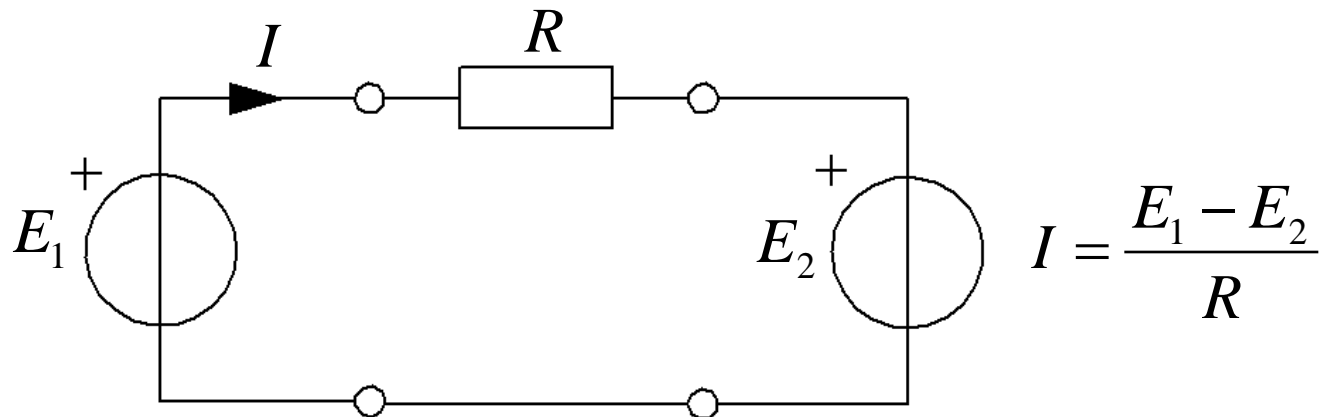


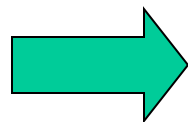
Energiöverföring med resistor

En emk E_1 med en högre spänning kan ladda en annan emk E_2 med en lägre spänning om man ansluter dem till varandra med en strömbegränsande resistor. $E_1 > E_2$.

