

## 전원공급기(Power Supply) 개론

컴퓨터나 그 주변기기, TV, 라디오, 오디오 시스템 등 모든 전기기기는 직류전원을 필요로 하고 있다. 여기에 필요한 직류전원은 전지를 통해서 공급하거나 AC 어댑터라는 형태의 전원공급기를 통해서 공급하거나 또는 자체에 AC를 직류로 바꾸어 주는 전원회로를 가지고 있다. 이렇게 모든 전기기기에는 직류가 필요하기 때문에 전세계적으로 전원공급기의 시장은 연간 50억 달러를 넘는 수요를 가지고 있다.

전기기기에 적절한 전원을 공급해 주는 전원공급기에는 3가지 형태가 있다.

- ① DC/DC 컨버터,
- ② AC/DC 전원공급기
- ③ DC/AC 인버터

앞의 두 가지 경우는 직류전원을 공급해 주는 전원공급기이고 세번째 경우는 직류로부터 교류를 공급해 주는 경우이다.

여기서는 직류를 만들어 주는 앞의 두 가지 경우를 보기로 한다.

교류를 직류로 바꾸어 주는 경우는 다음 기능을 하면서 고효율과 저비용을 충족시켜야 한다.

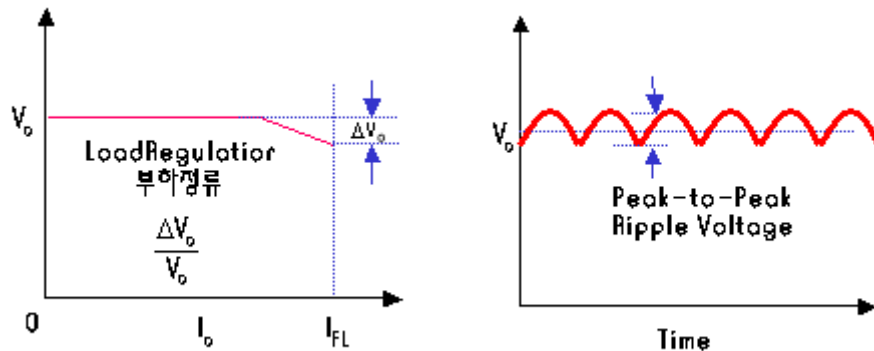
1. 정류(Rectification) : 입력되는 교류를 직류로 바꾸어 주는 작용.
2. 전압변환(Voltage Transformation) : 입력되는 전원을 필요한 전압으로 높낮이를 바꾸어 주는 과정.
3. 여과(Filtering) : 교류를 정류하였을 때 잔류하는 교류성분(Ripple)을 제거해 주어야 한다.
4. 전압조정(Regulation) : 입력전압의 변동, 사용 요구전압, 온도변화 등에도 필요한 전압을 유지할 수 있도록 조정해 주는 것.
5. 격리(Isolation) : 입력전압과 출력전압이 전기적으로 격리가 되도록 해 주어야 한다.
6. 보호(Protection) : 외부로부터의 순간적인 높은 전압이나 순간적인 정전에 대해 보호가 될 수 있어야 한다.

이렇게 전원을 필요한 전압의 높낮이로 바꾸어 주는 방법은 두 가지가 있다. 하나는 입력전원을 전체를 콘덴서에 넣어서 필요한 만큼씩 뽑아 쓰는 형태로서 이것을 선형전원공급기(Linear Power Supply)라 하고 다른 한 가지 방법은 높은 물 탱크에서 물을 바가지로 퍼서 필요한 만큼 작은 탱크에 저장하며 쓰는 방법으로 전기적인 스위칭을 이용하여 높은 탱크에서 낮은 탱크로 이동시키고 이것을 스위치모드 전원공급기(Switching Power Supply)라 한다.

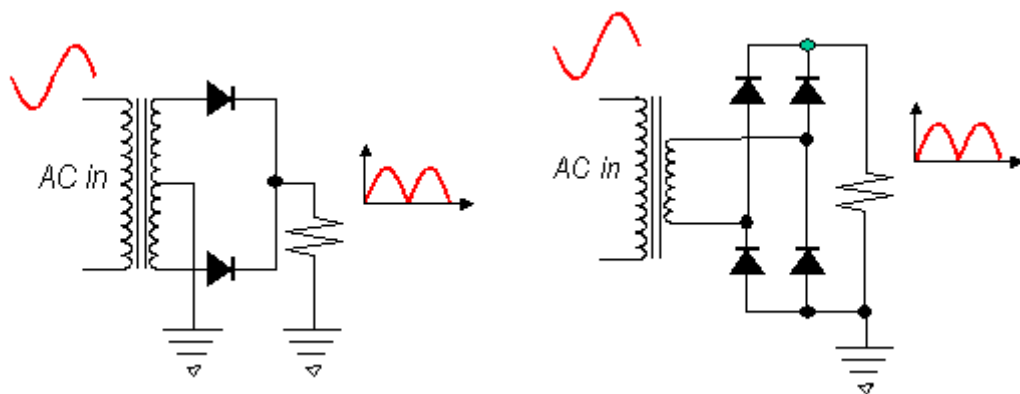
선형전원공급기는 입력 정현파가 맥류로 잔류하기 때문에 그 크기는 입력전압보다 작으나 스위치모드는 매우 짧은 전압변화를 주기 때문에 이 짧은 전압덩어리(Spike)는 코일성분을

만나서 엄청나게 큰 스파이크 전압을 만들어 주게 되어 이의 제거를 위한 신중한 고려가 있어야 한다.

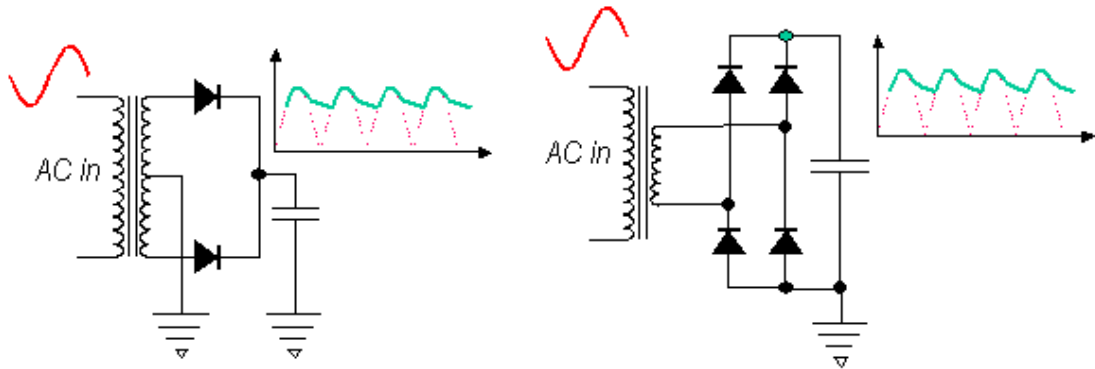
이상적인 전원공급기는 전압변동이나 부하전류의 변동, 또는 온도의 변화에 상관 없이 맥류가 없는 일정한 전압을 공급해 줄 수 있어야 한다. 아래의 그림은 이상적인 전원공급기와 실제의 예를 비교한 것이다.



