게 된다. 그러나 단시간에 ON/OFF를 반복하는 곳에서는 돌입전류 방지 효과가 없다. 참고로 8D13은 25°C에서는 8Ω, 130°C에서는 0.62 Ω이다.



돌입전류(Inrush Current) - 2

- 돌입전류 방지회로
  2) 파워 서미스트 대신 저항을 삽입하는 방법 : 저항을 삽입하면 정상 상태에서는 저항이 전압 강하를 일으키며 전력을 소비하기 때문에 높은 저항을 사용할 수 없다. 그러므로 보통은 정상 전류가 낮을 때 사용 한다.
  3) 저항과 사이리스트 등의 스위치를 병렬로 사용하는 방법 : 정류기와 평활 커패시터 사이에 저항을 직렬로 연결하고, 이 저항과 병렬로 교류 스위치인 사이리스터(Thyristor)와 트라이액(Triac)등을 부착하는 방법으로, 상용 전원 인가 시에는 스위치는 열려 있고, 저항만으로 돌입 전류를 제한하고, 이후 일정 시간(상용전원의 2주기 정도)이 지난 후 스위치를 닫아 정상 상태의 전류가 흐르게 하는 방법이다.





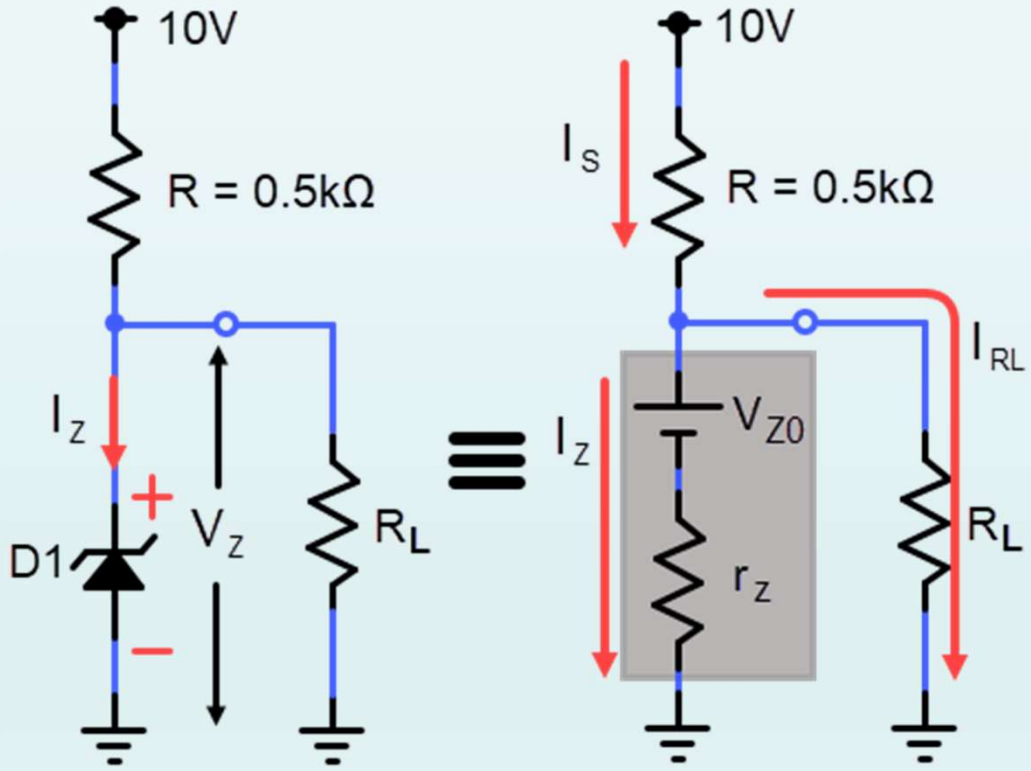
전압 안정화 방식 - 1

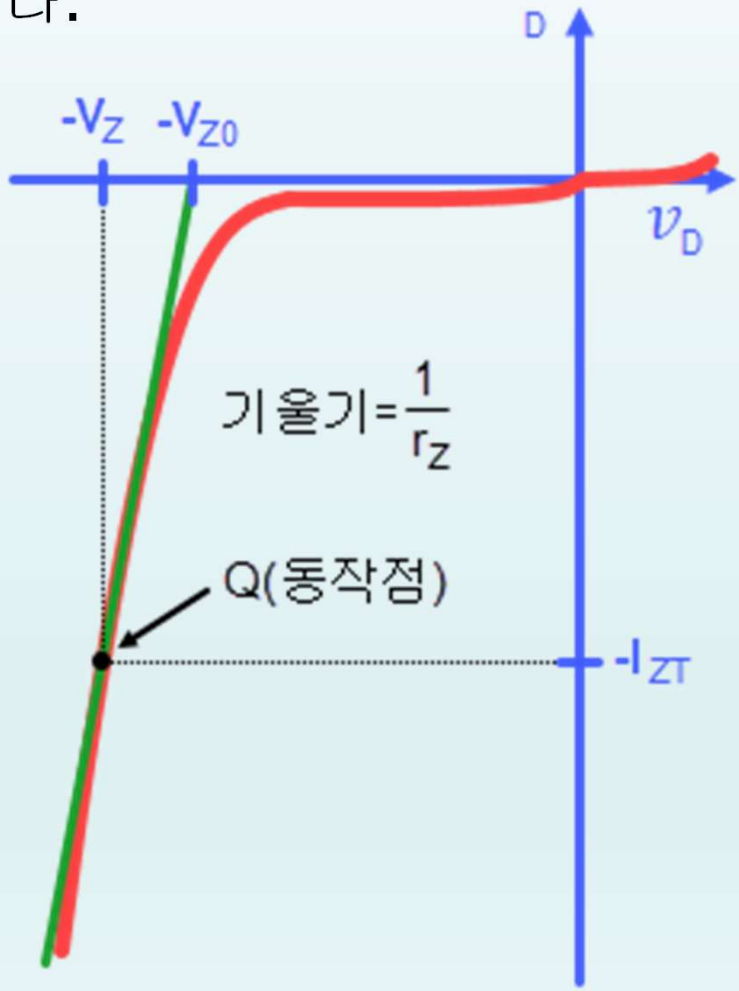
- 드로퍼 레귤레이터(Dropper Regulator)
  - 시리즈(Series), 션트(Shunt) 레귤레이터가 있다.
  - 출력 전압의 고 정밀도가 요구되고, 작은 전력일 때 적용
  - 장점으로는 노이즈 발생이 적음, 과도응답이 고속, 출력의 리플전압이 작음, 설계가 간단, 구성 부품 수가 작음, 구성 비용이 저렴
  - 단점으로는 강압만 가능, 입출력 차가 클수록 효율이 떨어짐, 발열이 많음, 높은 전력을 사용할 경우 큰 방열기가 요구됨.
  - 공급되는 전력 중 출력에 사용되지 않는 전력은 열로 소모함.
- 스위칭 레귤레이터(Switching Regulator)
  - 비절연형(초퍼), 절연형(플라이백, 포워드, 하프 브릿지, 풀 브릿지 등)이 있다.
  - 정밀도는 떨어지나, 고효율, 높은 전력이 요구될 때 사용된다.
  - 장점으로는 강압·승압·승강압·반전이 가능, 효율이 높음, 대 전력 가능, 출력대비 소형화 가능, 발열이 적음
  - 단점으로는 노이즈가 많이 발생, 설계가 복잡, 구성 부품수가 많음, 구성 비용이 높음, 출력의 리플전압이 높음

전압 안정화 회로(정전압 다이오드) - 1

mouser.com

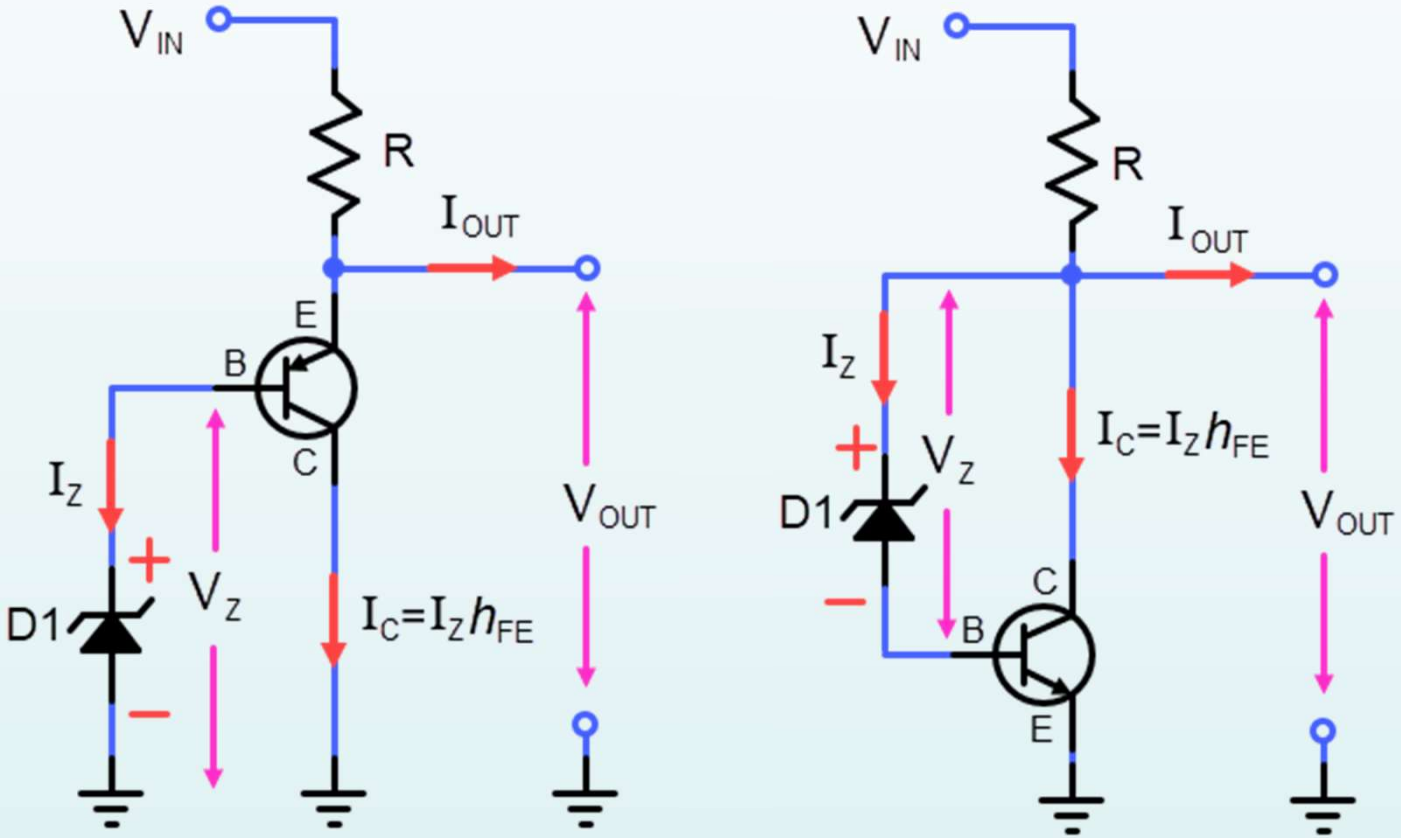
- 정전압 다이오드(Zener Diode)를 이용한 안정화 전원
  - 평활회로에서 출력되는 전압을 정전압 다이오드에 인가하고, 정전압 다이오드의 특성을 활용하여 공급되는 전압의 변동에 따라 I_Z가 변동되어 부하에 공급되는 I_{RL}이 조절되어 전압을 안정화 하는 방법이다.
  - 저항 R의 값은 $(V_S - V_Z)/(I_{ZT} + I_{RL})$로 구한다.



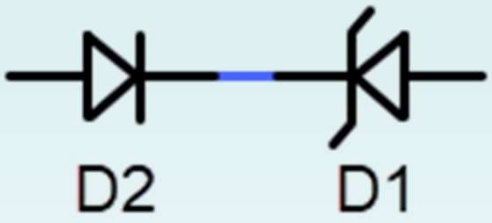


전압 안정화 회로(정전압 다이오드) - 2

- 정전압 다이오드를 이용한 안정화 전원의 전류 부스트(Boost)

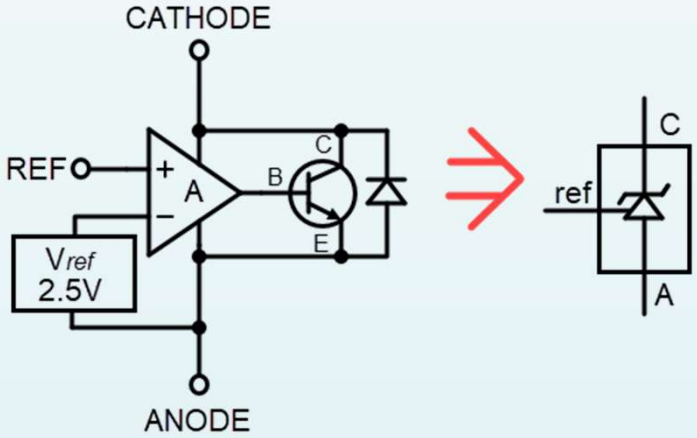


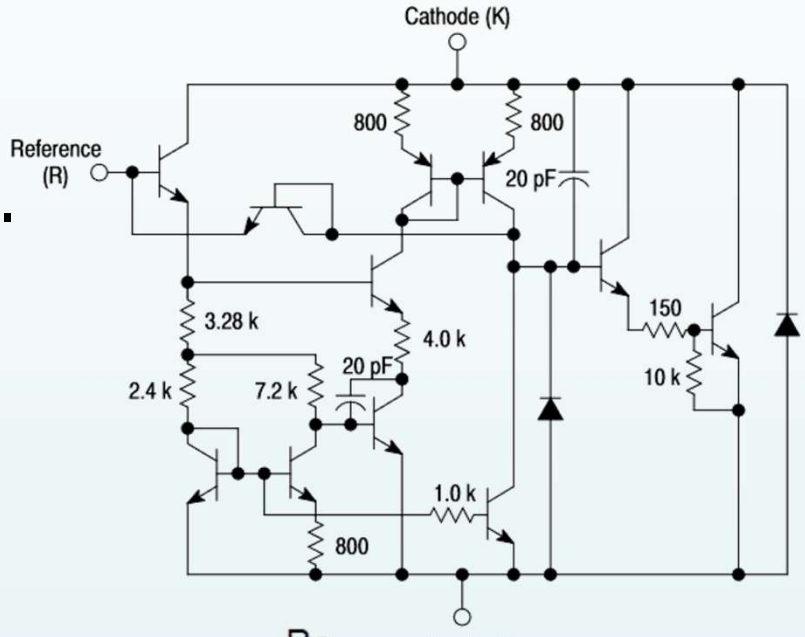
- 온도 보상을 하는 방법으로 정전압 다이오드에 온도 특성이 비슷한 다이오드를 직렬로 삽입한다.

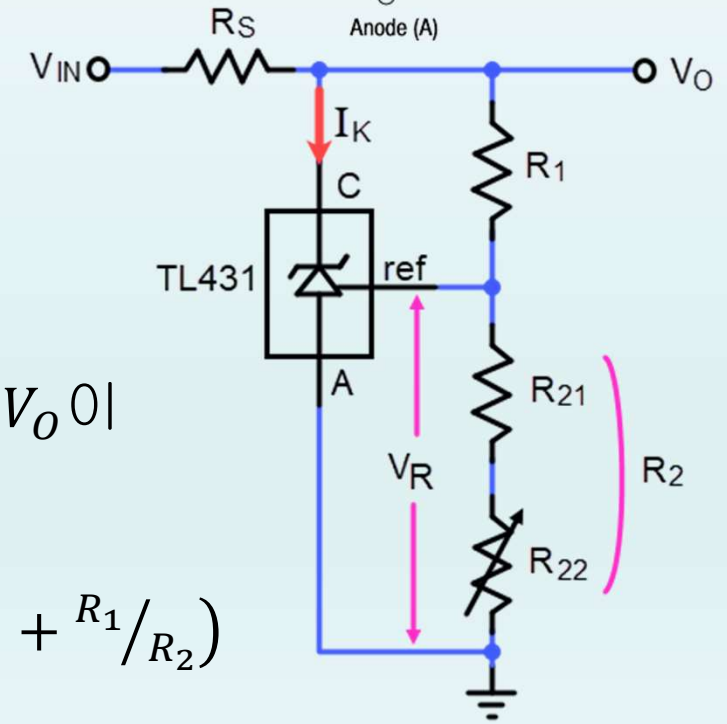


전압 안정화 회로(분류 조절기) - 1

- 분류 조절기(Shunt Regulator)는 부하에 병렬로 삽입하여 조절기에 흐르는 전류를 조정하여 부하 전압을 안정화 하는 IC이다.
- TL431(프로그래머블 분류 조절기, Programmable Shunt Regulator)





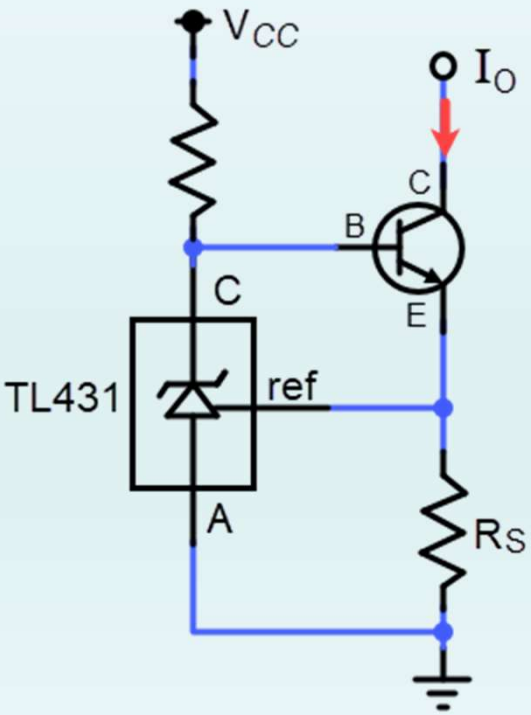


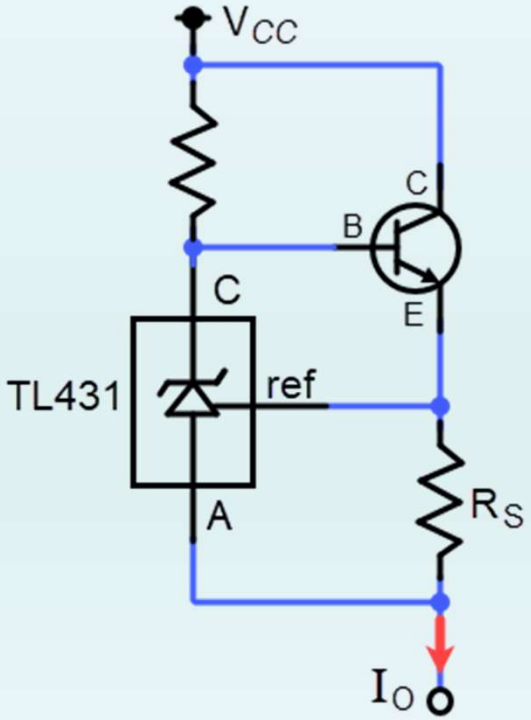
- TL431을 사용한 가변 전압 공급기 회로
  - $V_R < V_{REF}$이면 I_K가 흐르지 않는다. $V_R > V_{REF}$ 이면 I_K가 흐른다. 이런 동작으로 V_O이 일정 전압으로 유지 된다.
  - $R_2 = R_{21} + R_{22}$일 때, I_{ref}는 보통 수μA이다.

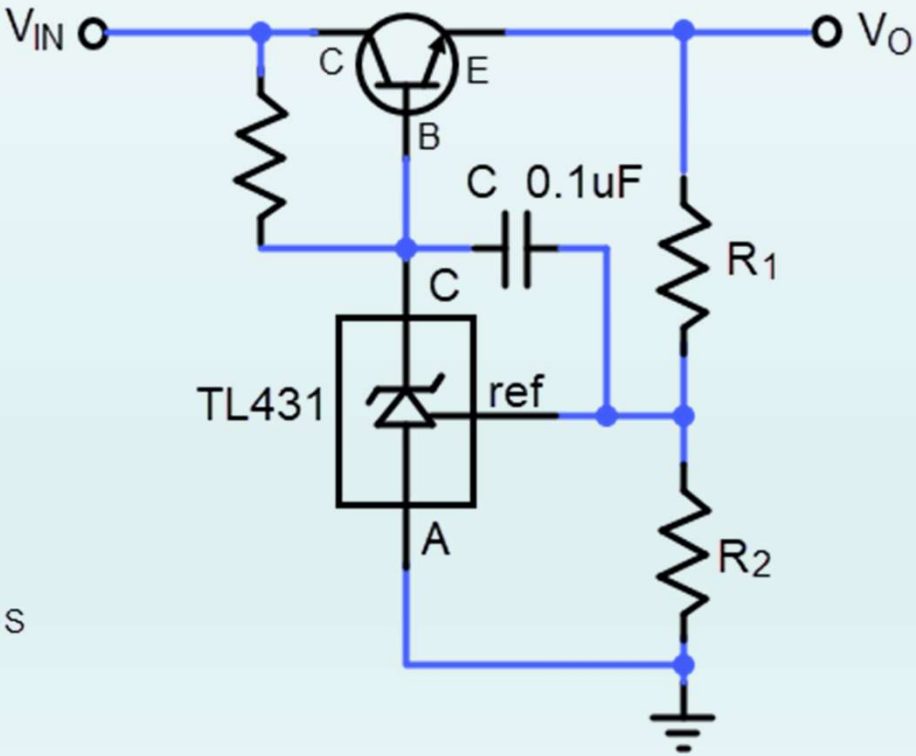
$$V_O = V_{CA} = V_{ref}\left(1 + {}^{R_1}/_{R_2}\right) + I_{ref}R_1 \div V_{ref}\left(1 + {}^{R_1}/_{R_2}\right)$$

전압 안정화 회로(분류 조절기) - 2

- TL431을 사용한 가변 전압 공급기 회로의 전류 부스트
  - 출력 전압은 $V_O = V_{ref}\left(1 + {}^{R_1}/_{R_2}\right)$, $V_{O_min} = V_{ref} + V_{BE}$ 이다.
  - 사용상 주의 점은 트랜지스터의 V_{CE}와 출력전류 I_O에 의하여 소모되는 전력에 주의 하여야 하며, 열용량을 설계 시에 검토 하여야 한다.
  - 0.1uF의 커패시터는 발진 방지용이다.
  - V_{CA_MAX}= 37V, I_{CA_MAX}= 150mA이다. I_{CA_MIN}은 최소 1mA이상
- TL431을 사용한 정전류원
  - 출력 전류 : $I_O = \frac{V_{REF}}{R_S}$

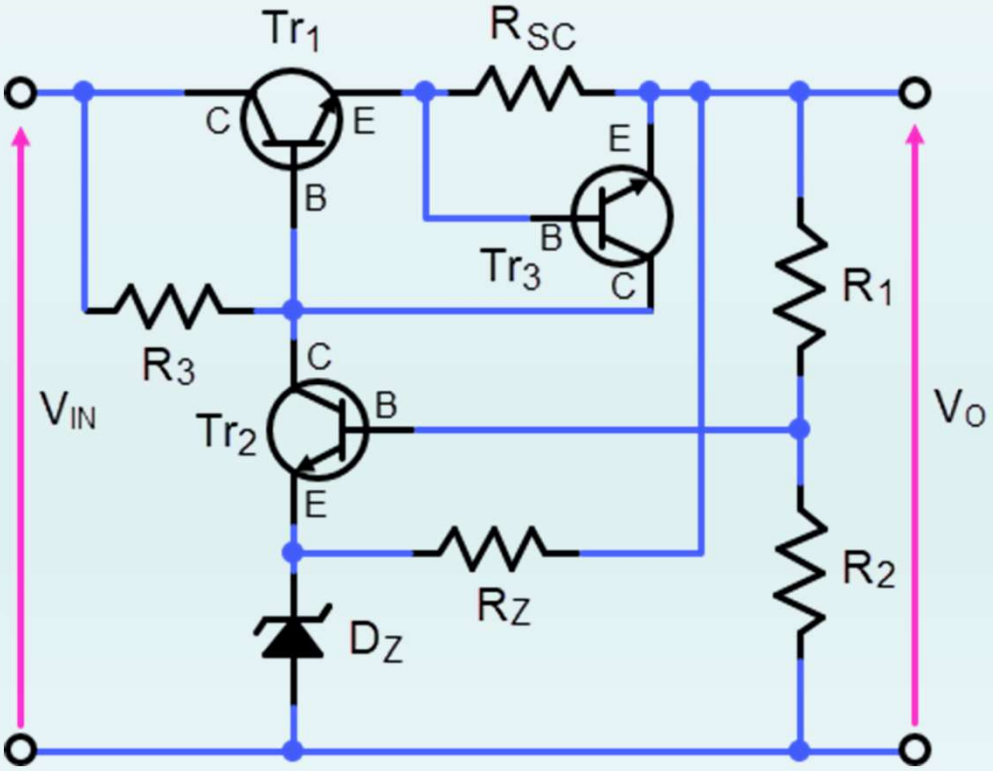


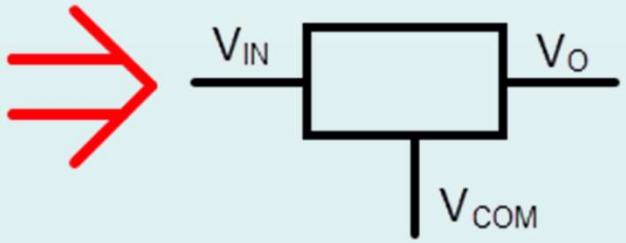




전압 안정화 회로(시리즈 레귤레이터) - 1

- 폐회로형 정전압 전원의 기본구성
  - T_{r1}은 출력 전압을 조절하며, T_{r3}는 R_{SC}에 과전류가 흐를 때 도통이 되어 T_{r1}의 베이스 전류를 줄이는 효과로 과전류를 방지한다.
  - 전압 안정화 방법은 T_{r2}와 R_1, R_2의 결합으로 R_2의 전압이 $V_Z + V_{BE_Tr2}$ 보다 높아지면 R_3로 부터 공급되는 T_{r1}의 베이스 전류의 일부를 D_Z쪽으로 흘려 T_{r1}의 베이스 전류를 감소시켜 부하에 공급 되는 전류를 줄여 V_O을 낮춘다.
  - R_2의 전압이 $V_Z + V_{BE_Tr2}$보다 낮아지면 T_{r1}의 베이스 전류를 높여 부하에 공급되는 전류를 증가하여 V_O을 높인다.
  - 아래가 3단자 시리즈 레귤레이터(Series Voltage Regulator)의 회로이다.

