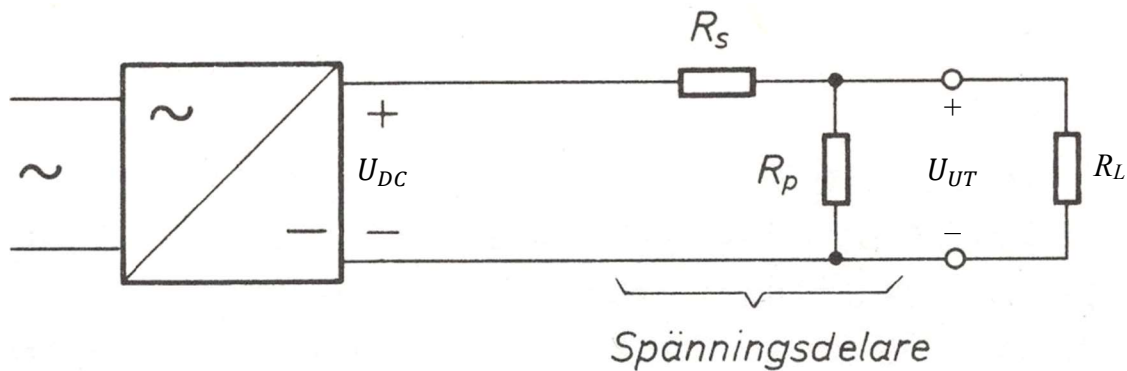


Strömförsörjning

Vid strömförsörjning av elektronisk utrustning ställs höga krav på kvalitet när det gäller stabilitet och störningsfrihet. Speciellt gäller det ljudanläggningar då störningarna blir väldigt påtagliga om inte utspänningen från strömförsörjningsenheten håller måttet. Strömförsörjning kan ske på många olika sätt till exempel med batterier eller med nätanslutna enheter där transformatorn, likriktaren, glättningsekondensatorn och regulatorn spelar en central roll.



Här ser vi exempel på en enkel enhet med en blockschemasymbol till vänster där växelspanning matas in och där vi får ut en likspänning. Om lasten R_L saknas ges utspänningen av spänningsdelningslagen

$$U_{UT} = U_{DC} \cdot \frac{R_p}{R_S + R_p}$$

Dessvärre fungerar kopplingen mindre bra. Utspänningen sjunker vid belastning. R_L påverkar utspänningen och spänningsdelningslagen får istället skrivas

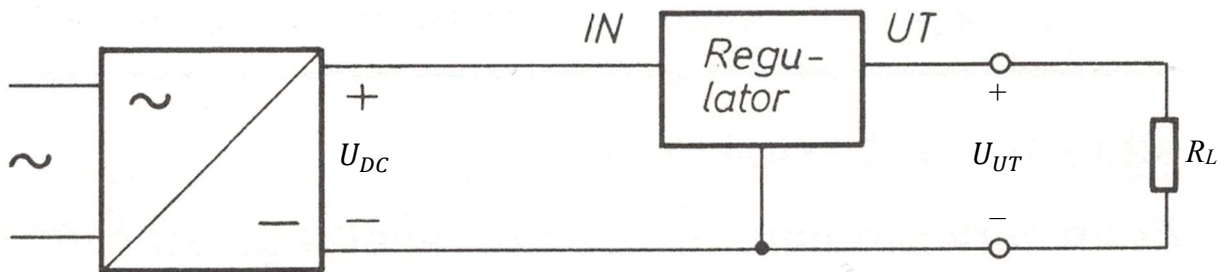
$$U_{UT} = U_{DC} \cdot \frac{R}{R_S + R}$$

där

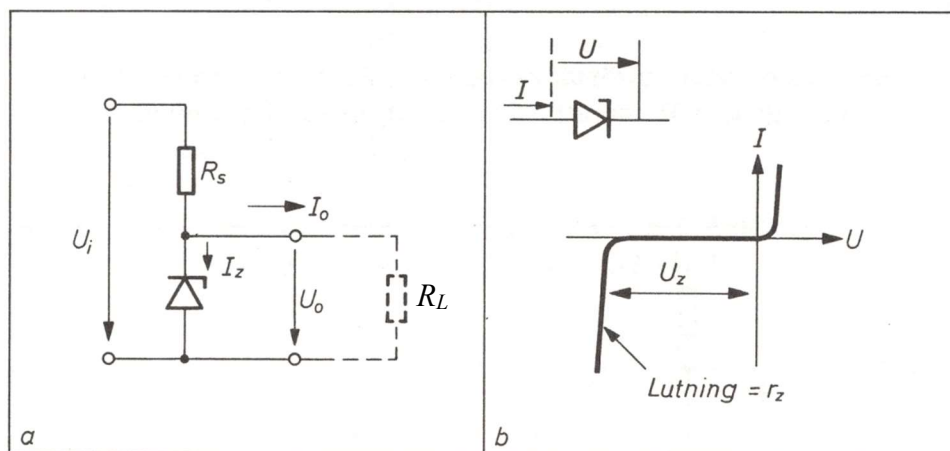
$$R = \frac{R_p \cdot R_L}{R_p + R_L}$$

Om utspänningen är måttlig skulle man kunna kringgå problemet genom att lägga en OP-förstärkare kopplad som spänningsföljare mellan R_p och R_L (se föregående föreläsning).

Det bästa är nog ändå att byta ut spänningsdelaren mot någon form av regulator som håller utspänningen konstant.