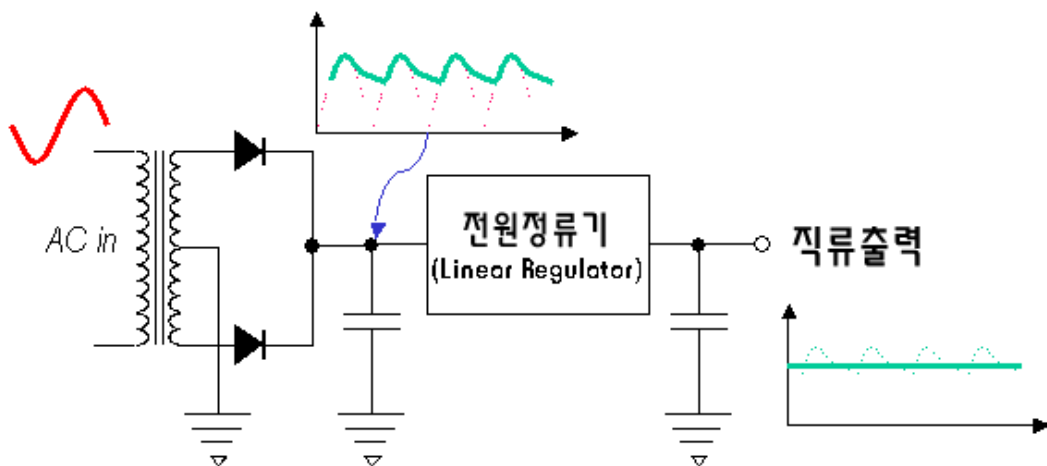
아래의 그림은 실제로 가장 많이 쓰이는 선형전원공급기 회로이다. 두 회로 모두 양파정류를 하는 경우이다. 앞의 회로는 트랜스에서 양파를 정류할 수 있도록 두배의 전압이 나오도록 권선의 수를 두배로 가진 경우이고 뒤의 회로는 브릿지 정류회로를 이용하여 양파정류를 하는 경우이다. 앞의 경우는 트랜스의 크기가 커지고 뒤의 경우는 정류용 다이오드가 두배로 필요하므로 각각의 장단점이 있다.



위의 양파정류회로에 콘덴서를 붙여주면 콘덴서에 저장되는 전자는 부하저항으로 흘러 나갈 때까지 저장되게 되고 저장량보다 흘러나가는 양이 적으면 양이 줄어들다 다시 정류다이오드 쪽에서 오는 전자를 받아서 저장(충전)하고 다시 내보내고(방전)하여 그림과 같은 파형이 된다.

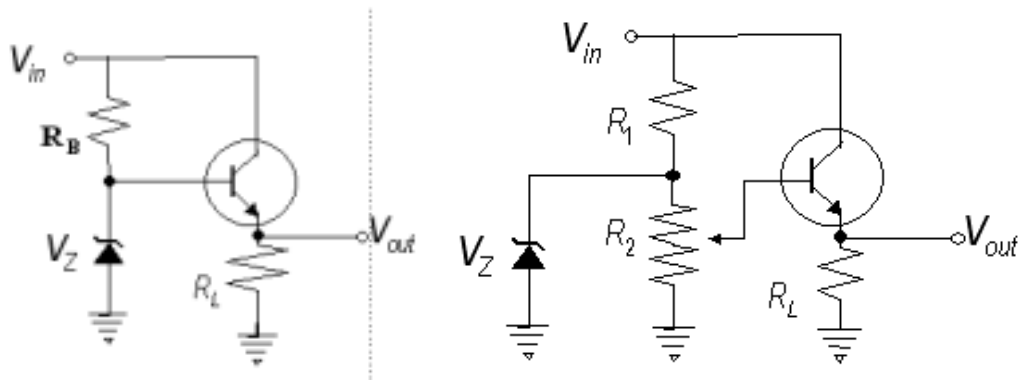


콘덴서가 일차적인 정류활동을 한 후에 존재하는 맥류를 제거하기 위한 회로가 구성되어야 한다. 여기에 정류회로를 붙이면 완전한 정류를 한 직류전원 공급기가 된다. 정류회로는 트랜지스터와 제너다이오드를 붙여서 구성한 간단한 회로에서 온도보상과 순간변화에 대한 대응 등 많은 요소들을 감안하여 집적회로로 구성된 정류용 집적회로가 있다. 대표적인 정전압/정전류용 집적회로는 723 이다.



## 간단한 정전압회로

에미터폴로워에 제너다이오드를 쓰면 임의의 직류전원 공급기를 쉽게 만들어 줄 수 있다. 그림에서 첫번째는 제너다이오드전압이 바로 베이스에 걸리게 되어 에미터는 베이스전압에서 0.6v 차이가 나는 전압으로 고정된다. 전류는 에미터 전류를 사용할 수 있게 되어 트랜지스터의 전류용량의 범위에서 사용할 수 있게 된다. 마찬가지로 제너다이오드의 전압을 가변저항으로 분할하여 베이스에 연결해 주면 임의의 전압을 0v 에서 제너다이오드 전압까지 얻을 수 있다.

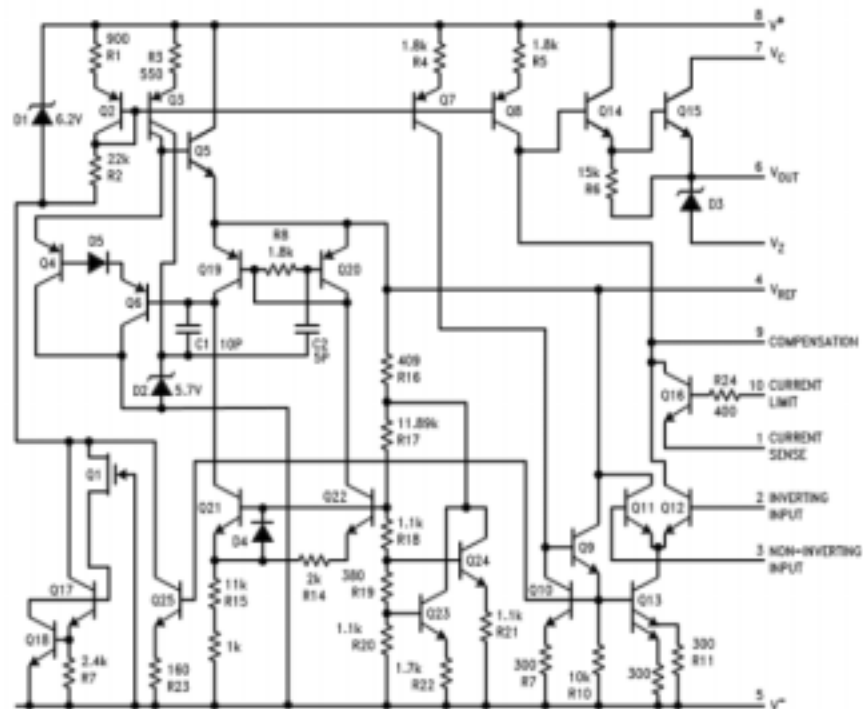


일반적인 전원공급기회로는 온도에 의한 변화와 입력전원의 변동, 그리고 출력측의 부하의 변동 등에 의한 영향을 최대로 억제하고 또한 일정 전압을 주고, 일정한 전류를 흐르게 하는 것을 기본적인 필수 기능으로 한다. 여기에 회로자체를 과전압과 과전류에서 보호하기 위한 부가기능과 부하의 비정상적인 변동으로부터 회로를 보호하고 부하자체가 파손되는 것을 보호하기위한 기능들이 추가되어 설계된 회로를 제품으로 만든 것 중에서 대표적인 것이 내셔널 세미컨덕터회사가 설계한 723 시리즈 전원공급회로 IC 이다.