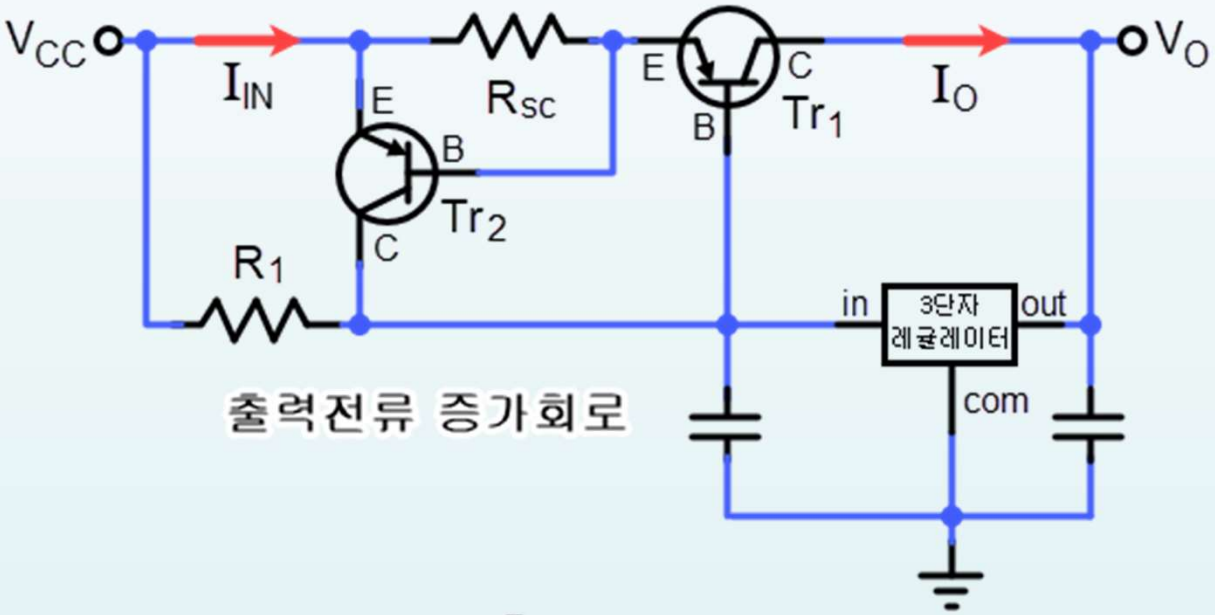




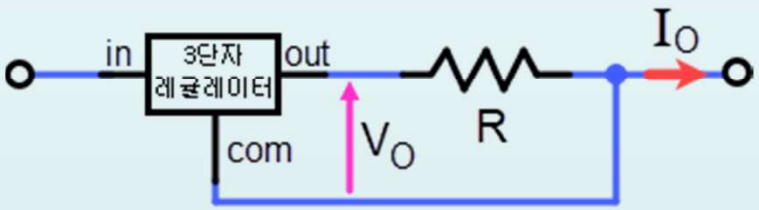
전압 안정화 회로(시리즈 레귤레이터) - 2

- 3단자 시리즈 레귤레이터 기본 회로를 사용한 응용 회로

기본회로(출력고정)



출력전류 증가회로

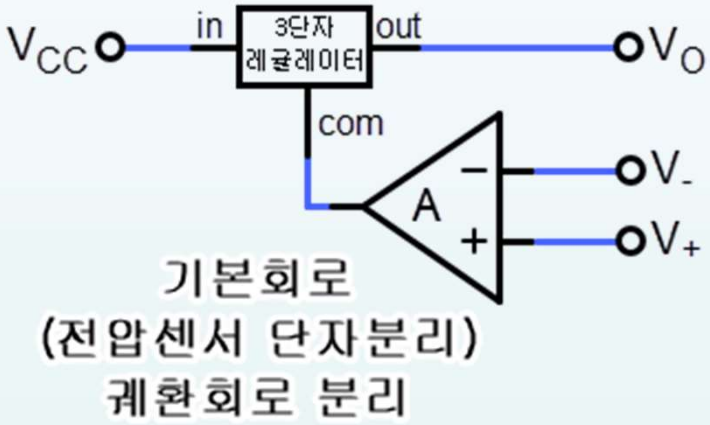


$$I_O = \frac{V_O}{R},\ V_{CC} > V_O + I_O \times R_L$$

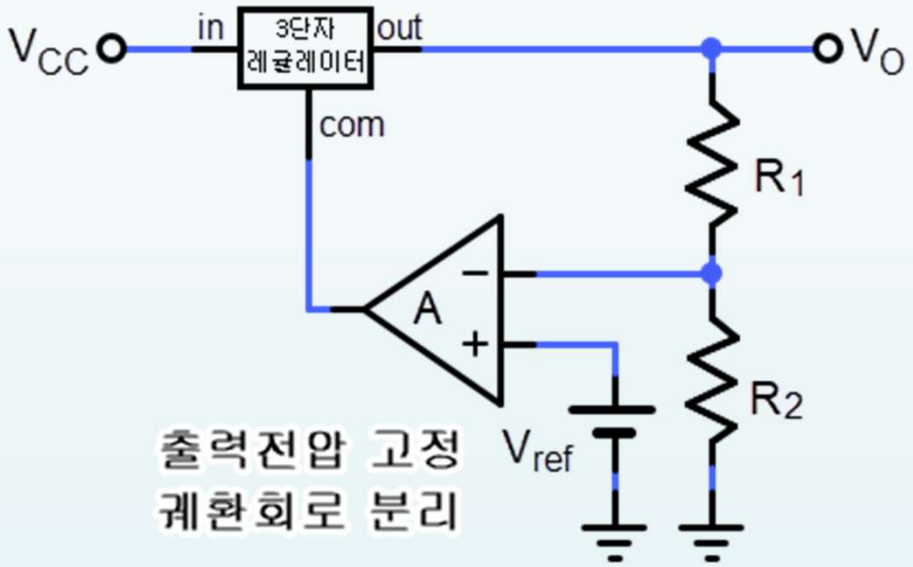
정전류 전원

전압 안정화 회로(시리즈 레귤레이터) - 3

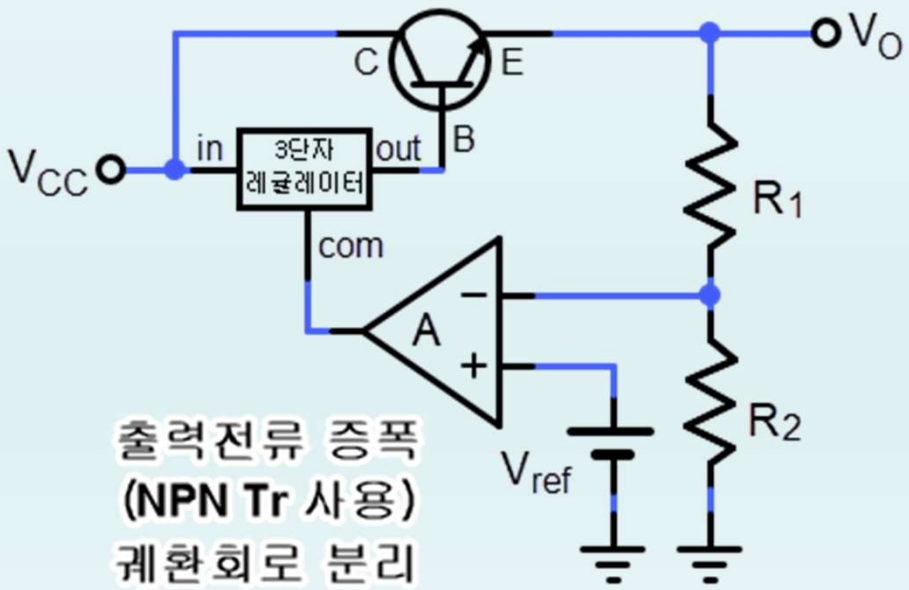
- 궤환회로를 분리하여 사용한 응용회로



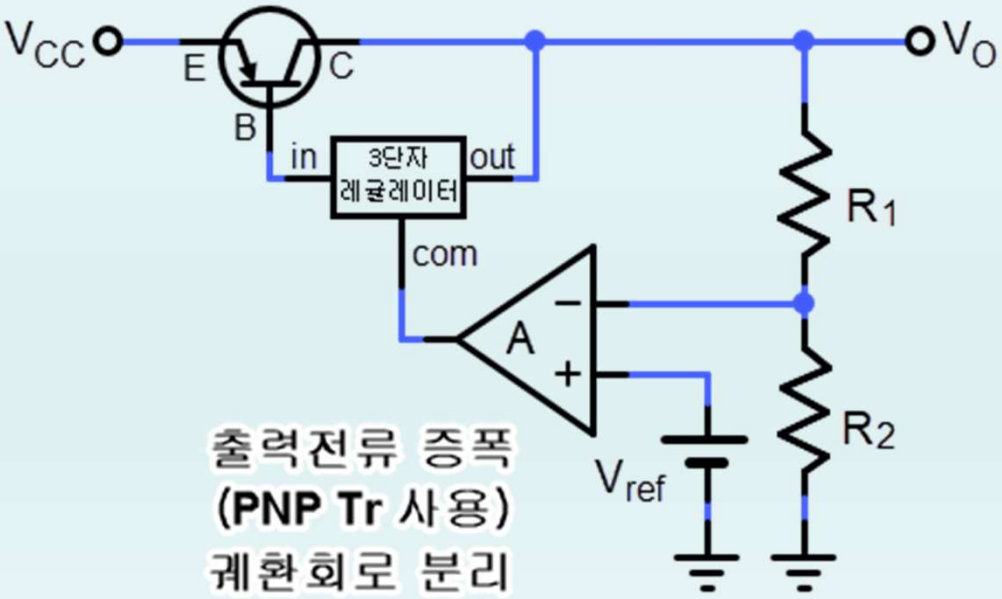
기본회로
(전압센서 단자분리)
궤환회로 분리



출력전압 고정
궤환회로 분리

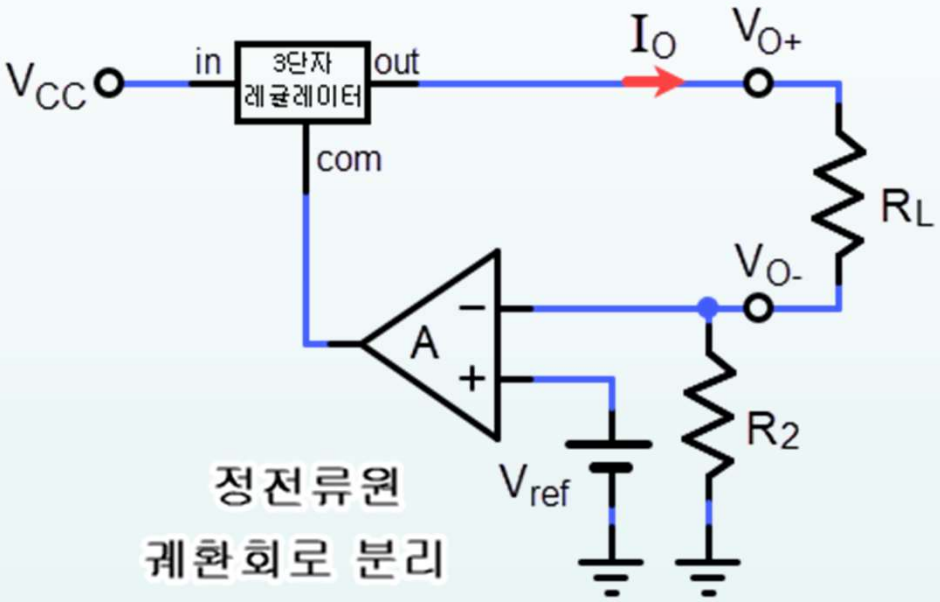


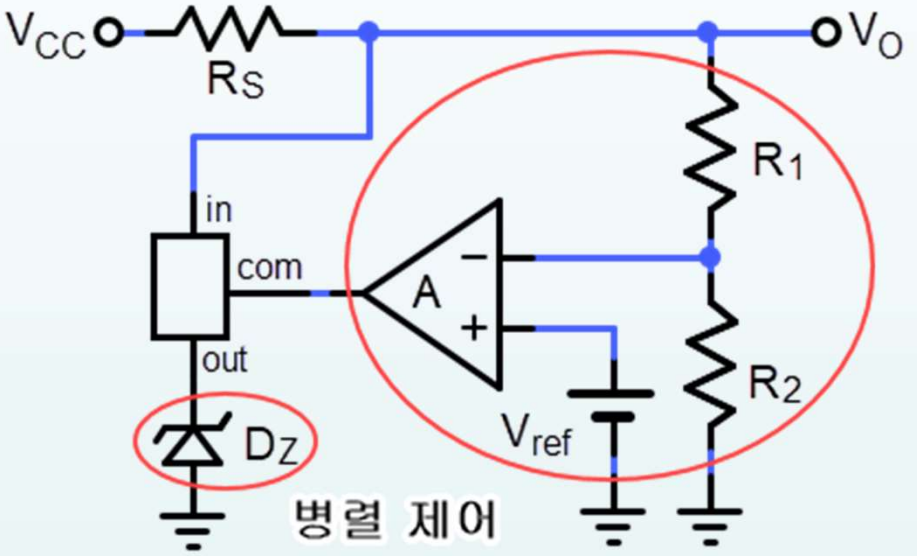
출력전류 증폭
(NPN Tr 사용)
궤환회로 분리

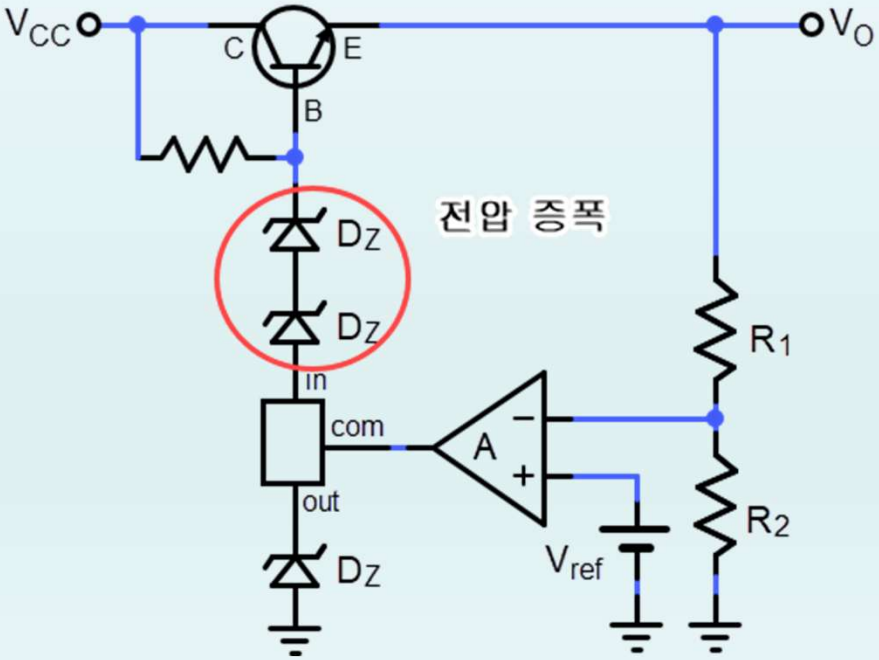


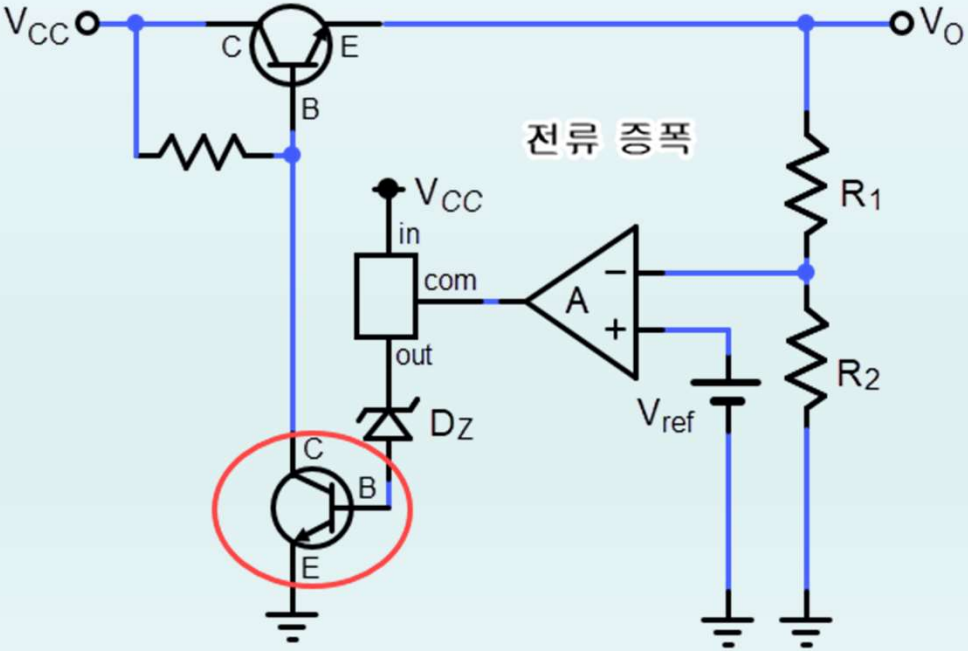
출력전류 증폭
(PNP Tr 사용)
궤환회로 분리

전압 안정화 회로(시리즈 레귤레이터) - 4



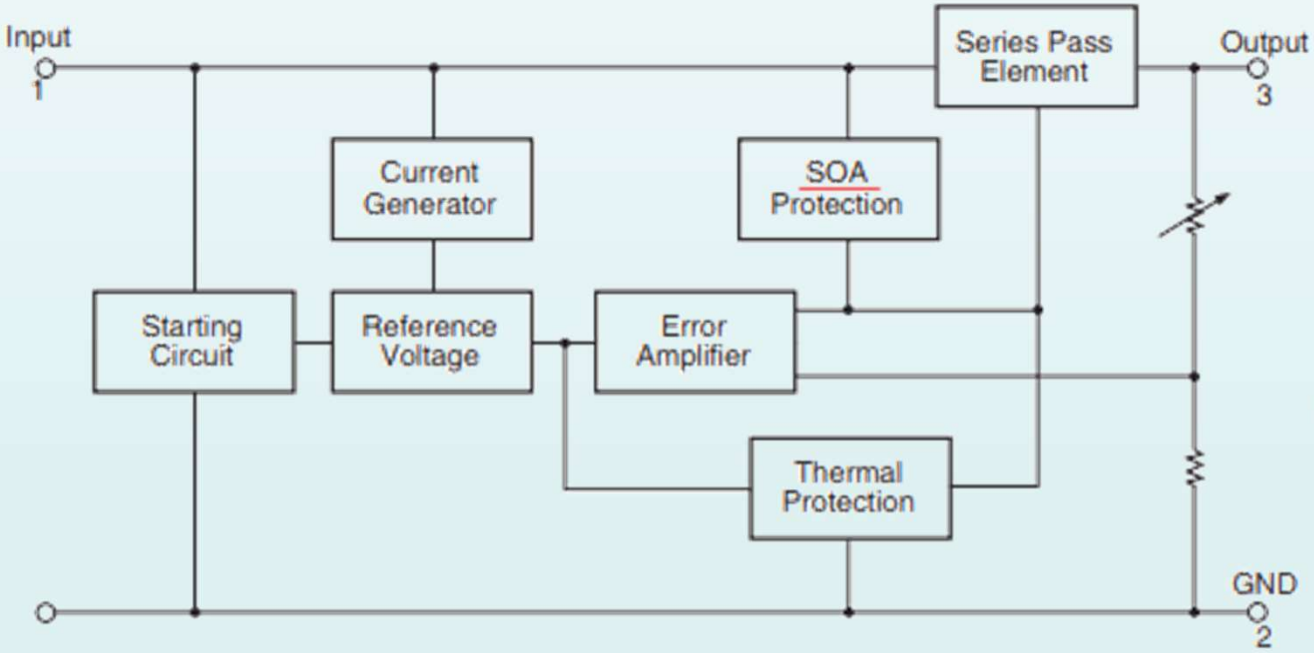


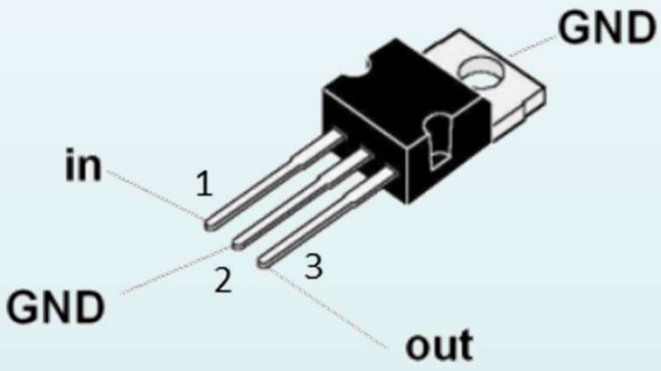




시리즈 레귤레이터 **IC**를 사용한 전원공급기 구현 **- 1**

- 3단자 시리즈 레귤레이터 IC의 구성(78XX)
  - IC의 출력 전압에 의하여 형식명이 정해지며, 7805(+5V 출력), 7812(+12V 출력), 7905(-5V 출력), 7912(-12V 출력) 등이 있다.
  - SOA(Safe Operating Area, 안전동작 영역)는 출력단의 트랜지스터 등이 동작 중 전압과 전류의 상관관계에 의하여 파괴되지 않는 영역을 말한다.





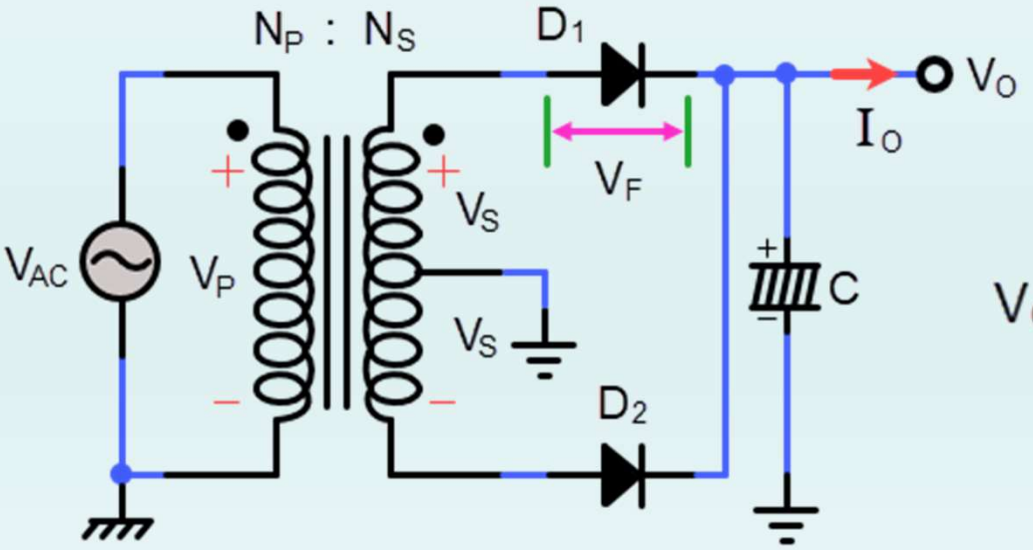
시리즈 레귤레이터 IC를 사용한 전원공급기 구현 - 2

- 트랜스 2차 단자전압의 결정
  - 2차 단자전압 $V_S = \frac{1}{\sqrt{2}}\left(V_O + \frac{1}{2}\Delta V_r + V_F\right) \times A \times B$

    V_O : 정류 평환 후 직류 평균전압
    ΔV_r : 리플 전압의 피크 대 피크 값
    V_F : 정류 다이오드의 순방향 전압(브릿지의 경우 2배)
    A : 트랜스 단자 전압의 설정 편차(권수는 정수비로 해야 하기 때문에 발생하는 편차 전압을 2%정도 예상)
    B : 라인 드롭을 포함하여 3% 정도의 마진을 예상

  - 입력 전압의 변동 $\pm\alpha\%$일 때 : $V_S = \frac{1+\left[|\alpha|/100\right]}{\sqrt{2}}\left(V_O + \frac{1}{2}\Delta V_r + V_F\right) \times A \times B$
  - $\alpha = 10\%$, 리플전압 $\Delta V_r = V_C \times 8\%$, 브릿지 정류일 때의 2차 전압은

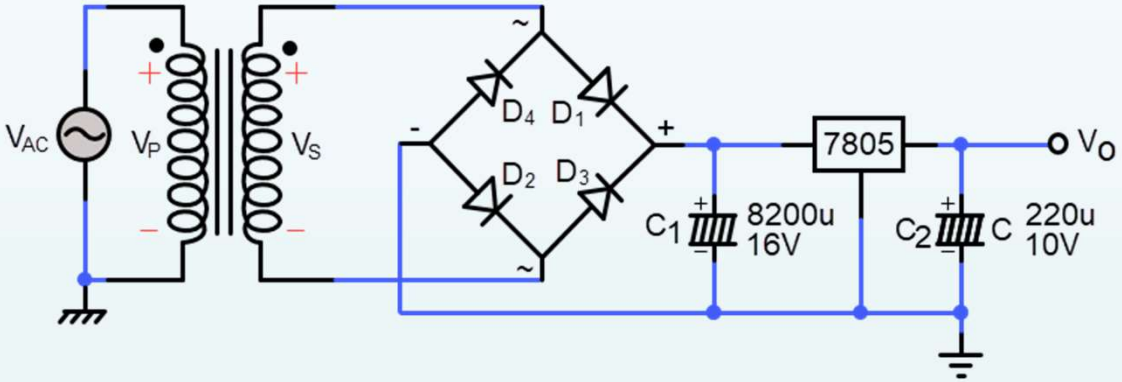
$$V_S \fallingdotseq 0.81V_O + 1.5,\ I_S = \sqrt{2}I_{O_max}$$



시리즈 레귤레이터 **IC**를 사용한 전원공급기 구현 **- 3**

- ex) 7805의 출력 5V, 1A일 때의 V_S, I_S를 구하면, 7805의 $V_{DROP} = 3V$

  $V_S = 0.81 \times 5\text{V} + 1.5 + 3\text{V} \fallingdotseq \mathbf{8.6V}$, $I_S = \mathbf{1.4A}$



- 트랜스에서 나타나는 출력전압의 변동은 다음과 같은 이유에서 이다.
  - 트랜스 자체가 이상적인 트랜스가 아니기 때문(기생 성분이 존재), 즉 출력 임피던스가 0이 아니기 때문에 2차측의 출력 전류에 의하여 출력 임피던스에 의하여 전압 강하가 일어나기 때문이다.
  - 1차측 전압이 증가할 경우 트랜스의 코어(철심)의 재료에 따라 1차측에 증가하는 전류에 의하여 철심의 자속밀도(B)가 증가하여 최대 자속밀도(Bm)보다 커지면, 이 때 부터 철심이 없어지는 현상이 즉 철심 코어가 공심코어가 되는 현상이(자기포화) 발생하기 때문이다. 이때 발생하는 현상은 여자전류가 비 이상적으로 증가한다.
  - 전원을 투입 하였을 때 나타나는 돌입전류로 인한 자기포화를 일으키는 현상. 이 현상은 2차측과는 무관하게 일어난다.

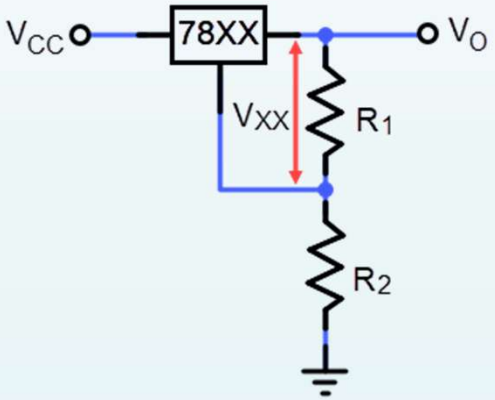
시리즈 레귤레이터 IC를 사용한 전원공급기 구현 - 4

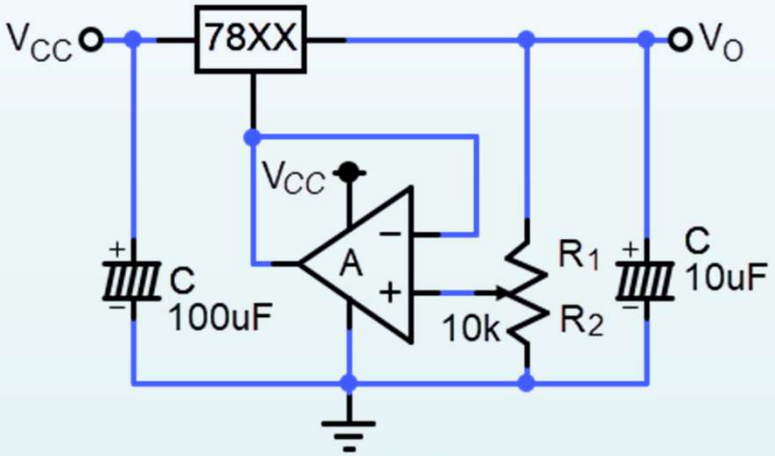
mouser.com

- 전기, 전자 소자의 발열
  - 전원 장치는 출력전력 (P_O)을 발생하기 위하여, 관련된 소자는 발열을 하기 마련이다. 전력변환 효율을 η으로 하면, $P_{LOSS} = P_O\left(\frac{1}{\eta} - 1\right)$이다.
    즉 전원공급기는 사용시간에 따라 P_{LOSS}의 비율로 열이 발생한다.
    전원공급기 자체에서 발생하는 열을 효과적으로 처리해야 한다.
  - 시리즈 레귤레이터는 출력단 트랜지스터의 콜렉터에서
    $P_{CMAX} = (V_{INMAX} - V_O) \cdot I_{OMA}$ 만큼의 손실이 난다.
    즉 다른 소자에 비하여 파워 트랜지스터의 방열이 가장 중요하다.
  - 방열기의 설계는 경험과 실험에 의존하는 경향이 있다. 즉 수식으로 풀어내기에는 한계가 있다는 의미이다.