Parallellregulatorn känner vi till sen tidigare där zenerdioden ligger parallellt med lasten och tjänstgör som reglerande komponent.



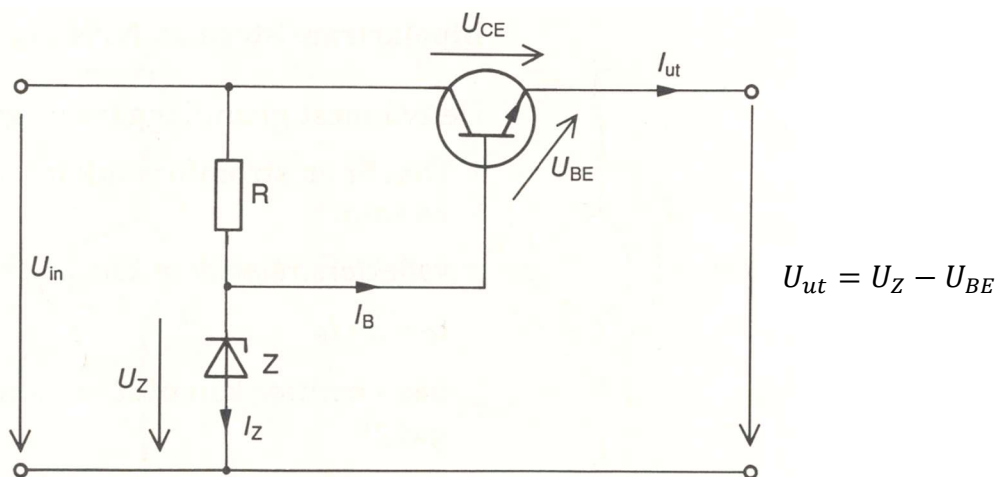
Parallellreglering med zenerdiod

a) Schema

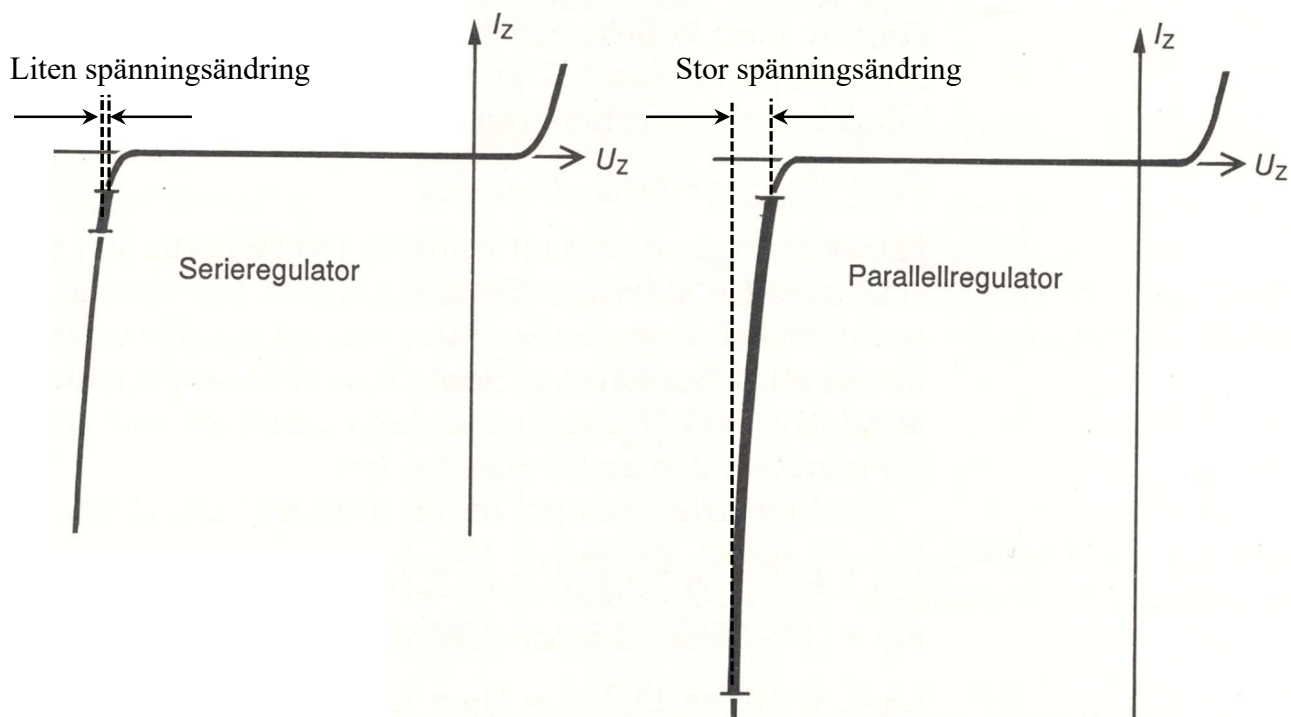
b) Zenerdiodens karakteristika

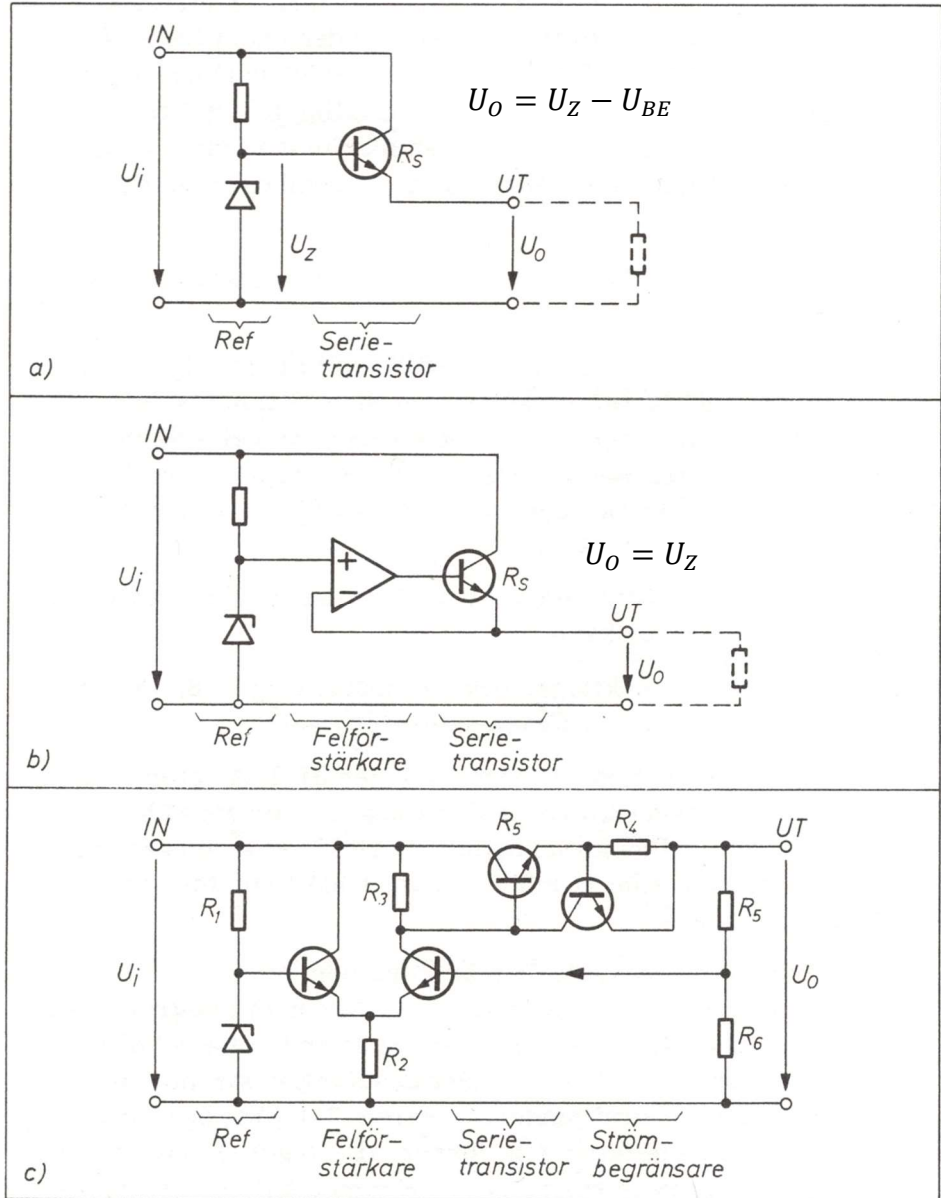
Zenerdioden kan användas om strömuttaget är måttligt och inte varierar så mycket. Men av karakteristikan ovan ser vi att den inte är riktigt lodrät i backriktningen vilket är önskvärt om man önskar en konstant utspänning även vid hård belastning. Lösningen är att komplettera parallellregulatorn med en effekttransistor så att strömmen i zenerdiodens backriktning håller sig inom ett begränsat område.

Om en effekttransistor kopplas in till parallellregulatorn får vi en ny typ av regulator.



Transistorn övertar rollen som huvudsaklig regulator och eftersom den kommer att hamna i serie med lasten som ansluts, tillhör den familjen **serieregulatorer**. Basströmmen I_B är försumbart