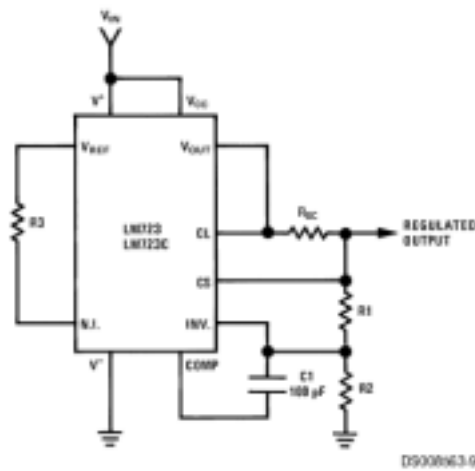
또한 고정전압용 전원공급회로의 대표적인 것으로 7805, 또는 305 시리즈이다.

제조회사들이 제공하는 이러한 IC 들의 내부 기능회로와 대표적인 응용회로들을 아래에 소개한다.

Schematic Diagram LM723 Voltage Regulator



## Typical Applications



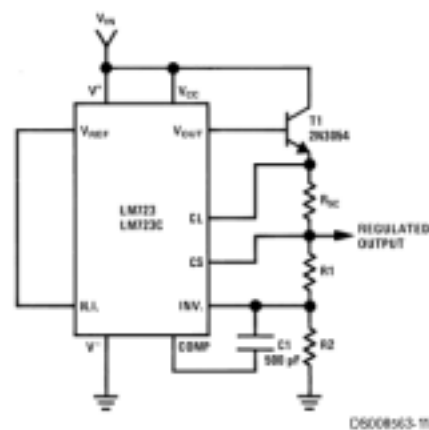
**Note:**  $R3 = \frac{R1 R2}{R1 + R2}$

for minimum temperature drift.  
R3 may be eliminated for  
minimum component count.

### Typical Performance

|                                                  |        |
|--------------------------------------------------|--------|
| Regulated Output Voltage                         | 15V    |
| Line Regulation ( $\Delta V_{IN} = 3V$ )         | 1.5 mV |
| Load Regulation ( $\Delta I_L = 50 \text{ mA}$ ) | 4.5 mV |

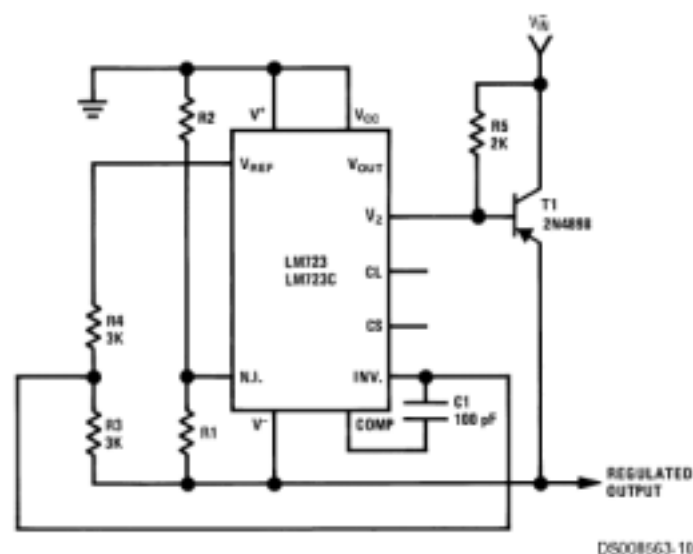
**FIGURE 2. Basic High Voltage Regulator**  
( $V_{OUT} = 7 \text{ to } 37 \text{ Volts}$ )



### Typical Performance

|                                          |        |
|------------------------------------------|--------|
| Regulated Output Voltage                 | +15V   |
| Line Regulation ( $\Delta V_{IN} = 3V$ ) | 1.5 mV |
| Load Regulation ( $\Delta I_L = 1A$ )    | 15 mV  |

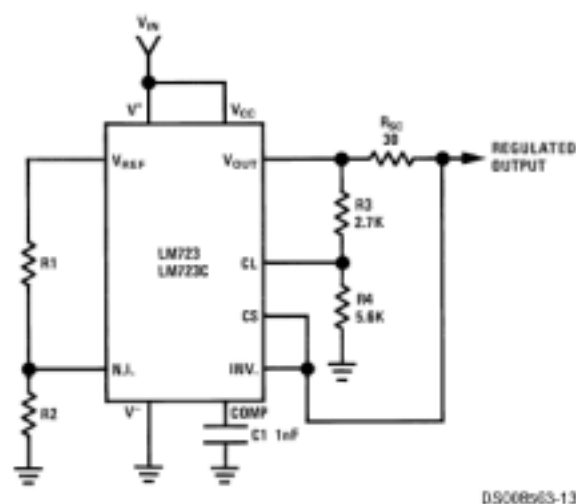
**FIGURE 4. Positive Voltage Regulator**  
(External NPN Pass Transistor)



#### Typical Performance

|                                                   |      |
|---------------------------------------------------|------|
| Regulated Output Voltage                          | -15V |
| Line Regulation ( $\Delta V_{IN} = 3V$ )          | 1 mV |
| Load Regulation ( $\Delta I_L = 100 \text{ mA}$ ) | 2 mV |