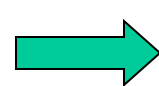


Avgiven energi

$$W_1 = E_1 I t$$



$$W_R = R I^2 t$$

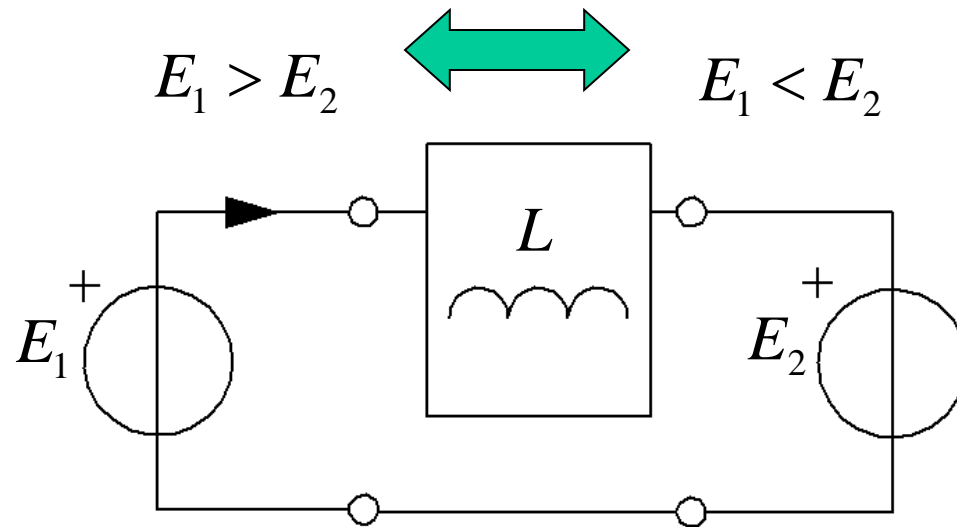


Lagrad energi

$$W_2 = E_2 I t$$

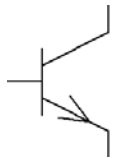
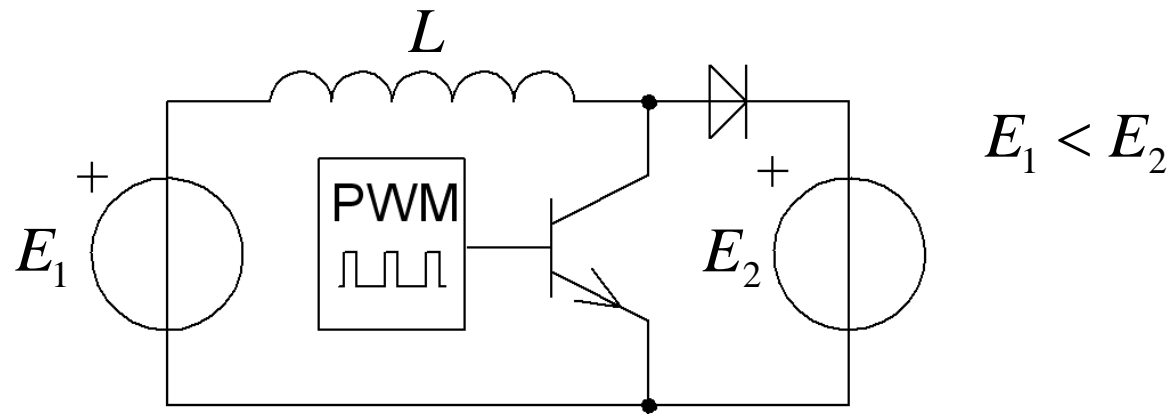
Under laddningen blir det **värmeförluster** i R .

Energiöverföring med induktor



Med en induktor kan man överföra energi från en större emk till en mindre, $E_1 > E_2$, **Step Down**, men även från en mindre emk till en större, $E_1 < E_2$, **Step Up**. Detta sker i teorin *helt utan förluster*.

Step Up



• Transistor

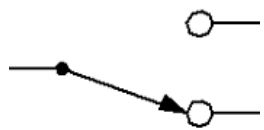
Pulsbreddsmodulering



• PWM-enhet



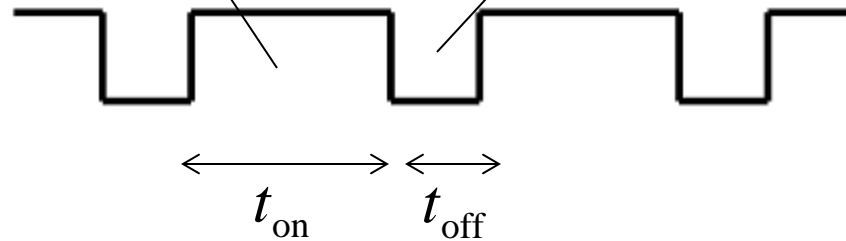
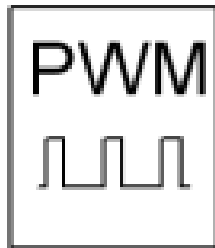
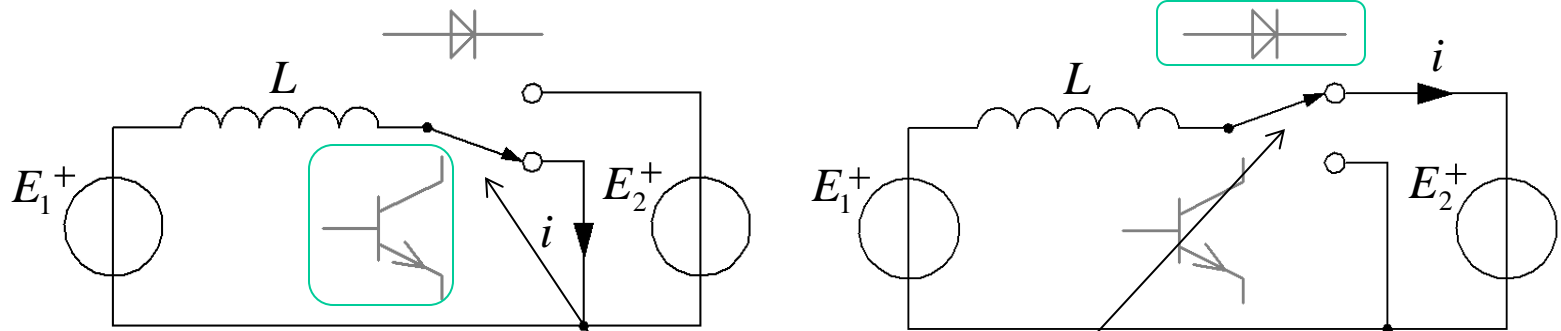
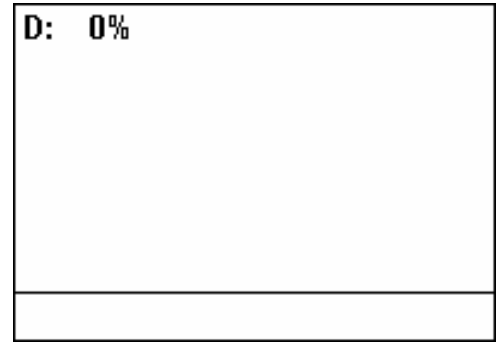
• Diod