liten vilket betyder att strömmen I_Z i zenerdiodens bakriktning varierar ytterst lite. Således är spänningen över zenerdioden bättre stabiliserad i serieregulatorn än i parallellregulatorn där strömmen i dess bakriktning varierar mycket vid olika belastningsgrad.





Principen för seriereglering
a) Enkel serieregulator
b) Serieregulator med felförstärkare
c) Serieregulator i diskret uppbyggnad och med strömbegränsning

I figur c) blir $U_{R2} = U_Z - U_{BE}$ och $U_{R6} = U_{R2} + U_{BE}$ dvs. $U_{R6} = U_Z$.

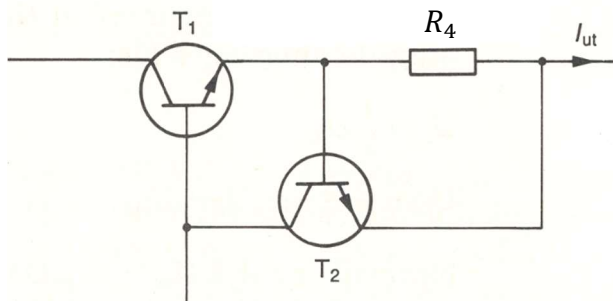
Med spänningsdelningslagen kan U_O beräknas

$$U_{R6} = U_O \cdot \frac{R_6}{R_5 + R_6}$$

$$U_{R6} = U_Z \Rightarrow U_O = U_Z \cdot \frac{R_5 + R_6}{R_6}$$

Serietransistorn "R₅" styrs av den högra transistoren i felförstärkaren. Om U_O tillfälligt sjunker pga. hög belastning, sjunker också U_{R6} och felförstärkarens högra transistor stryps varvid "R₅" får högre spänningspotential på sin bas och släpper fram mer ström så att U_O återställs till rätt nivå.