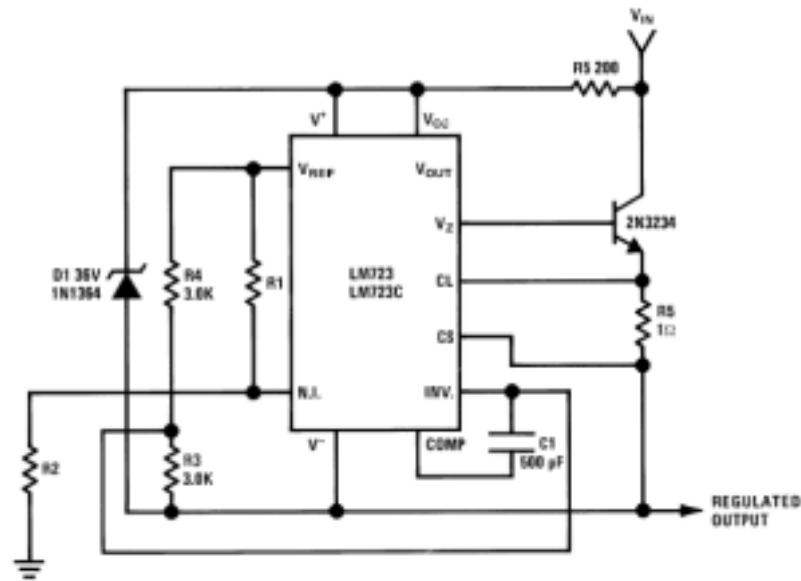
FIGURE 3. Negative Voltage Regulator



#### Typical Performance

|                                                  |        |
|--------------------------------------------------|--------|
| Regulated Output Voltage                         | +5V    |
| Line Regulation ( $\Delta V_{IN} = 3V$ )         | 0.5 mV |
| Load Regulation ( $\Delta I_L = 10 \text{ mA}$ ) | 1 mV   |
| Short Circuit Current                            | 20 mA  |

FIGURE 6. Foldback Current Limiting

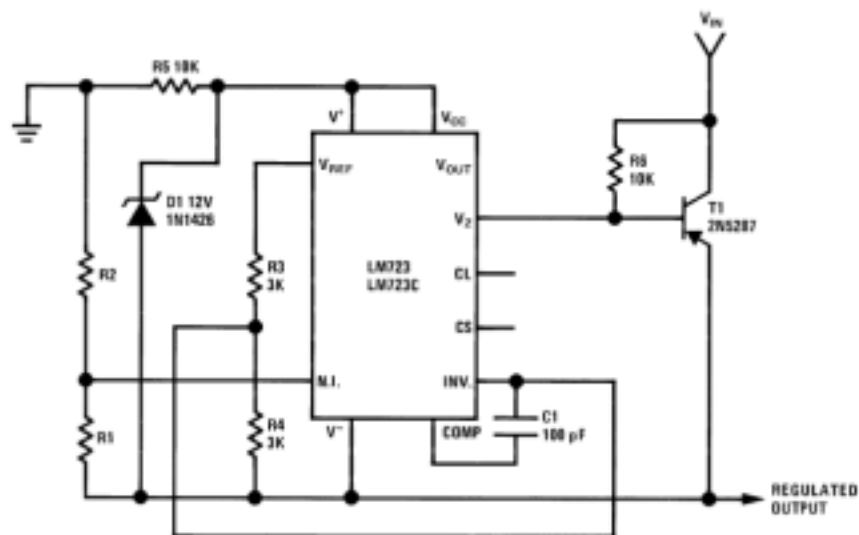


DS008663-14

#### Typical Performance

|                                                  |       |
|--------------------------------------------------|-------|
| Regulated Output Voltage                         | +50V  |
| Line Regulation ( $\Delta V_{IN} = 20V$ )        | 15 mV |
| Load Regulation ( $\Delta I_L = 50 \text{ mA}$ ) | 20 mV |

FIGURE 7. Positive Floating Regulator



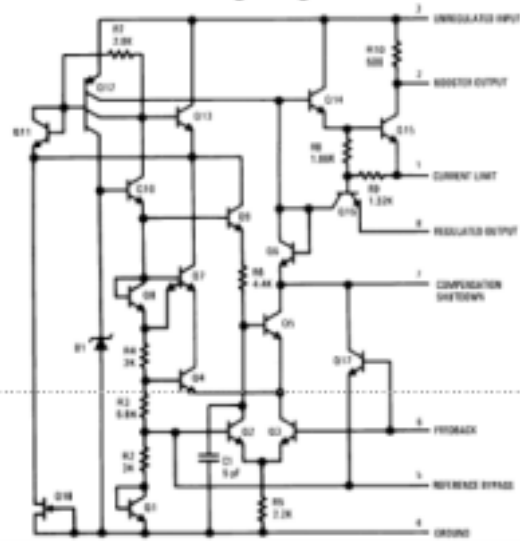
DS008663-15

#### Typical Performance

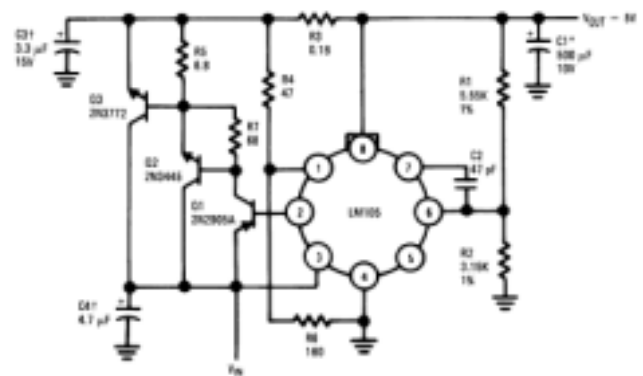
|                                                   |       |
|---------------------------------------------------|-------|
| Regulated Output Voltage                          | -100V |
| Line Regulation ( $\Delta V_{IN} = 20V$ )         | 30 mV |
| Load Regulation ( $\Delta I_L = 100 \text{ mA}$ ) | 20 mV |

FIGURE 8. Negative Floating Regulator

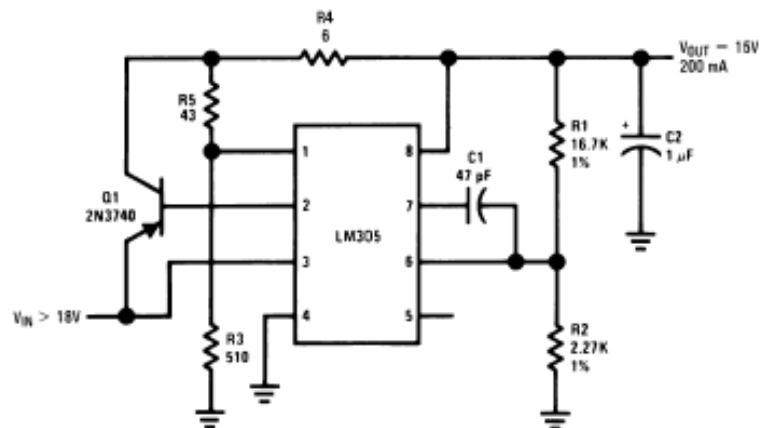
## Schematic and Connection Diagrams LM305 Voltage Regulator



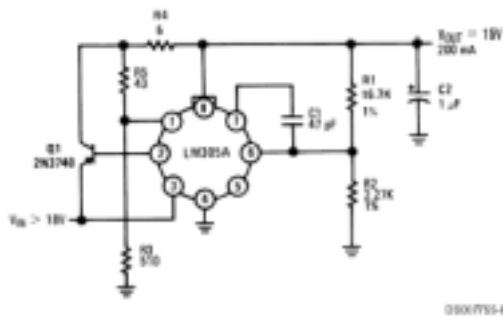
## 10A Regulator with Foldback Current Limiting