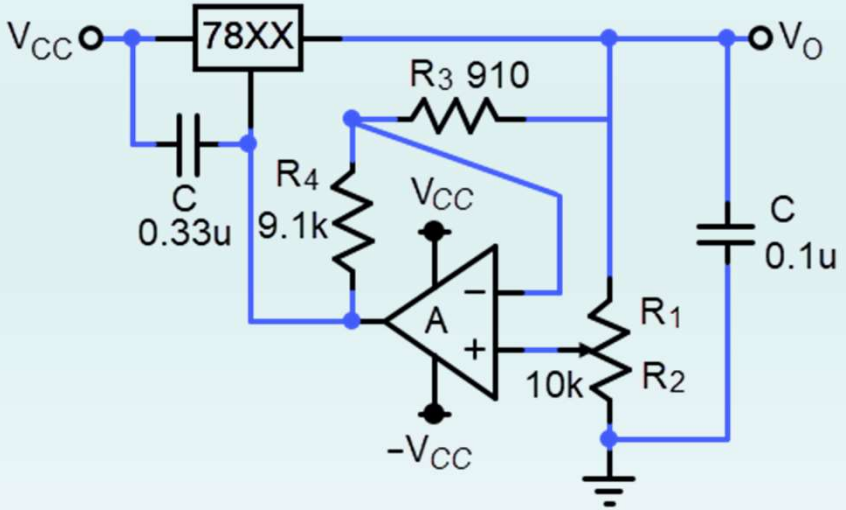
시리즈 레귤레이터 IC를 사용한 응용 회로(78XX) - 1

- 78시리즈의 출력전압 증가 방법
  - 출력전압 : $V_O = \frac{(R_1+R_2)}{R_1} \cdot V_{XX} + I_Q \cdot R_2$ (I_Q는 78XX의 바이어스 전류)
  - OP앰프를 이용 할 때의 출력 전압 : $V_O = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) \cdot V_{XX}$



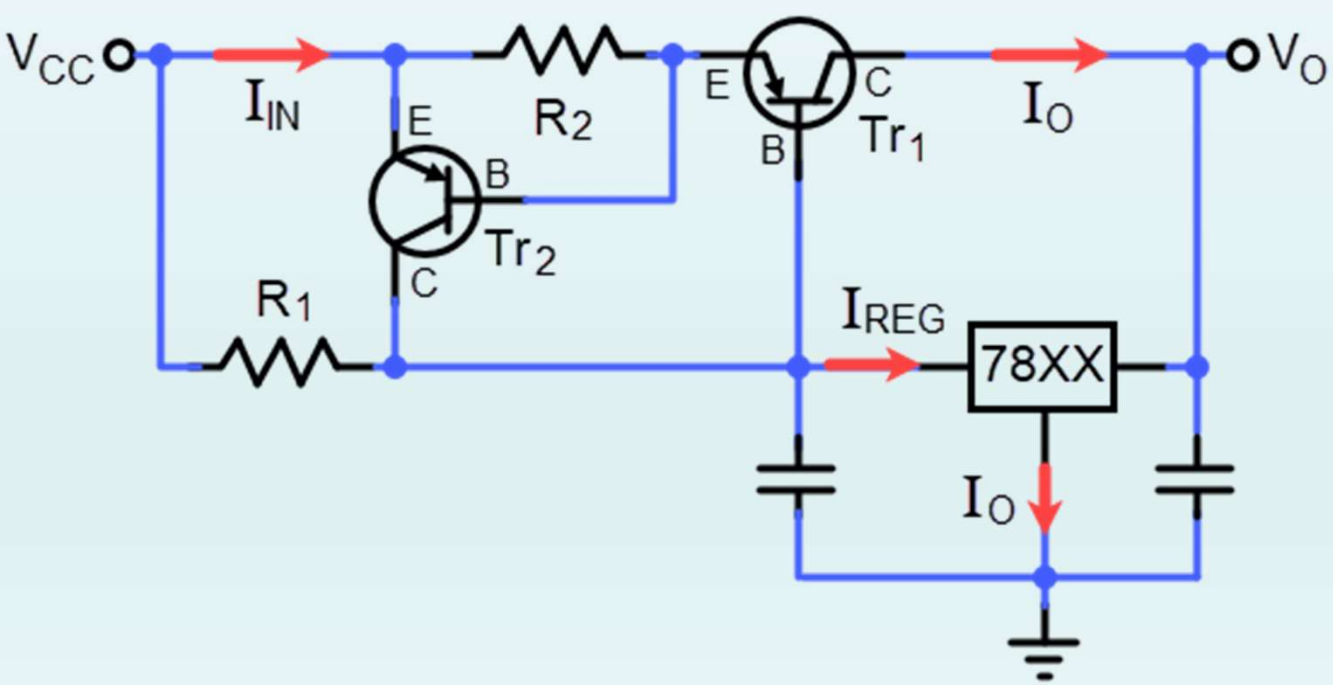


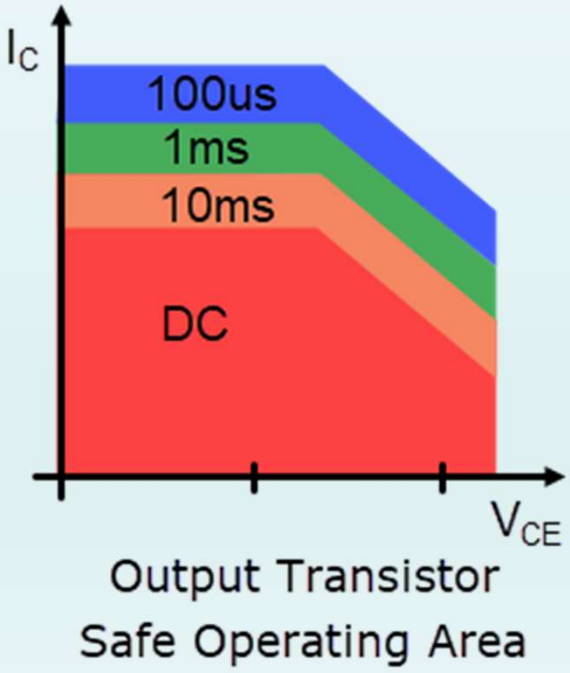
  - 위의 방법은 출력전압을 V_{XX}이하로 낮출 수 없다. 다음은 OP앰프를 이용하여 V_{XX}이하로 출력전압을 낮출 수 있는 회로이다.



시리즈 레귤레이터 **IC**를 사용한 응용 회로**(78XX) - 2**

- 78시리즈의 출력전류 증가 방법
  - 출력전류$I_O = h_{FE_Tr1} \times I_{REG}$ (I_{REG}는 레귤레이터 최대허용 전류) 또한 I_O는 T_{r1}의 SOA 정격으로 결정되기 때문에 많은 전류를 출력할 필요가 있을 때 달링턴 접속을 검토해 보도록 한다.
  - 출력 보호회로는 T_{r2}와 R_2가 담당한다. 과전류 제한 동작 점은 $I_{O(max)} \div I_{IN(max)} = V_{BE2}/R_2$, 단 V_{BE2}는 온도 계수가 -2.4mV/°C이기 때문에 이것을 고려하여 R_2를 정한다.
  - SOA(Safe Operating Area, 안전동작 영역)는 출력단의 트랜지스터 등이 동작 중 전압과 전류의 상관관계에 의하여 파괴되지 않는 영역을 말한다.





시리즈 레귤레이터 **IC**를 사용한 응용 회로**(78XX) - 3**

mouser.com

- 저손실형 3단자 시리즈 레귤레이터
  - 78XX나 79XX에서는 적어도 $V_{CC} - V_O > 3$의 전압강하가 일어난다. 이로 인하여 레귤레이터에서의 전력 손실이 많이 발생한다. 이러한 단점을 보강하기 위하여 $V_{DROP}(V_{CC} - V_O)$이 0.6V~1V정도인 것을 저손실형 3단자 레귤레이터라 한다.

	TA78DSXX	TA78DLXX	SI3XX2V	STR90XX
V_{DROP}(V)	0.2	0.2	1	1
I_O(A)	0.03	0.25	2	4

- 저손실형 3단자 레귤레이터를 "LDO(Low DropOut) Voltage Regulators 라고도 합니다.

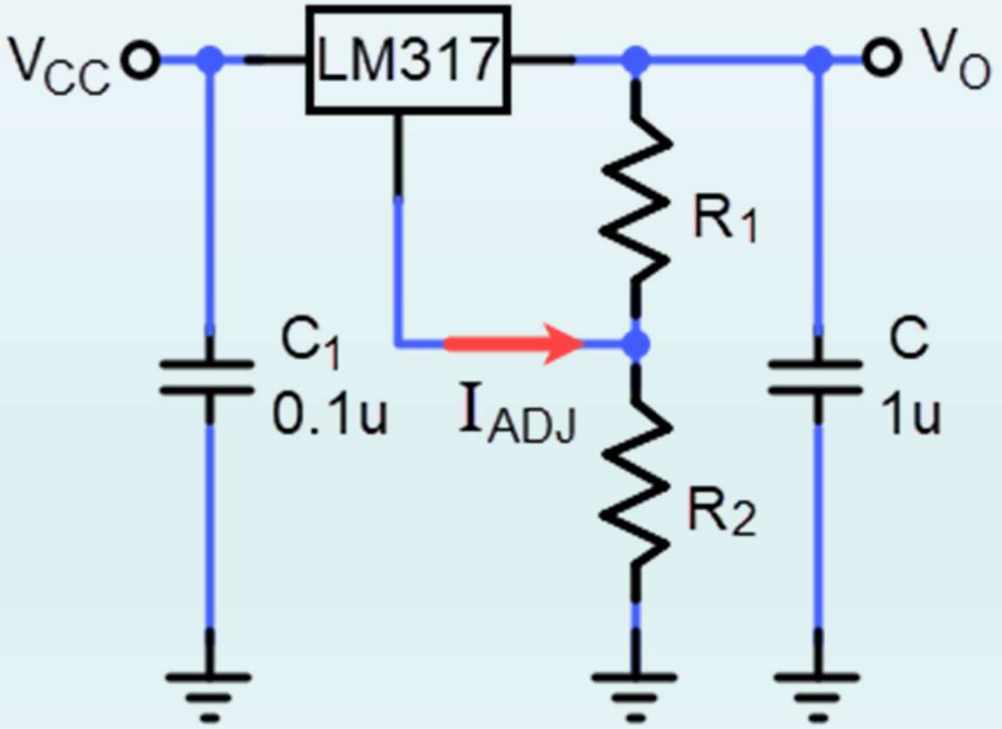
시리즈 레귤레이터 **IC**를 사용한 응용 회로**(LM317) - 1**

- 출력전압 가변형 시리즈 레귤레이터(LM317)
  - 출력전압

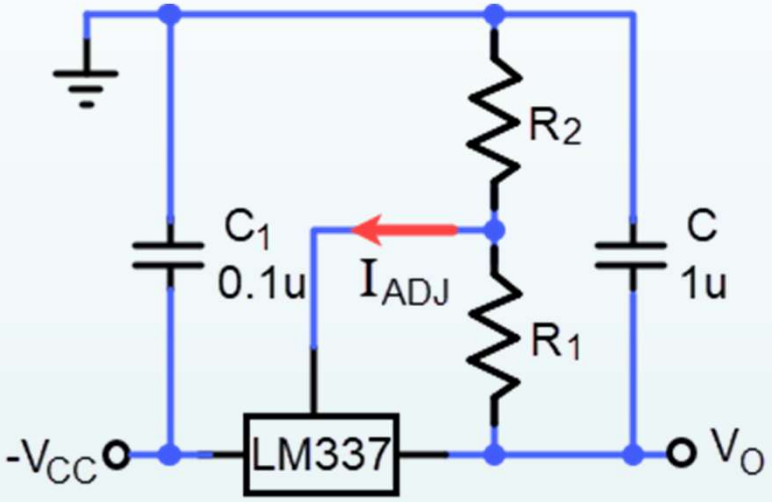
$$V_O = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) \cdot V_{REF} + I_{ADJ} \cdot R_2$$

  - 위의 수식은 LM317의 특성에서 I_{ADJ}는 50μA~100μA이고, V_{REF}는 1.25V이기 때문에 출력전압은 아래와 같이 단순화 할 수 있다.