Förklara hur strömbegränsningen fungerar i figur c) och beräkna vilket värde R_4 skall ha om I_{ut} maximalt får vara 2,0 A. U_{BE1} och U_{BE2} för T_1 respektive T_2 är 0,70 V när de är ledande.

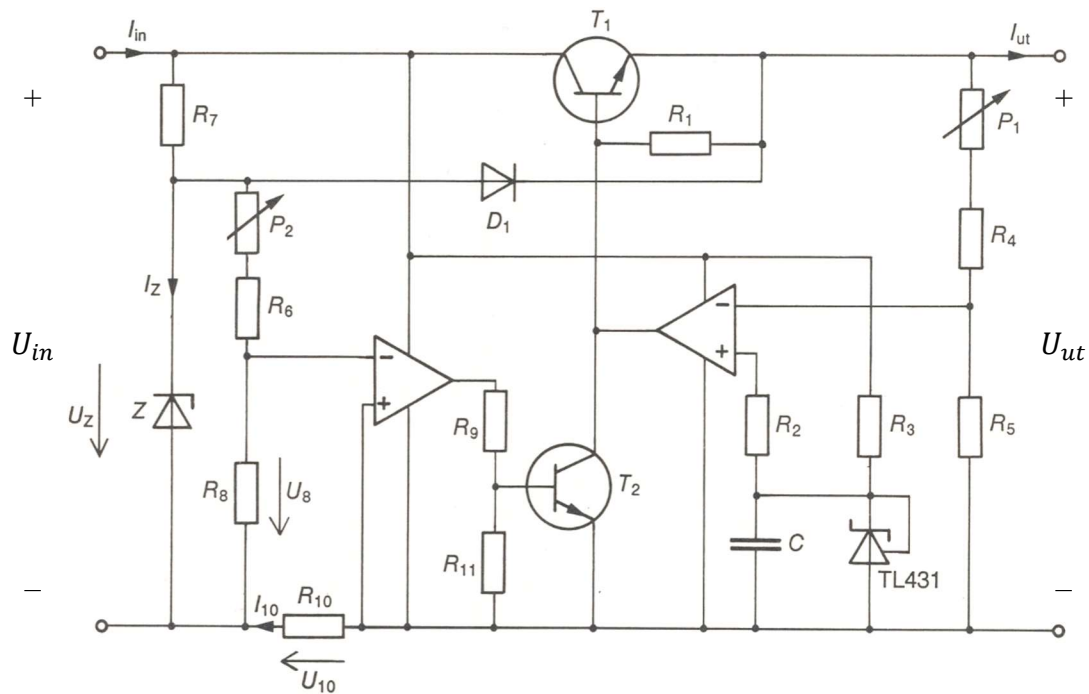


När spänningen U_{BE2} över R_4 växer till 0,70 V till följd av högt strömuttag, börjar T_2 att leda mellan kollektor och emitter. Det innebär i sin tur att U_{BE1} blir lägre än 0,70 V varvid T_1 stryps och I_{ut} begränsas.

$$U_{BE2} \approx R_4 \cdot I_{ut}$$

$$I_{utMAX} = 2,0 \text{ A} \Rightarrow U_{BE2} = 0,70 \text{ V} \Rightarrow R_4 \approx \frac{0,70}{2,0} = 0,35 \Omega$$

Här är en annan serieregulator med strömgränsfunktion och reglerbar utspänning.



Serieregulator där strömbegränsningen ställs in med potentiometern P_2

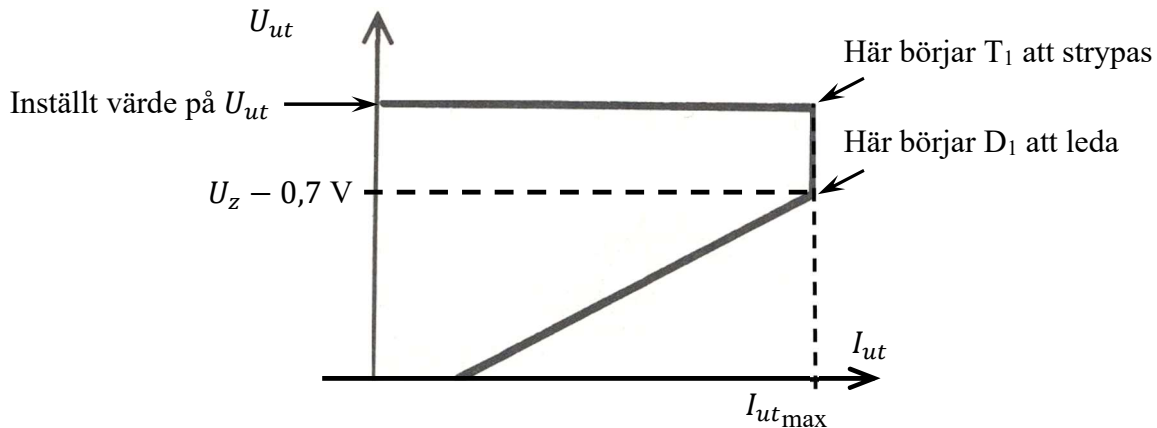
Strömgränsen fungerar genom att T_2 börjar leda och stryper T_1 vilket inträffar om U_{10} pga. för hög uttagen ström blir större än U_8 .