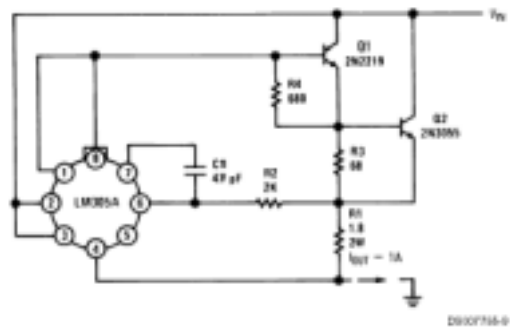
## Linear Regulator with Foldback Current Limiting



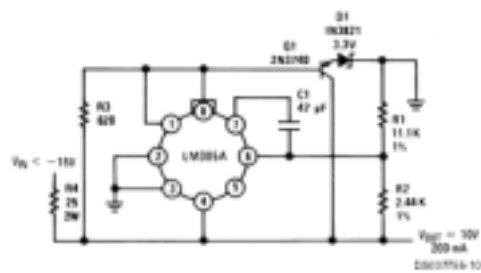
Linear Regulator with Foldback Current Limiting



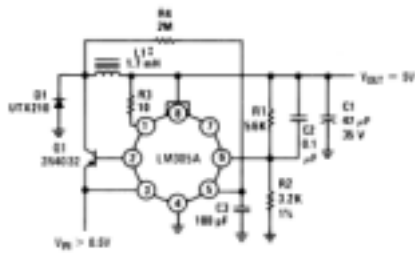
Current Regulator



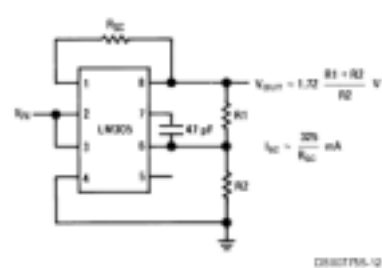
Shunt Regulator



Switching Regulator



Basic Positive Regulator with Current Limiting

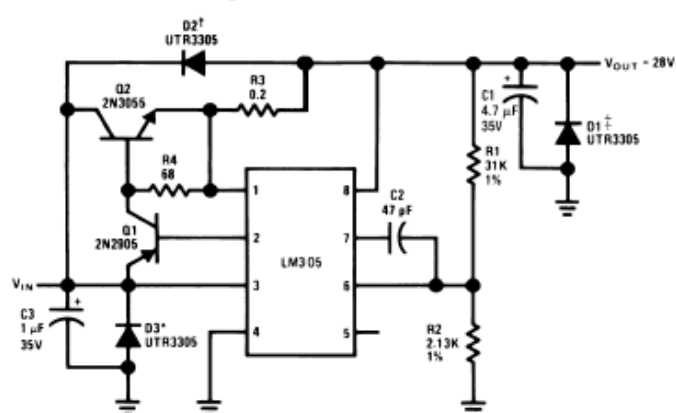


†Solid tantalum.

††1125 turns #22 on Arnold

Engineering A262123-2 molybdenum permally core.

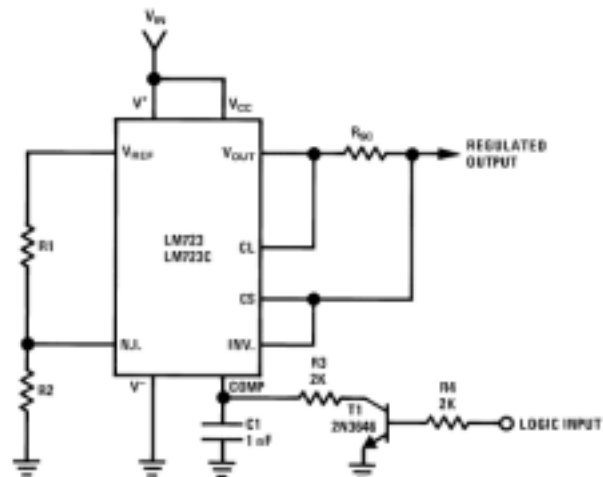
1.0A Regulator with Protective Diodes



†Protects against shorted input or inductive loads on unregulated supply.

\*Protects against input voltage reversal.

††Protects against output voltage reversal.



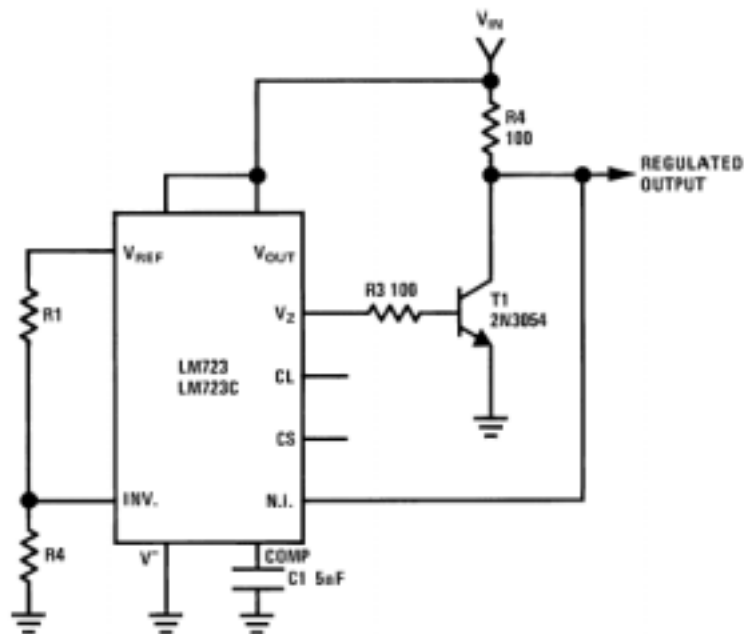
DS008963-18

**Note:** Current limit transistor may be used for shutdown if current limiting is not required.

#### Typical Performance

|                                                  |        |
|--------------------------------------------------|--------|
| Regulated Output Voltage                         | +5V    |
| Line Regulation ( $\Delta V_{IN} = 3V$ )         | 0.5 mV |
| Load Regulation ( $\Delta I_L = 50 \text{ mA}$ ) | 1.5 mV |

FIGURE 11. Remote Shutdown Regulator with Current Limiting



DS008963-19

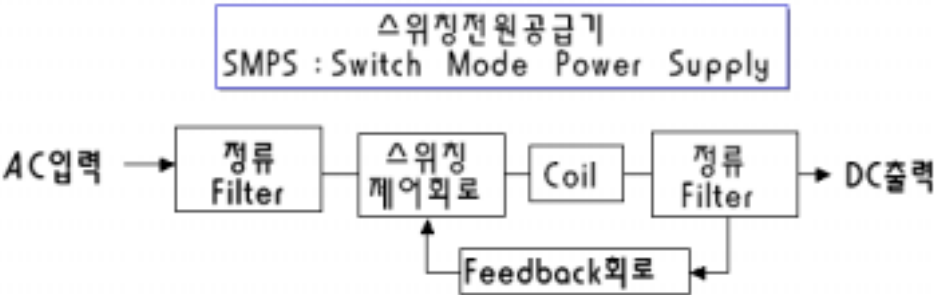
|                                                   |        |
|---------------------------------------------------|--------|
| Regulated Output Voltage                          | +5V    |
| Line Regulation ( $\Delta V_{IN} = 10V$ )         | 0.5 mV |
| Load Regulation ( $\Delta I_L = 100 \text{ mA}$ ) | 1.5 mV |

FIGURE 12. Shunt Regulator

### 스위칭 전원공급기(Switch Mode Power Supply)

반도체 제조기술과 회로소자의 기술발달로 선형전원공급기(Linear Power Supply)에 비해 효율이 높고 에너지밀도가 높은 스위치모드 전원공급기가 점점 많이 사용되어가고 있다. 특히 컴퓨터를 비롯한 디지털기기의 경우는 대부분이 스위치모드 전원공급기를 사용하는 실정이다.