$$V_O = 1.25\left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right)$$

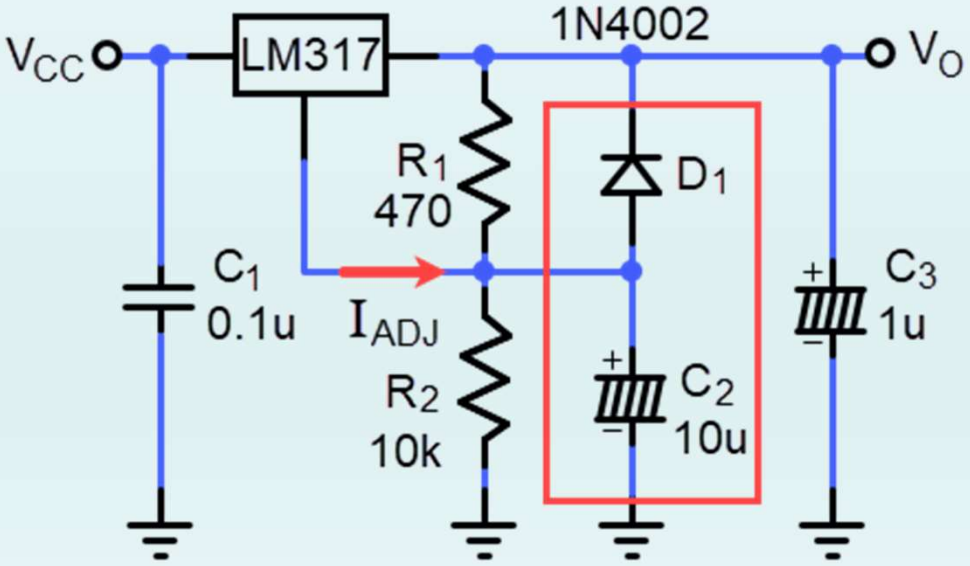


시리즈 레귤레이터 IC를 사용한 응용 회로(LM317) - 2

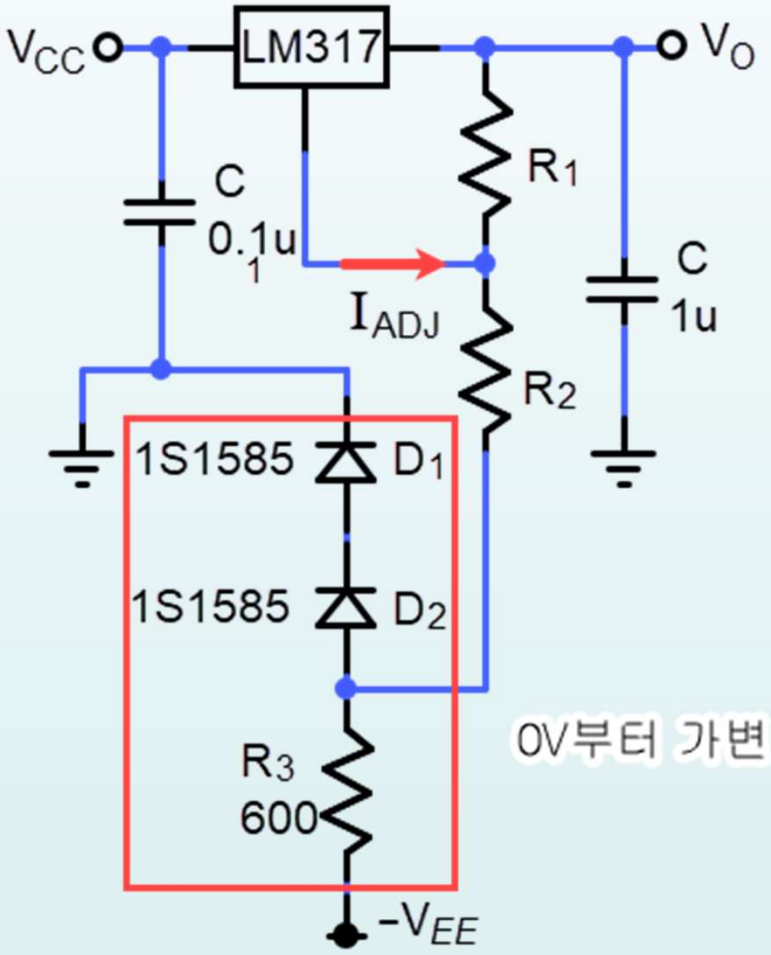


$$V_O = -\frac{R_1}{R_1+R_2} V_{REF} = -1.25\frac{R_1}{R_1+R_2}$$

음출력 LM337

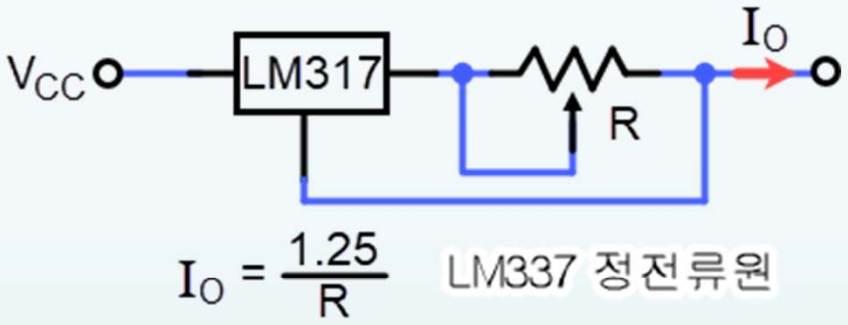


LM317 출력 리플저감법



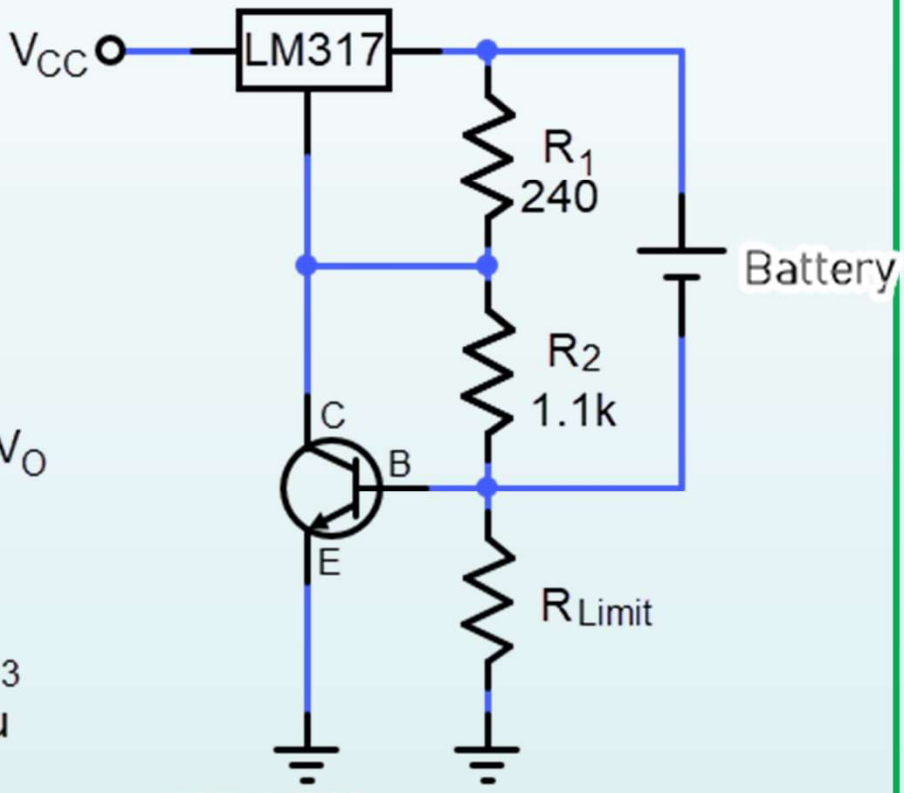
0V부터 가변

시리즈 레귤레이터 IC를 사용한 응용 회로(LM317) - 3

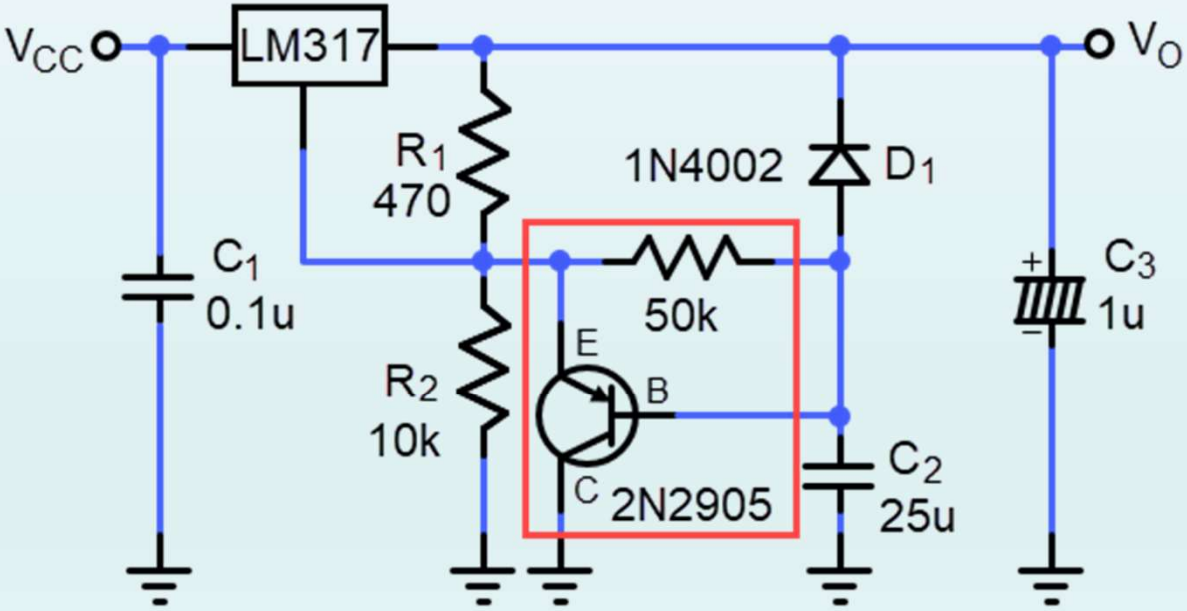


$$I_O = \frac{1.25}{R}$$

LM337 정전류원



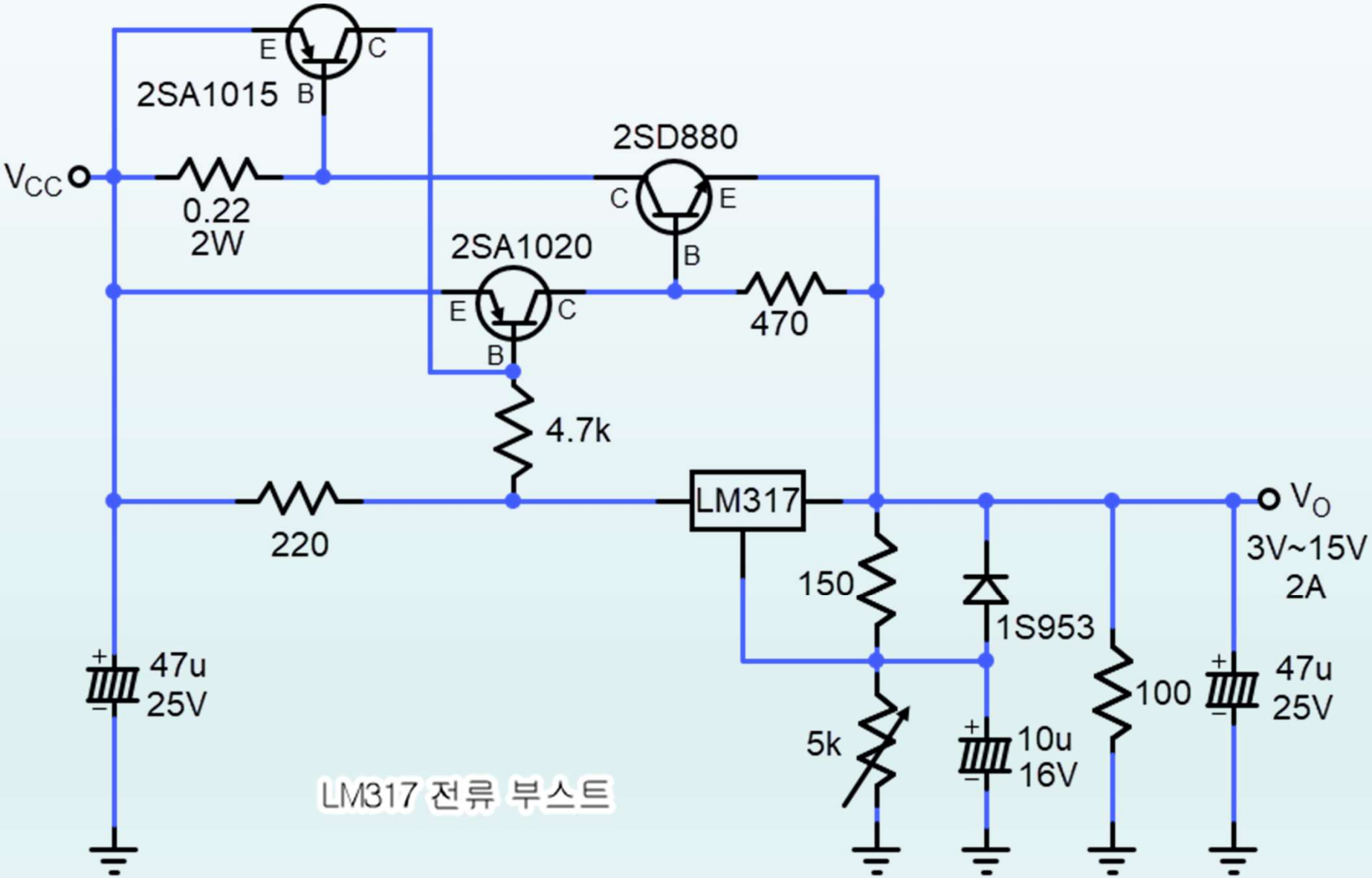
전류 제한 6V Battery Charger



LM317 Soft Start

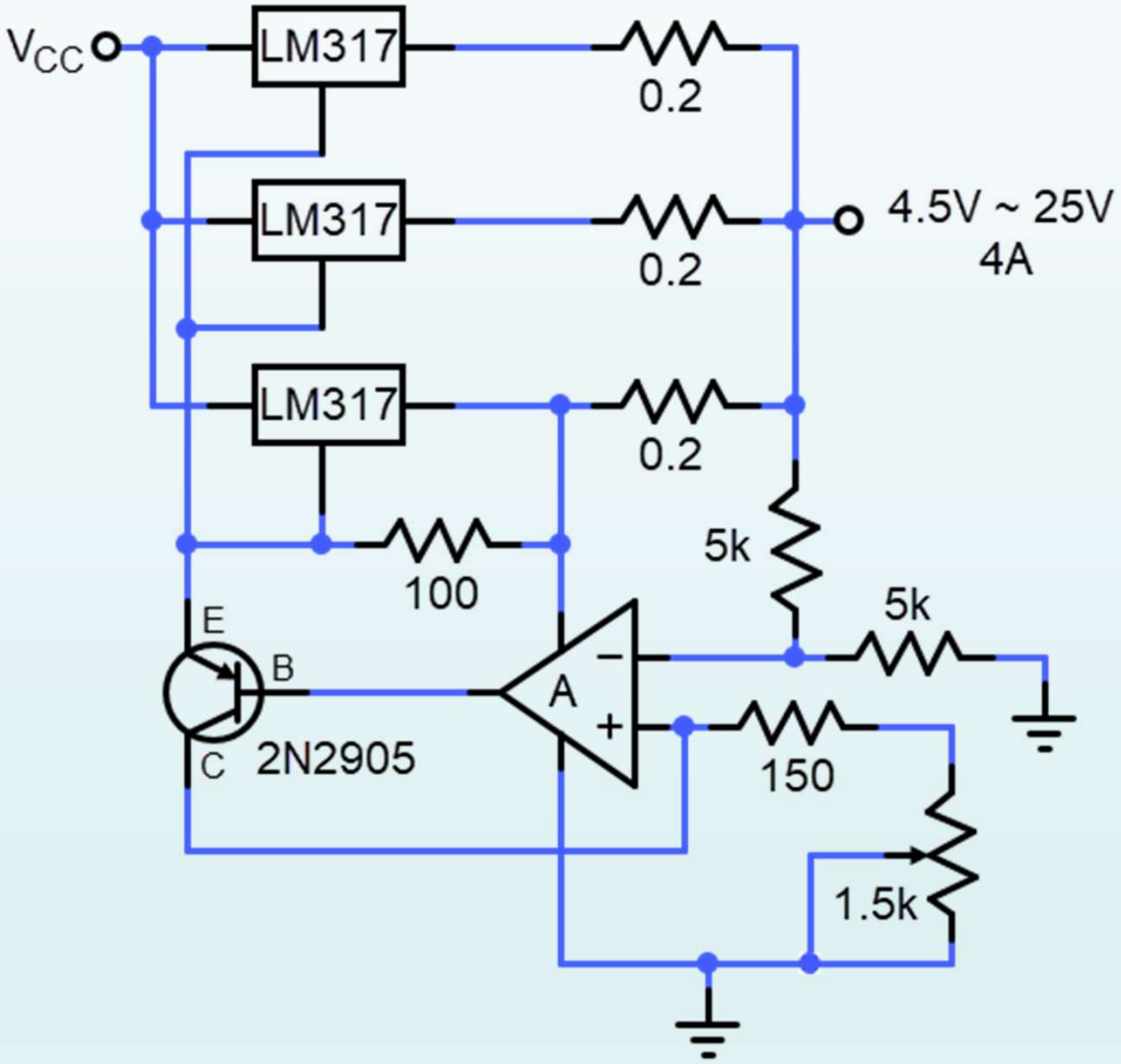
시리즈 레귤레이터 IC를 사용한 응용 회로(LM317) - 4

- LM317 전류 부스트 회로



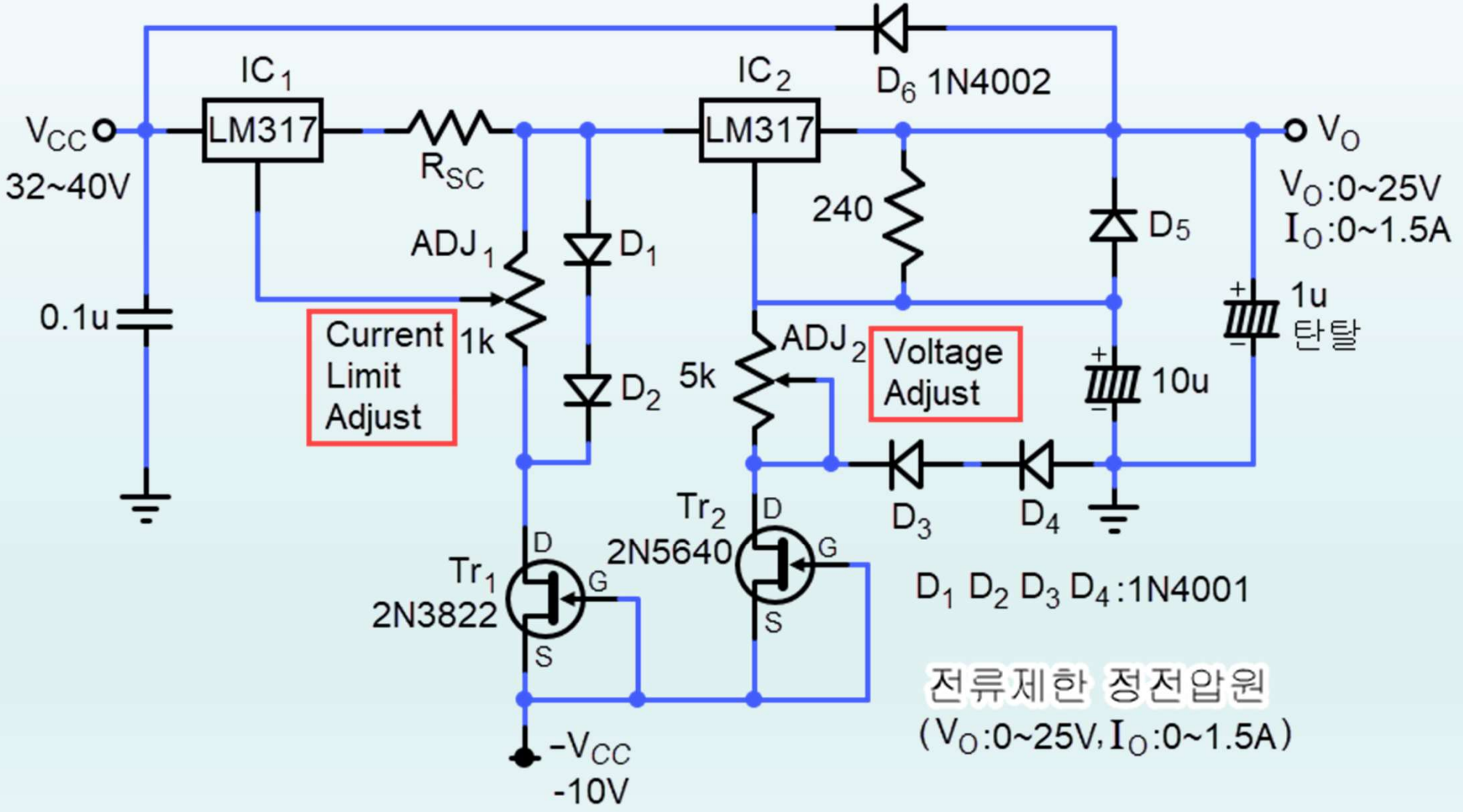
시리즈 레귤레이터 IC를 사용한 응용 회로(LM317) - 5

- LM317 전류 부스트 회로



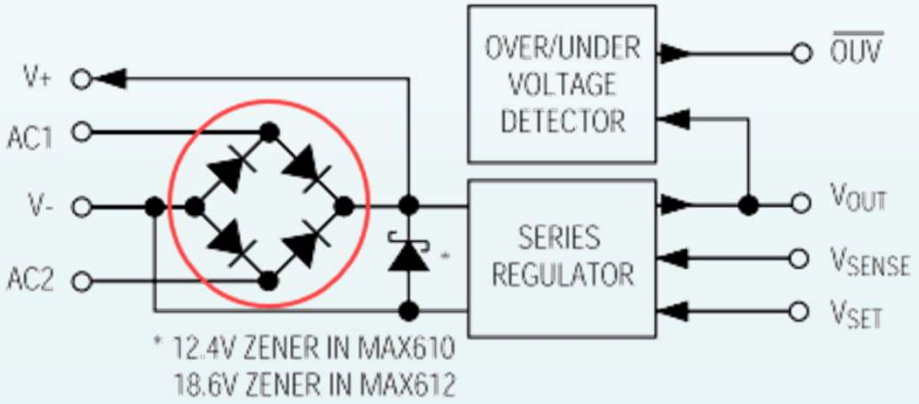
시리즈 레귤레이터 IC를 사용한 응용 회로(LM317) - 6

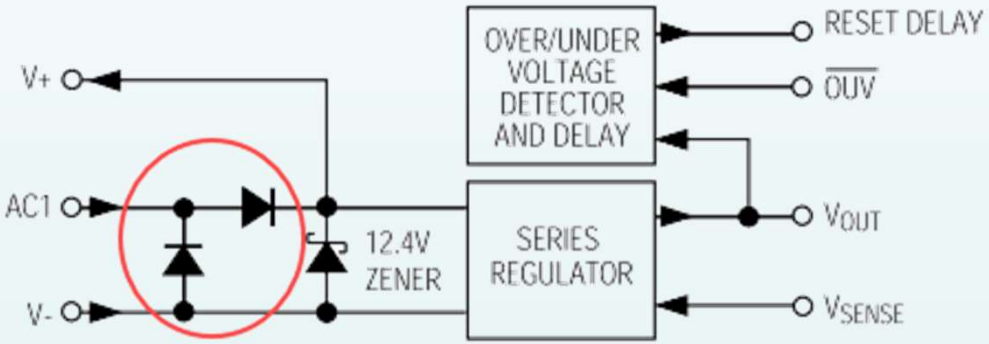
- LM317을 사용한 실험실용 전원 공급기 구현
  - 출력 전압은 ADJ_2로 0V~25V까지 조정 가능하고,
    출력 전류 제한은 ADJ_1로 0A~1.5A까지 가능하다.

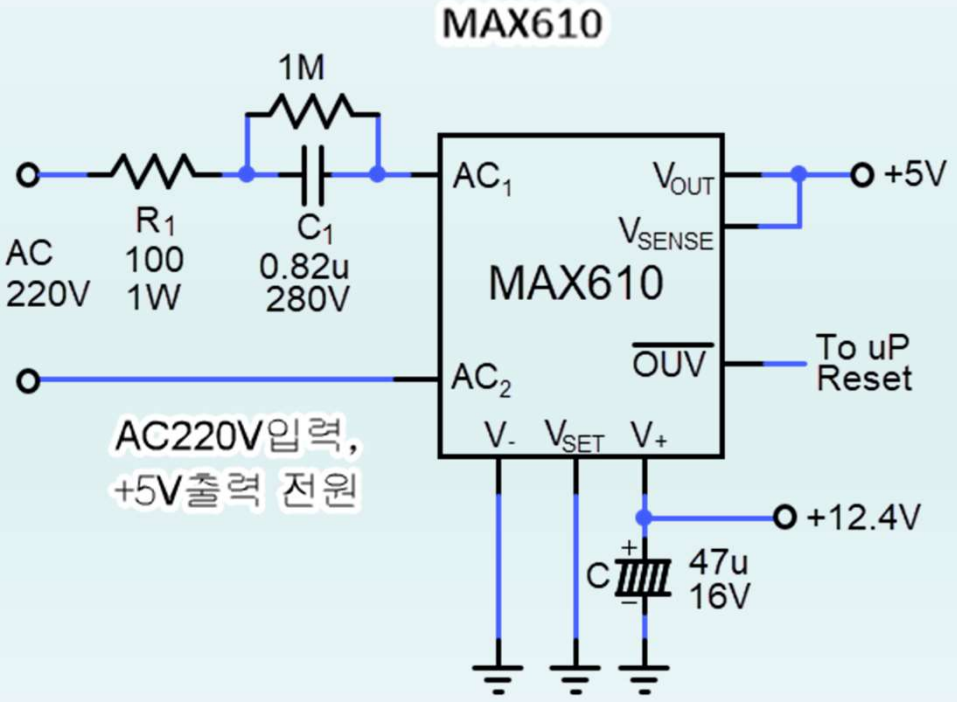


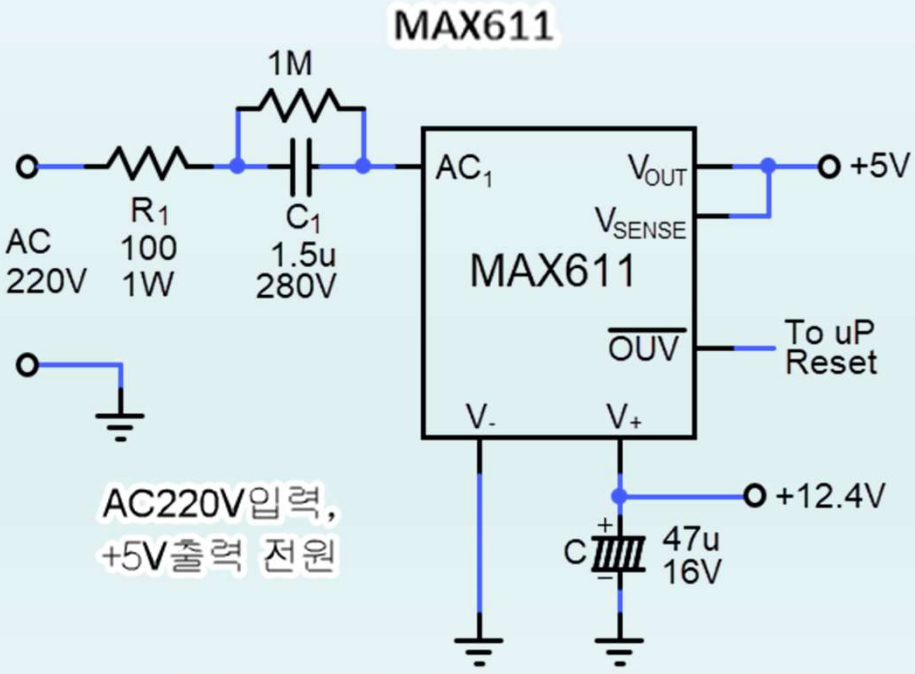
시리즈 레귤레이터 **IC**를 사용한 응용 회로**(MAX610) -1**

- AC-to-DC 레귤레이터(MAX610, MAX611)
  - MAX61X 레귤레이터는 정류기 회로를 포함하고 있다.
  - AC 입력전압은(AC1-AC2) 11.5V이하여야 한다.



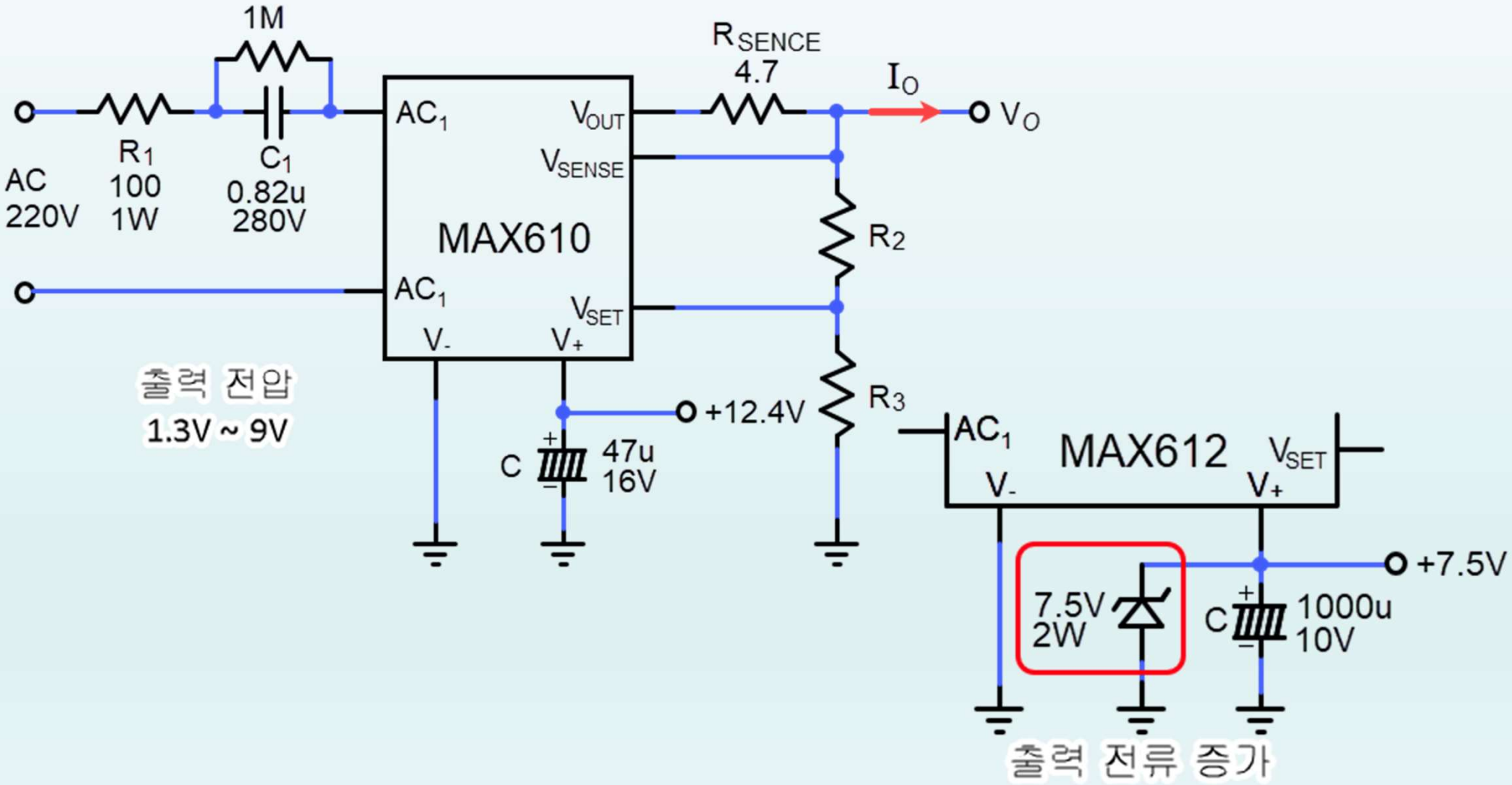






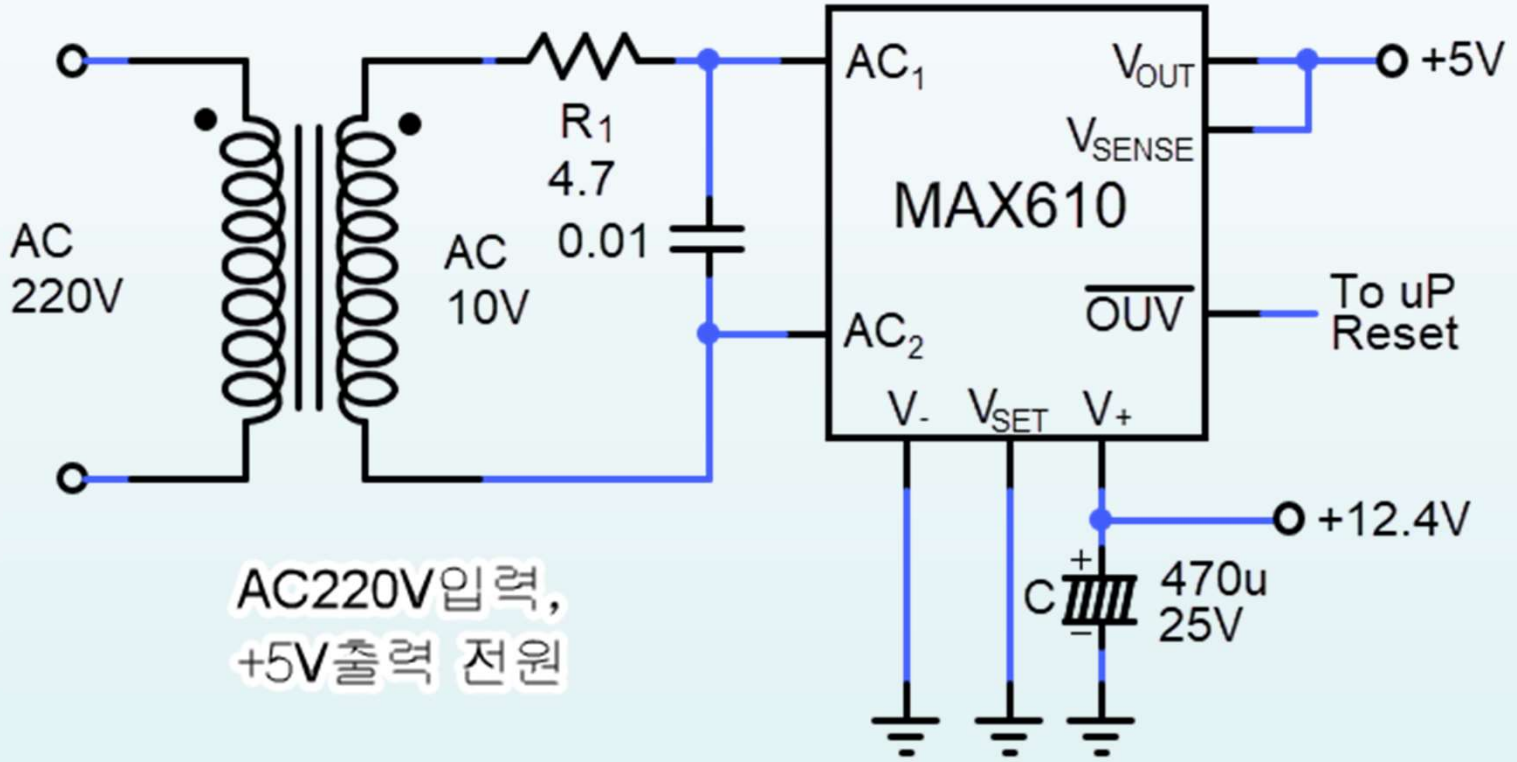
시리즈 레귤레이터 IC를 사용한 응용 회로(MAX610) -2

- MAX610 응용(출력 전압 가변)
  - 출력 전압 : $V_O = 1.3 \cdot \left(1 + \frac{R_2}{R_3}\right)$, $I_{O(LIMIT)} = \frac{0.6}{R_{SENSE}}$
  - 출력전류 증가는 내부 제너보다 낮은 것을 외부에 부착 한다.



시리즈 레귤레이터 **IC**를 사용한 응용 회로**(MAX610) -3**

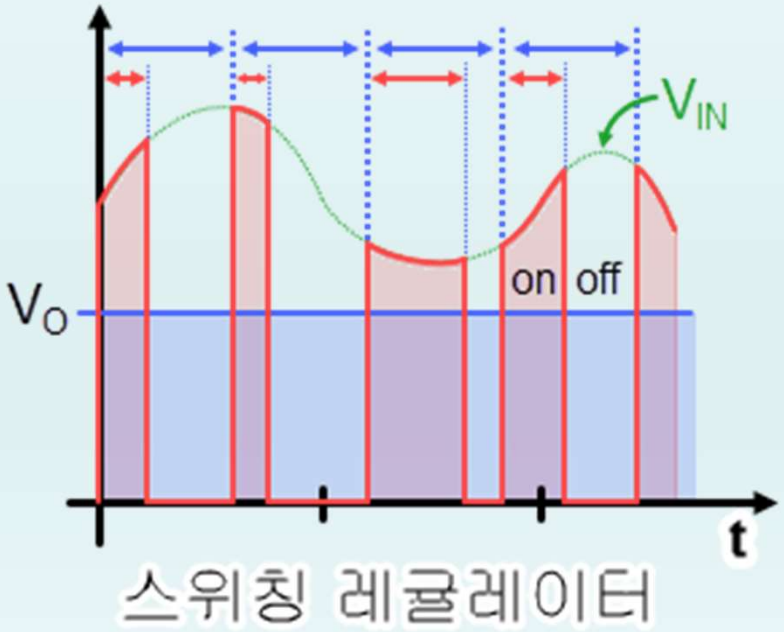
- MAX610 응용(절연 전압출력 회로)



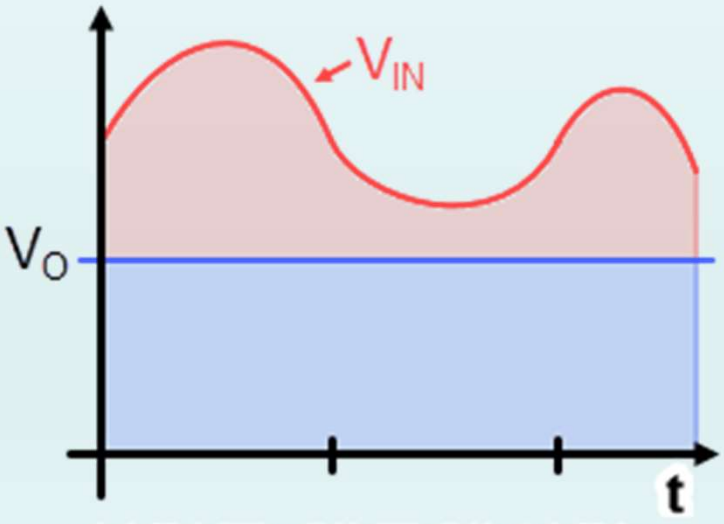
스위칭 레귤레이터 - 1

- 시리즈 레귤레이터 및 스위칭 레귤레이터의 차이
  - 시리즈 레귤레이터 : 출력전압 이상의 부분을 파워 트랜지스터(트랜지스터의 증폭기 특성)에서 열로 소모 하여 출력전압을 제어하는 방식
  - 스위칭 레귤레이터 : 파워 트랜지스터(스위치 특성)를 ON/OFF를 제어하고, 이때의 출력파형을 평활(평균전압)하여 출력전압을 조절한다. 제어 방법은 출력 전압이 높으면 파워 트랜지스터의 ON구간을 좁히고(듀티비 낮게) 출력 전압이 낮으면 파워 트랜지스터의 ON구간을 넓혀(듀티비 높게) 출력 전압의 평균을 조절한다. 이것 만으로 안정화 전원이 되지 않으니 출력단에 다이오드, 인덕터, 커패시터를 이용한 정류 및 평활 회로를 부가해야 한다.

  참고) 듀티비(Duty ratio, D) : $ON_TIME/(ON_TIME + OFF_TIME) \times 100\%$



스위칭 레귤레이터



시리즈 레귤레이터

스위칭 레귤레이터 - 2

mouser.com

- 시리즈 레귤레이터와 스위칭 레귤레이터의 장단점

시리즈 레귤레이터	스위칭 레귤레이터
출력 전압에 리플이 작다.	출력 전압에 리플이 많다.
파워 트랜지스터의 전력소모가 많다.	파워 트랜지스터의 전력소모가 적다.
입력전압 이하로만 출력전압을 얻을 수 있다.	입력전압에 상관없이 원하는 전압을 얻을 수 있다.
입력전압의 영향을 받는다.	입력전압의 영향을 덜 받는다.
구조가 간단하다.	구조가 복잡하다.
노이즈가 작다.	노이즈가 크다.
상용전원(전원 주파수 50Hz, 60Hz) 트랜스를 사용하여 트랜스가 커다.	AC 전원을 정류회로를 거쳐 DC로 만들고, 이 DC전압을 상용전원의 주파수 보다 높은 주파수로 스위칭 하기 때문에 일반적으로 트랜스가 작다.