$$U_{10} = R_{10} \cdot I_{10} \approx R_{10} \cdot I_{ut}$$

Storleken på U_8 beror på vilket värde som ställts in på potentiometern P_2 .

$$U_8 = U_Z \cdot \frac{R_8}{P_2 + R_6 + R_8}$$

När $U_{10} > U_8$ ger den vänstra OP-förstärkaren en positiv styrsignal till T_2 som då börjar leda och stryper T_1 . Till att börja med blir inte T_1 helt strypt, utan släpper fram en konstant ström vid ökande belastning. U_{ut} sjunker dock och då $U_{ut} < U_Z - 0,7$ V börjar D_1 att leda, då dess framspänningsfall på 0,7 V övervunnits, vilket får till följd att både I_{ut} och U_{ut} går mot noll, eller nära noll. Fenomenet kallas för "Semi Foldback".



Semi Foldback strömgränsfunktion för regulatoren i föregående figur

För att bestämma U_{ut} används spänningsdelningslagen

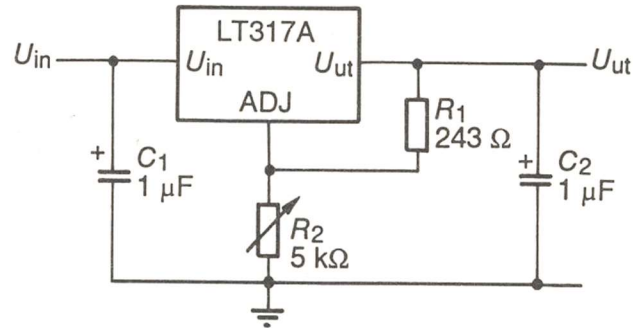
$$U_{R5} = U_{ut} \cdot \frac{R_5}{R_1 + R_4 + R_5}$$

där U_{R5} motsvarar zenerspänningen hos TL431. TL431 är via ett speciellt arrangemang ansluten till högra OP-förstärkarens plusingång. Spänningspotentialen är densamma på dess plus- och minusingång vilket betyder att $U_{R5} = U_Z(\text{TL431})$. Därmed blir

$$U_{ut} = U_Z(\text{TL431}) \cdot \frac{R_1 + R_4 + R_5}{R_5}$$

Syftet med det speciella arrangemanget R_2 , R_3 och C är att ge regulatoren en mjukstart så att U_{ut} växer långsamt från noll till inställt värde i samband med att strömmen slås på.

Trebensregulatorn tillhör också familjen av serieregulatorer. Den seriereglerande komponenten (effekttransistorn) finns inbyggd inuti själva enheten, tillsammans med en massa andra komponenter. Att använda trebensregulatorer är ett enkelt och billigt sätt att ordna strömförsörjning av god kvalitet.



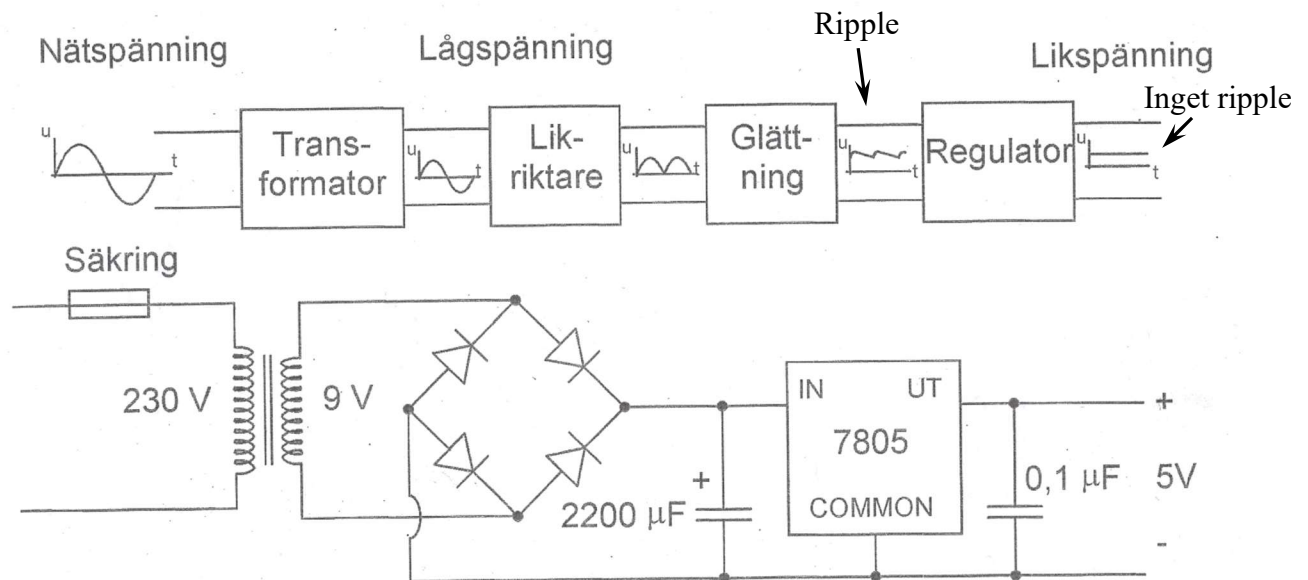
Trebensregulatorn LT317A kopplad för att ge ut en variabel spänning

LT317A genererar en referensspänning $U_{ref} = 1,25 \text{ V}$ mellan de två benen U_{ut} och ADJ. För att bestämma regulatorkopplingens utspänning använder man spänningsdelningslagen

$$U_{ref} = U_{ut} \cdot \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

Notera att U_{in} måste vara större än U_{ut} för att kopplingen skall fungera som det är tänkt.