스위치모드 전원공급기는 다음과 같은 동작을 시킨다.

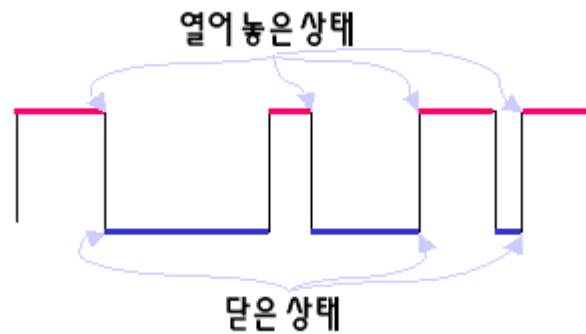


아래 표에 선형전원공급기와 스위치모드 전원공급기의 일반적인 장단점을 비교한 예를 보기로 한다.

TABLE 1. Linear vs Switching Power Supplies (typical)

| Specification       | Linear          | Switcher                    |
|---------------------|-----------------|-----------------------------|
| Line Regulation     | 0.02%–0.05%     | 0.05%–0.1%                  |
| Load Regulation     | 0.02%–0.1%      | 0.1%–1.0%                   |
| Output Ripple       | 0.5 mV–2 mV RMS | 10 mV–100 mV <sub>P-P</sub> |
| Input Voltage Range | ±10%            | ±20%                        |
| Efficiency          | 40%–55%         | 60%–95%                     |
| Power Density       | 0.5 W/cu. in.   | 2W–10W/cu. in.              |
| Transient Recovery  | 50 μs           | 300 μs                      |
| Hold-Up Time        | 2 ms            | 34 ms                       |

표에서 보면 입력전원변동이나 부하변동에 대해서는 선형전원공급기가 훨씬 유리한 것을 볼 수 있다. 그러므로 대개의 경우는 스위치모드 전원공급기는 전단계에 선형전원공급기를 쓰고 다음단계에서 스위칭을 해 준다. 스위치모드 전원공급기의 동작은 물이 높은 탱크에서 낮은 탱크로 옮겨주면서 낮은 탱크의 물높이를 항상 일정하게 유지하도록 해주는 경우와 같다. 그렇게 하기 위해서 높은 물탱크에 수도꼭지를 달아서 열었다 닫았다를 하며 물의 양을 조절해 주어야 한다. 이것을 시간적인 개념으로 들여다 보면 수도꼭지를 열어놓은 상태와 닫은 상태는 아래 그림과 같다.



낮은 탱크의 물리 적으면 수도꼭지를 오랫동안 열어 물을 많이 받아주어야 하고 물이 많으면 잠깐만 열어주어 조금만 받아 들여야 한다. 이런 역할을 하는 위의 그림을 보면 이것은 일반적인 파형에서 矩形波(Square Wave)

(Pulse)

(Pulse Width Modulation)

가

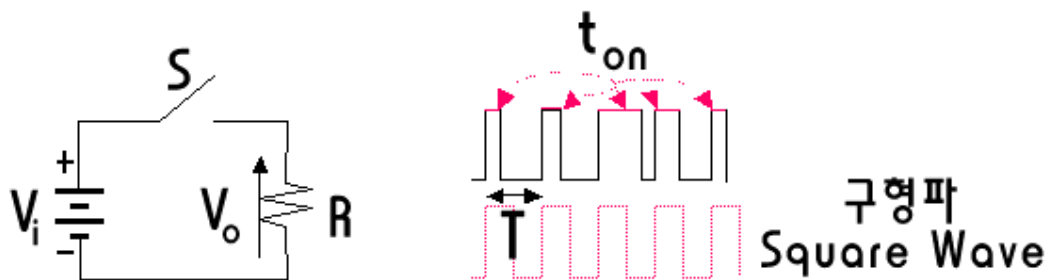
1960

1980

가

$V_o$

$V_i \cdot t_{on} / T$



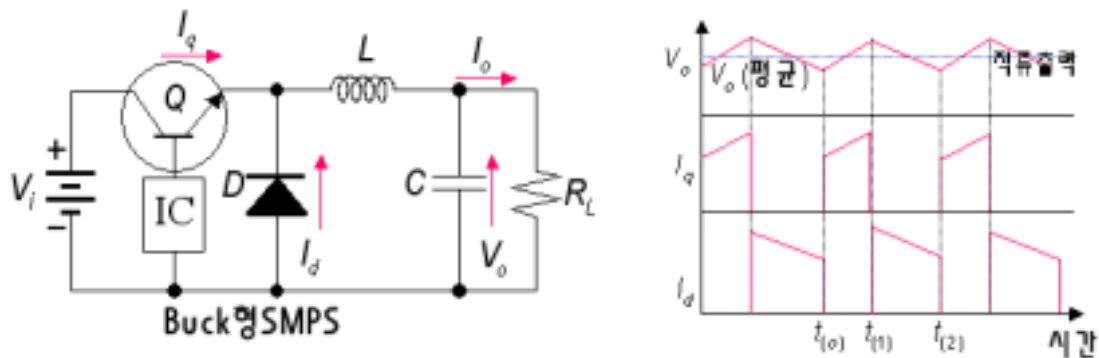
$$V_o(\quad) = V_i \frac{t_{on}}{T}$$

$t_{on}$ 을 감소시키면  $V_o$ 이 감소됨을 알 수 있다. 이 방법이 **펄스폭 변조(Pulse Width Modulation)**방식이다.

이것은 앞의 예에서의 물탱크를 다시 예로 본다면 커다란 물탱크에 채워져 있는 물을 작은 물탱크에 덜어서 쓰는 데 작은 물탱크의 물이 줄어들면 수도꼭지를 열어주어 물이 보충되도록 하는 것으로 이것을 관리하는 사람에게 일정시간마다 한번씩 확인하여

수도꼭지를 열고 닫도록하게 하는 것으로 수도꼭지를 여는 시간은 작은 물탱크의 물의 양에 따라 길게 또는 짧게 열어주게 된다. 이러한 경우가 전자적인 기능으로 펄스폭변조(Pulse Width Modulation)라고 한다.