스위칭 레귤레이터 - 3

- 스위칭 레귤레이터의 종류

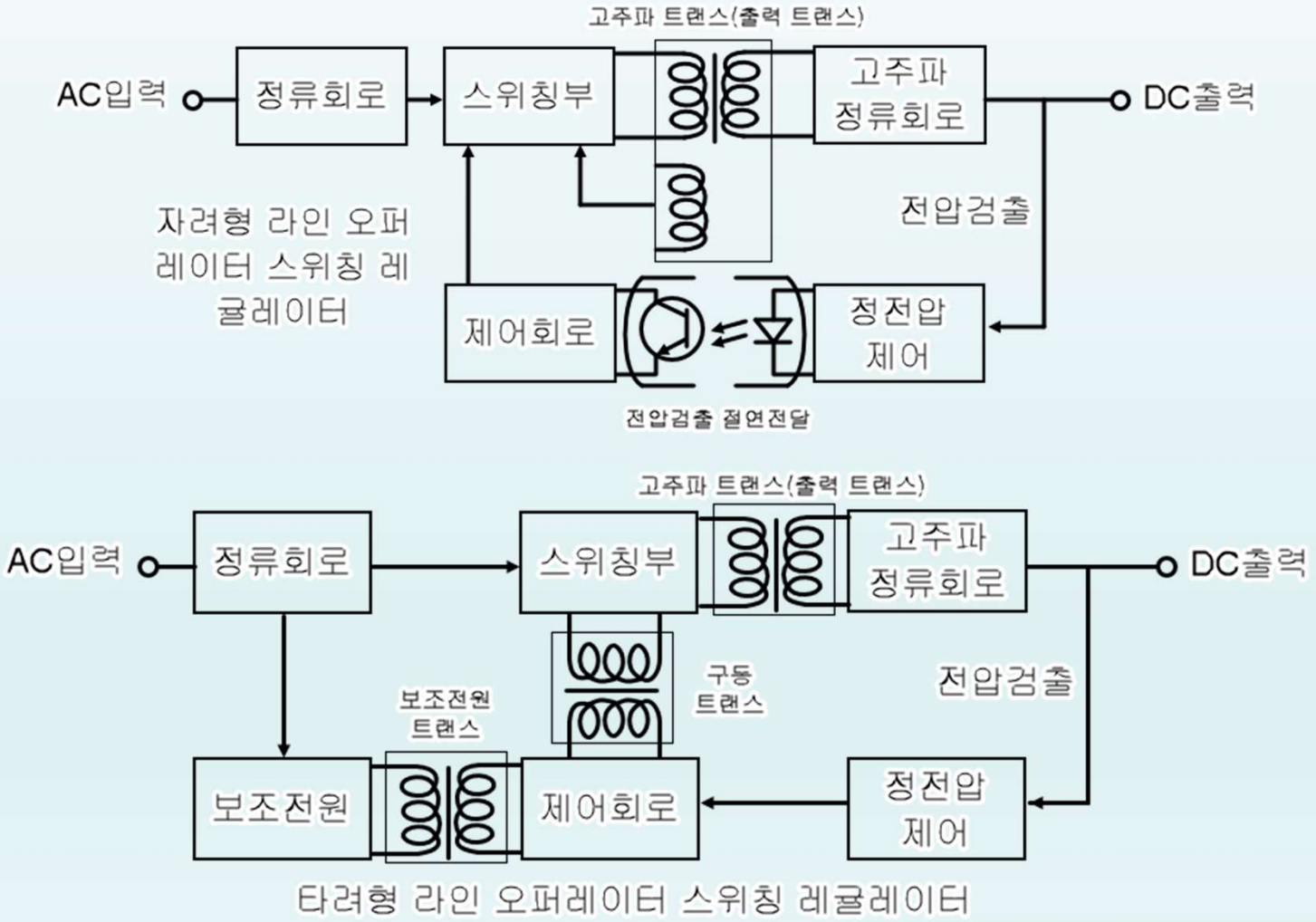
방식	종류	절연여부	비고
초퍼방식		비절연	소형 레귤레이터
컨버터 방식	플라이백	절연	소용량 50W까지
	포워드	절연	중용량 150W까지
	다석식	절연	대용량 300W까지
DC-DC컨버터	로이어	절연	인버터
	젠센	절연	인버터

- 스위칭 방식의 정류 및 평활 회로의 종류

초크 인풋형 정류 및 평활 회로	커패시터 인풋형 정류 및 평활 회로
강압형 초크 인풋형 스위칭 레귤레이터에서 사용	승압형 초크 인풋형 스위칭 레귤레이터에서 사용
	극성 반전형 인풋형 스위칭 레귤레이터에서 사용

스위칭 레귤레이터 - 4

- 라인 오퍼레이터형 스위칭 레귤레이터의 블록도
  상용 트랜스를 사용하지 않고 상용전원을 직접 입력전압으로 하는 스위칭 레귤레이터를 라인 오퍼레이터형 또는 오프라인 컨버터라고 한다.
  종류는 타려형(고출력, 발진회로 내장)과 자려형(소출력)이 있다.



타려형 라인 오퍼레이터 스위칭 레귤레이터

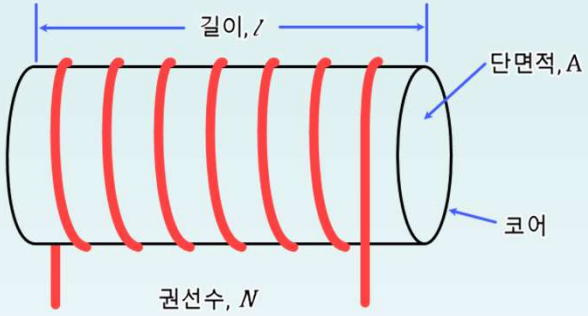
스위칭 레귤레이터 - 5

- 라인 오퍼레이터형 스위칭 레귤레이터의 특장점
  - AC입력을 정류 회로를 거쳐 0V이상이 되도록 만들어야 한다.
  - 출력전압을 만들기 위한 고주파 트랜스에 20kHz 이상의 스위칭을 하여 전압을 인가하기 때문에 트랜스를 상용 트랜스 보다 출력 트랜스(고주파 트랜스)를 소형으로 만들 수 있다.
    $N_P = {}^{V_{IN}}/_{(4 \cdot \Delta B \cdot A_e \cdot f)} \times 10^8$, A_e:코어의 유효 단면적
  - 스위칭 주파수가 가청주파수 대역이기 때문에 트랜스에서 권선 등의 진동으로 고주파음이 발생 할 수 있다. 이 소리를 방지하기 위한 기계적인 설계도 필요하고, 권선 등의 고주파음 공진 주파수를 피하여 스위칭 주파수를 조절하여야 한다.
  - 스위칭을 하기때문에 노이즈가 발생한다.
  - 낙뇌와 서지 전압 등이 전원 및 제품 회로를 파손 할 수 있다.
  - AC입력 측에 커패시터 인풋형 정류 평활회로를 사용하기때문에 전원 인가시 큰 돌입 전류가 발생한다. 이를 방지하는 회로를 부가하여야 한다.
  - 또한 AC입력 전압의 직접 입력과 전압이 높기 때문에 인체 감전방지와 전원 회로의 고장 및 회로의 구성들이 복잡해 지며, 이로 인한 제품의 고장 확률도 높아진다.

스위칭 레귤레이터에 사용되는 개별 소자(인덕터) - 1

mouser.com

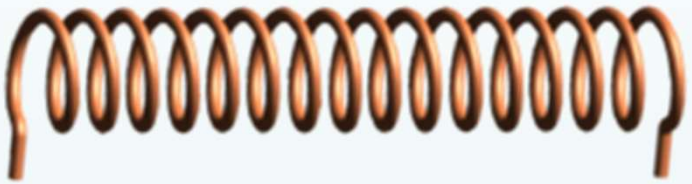
- 인덕터의 특성
  - 인덕터는 공급되는 전기 에너지를 자계의 형태로 저장하는 소자이며, 인덕터에 흐르는 전류를 유지하려는 성질이 있다. 즉 역학의 관성과 비슷하다.
  - 코어가 진공일 때의 투자율(透磁率, permeability)은 μ_0이다. 이 것과 다른 물질과의 투자율의 비를 상대 투자율(相對透磁率, relative permeability, 비 투자율, μ_s)이라고 한다. 물질의 투자율은 "$\mu = \mu_0 \times \mu_s$"이다.
  - 이 상대 투자율은 물질에 따라 0.9 ~ 100,000 이상의 범위를 가진다. 즉 같은 크기라도 코어의 재료에 따라 진공 일 때의 인덕턴스 보다 100,000배 이상의 값을 가질 수 있다.
  - 인덕터를 구성하고 있는 전선에 전류를 흘리면 이에 상응하는 자기선속(磁氣線束, magnetic flux, 자속)이 코어에 발생한다. 이 자속의 단위 면적당 밀도를 자속밀도(磁束密度, magnetic flux density)라 한다.
  - 이 자속밀도의 최대치는 물질마다 다르며, 이 최대치를 넘는 순간 그 물질의 투자율(μ)은 μ_0가 된다. 즉 임피던스의 크기가 $1/\mu_s$이 된다는 뜻이다. 자속밀도는 인덕터의 전선에 흐르는 전류 값에 의하여 정해지므로 인덕터에 특정 전류 값 이상을 어떤 경우든지 흐르게 하면 안된다.

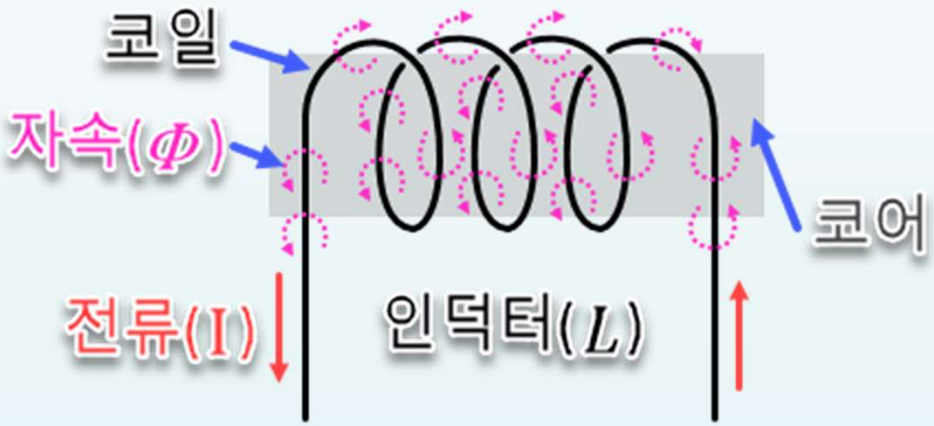


$$L = \frac{N^2 \mu A}{l} (\mathrm{H}) \ (\mu\text{는 코어의 투자율})$$

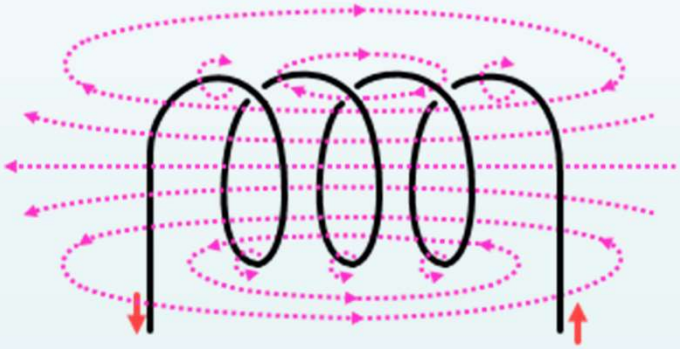
스위칭 레귤레이터에 사용되는 개별 소자(인덕터) - 2

- 인덕터의 구현 방법
  - 솔레노이드(Solenoid) 형

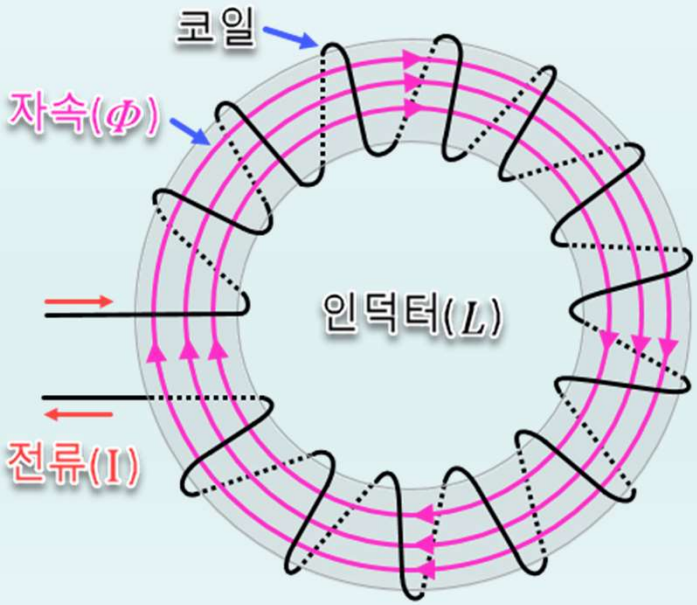




자속 합성



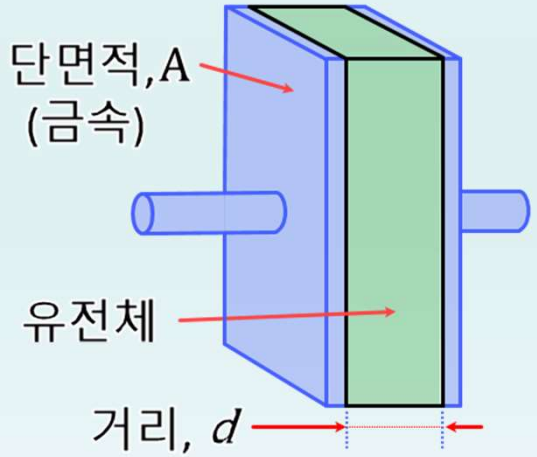
  - 환상(Toroid) 형



스위칭 레귤레이터에 사용되는 개별 소자(커패시터) - 1

mouser.com

- 커패시터
  - 커패시터는 전기에너지를 전계의 형태로 저장하며, 다른 표현으로는 전하를 저장하는 소자이다. 커패시터의 형태는 두 금속사이에 자유전자가 없는 물질(유전체)을 둔 구조 이다.
  - 유전체가 진공일 때의 유전율(誘電率, permittivity)은 ε_0이다. 이 것과 다른 물질과의 유전율의 비를 유전상수(誘電常數, dielectric constant, 비 유전율, ε_r)라고 한다. 물질의 유전율은 "$\varepsilon = \varepsilon_0 \times \varepsilon_r$"이다.
  - 이 유전상수는 물질에 따라 1 ~ 1,200 이상의 범위를 가진다. 즉 같은 크기라도 유전체의 재료에 따라 진공 일 때의 커패시턴스 보다 1,200배 이상의 값을 가질 수 있다.
  - 커패시터의 유전체 양단에 특정 전압 이상을 인가하면 절연이 파괴되어 전류가 흐르게 되어, 더 이상 커패시터의 역할을 할 수 없게 된다. 이때의 전압을 단위 길이로 환산한 값을 유전 강도(誘電剛度, dielectric strength)라고 한다. 공기의 유전상수는 1.00059이며, 유전강도는 $3 \times 10^6\ \mathrm{V/m}$이다.



$$C = \varepsilon \frac{A}{d}(\mathrm{F})\ (\varepsilon\text{는 유전체의 유전율})$$

스위칭 레귤레이터에 사용되는 개별 소자(커패시터) - 2

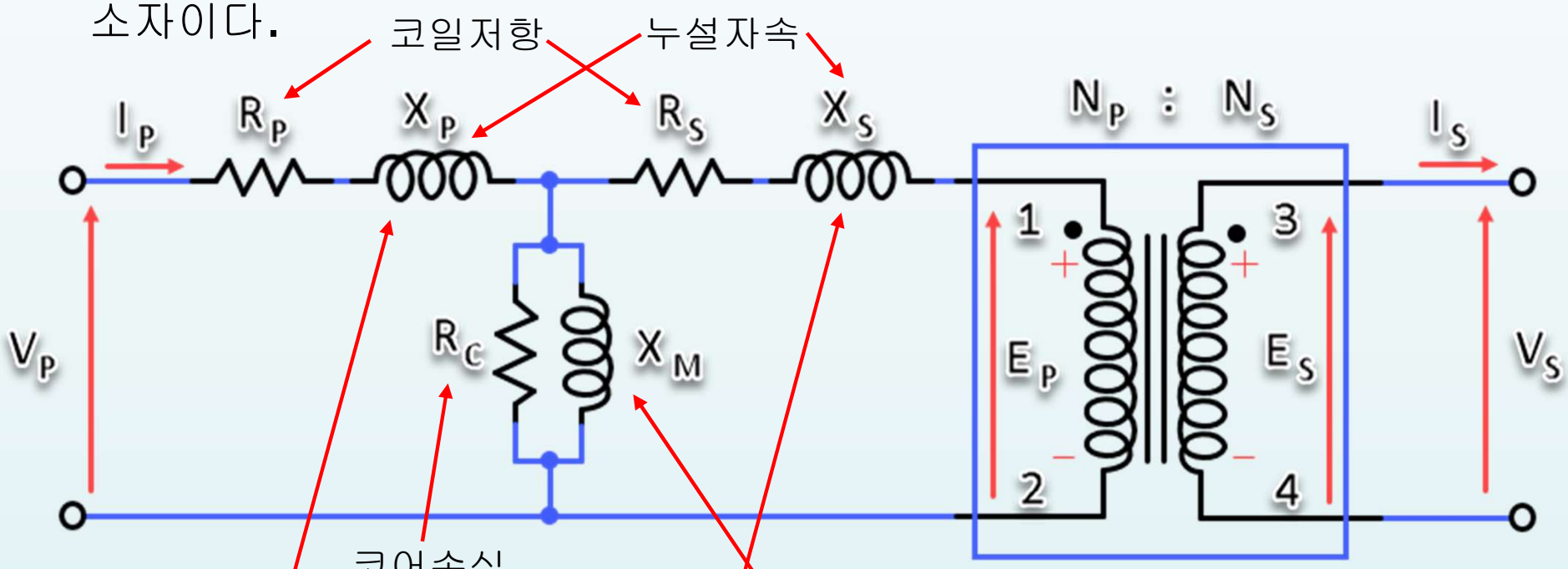
mouser.com

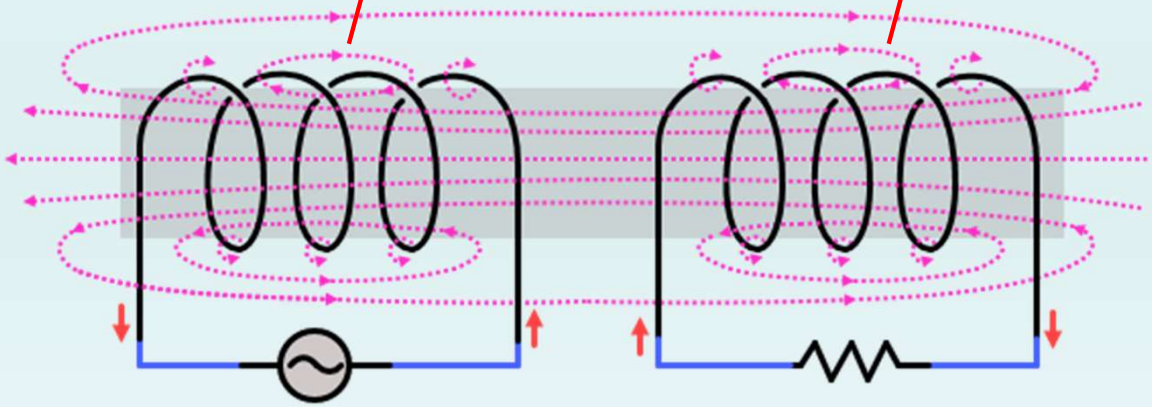
- 1차측과 2차측의 평활용으로 사용되는 커패시터는 주로 비용과 용량면에서 전해 커패시터가 사용된다.
- 이 커패시터에는 상용주파수 및 스위칭 주파수의 큰 리플전류가 흐르게 된다. 이런 이유로 용량보다는 허용 리플전류를 고려하여 선택하여야 한다. 즉 등가 직렬 저항(Equivalent Serial Resistance, ESR, Rs)이 작은 것을 선택한다.
- 또한 실장 시 가능하면 한 개의 커패시터 보다 여러 개의 커패시터를 병렬로 하여 ESR을 낮추는 것도 한 방법이다.
- 전해 커패시터는 소자의 특성(용량 등)이 사용시간에 따라 열화 되고, 그 열화는 회복되지 않으며 수명이 있다.
- 그리고 전해 커패스터와 병렬로 용량이 작아도 주파수 특성이 좋은 커패시터를 병렬로 삽입하면 리플과 노이즈를 줄이는 효과를 볼 수 있다. 보통은 SMD 타입의 적층세라믹커패시터(Multi Layer Ceramic Capacitor, MLCC)를 많이 사용한다.

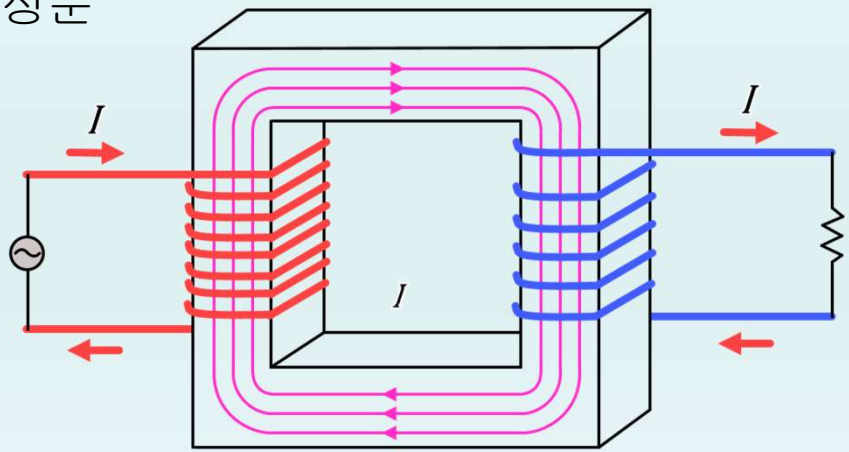
스위칭 레귤레이터에 사용되는 개별 소자(트랜스) - 1

mouser.com

- 트랜스
  - 트랜스는 전력을 전달하며, 자속을 공유하는 인덕터 두개를 조합한 형태의 소자이다.

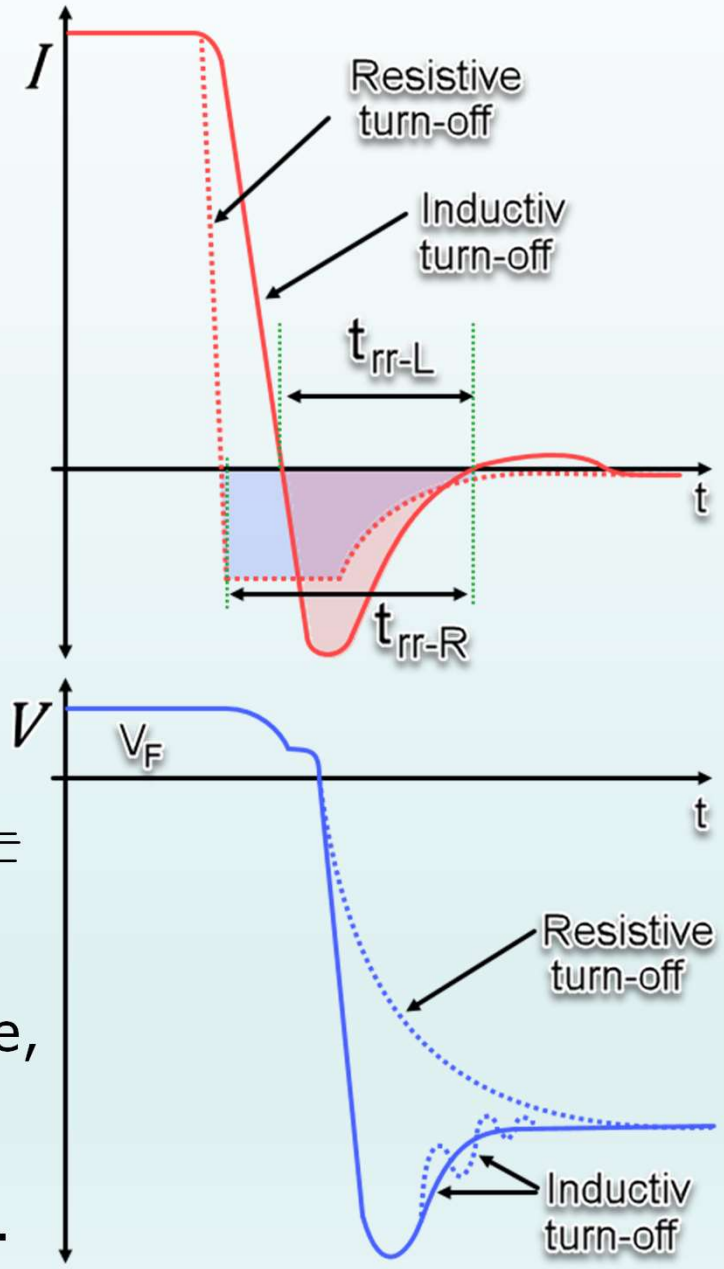






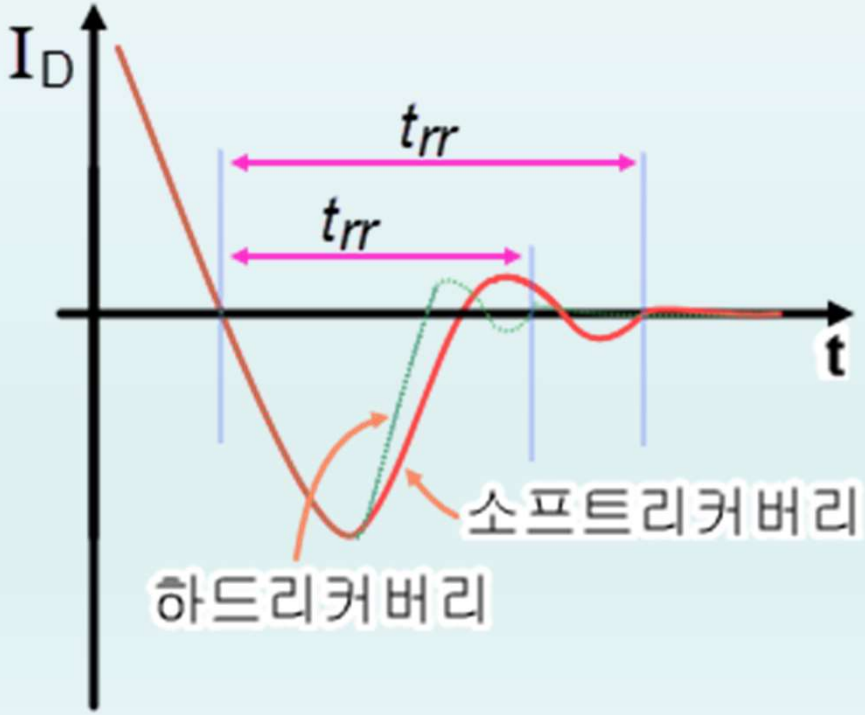
스위칭 레귤레이터에 사용되는 개별 소자(다이오드) - 1

- 다이오드
  - 다이오드는 전류를 한방향으로만 흐르게 하는 소자이다.
  - 실제 다이오드는 정방향으로 전류를 흘리면 다이오드 구조상 내부에 전하가 축적된다. 이 축적된 전하는 정방향으로 전류가 흐르는 시점의 다이오드에 역방향 전압이 인가되면 일정시간 방전이 된다. 이 방전시간 동안 다이오드는 역방향으로 전류가 흐르게 된다. 이 시간을 역회복시간(Reverse recovery time, t_{rr})이라고 한다.
  - 일반 다이오드에(1000ns~10us, AC 정류용) 비하여 아주 짧은 역회복시간을 갖는 다이오드를 FRD(Fast Recovery Diode, 100~1000ns) 또는 UFRD(Ultra Fast Recovery Diode, 100nsec 이하)라 한다.
  - 쇼트키 배리어 다이오드(Schottky Barrier Diode, SBD)는 역회복시간이 0sec이나 내부 기생 커패시터로 인하여 역회복시간이 존재하지만 다이오드 중 가장 빠른 역회복시간을 가지고 있다.



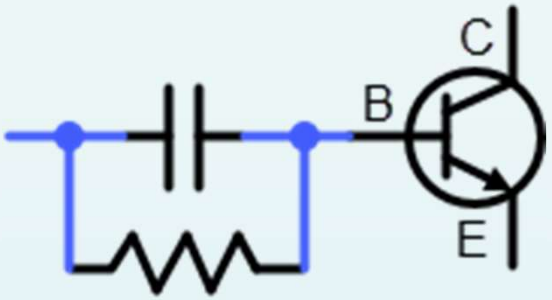
스위칭 레귤레이터에 사용되는 개별 소자(다이오드) - 2

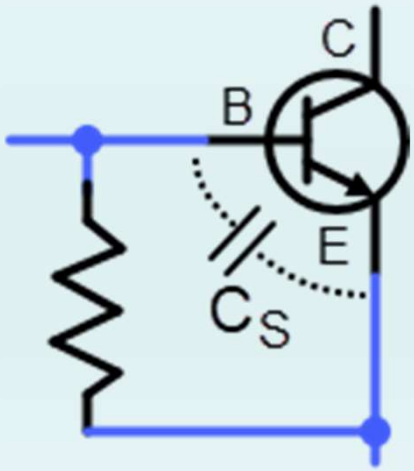
- 역회복시간을 개선한 다이오드
  - 스위칭 다이오드는 t_{rr}이 작은 것도 중요한 요소이나 역방향 전류의 회복속도 즉 di_{rr}/dt도 중요한 요소이다.
  - 회복속도가 큰 것을 하드리커버리, 작은 것을 소프트리커버리라고 한다. 차이점은 소프트리커버리가 상대적으로 잡음이 적다. 대표적인 소프트리커버리는 쇼트키 배리어 다이오드(SBD)이다.
  - HED(High Efficiency Diode) 또는 LLD(Low Loss Diode)등의 다이오드는 역회복시간이 100ns 이하인 것들이 있다.