Här ser vi ett blockschema som visar uppbyggnaden av ett klassiskt spänningsaggregat och hur det kan realiseras med en trebensregulator (7805).



Fabrikanter är angelägna om att framhålla hur god kvalitet deras produkter håller. Trebensregulatorer dämpar brumspänning (ripple) väldigt bra. Dämpningen (Ripple Rejection Ratio) brukar i datablad anges i decibel (dB) och beräknas med formeln

$$A_{dB} = 20 \cdot \lg \frac{B_{in}}{B_{ut}}$$

där

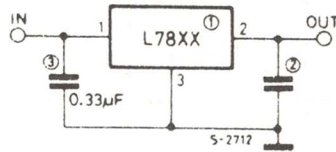
A_{dB} = brumdämpningen (Ripple Rejection Ratio)

B_{in} = topp till topp-värdet av brumspänningen in till regulatorn

B_{ut} = topp till topp-värdet av brumspänningen ut från regulatorn

TYPICAL APPLICATIONS

Fixed output regulator

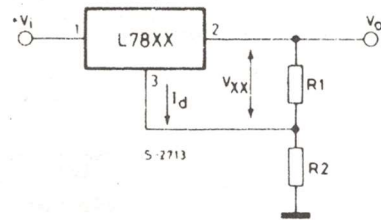


Notes:

- (1) To specify an output voltage, substitute voltage value for "XX".
- (2) Although no output capacitor is needed for stability, it does improve transient response.
- (3) Required if regulator is located an appreciable distance from power supply filter.

a)

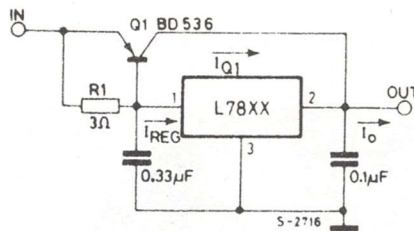
Circuit for increasing output voltage



$$V_o = V_{XX} \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) + I_d R_2$$

b)

High current voltage regulator

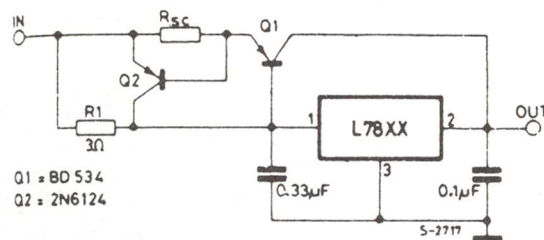


$$\beta(Q1) \geq \frac{I_o \text{ max}}{I_{REG} \text{ max}}$$

$$R1 = \frac{0.9}{I_{REG}} = \frac{\beta(Q1) V_{BE}(Q1)}{I_{REG} \text{ max} (\beta + 1) - I_o \text{ max}}$$

c)

High output current short circuit protection

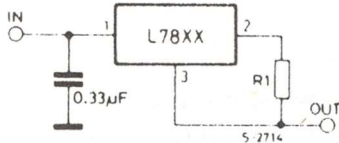


$$R_{sc} = \frac{0.8}{I_{sc}}$$

$$R1 = \frac{\beta V_{BE}(Q1)}{I_{REG} \text{ max} (\beta + 1) - I_o \text{ max}}$$

d)

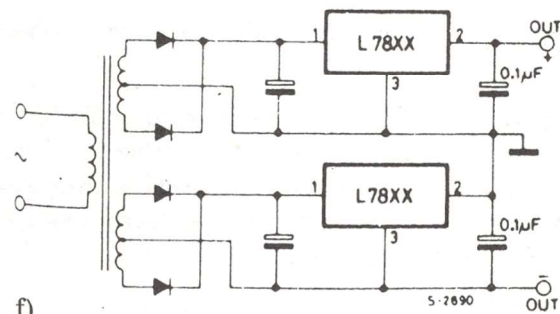
Current regulator



$$I_o = \frac{V_o}{R1}$$

e)

Positive and negative regulator

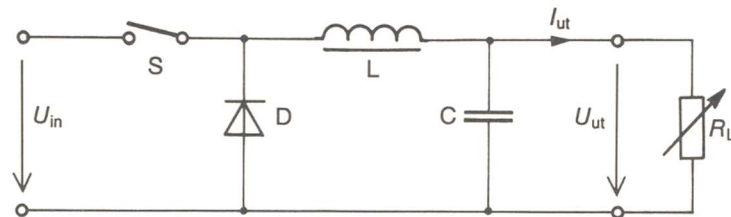


f)