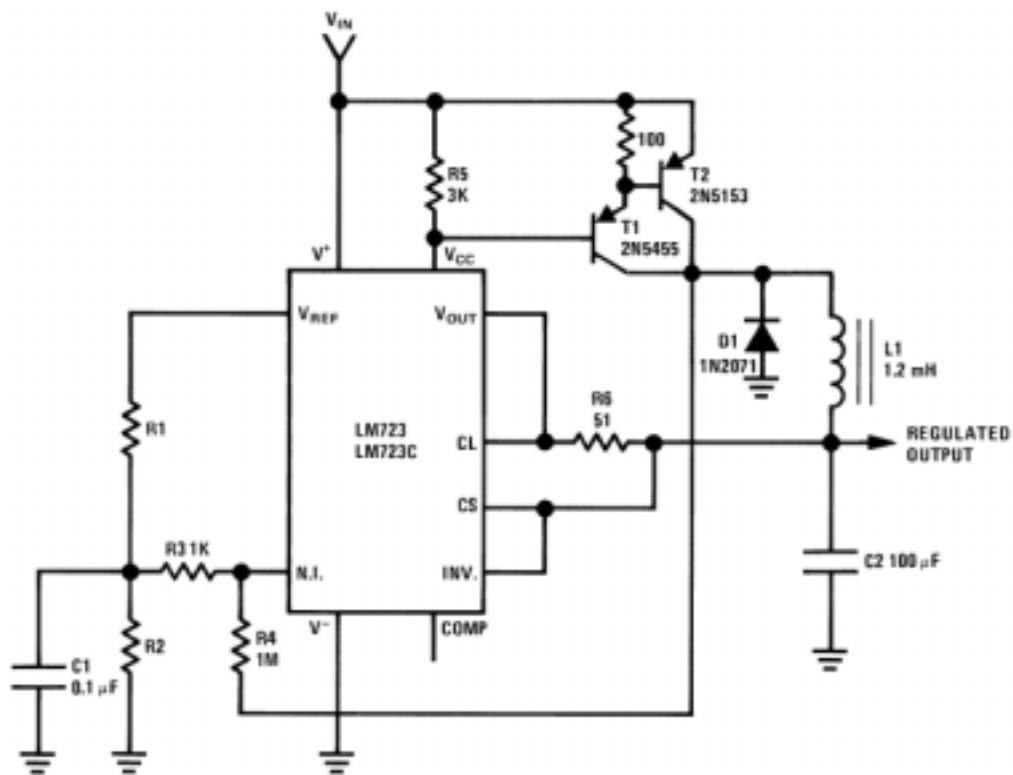
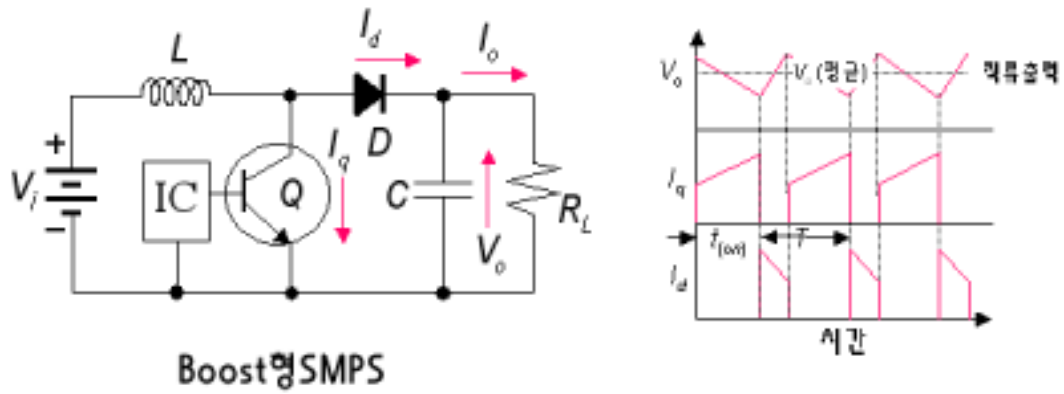
스위치 모드전원공급기의 스위칭을 이용한 방법에는 여러가지가 있다. 그 중에 가장 간단하면서 널리 쓰이는 한 가지가 버크(Buck : 바껴츠) 형이다. 이것은 코일의 역기전력을 이용하는 것으로서 입력전압의 일부를 스위칭해서 코일에 보내주고 코일에서 생기는 역기전력을 이용하여 부하에 일정한 양의 전류가 흐를 수 있도록 조정해 주는 형태로 아래 그림과 같다. 이 회로는 매우 단순하고 부품의 수도 적어서 잘 이용하면 매우 유용하다.



버크형 전원공급기는 높은 전압에서 낮은 전압으로 낮춰서 공급해주는 경우에 널리 쓰인다. 그래서 흔히 스텝다운 전원공급기(Step Down Voltage Regulator)라고 한다. 특히 군용장비의 경우 직류 28V 를 로직회로 직류 5V 로 낮춰주는 데 많이 이용된다. 트랜지스터에 전류가 흐르는 시간 즉  $t_{on}$  때는 출력전압이 너무 낮다는 것을 감지한 경우이다. 그러면 전류  $i_q$  가 흘러서 코일  $L$  에서의 지연을 거쳐 서서히 출력전압  $V_o$  가 증가하기 시작한다. 출력전압  $V_o$  가 일정한 크기를 초과하면 감지회로는 트랜지스터를 작동중지 시킨다. 즉  $t_{off}$  가 된다. 그러면 코일은 역기전력에 의해 전류를 계속 흘려야 하므로 다이오드를 통해 전류가 계속 흐르며 서서히 감소하는 형태가 되어 출력전압은 낮은 삼각형 모양을 하며 계속된다. 여기서 중요한 부품은 다이오드가 매우 빠른 시간 안에 스위칭을 해 주어야 한다. 스위칭 속도가 빠를수록 트랜지스터의 동작 중단과 동시에 코일의 역기전력이 계속적으로 전류가 흐르는 통로를 마련하게 되어 회로전체에 전류를 공급하는 데 중단이 없어진다. 마찬가지로 스위칭에 쓰이는 트랜지스터는 최근에는 대전력용의 MOSFET 가 사용된다.

직류에서 직류 또는 교류에서 직류로 바꾸어 주는 경우에 어떤 경우에는 높은 전압에서 낮은 전압으로 또는 그 반대로 낮은 전압에서 높은 전압으로 바꾸어 주어야 할 경우가 생긴다. 대개는 높은 전압에서 낮은 전압으로 바꾸어 주는 것이 반도체를 중심으로 하는 회로의 전원을 공급하는 경우이지만 앞으로 보편화될 PDP 표시장치나 파란색의 숫자표시장치인 냉음극 표시관 등의 작동을 위해서는 높은 전압을 요구한다.

아래 그림과 같은 스위칭전원공급기는 낮은 전압에서 높은 전압으로 만들어 주는 경우이다. 이 경우를 **Boost Regulator** 라 한다. 이 경우는 5V의 전원공급기에서 12, 또는 15 심지어는 150V 정도 까지 올려준다.