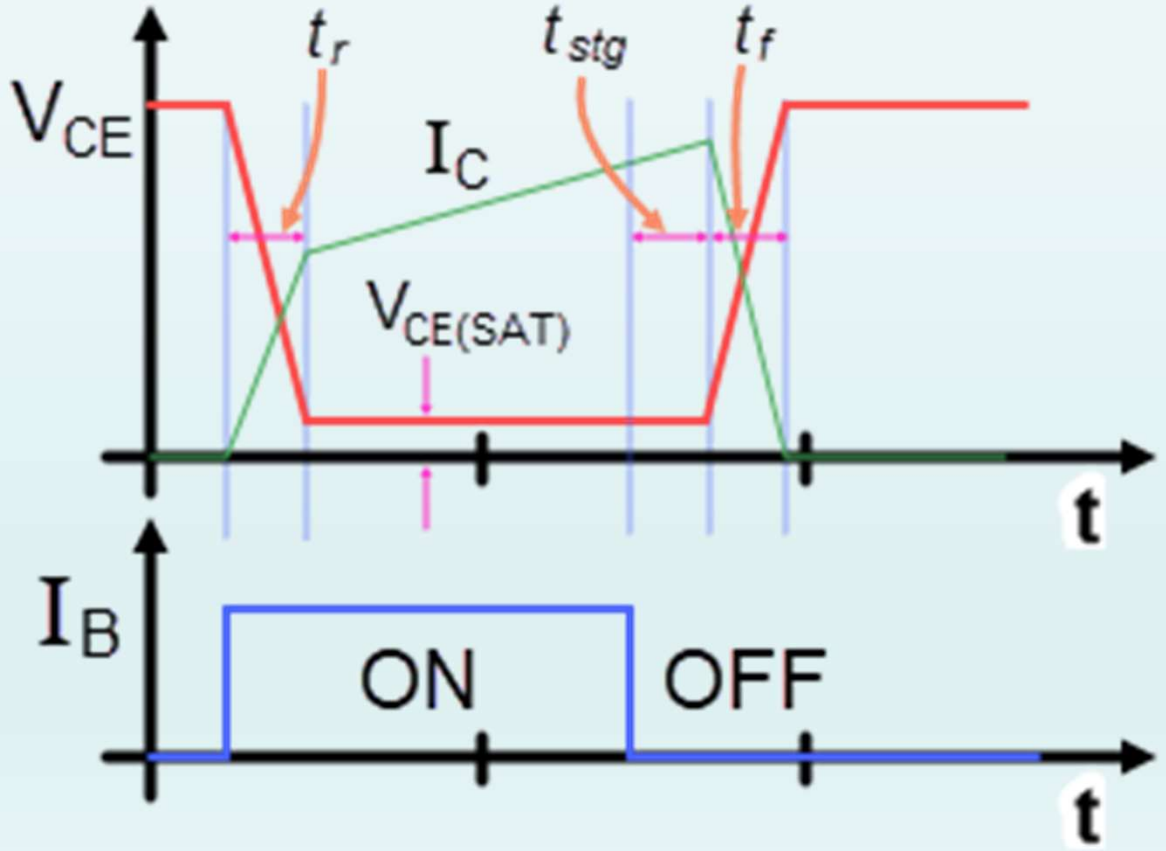


스위칭 레귤레이터에 사용되는 개별 소자(트랜지스터) - 1

- 트랜지스터의 스위칭 특성(I_C는 부하가 L일 때의 출력)
  - 베이스 전류가 공급되고 트랜지스터가 ON상태가 될 때까지의 시간 : t_r
  - 베이스 전류의 공급이 중단 되도 트랜지스터의 상태가 ON으로 유지되는 시간 : t_{stg}
  - t_{stg}의 시간을 지나 트랜지스터의 상태가 OFF상태로 변환될 때 까지의 시간 : t_f

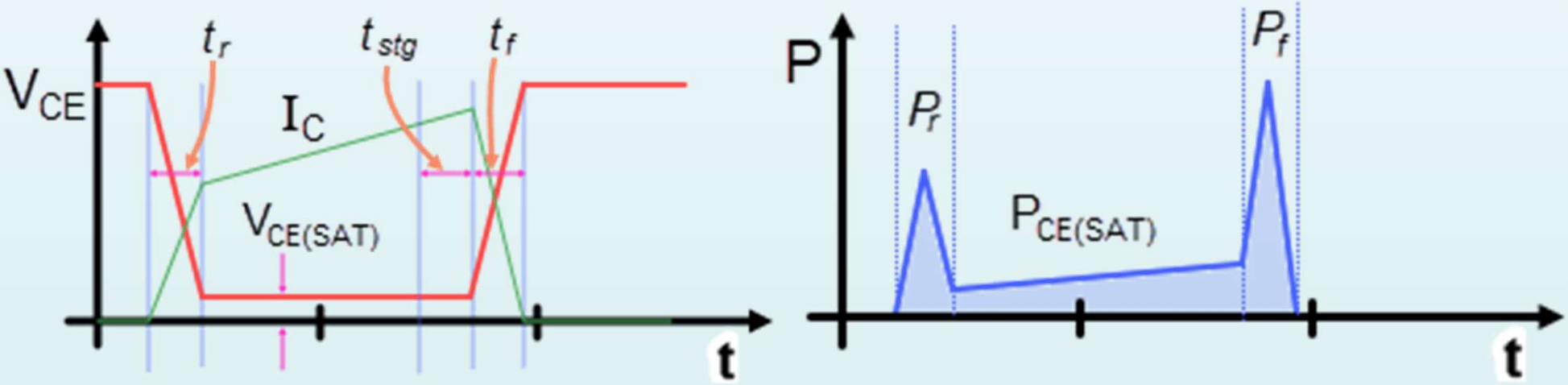






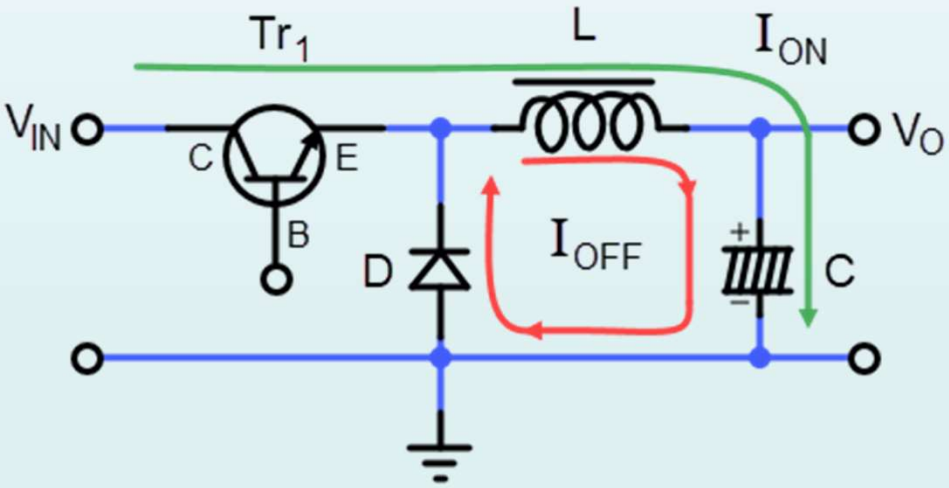
스위칭 레귤레이터에 사용되는 개별 소자(트랜지스터) - 2

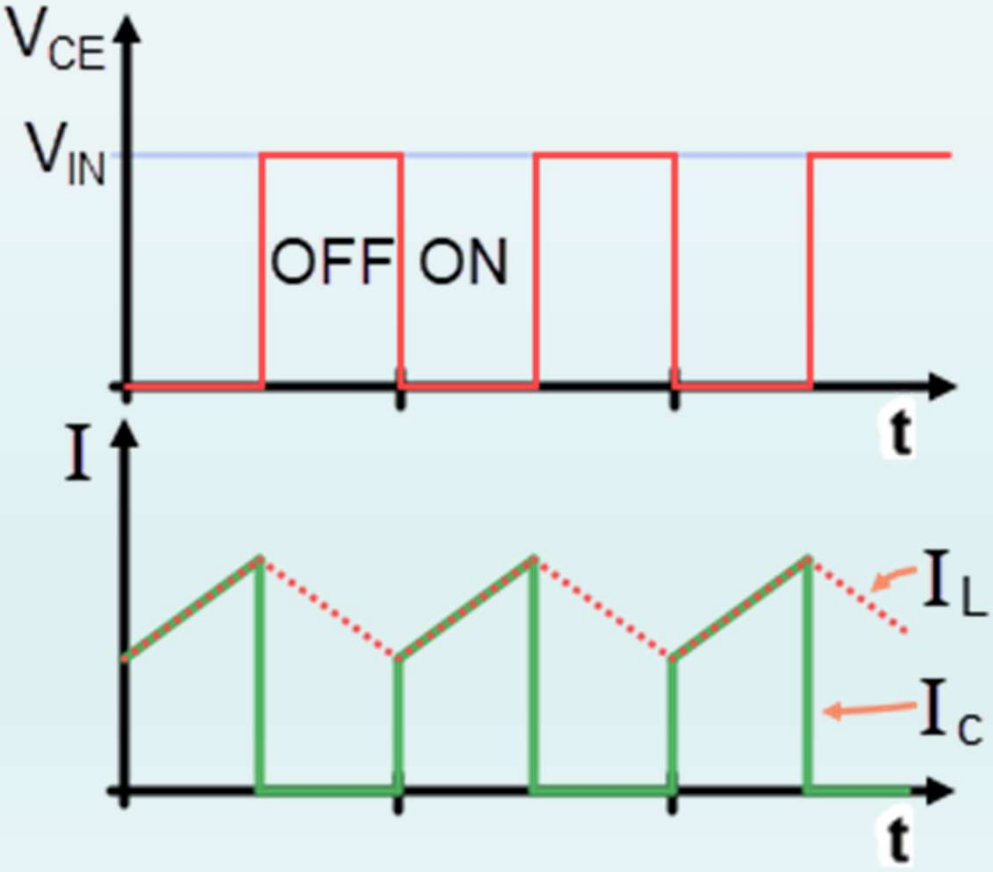
- 트랜지스터의 전력 손실에 대한 고찰
  - 이상적인 트랜지스터는 스위칭시에는 자체 손실이 없다. 그러나 실제 트랜지스터는 t_r, t_{stg}, t_f의, $V_{CE(SAT)}$과 I_C로 인한 전력손실이 있다.
  - 전력 손실은 주파수에 비례하여 커진다.
  - 트랜지스터의 스위칭 시에 트랜지스터에서 발생하는 전력 손실은 OFF에서 ON시의 구간의 면적, ON시의 구간의 면적, ON에서 OFF시의 구간의 면적을 구하여 더한 것이다.($P = V \times I$ 및 $W = P \times t$)



초퍼 방식 스위칭 레귤레이터 - 1

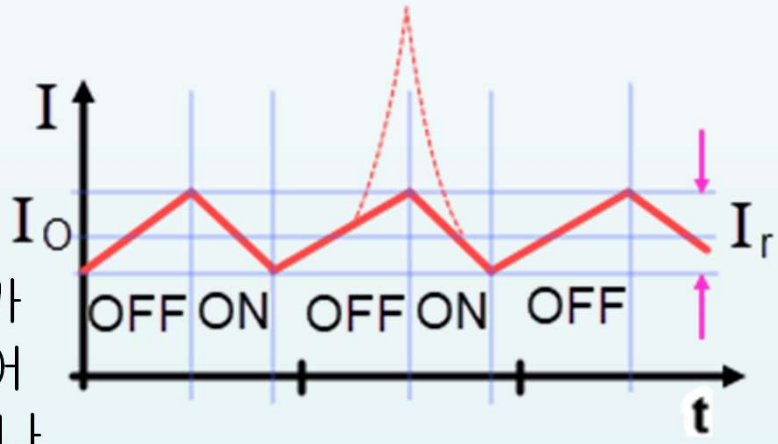
- 초퍼 방식(DC-DC 컨버터)
  - 트랜스를 사용하지 않기 때문에 소형으로 만들 수 있다.
  - 입력 전압과 출력 전압이 절연되어 있지 않다.
  - 승압, 강압 및 극성 변화도 가능하다.
  - T_{r1}이 ON일 때 I_{ON}이 흐르며, T_{r1}이 OFF일 때는 L에 저장되어 있던 자기에너지가 전류를 생성하여 I_{OFF}를 만든다.





초크 코일의 설계(코어 재료) - 1

- 초퍼 방식 스위칭 레귤레이터에 사용하는 초크 코일의 설계
  - 초크 코일에 인가 되는 주파수는 수십kHz 이상의 주파수이기 때문에 상용 트랜스에서 사용하는 규소강판을 코어의 재료로 사용할 수 없다. 그 이유는 철손이 크고, 온도 상승이 높다.
  - 초크 코일에 흐르는 전류는 직류상에 고주파 리플전류가 중첩되어 흐른다. 그러므로 코어에 자기 포화가 일어나면 안된다. 자기포화가 일어나면 초크 코일의 임피던스가 포화가 되는 순간 공심 코일과 같은 값이 되어 입력 전류값이 갑자기 상승하는 현상이 일어나 회로를 손실 시키기도 한다.

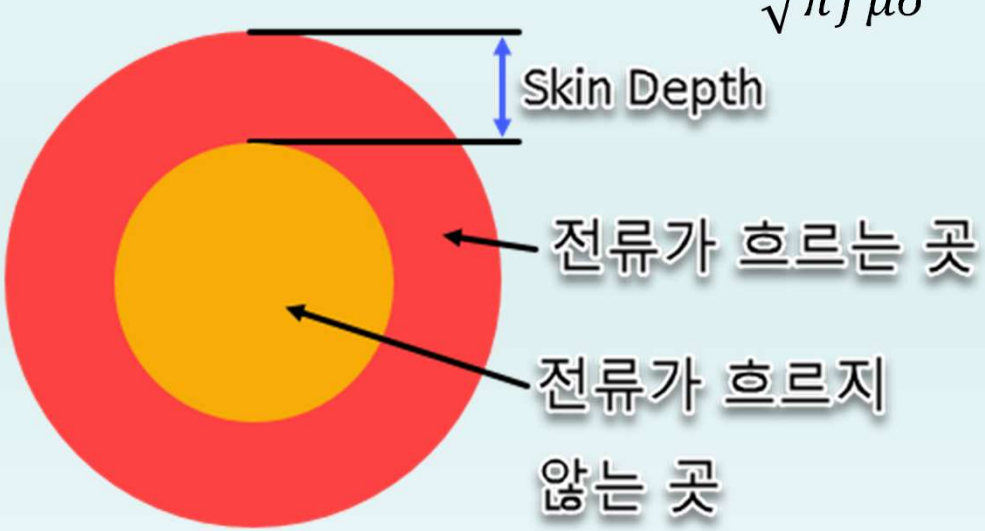


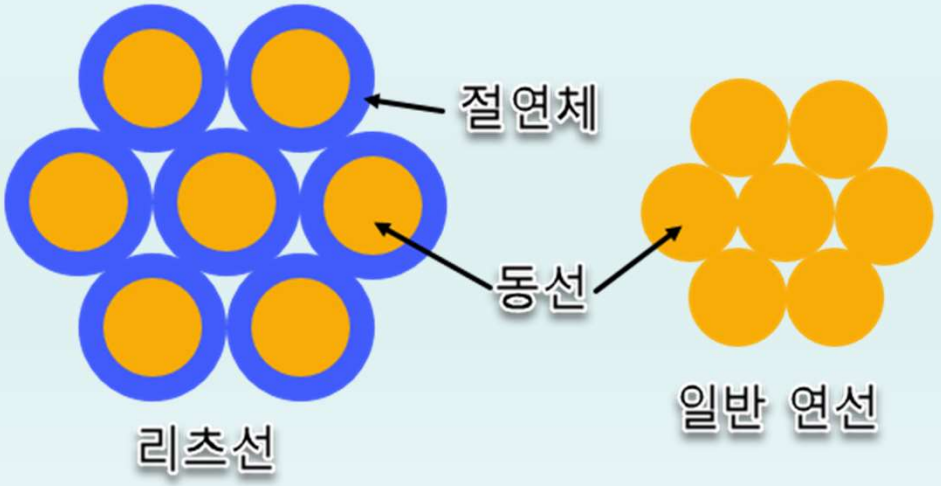
  - 이런 사항의 만족시키는 코어의 재료로 몰리브덴을 주성분으로 한 더스트 코어가 있다. 그러나 투자율이 낮아 임피던스를 높이려면 많은 권선이 필요하다.
  - 페라이트 코어는 철손이 적지만, 직류 중첩의 경우 특성이 좋지 않아 코어 상에 갭을 넣어야 한다. 이 갭에 의하여 누설 자속이 발생하고, 노이즈의 원인이 된다.
  - 이런 이유로 아모퍼스 코어(amorphous core, 비정질 코어)를 사용한 트로이덜(troidal, 환형) 형태의 초크 코일이 가장 이상적이다.

초크 코일의 설계(코일) - 2

- 전선에 DC 전류가 흐르면 전선 단면의 모든 곳에 균일하게 전류가 흐른다. 그러나 고주파 전류가 흐르는 전선에는 표피에 가까운 쪽으로 전류가 밀집되어 흐르고, 전선의 중심에는 전류가 흐르지 못하는 표피효과(Skin Effect)가 나타난다.
- 이는 전선에 표기되어 있는 허용전류보다 작은 전류가 흐르게 된다는 뜻이다. 이런 이유로 고주파 전류가 흐르는 전선은 보통의 전선보다 직경이 큰 전선을 사용하여야 한다.
- 직경이 큰 전선을 사용할 수 없을 경우에는 연선 각각에 절연처리를 하여 판매되는 리츠선(litz wire)을 사용하기도 한다.(일반 연선은 단선과 같이 표피효과를 줄이는 효과가 없다.)

$$\text{Skin Depth}(\delta) = \frac{1}{\sqrt{\pi f \mu \sigma}} \quad (\mu : \text{투자율}, \sigma : \text{전도도})$$





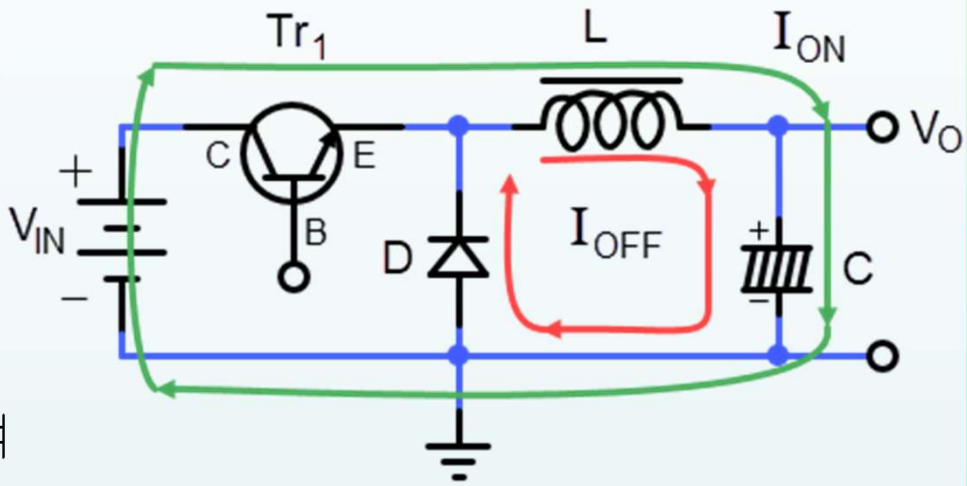
초퍼 방식 스위칭 레귤레이터(강압형) - 1

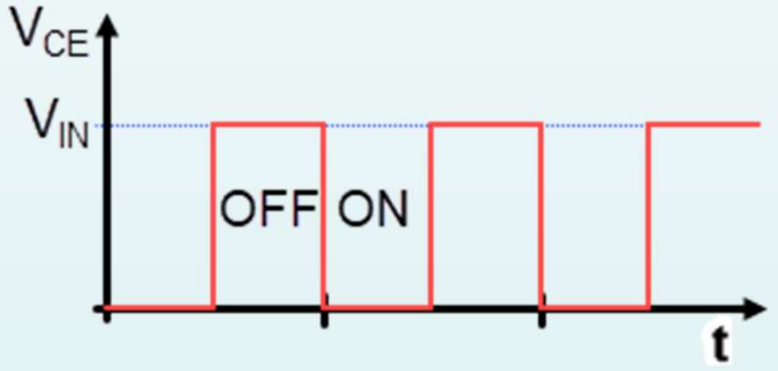
mouser.com

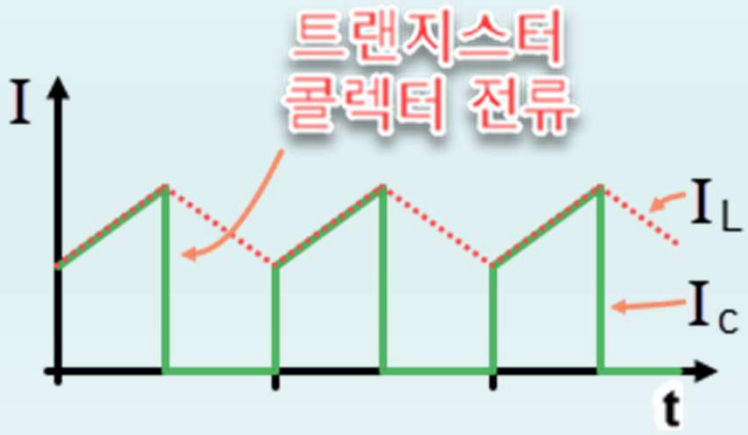
- 강압형 초퍼 방식의 레귤레이터
  - 강압형 초퍼 또는 스텝다운 컨버터 (step down converter)
  - 입력전압 보다 낮은 전압을 출력한다.
  - 동작은 Tr이 ON시 L과 C에 전류를 공급한다.(I_{ON}) 이후 Tr OFF시 L에 저장된 에너지가 다이오드 D를 통하여 C에 공급된다.(I_{OFF})
  - 출력전압 V_O은 다음과 같다.

$$V_o = V_{IN} \cdot D,\ \mathrm{D} = \frac{t_{on}}{t_{on}+t_{off}}$$

  - D를 조절하여 V_{IN}이 변동해도 V_O은 일정하게 유지되게 할 수 있다.
  - 내부 발진회로의 여부에 따라 자려형과 타려형으로 나누어진다.
  - 회로에 사용하는 다이오드를 플라이휠 다이오드(flywheel diode)라고 부르기도 한다.





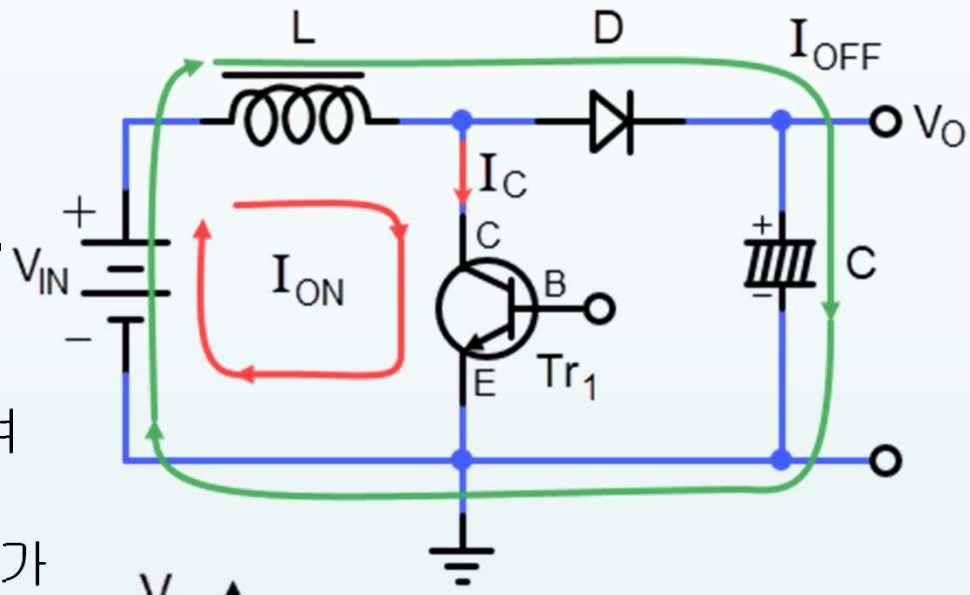


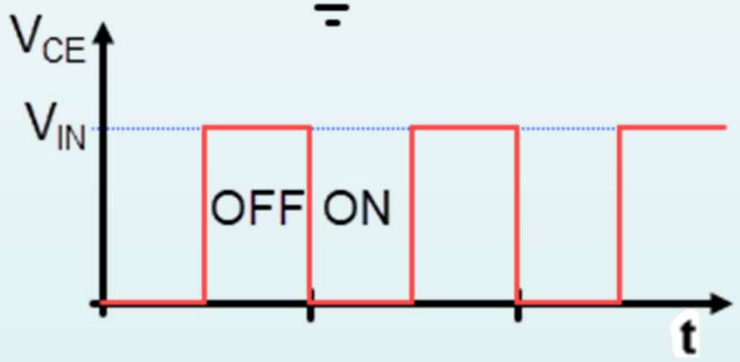
초퍼 방식 스위칭 레귤레이터(승압형) - 1

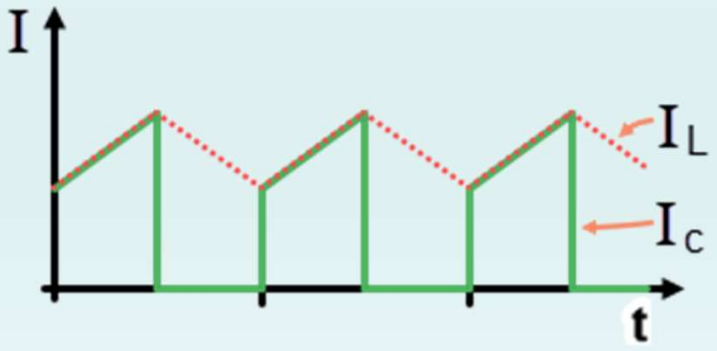
mouser.com

- 승압형 초퍼 방식의 레귤레이터
  - 승압형 초퍼 또는 스텝업 컨버터 (step up converter)
  - 입력전압 보다 높은 전압을 출력한다.
  - 동작은 Tr이 ON시 L 전류를 공급한다.(I_{ON}) 이후 Tr OFF시 L에 저장된 에너지가 다이오드 D를 통하여 C에 공급된다.(I_{OFF})
  - Tr의 OFF시 부하로의 전류 공급은 I_C가 담당하며, ON시는 I_L이 담당한다.
  - 승압이 되는 이유는 L에 흐르는 전류는 갑자기 변동될 수 없다는 원리에 따라 V_{IN}과 V_L의 전압의 합이 V_O보다 낮을 경우 V_L의 전압이 증가하여 I_L을 다이오드를 통하여 흐르게 하기 때문이다.
  - 출력전압 V_O은 다음과 같다.