5.2 Switchande regulatorer

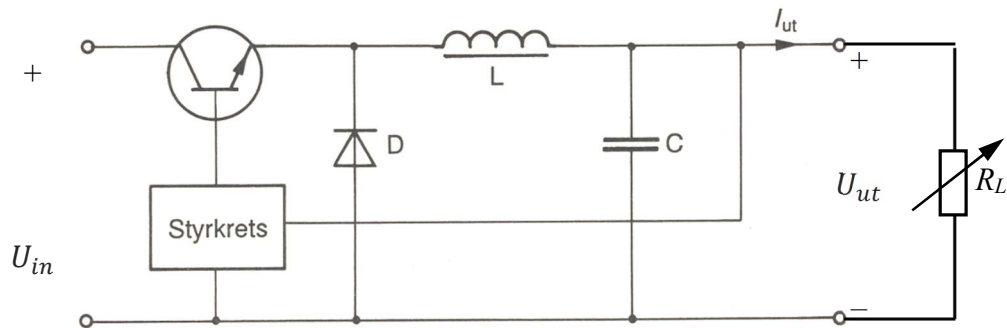
5.2.1 Step Down-omvandlaren

Step Down innebär att $U_{ut} < U_{in}$. Funktionsprincipen framgår av schemat i figur 5.12.



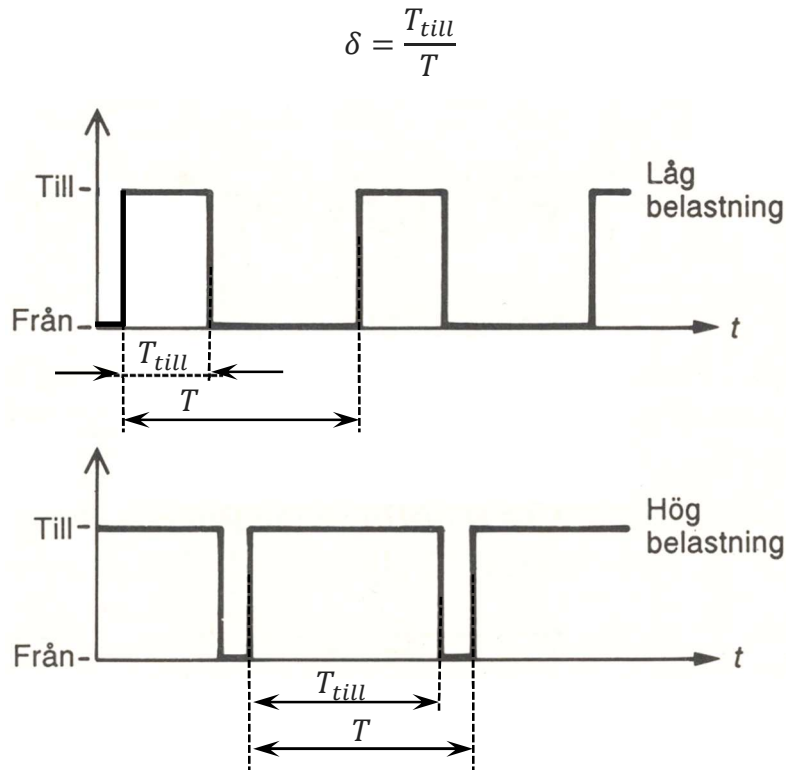
Figur 5.12 Principschema för Step Down-omvandlare

U_{in} är en likspänning som hackas sönder med hög frekvens av switchen S med en viss pulskvot δ , se definition nedan. I principskemat ser det ut som en mekanisk switch men i själva verket är det en elektronisk switch i form av transistor som styrs av en styrkrets.



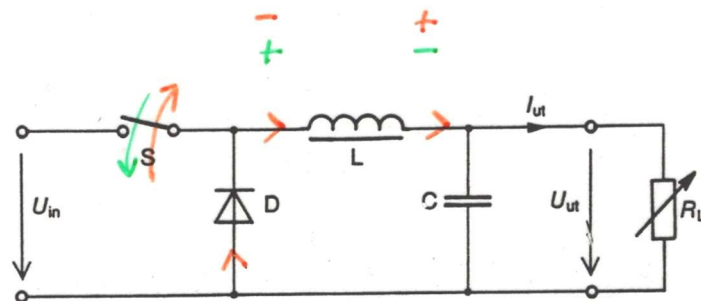
Figur 5.13 Step Down-omvandlare med switchtransistor och styrning

Styrkretsen känner av utspänningen och ökar pulskvoten δ om spänningen pga. större belastning vill sjunka. Därmed hålls utspänningen konstant oavsett belastningsgrad. Pulskvot δ definieras som kvoten mellan den tid switchen är i tilläge T_{till} och dess periodtid $T = T_{till} + T_{från}$.



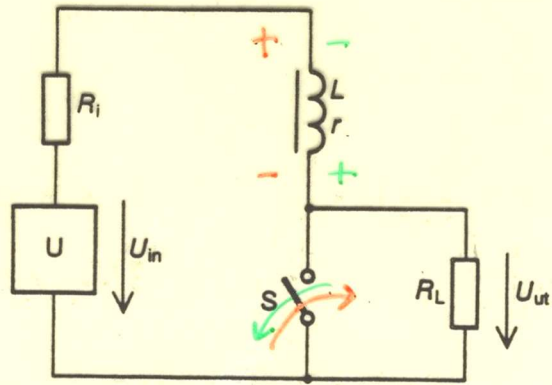
Figur 5.14 Exempel på pulskvoter vid olika belastningar

Utspanningen hålls också konstant av att glättningskondensatorn C laddat upp sig när switchen S varit i tilläge. Då switchen S är i frånläge förmår den att hålla kvar utspänningen på en konstant nivå, samtidigt som drosseln L (en spole med järnkärna) själv inducerar en spänning med plus och minus riktat så att I_{ut} bibehålls med oförändrad strömriktning. Dioden D har här en väsentlig funktion. Den brukar populärt kallas "frijulsdiod" då den tjänstgör som returledare av strömmen när switchen S är i "frikopplat" läge.