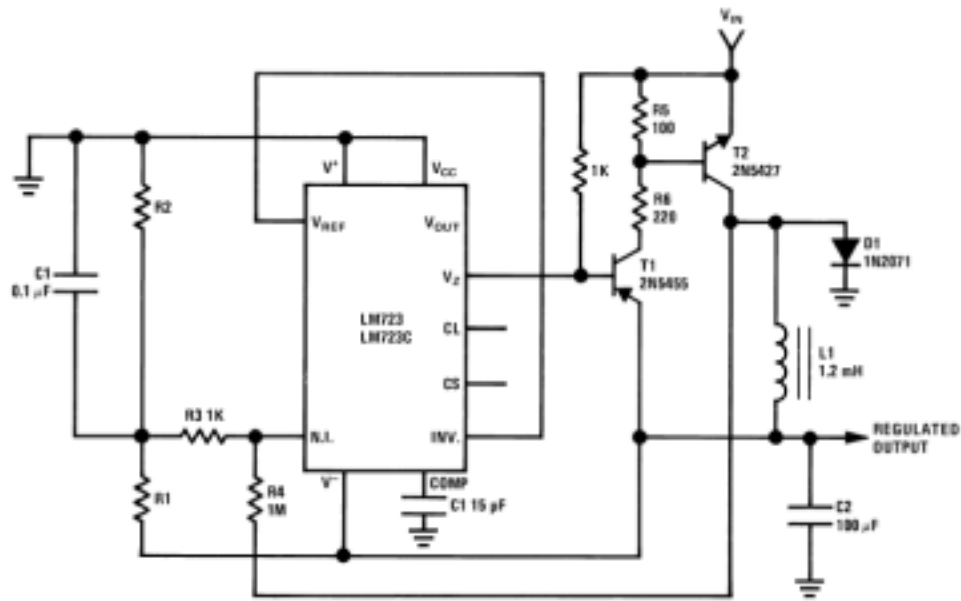


D8008563-16

#### Typical Performance

|                                           |       |
|-------------------------------------------|-------|
| Regulated Output Voltage                  | +5V   |
| Line Regulation ( $\Delta V_{IN} = 30V$ ) | 10 mV |
| Load Regulation ( $\Delta I_L = 2A$ )     | 80 mV |

**FIGURE 9. Positive Switching Regulator**



DS008563-17

#### Typical Performance

|                                           |      |
|-------------------------------------------|------|
| Regulated Output Voltage                  | -15V |
| Line Regulation ( $\Delta V_{IN} = 20V$ ) | 8 mV |
| Load Regulation ( $\Delta I_L = 2A$ )     | 6 mV |

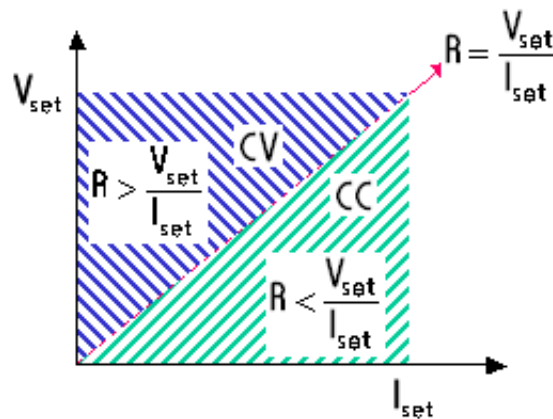
FIGURE 10. Negative Switching Regulator

| Product  | Product status  | Pricing* | Package type        | Leads | Packing method |
|----------|-----------------|----------|---------------------|-------|----------------|
| KA723    | Full Production | \$0.317  | <a href="#">DIP</a> | 14    | RAIL           |
| KA723D   | Full Production | \$0.37   | <a href="#">SOP</a> | 14    | RAIL           |
| KA723DTF | Full Production | \$0.37   | <a href="#">SOP</a> | 14    | TAPE REEL      |

## DC 전원공급기 용어해설

1. DC 전원공급기 : Battery 와 같은 전기를 공급해 주는 장치.
2. CV(Constant Voltage)모드 : 원하는 전압값에 출력전압을 맞추어 주면, 부하저항의 크기에 따른 전류의 값에 관계없이 일정한 출력전압을 주는 것을 말한다.
3. CC(Constant Current)모드 : CV 모드와는 반대로 원하는 전류값을 정해주면, 부하저항의 크기에 관계없이 부하를 통해 흐르는 전류는 일정한 값으로 정해지는 것을 말한다.
4. CV/CC Mode Crossover : 원하는 출력전압값과 출력전류값을 각각 입력했을 때, 출력전압값을 출력전류값으로 나눈 값이 걸어준 부하저항보다 크면 CV 모드로 동작하게 되고, 걸어준 부하저항보다 작으면 CC 모드로 동작하게 된다. 예를 들어 출력전압 5V 에

출력전류 100 mA를 셋팅했다고 했을 때 부하를 1 kΩ을 걸어주었다면 출력전압은 5V, 출력전류는 5 mA가 되고 여기에 100Ω을 걸어주었다면 출력전압은 5V, 출력전류는 50 mA가 된다. 즉 1 kΩ을 걸었거나 100Ω을 걸었거나 전압은 일정하게 5V가 되어 CV 모드가 된다. 즉 부하저항을 1 kΩ, 100Ω과 같이 출력전압 5V를 출력전류 100 mA로 나눈 50Ω보다 큰 값으로 걸어주면 CV 모드가 되고, 부하저항을 5Ω으로 걸어주면 출력전류는 100 mA, 출력전압은 0.5V, 10Ω으로 걸어주면 출력전류는 100 mA, 출력전압은 1V로 출력전류가 일정하게 되어 CC 모드가 된다.



5. CC/CV 모드를 위한 예제 : 만일 CC mode 에서 1Amp 로 Power supply 를 사용하고 싶은데, 부하저항이 1ohm 이라면, 먼저 전류를 1Amp 로 입력하고, 전압은 1V 보다 큰 값을 넣으면 CC mode 로 동작하게 된다.

6. ripple(리플) : 직류 속에 포함된 맥동분을 말한다. 예를 들어 정류기의 출력 파형은 전지에서 얻어지는 직류와 같은 일정한 파형으로 되지 않고, 전압이 끊임없이 변동하고 이것은 교류분이 포함되어 있기 때문이다. 그 비율을 백분율로 표시하고 리플이 많으면 잡음의 원인이 된다.

8. ripple attenuation factor(리플 감쇠율) : 정류기의 출력은 리플이 많이 포함된 맥류이므로 그대로 사용할 수 없고 평활 회로를 통해 일정한 직류로 만들어 사용하여야 한다. 이 평활 회로에서  $V_{mf}$  전압이 얼마나 감쇠했는가를 나타내는 것이 리플 감쇠율로서 다음식으로 나타낸다.

$$\text{ripple 감쇠율} = \frac{\text{출력측 ripple 전압의 실효값}}{\text{입력측 ripple 전압의 실효값}} \times 100$$

ripple factor(맥동률) : 교류분을 포함한 직류에 있어서 평균값에 대한 교류분의 실효값의 비를 말한다.