$$V_o = V_{IN} \cdot D,\ D = \frac{t_{on}}{t_{on}+t_{off}}$$





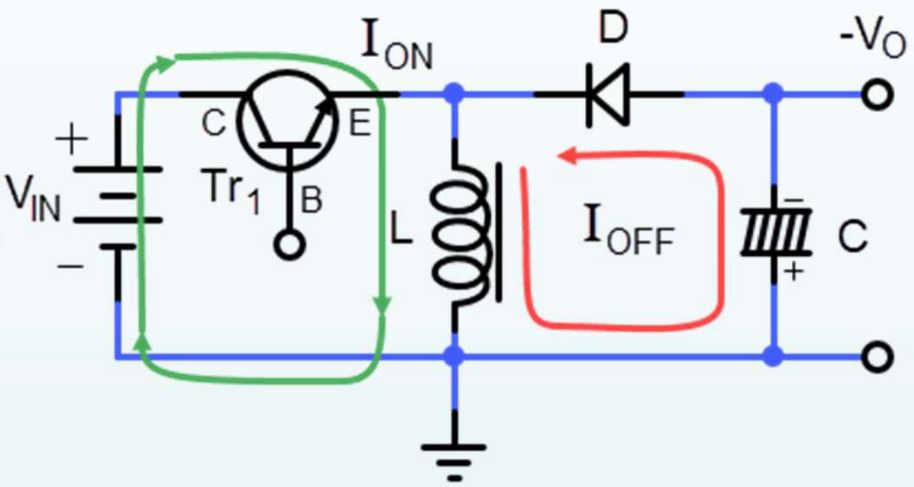


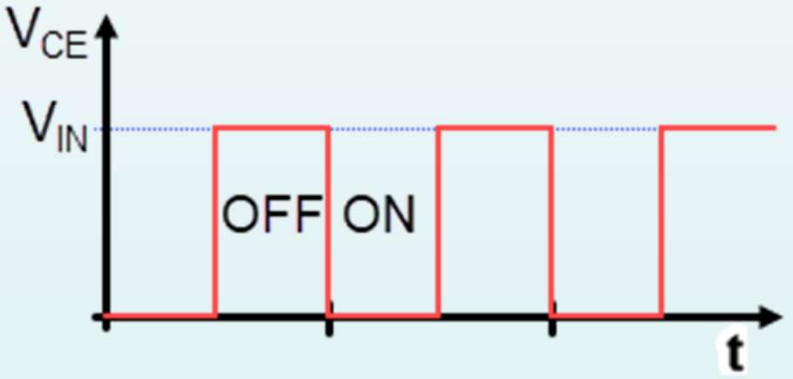
초퍼 방식 스위칭 레귤레이터(극성 반전형) - 1

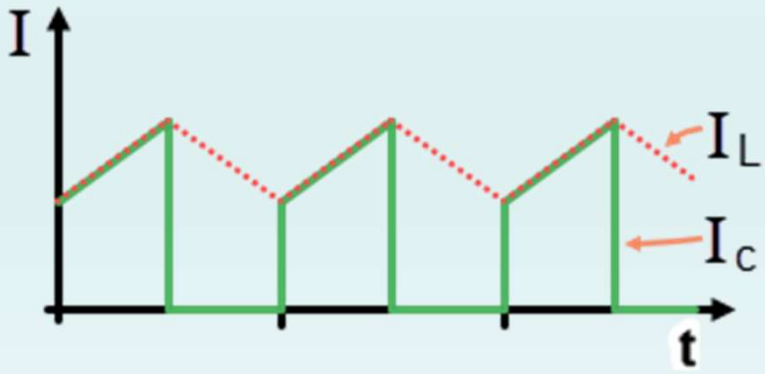
mouser.com

- 극성 반전형 초퍼 방식의 레귤레이터
  - 극성반전형 초퍼 또는 인버티드 컨버터 (inverted converter)
  - 입력전압과 반대되는 전압을 출력한다.
  - 동작은 Tr이 ON시 L 전류를 공급한다.(I_{ON}) 이후 Tr OFF시 L에 저장된 에너지가 다이오드 D를 통하여 C에 공급된다.(I_{OFF})
  - Tr의 ON, OFF시 부하로의 전류 공급은 I_C가 담당한다.
  - 전압출력의 전해 커패시터의 극성에 주의 한다.
  - 출력전압 V_O은 다음과 같다.

$$V_o = -V_{IN} \cdot D,\ D = \frac{t_{on}}{t_{on}+t_{off}}$$



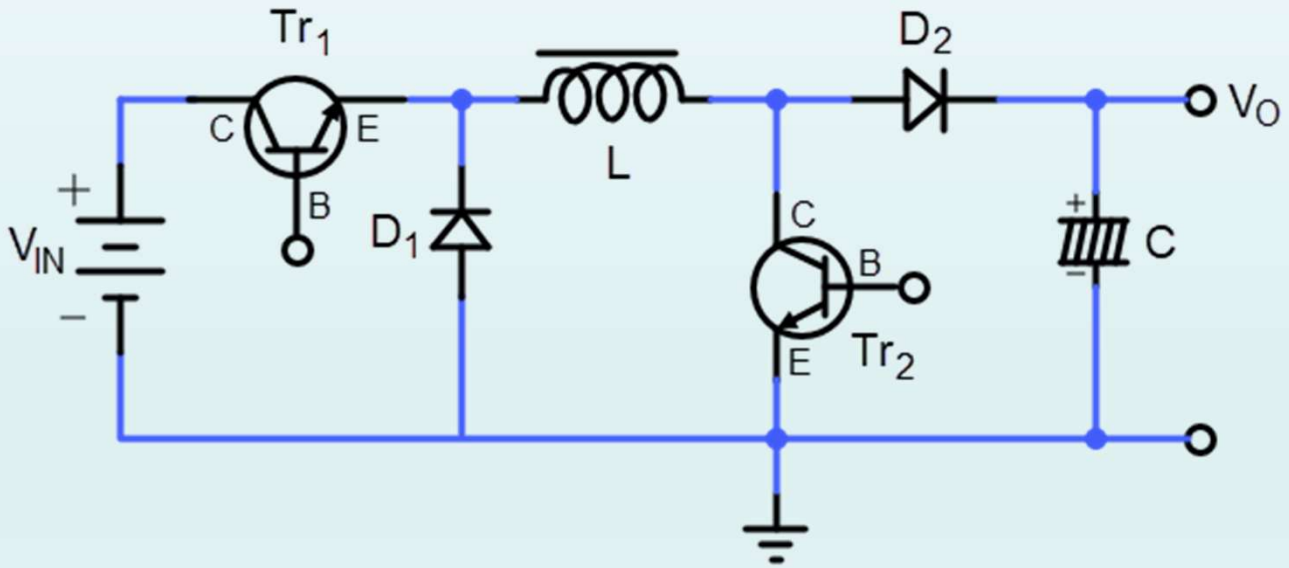




초퍼 방식 스위칭 레귤레이터(승강압형) - 1

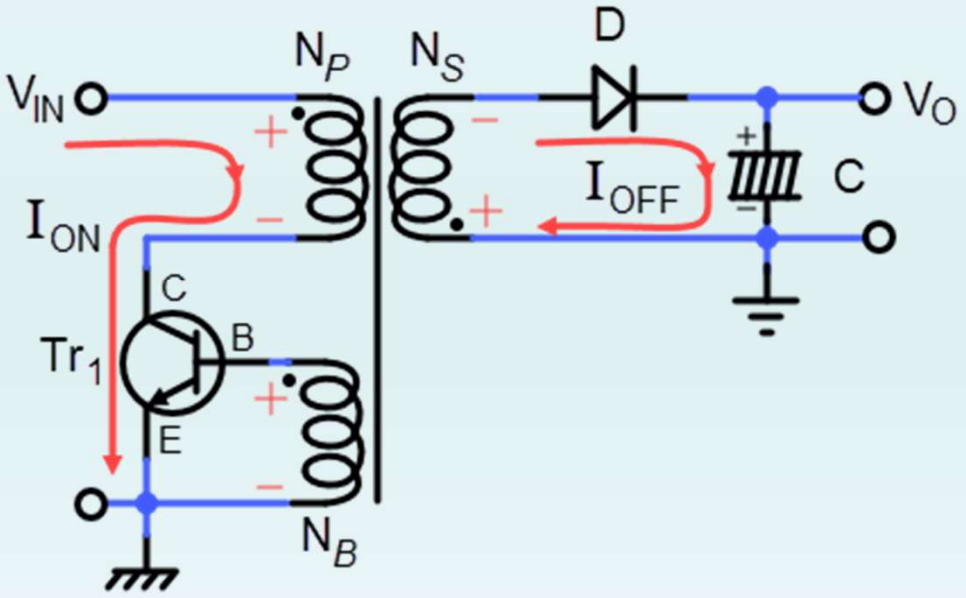
- 승강압형 초퍼 방식의 레귤레이터
  - 입력전압이 출력전압보다 작거나 같을 때 즉 $V_{IN_MIN} < V_o < V_{IN_MAX}$일 때 사용하는 방법
  - 승압형 초퍼와 강압형 초퍼를 함께 구성한 방법이다.
    강압형은 T_{r2}가 항시 OFF인 상태에서 T_{r1}과 D_1과 L에 의하여 구성되며,
    승압형은 T_{r1}이 항시 ON인 상태에서 T_{r2}와 D_2와 L에 의하여 구성된다.
  - 출력전압 V_o은 다음과 같다.

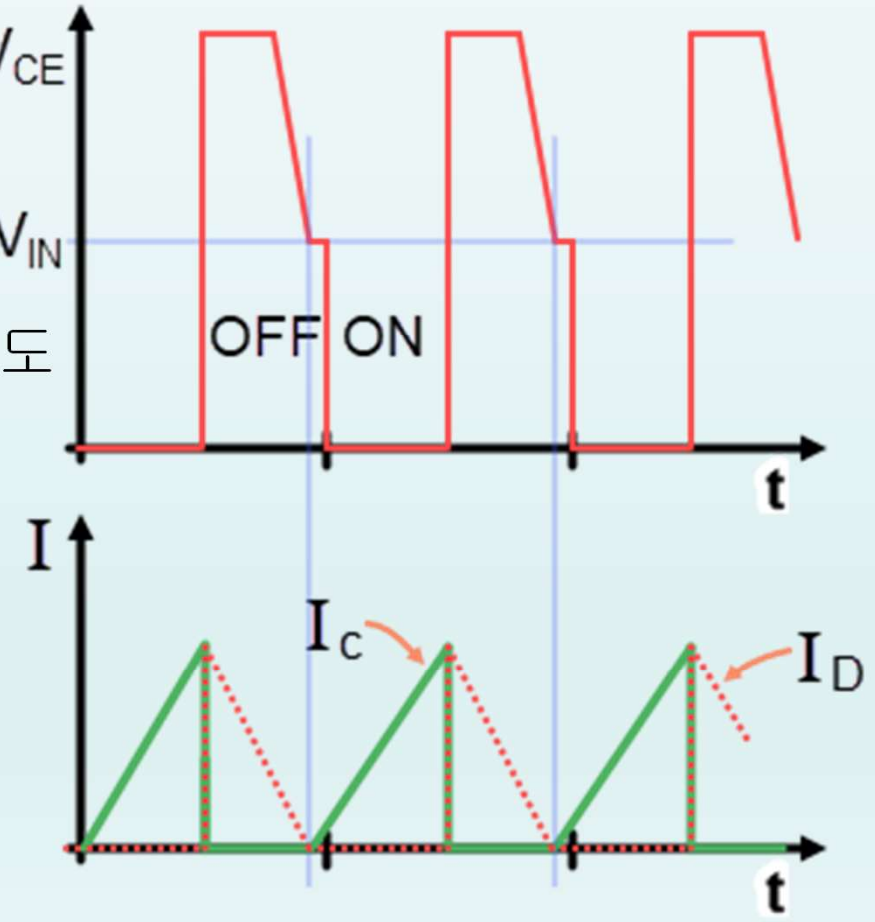
$$V_o = V_{IN} \cdot D,\ D = \frac{t_{on}}{t_{on}+t_{off}}$$



플라이백(flyback) 방식 스위칭 레귤레이터 - 1

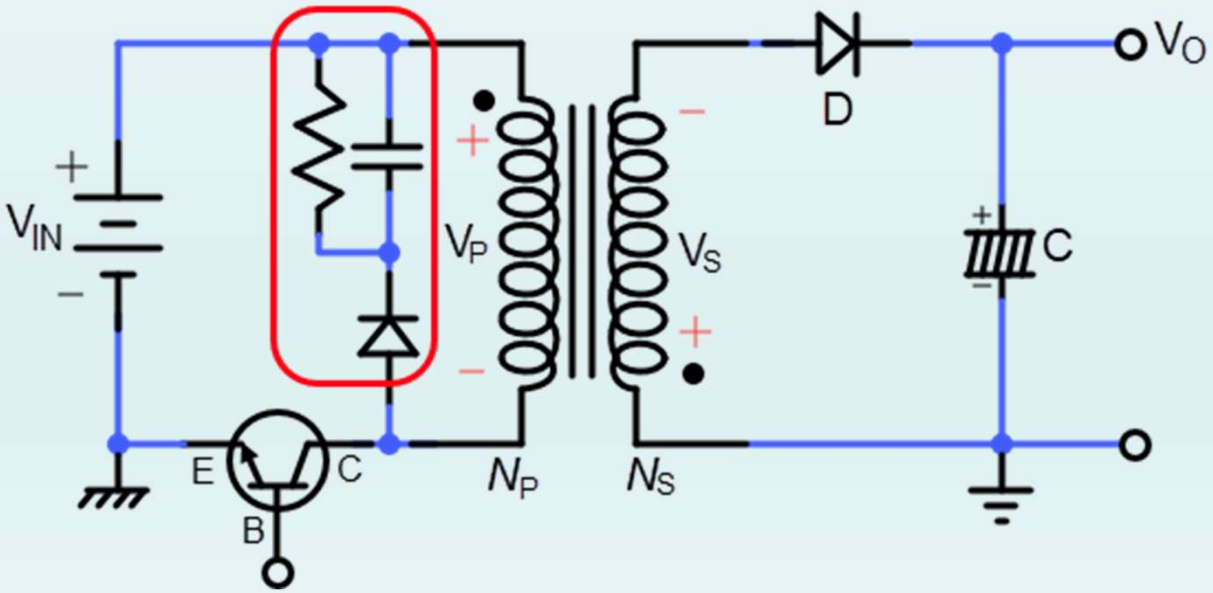
- 플라이백(flyback) 방식
  - 대표적인 것이 RCC(Ringing Choke Convertor)라고 불리는 자려식 스위칭 레귤레이터다.
  - 트랜스 1차측과 2차측이 역극성으로 되어 있음.
  - 트랜지스터 ON시 에너지 저장 N_P, N_B측에 전류가 흐름, N_S측은 역방향 전압이 되어 전류가 흐를 수 없음.
    OFF시 N_P의 전류방향에 의하여 N_P의 전압의 극성이 변하고, 이에 따라서 N_S측의 전압 극성도 반전됨에 따라. 커패시터로 전류가 충전된다.
  - 보통 50W이하며, 주파수는 30kHz 정도

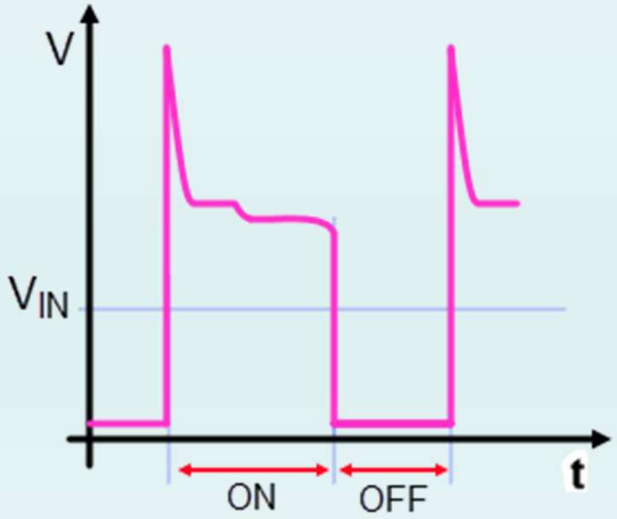




플라이백(flyback) 방식 스위칭 레귤레이터 - 2

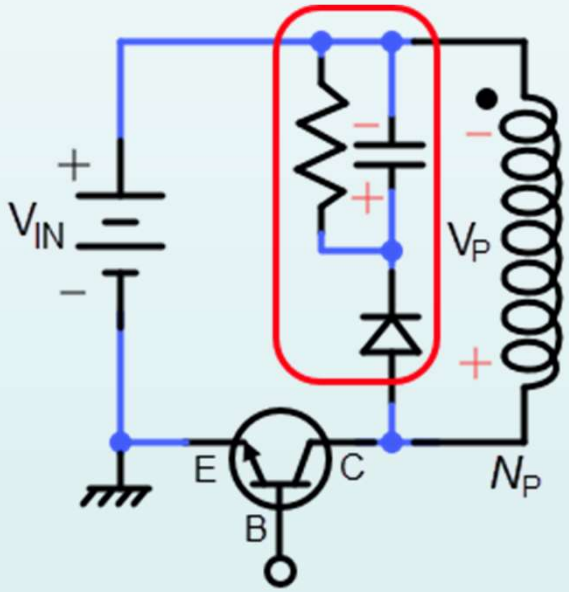
- 플라이백(flyback) 방식의 트랜지스터와 다이오드 내압에 대한 고찰.
  - 트랜지스터의 OFF시에는 $V_P = \frac{N_P}{N_S} V_S = \frac{N_P}{N_S}(V_O + V_{DF})$,의 전압이 발생한다. $V_{CE} = V_{IN} + V_P$이다. 여기에 OFF시 1차측의 자기인덕턴스에 의하여 발생하는 역기전력이 추가 되어야 한다. 이 역기전력은 R, C, 다이오드등을 이용하여 일정 전압 이하로 저지한다.
    이 회로를 스너버(snubber) 회로라 한다.
  - 트랜지스터의 ON시에 다이오드에 걸리는 역전압 $V_{DR} = \frac{N_S}{N_P} V_{IN} + V_O$ 이다.



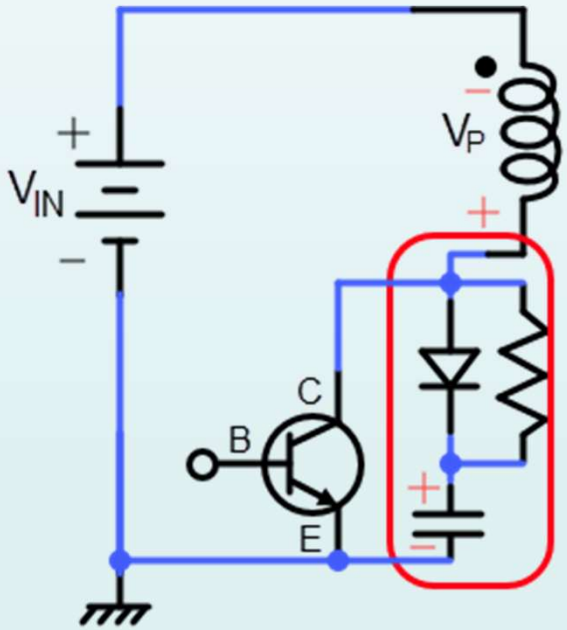


스너버(Snubber) 회로 - 1

- 스너버 회로의 종류 : 바리스터를 추가하는 경우도 있다.
  - Voltage Clamping Snubber(Trans Snubber) : OFF시 커패시터에 전류를 저장하고 ON, OFF시 커패시터에 저장된 전하는 R로 방전하는 구조
  - R. C. D Snubber(충방전형 RCD Snubber) : OFF시 커패시터에 전류를 저장하고 ON시 R을 통하여 방전하는 구조



Voltage Clamping Snubber
(Trans Snubber)

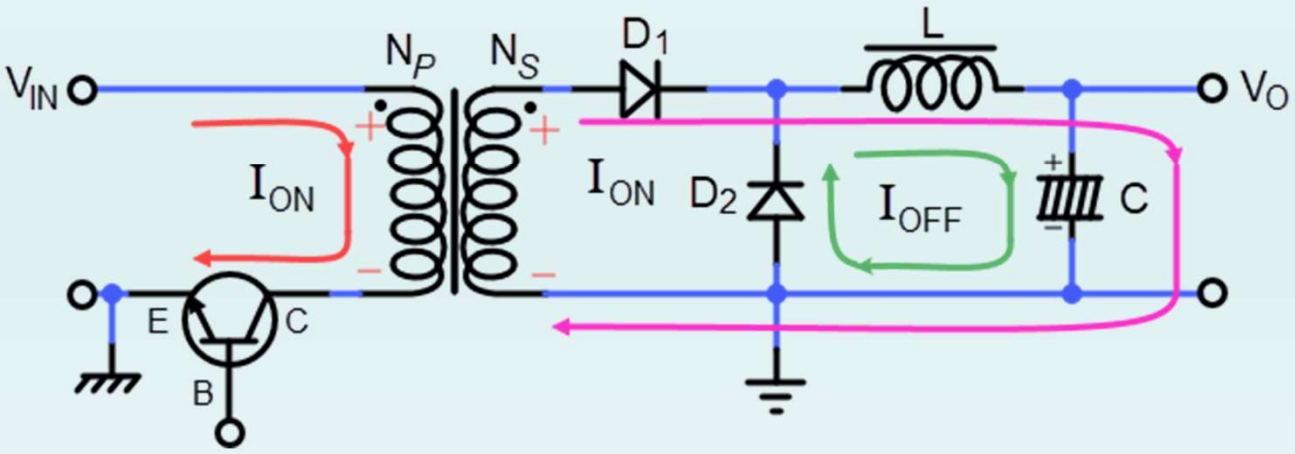


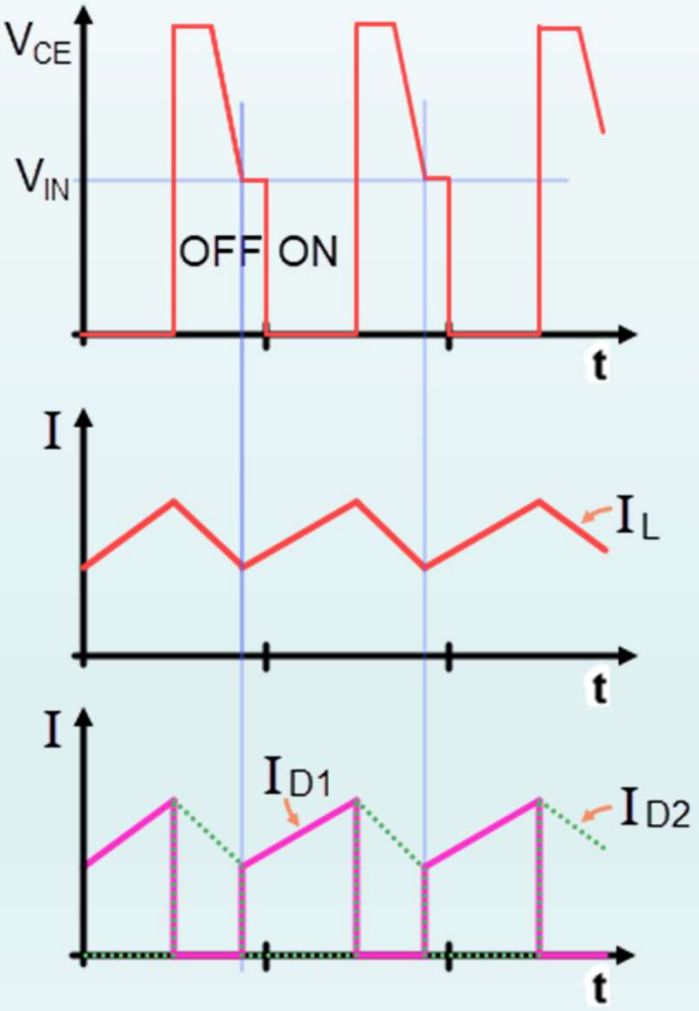
R. C. D Snubber
(충방전형 RCD Snubber)

포워드(forward) 방식 스위칭 레귤레이터 - 1

mouser.com

- 포워드(forward) 방식
  - 고주파화를 할 수 있다. 2차측은 초크 인풋 정류 방식을 사용.
  - 다른 방식에 비하여 출력전압에 리플이 적다.
  - 콜렉터 전류는 RCC방식에 비하여 I_C가 ½이 되며, 출력전력 150W 이고, 스위칭 주파수는 100~500kHz까지 상용화 되어 있다.
  - 트랜지스터가 ON일 때 I_{CE}가 흐르며 이때 트랜스의 극성이 동일하기 때문에 D_1을 통하여 L에 전류가 흐른다. 이후 OFF시에는 L에 저장된 전류가 D_2를 통하여 흐르게 되며, 결론적으로 L에 흐르는 전류는 그림과 같다.

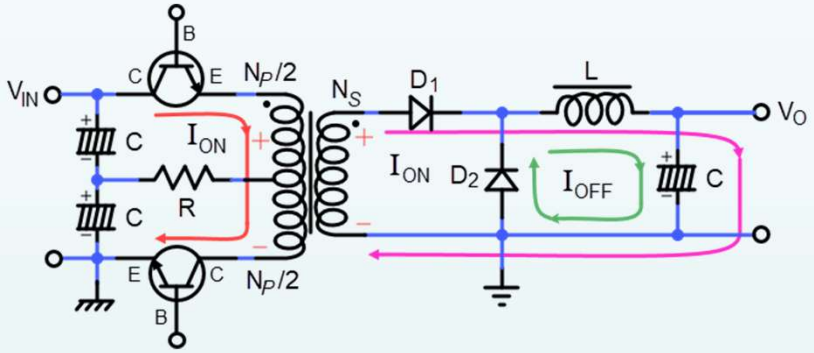


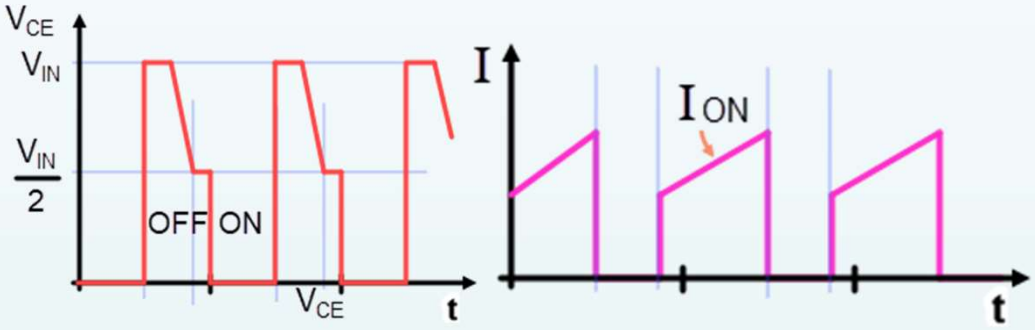


2석식 포워드(forward) 방식 스위칭 레귤레이터 - 1

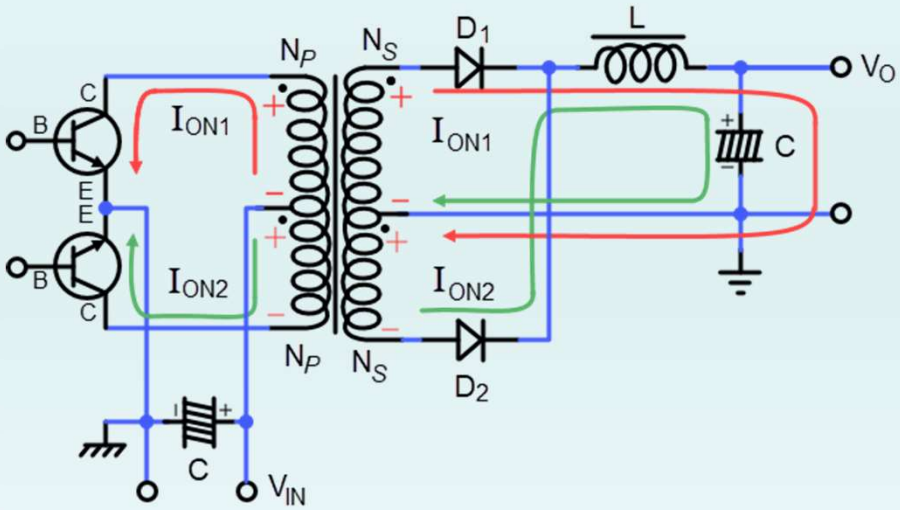
mouser.com

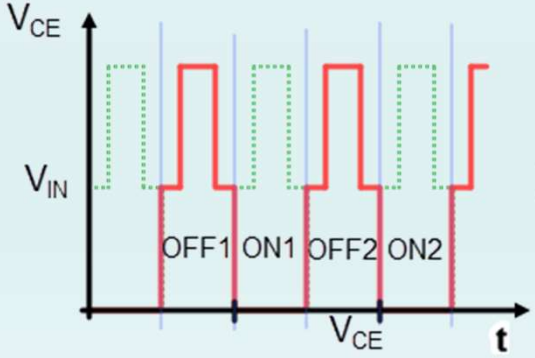
- 2석식 포워드(forward) 방식
  - 포워드 방식에 효율을 좋게 한 방식.