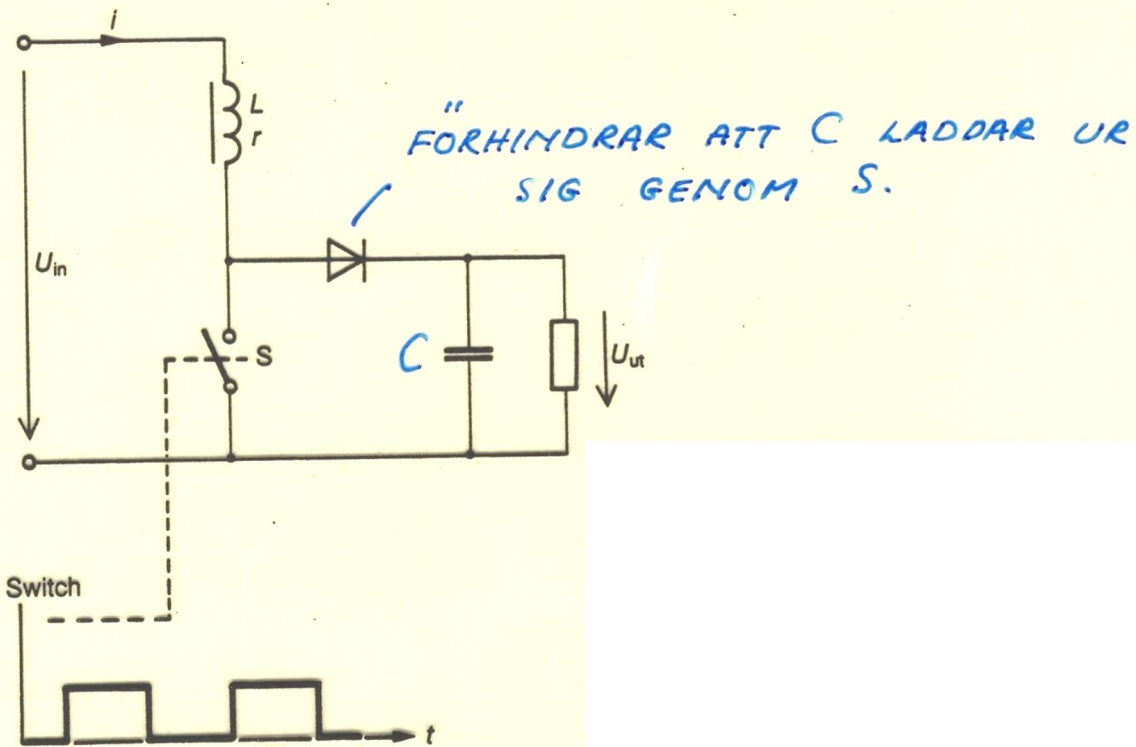
Step Up-omvandlaren

U_{ut} KAN BLI
STÖRRE ÄN U_{in} .



Step Up-omvandlarens funktion

Genom att koppla in en stor kondensator parallellt med lasten och öka switchfrekvensen, kan variationen hos utspänningen minskas avsevärt. För att utspänningen skall hållas uppe även under den tid S ligger till, måste kondensatorn förhindras att ladda ur sig via S. Dioden åstadkommer detta. Den leder då S ligger i frånläge och spärrar i tilläget.

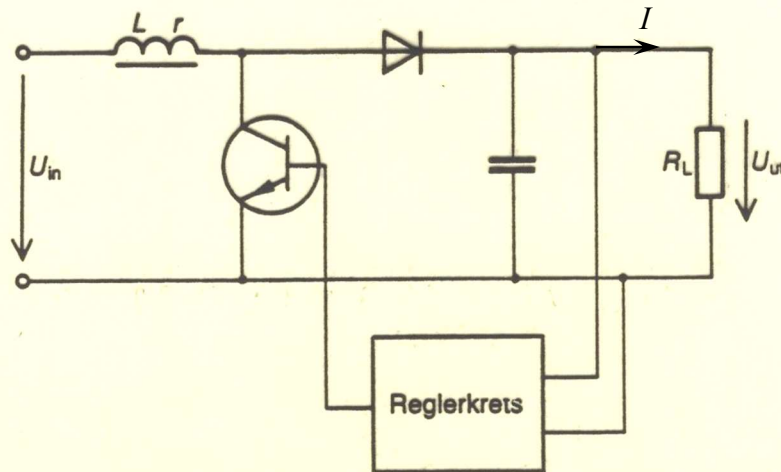


Principschema för Step Up-omvandlare

$$(U_{ut} \geq U_{in})$$

Uttrycket $U_{ut} = \frac{U_{in}}{1-\delta}$ gäller vid en viss effekt.

Vad händer då om belastningsströmmen ökar vid en viss given utspänning?



Regulatorn kommer att "känna av" att utspänningen minskar något när belastningsströmmen ökar. Mer energi måste tillföras om utspänningen skall kunna hållas på en konstant nivå. Pulskvoten måste då ökas så att strömmen från spänningskällan kommer upp på en högre medelnivå.