Transistorn och dioden verkar tillsammans som en *omkopplare* styrd av PWM-enheten.

$$E_1 < E_2$$

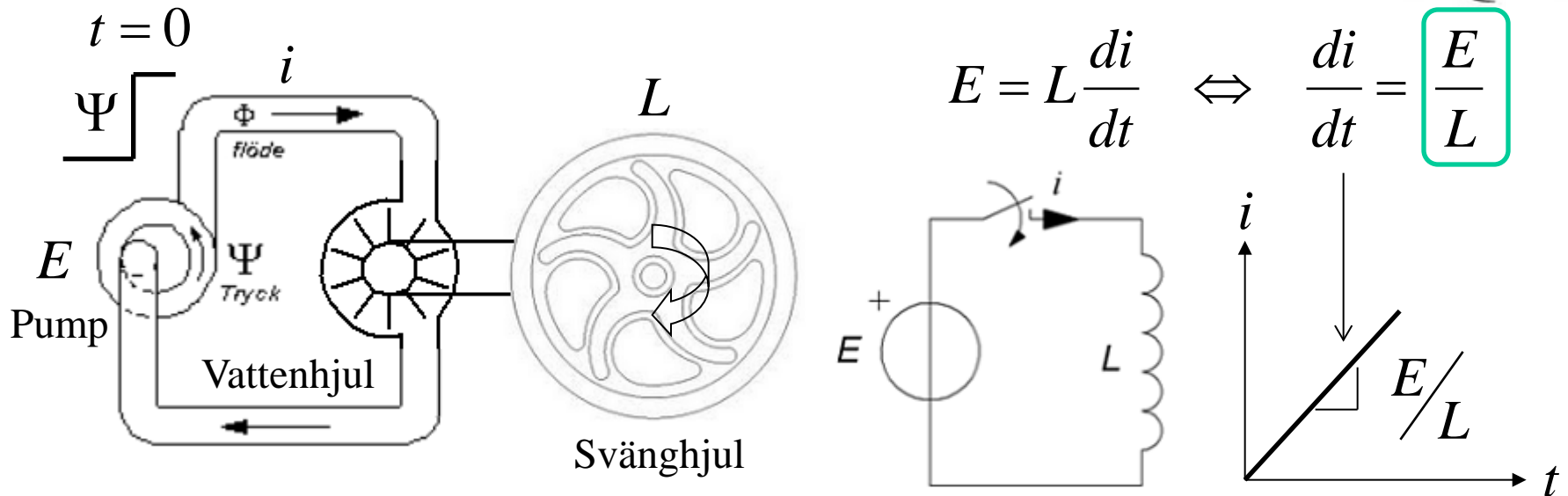
Step Up



- DutyCycle D , pulskvot:

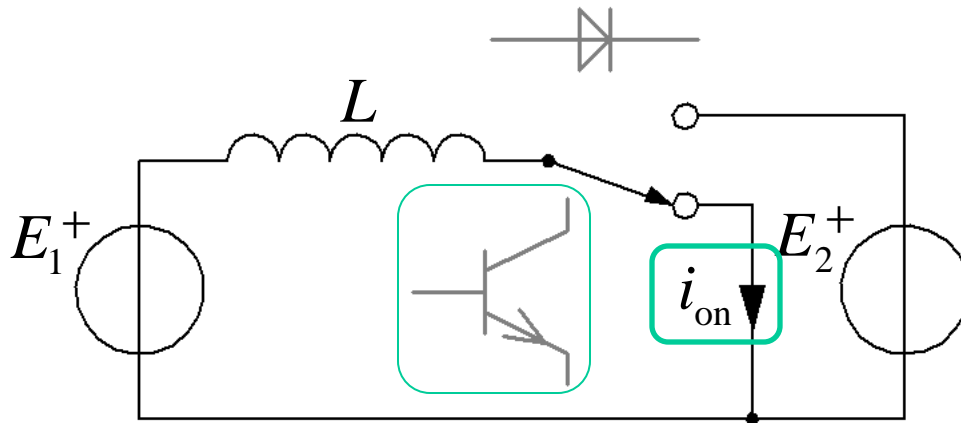
$$D = \frac{t_{\text{on}}}{t_{\text{on}} + t_{\text{off}}}$$

Spolens ström-tröghet

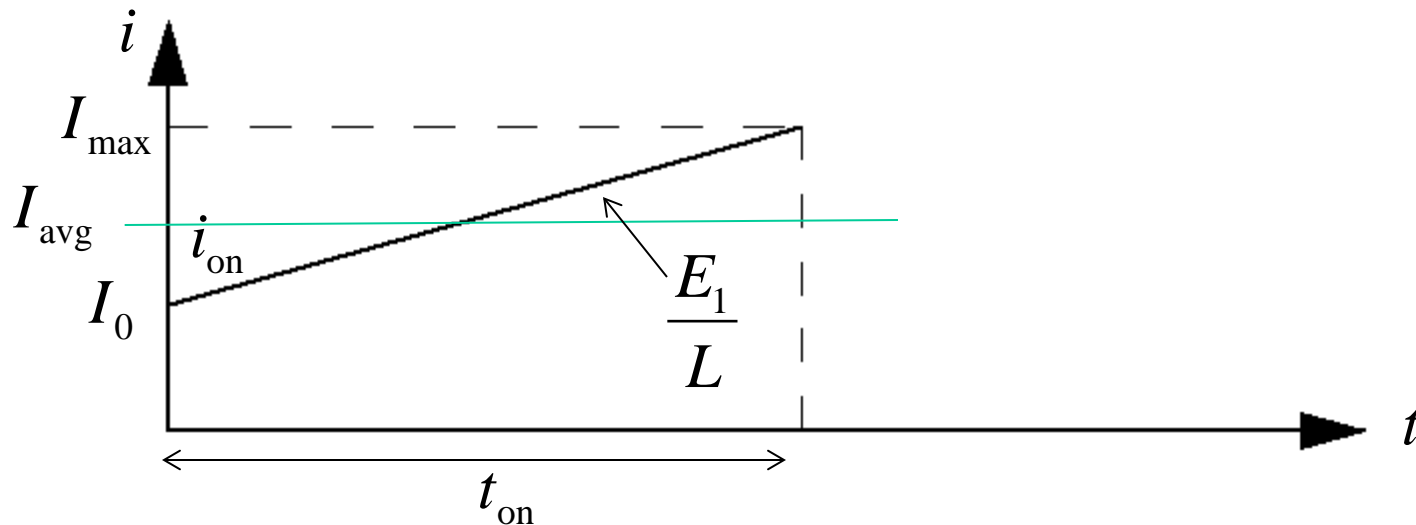


Spolen är **ström-trög**. Strömmen kan *inte* ändras momentant!
En vätskeanalogi: spolen är en vattenkvarn med ett svänghjul.