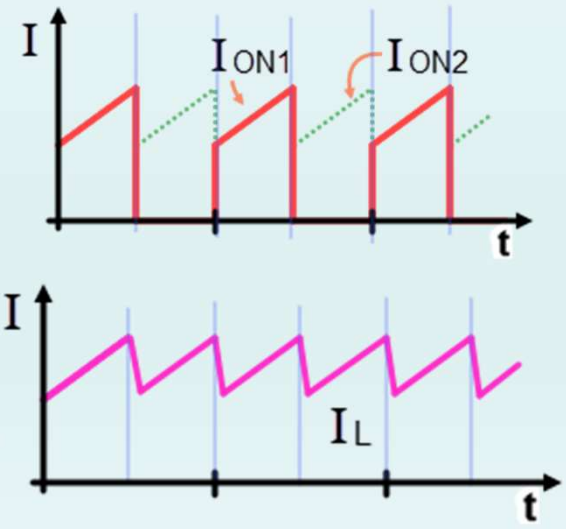




- 푸시풀(push-pull) 방식
  - 포워드 방식에 비하여 콜렉터 전류가 ½ 이다.
  - 스위칭 주파수도 포워드 방식에 비하여 2배가 되어 트랜스의 크기를 줄일 수 있다. 두개의 Tr이 상호 On/Off한다. 300W정도에 사용하며, 스위칭 주파수는 50kHz 이하이다.

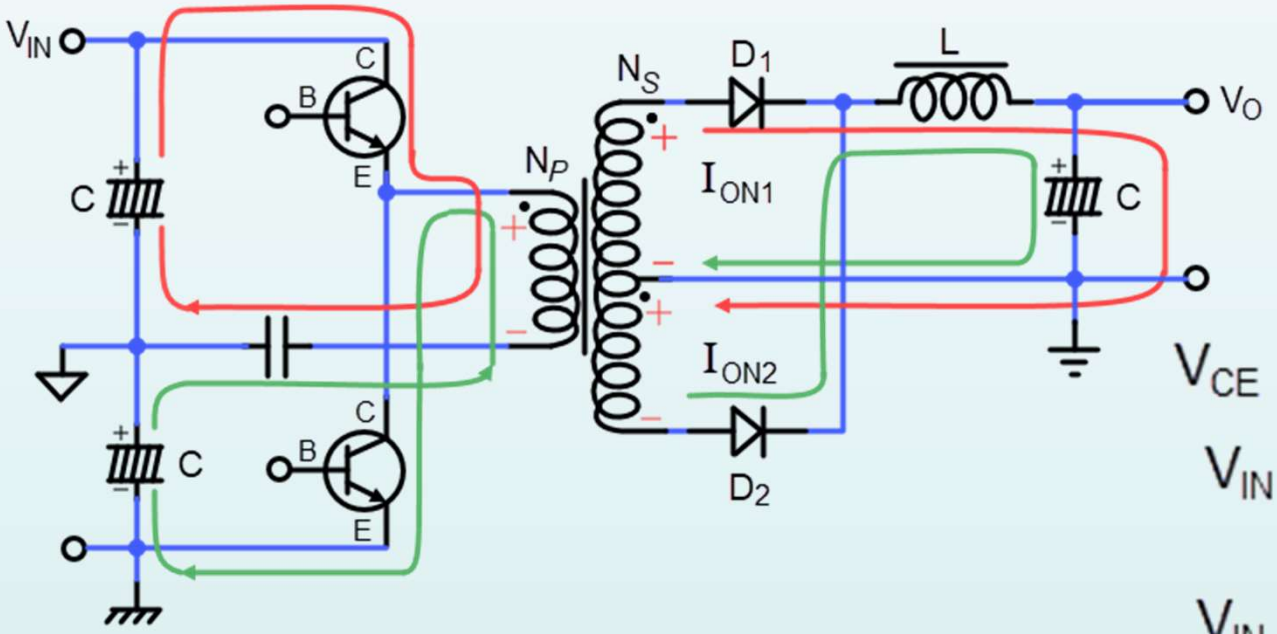


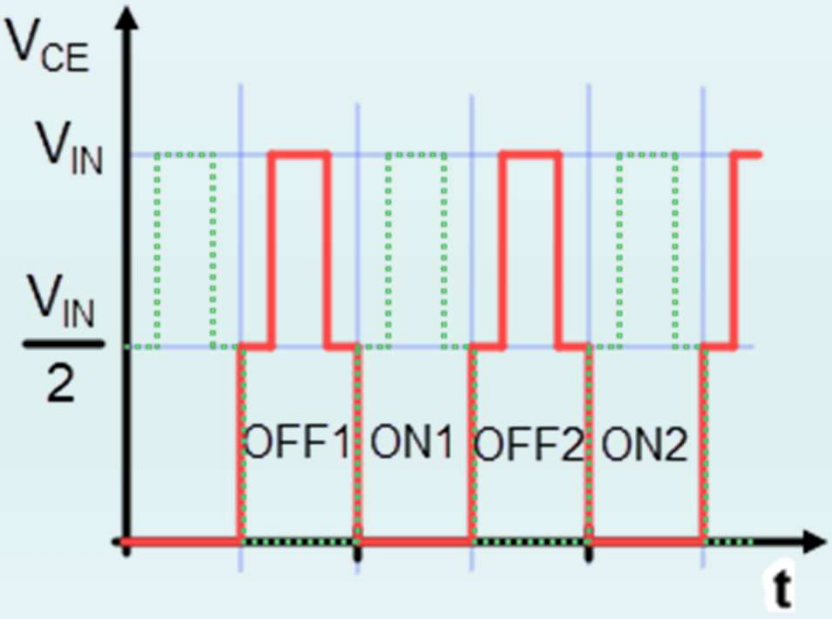




하프 브리지 방식 스위칭 레귤레이터 - 1

- 하프 브리지 방식
  - 푸시풀 방식에 비하여, V_{CE}는 ½ 로 줄고, I_C는 2배 증가한다. V_{CEO}내압 450V정도면 상용입력전압 110V 및 220V 둘다 사용할 수 있다. 보통 300W 정도까지 쓰이며, 풀 브릿지 방식은 1kW 정도의 대전력 전원을 만들 수 있다.



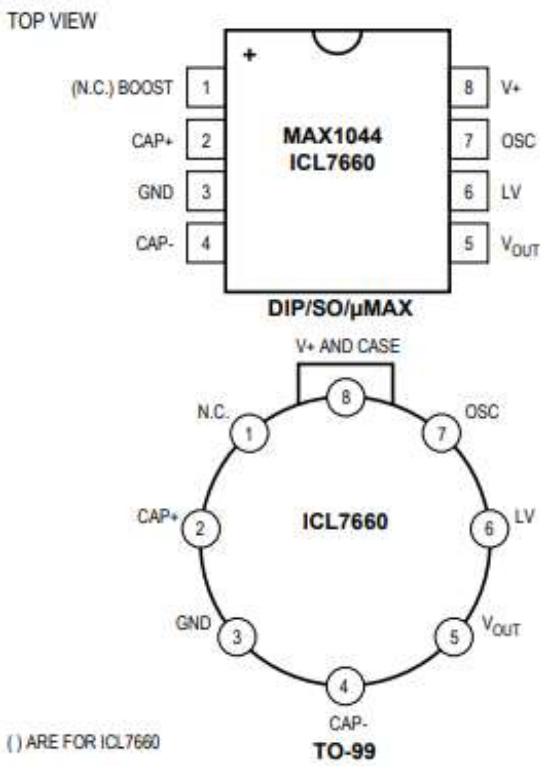


기타 전원용 **IC**의 활용 **- 1**

mouser.com

- 차지 펌프형 DC-DC 컨버터 IC를 이용한 음 전압원 만들기

Pin Configurations



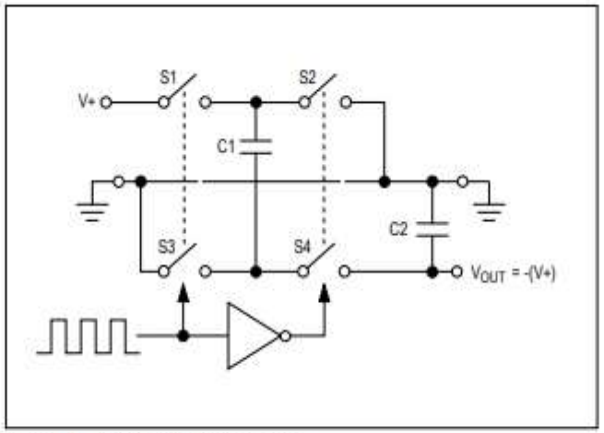


Figure 2. Ideal Voltage Inverter

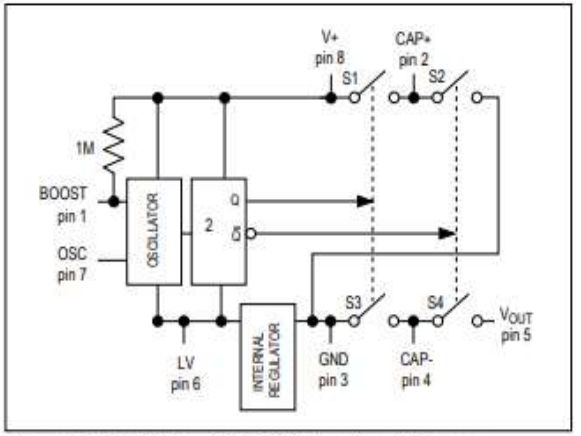


Figure 4. MAX1044 and ICL7660 Functional Diagram

Pin Description

PIN	NAME	FUNCTION
1	BOOST (MAX1044)	Frequency Boost. Connecting BOOST to V+ increases the oscillator frequency by a factor of six. When the oscillator is driven externally, BOOST has no effect and should be left open.
	N.C. (ICL7660)	No Connection
2	CAP+	Connection to positive terminal of Charge-Pump Capacitor
3	GND	Ground. For most applications, the positive terminal of the reservoir capacitor is connected to this pin.
4	CAP-	Connection to negative terminal of Charge-Pump Capacitor
5	V_{OUT}	Negative Voltage Output. For most applications, the negative terminal of the reservoir capacitor is connected to this pin.
6	LV	Low-Voltage Operation. Connect to ground for supply voltages below 3.5V. ICL7660: Leave open for supply voltages above 5V.
7	OSC	Oscillator Control Input. Connecting an external capacitor reduces the oscillator frequency. Minimize stray capacitance at this pin.
8	V+	Power-Supply Positive Voltage Input. (1.5V to 10V). V+ is also the substrate connection.

기타 전원용 **IC**의 활용 **- 2**

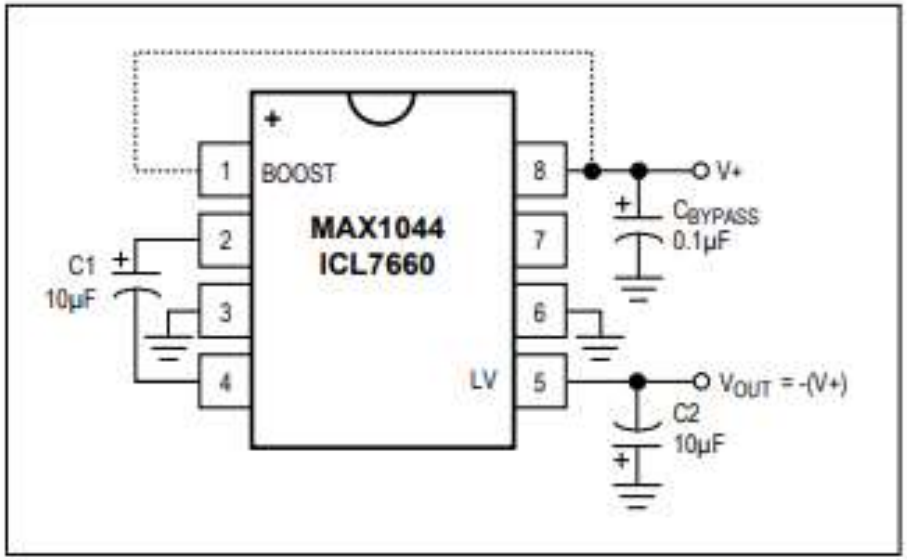


Figure 8. Negative Voltage Converter with BOOST and LV Connections

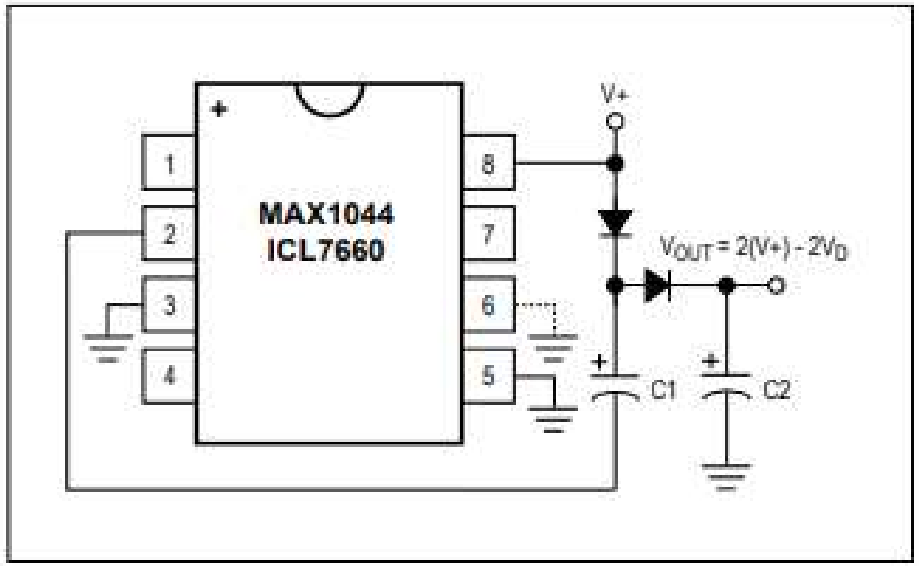


Figure 9. Voltage Doubler

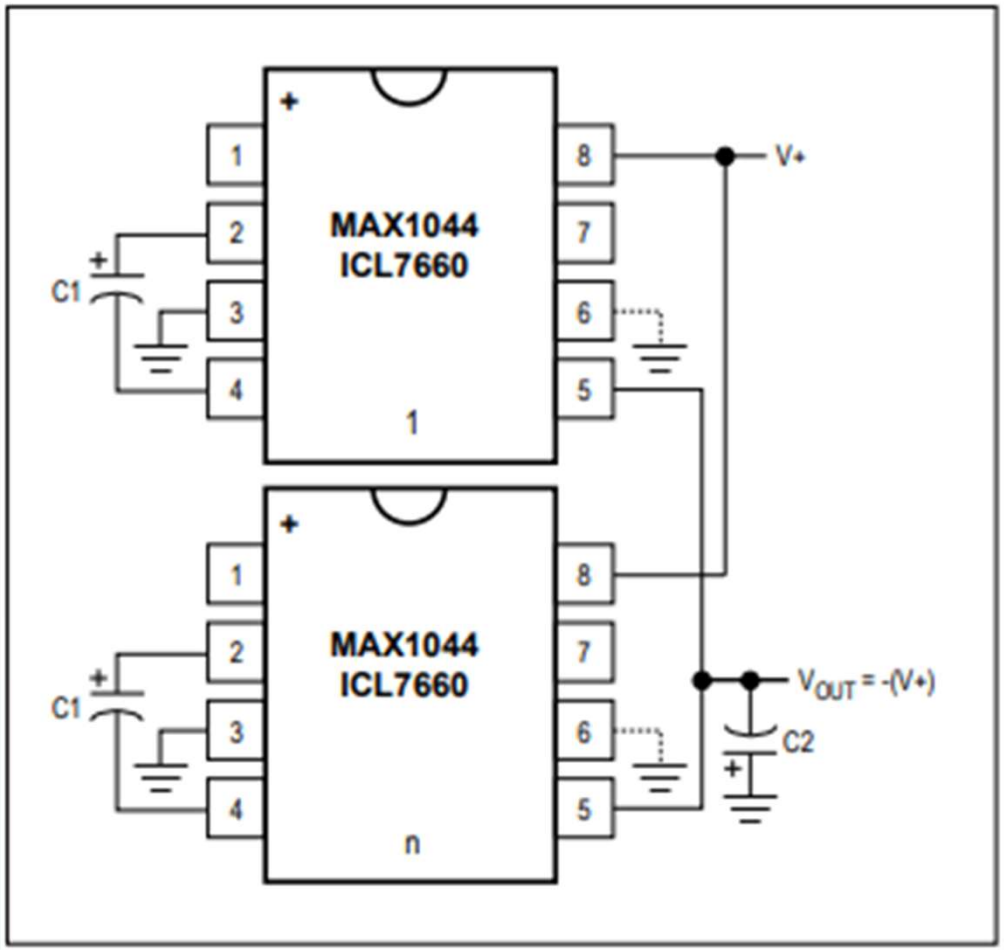
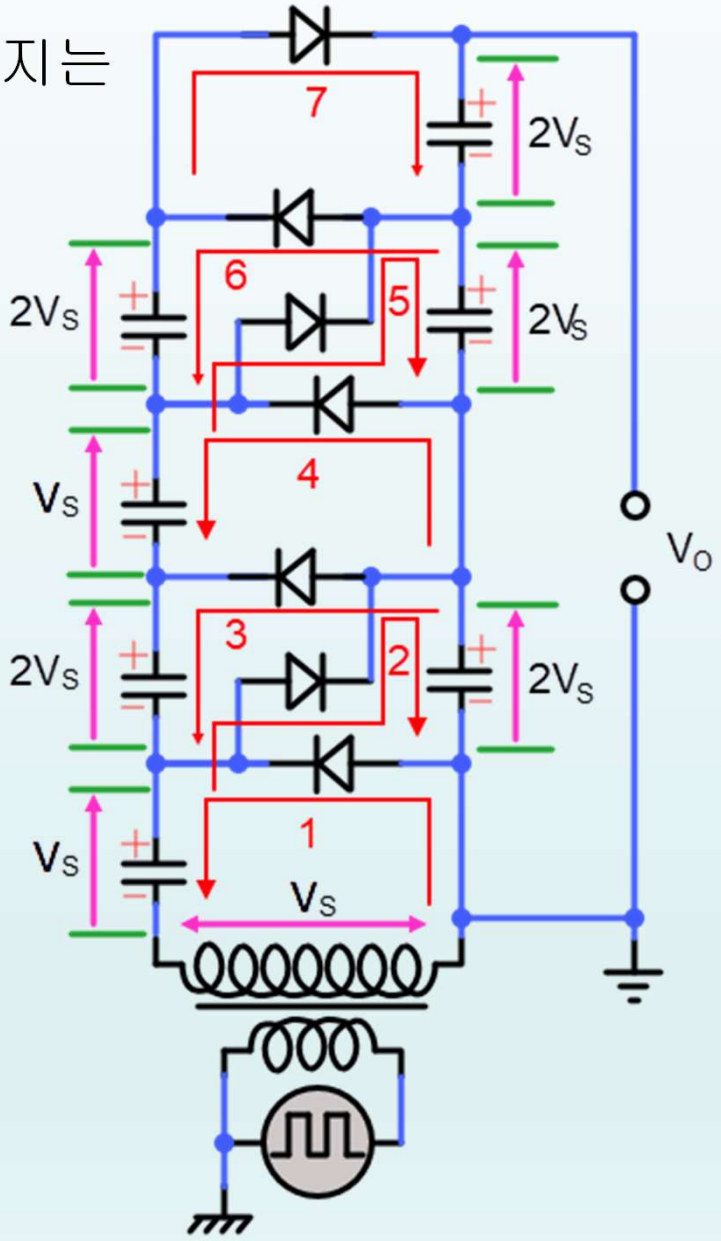


Figure 13. Paralleling MAX1044/ICL7660 to Reduce Output Resistance

직류 고전압 발생 회로 - 1

- 직류 고전압 발생기
  - 회로의 동작은 입력 전압(V_S)의 1~7 주기까지는 차례대로 커패시터를 충전해 나가고 이후 전압이 유지 된다.
  - 고전압 출력을 위하여 트랜스의 권선비도 처음부터 크게 하고, 사용되는 모든 다이오드의 역방향 전압은 $2V_S$가 되며, 커패시터에 걸리는 전압은 V_S에서 $2V_S$이다.
  - 구현된 회로의 출력 전압은 $V_O = 8V_S$ 이다.
  - 구현된 회로보다 더 높은 전압을 만들려면 특정 구간을 반복하면 된다.



전원 공급기에서 발생하는 노이즈 감소 방법 - 1

mouser.com

- 스위칭 파워 서플라이의 노이즈 발생에 관한 고찰
  - 스위칭 파워 트랜지스터의 방열을 위하여 접속한 방열 판과 스위칭 트랜지스터 사이에 기생 커패시터가 생겨 방열판이 안테나 역할을 하여, 전자파를 방출 한다.
  - 스위칭 루프를 최소화 하여 전자파 방출의 면적을 줄이는 방법
  - 모든 접속을 위한 패턴에는 기생 L성분이 존재하기 때문에 스위칭 주파수에 따른 L의 자기유도로 인한 노이즈 발생을 줄이는 방법의 고찰
  - 다이오드의 t_{rr}에 의한 서지 전류의 발생으로 인한 노이즈 발생 고찰
  - 높은 서지전류와 전압의 급격한 상승은 노이즈를 많이 발생한다. 또한 노이즈 발생을 줄이려면 낮은 스위칭 주파수를 사용하여야 하는데, 이는 스위칭 트랜스 및 초퍼 코일의 크기를 증가 시키고, 효율을 떨어뜨리는 요소가 된다.
- 스위칭 파워 서플라이의 노이즈 감소에 관한 고찰
  - 방열판을 신호 GND에 접속한다. 또한 방열판과 스위칭 트랜지스터 사이의 절연물은 비유전율이 작은 것과 작은 폭을 가지게 하여 기생 커패시터의 용량을 줄여 작은 전압이 걸릴 수 있도록 한다.
  - 전원에서 나오는 전선은 트위스트로 하여 부하에 공급한다. 여기에 쉴드까지 되어 있으면 더욱 방사 노이즈를 줄 일수 있다.

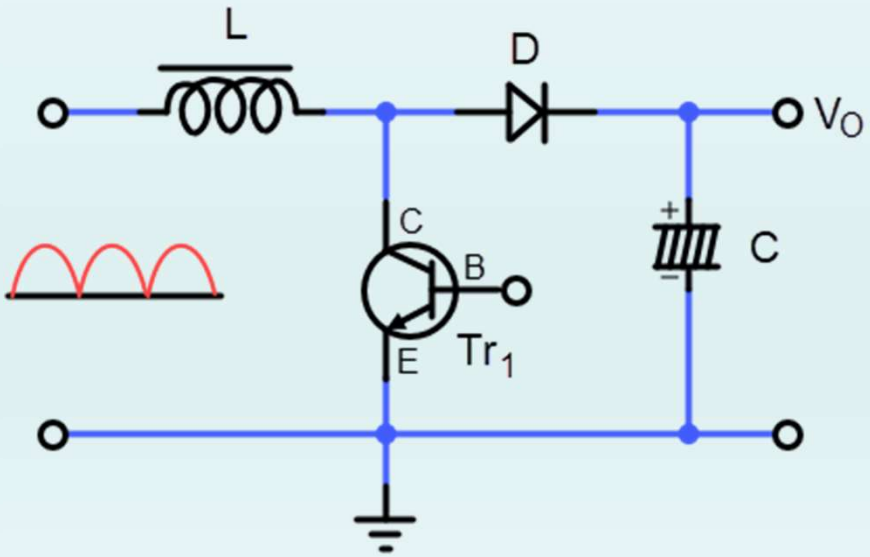
전원 공급기에서 발생하는 노이즈 감소 방법 - 2

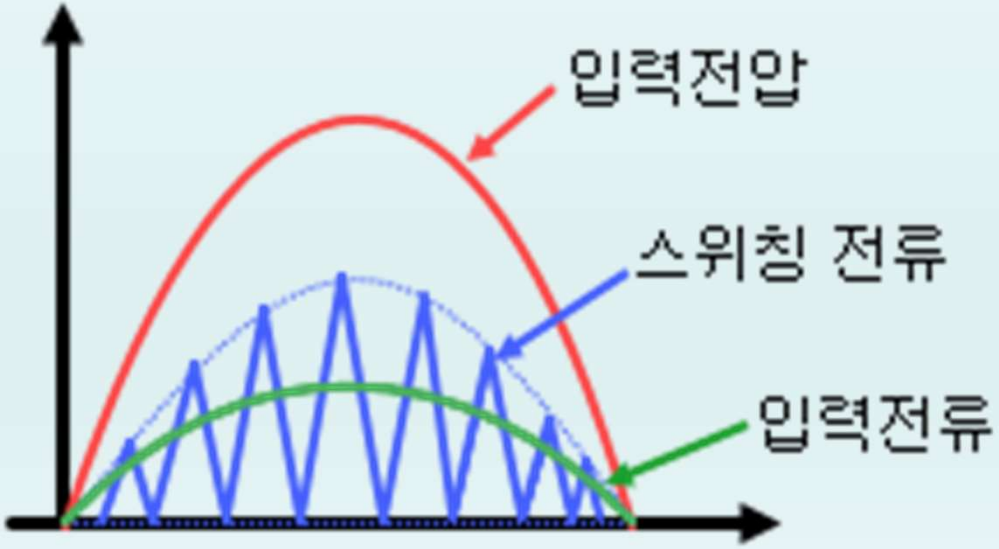
- 스위칭 파워 서플라이의 노이즈 감소에 관한 고찰
  - 정류 커패시터의 배선방법을 개선하여 노이즈 필터링의 효율을 높인다.
  - 코몬모드 트랜스를 사용하여 외부로 방출하는 노이즈를 감소한다.
  - 하드리커버리 다이오드 보다는 소프트리커버리 다이오드를 사용한다. 즉 가능하면 di/dt가 작은 것을 사용한다.
  - 서지 전류의 방지를 위하여 다이오드에 직렬로 고주파 방지용 L(비드)을 첨가한다.
  - 스위칭 회로 부분의 기구적 면적을 작게 하여 전자파가 방출되는 면적을 줄이도록 한다. 이것은 2차 회로도 적용되어야 할 사항이다.
  - 다이오드 또는 스위칭 트랜지스터에 CR업서버(absorber)를 병렬로 삽입하여 전류의 변화율을 감소 시킨다.
  - AC라인 쪽에 코몬모드 필터와 노멀모드 필터를 설치하여 회로 내부의 노이즈가 전선을 통하여 외부로 나가는 것을 방지한다. 주의 하여야 할 것은 노멀모드 필터는 양쪽 전선에 동일하게 적용시켜야 한다. 이렇게 하지 않으면 전선의 비 대칭성 때문에 코몬모드 노이즈가 노멀모드 노이즈처럼 나타나고, 이 노이즈를 줄이기 위하여 노멀모드 노이즈 필터의 성능을 늘일수록 양쪽 전선의 비 대칭성이 증가 하여 더욱 큰 노멀모드 노이즈가 나타난다.

새로운 전원 공급기 고찰 - 1

mouser.com

- 새로운 전원공급기 고찰(정류 방식의 개선)
  - 기존의 커패시터 인풋형 정류기는 충전 전류가 큰 단점이 있다. 이는 커패시터의 수명을 단축 시킨다. 이것을 개선하기 위하여 기존의 방식은 초크 인풋형 방식을 사용하기도 하였으나, 이 또한 코일의 크기가 문제가 된다.
  - 이에 액티브 평활 필터 라는 것을 이용하여 위의 단점을 줄이는 방식을 이용한다. 이 방법의 단점은 동작이 스위칭이 기반이기 때문에 노이즈 발생이 문제가 된다.
  - 이것을 구현한 IC를 전력 역률 보정(Power Factor Correction, PFC) 컨트롤러 라고 부른다.





전원 회로 설계 및 구성 소자의 이해 끝

https://sites.google.com/site/gunueducation/
https://cafe.naver.com/gunuedu
https://www.youtube.com/channel/UCSHYbGEgnxcE422CbMeUBwQ/featured

gunuedu@gmail.com