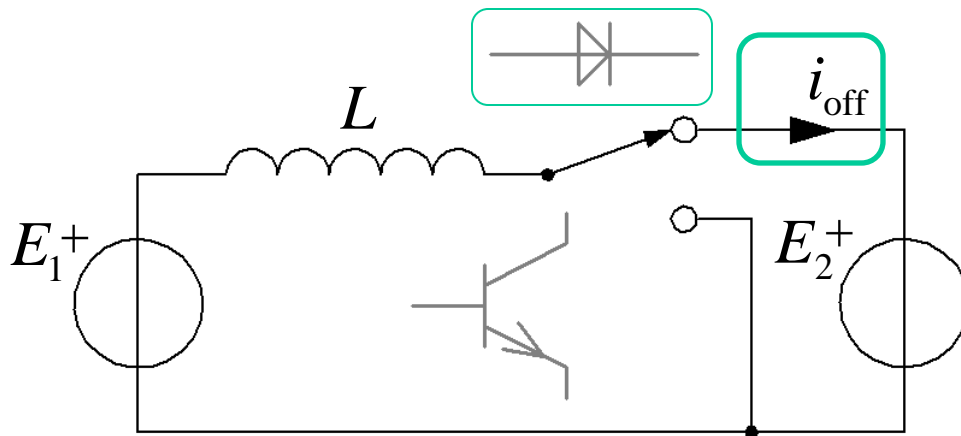
Energiöverföring med induktor



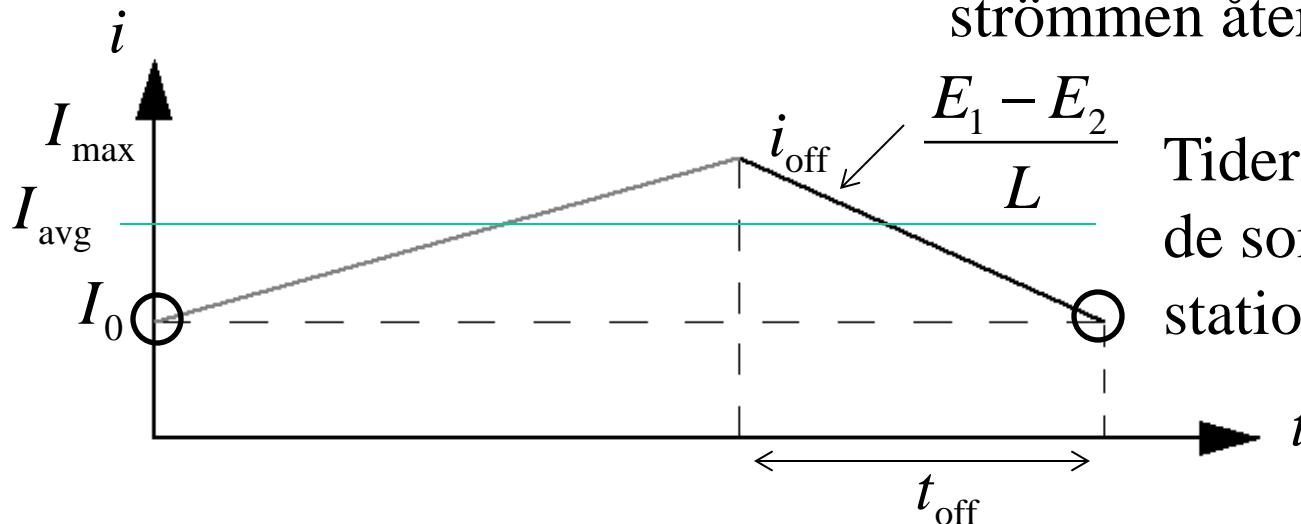
Låt E_1 driva en ökande ström genom L under t_{on} . Strömmen når då I_{max} .



Energiöverföring med induktor

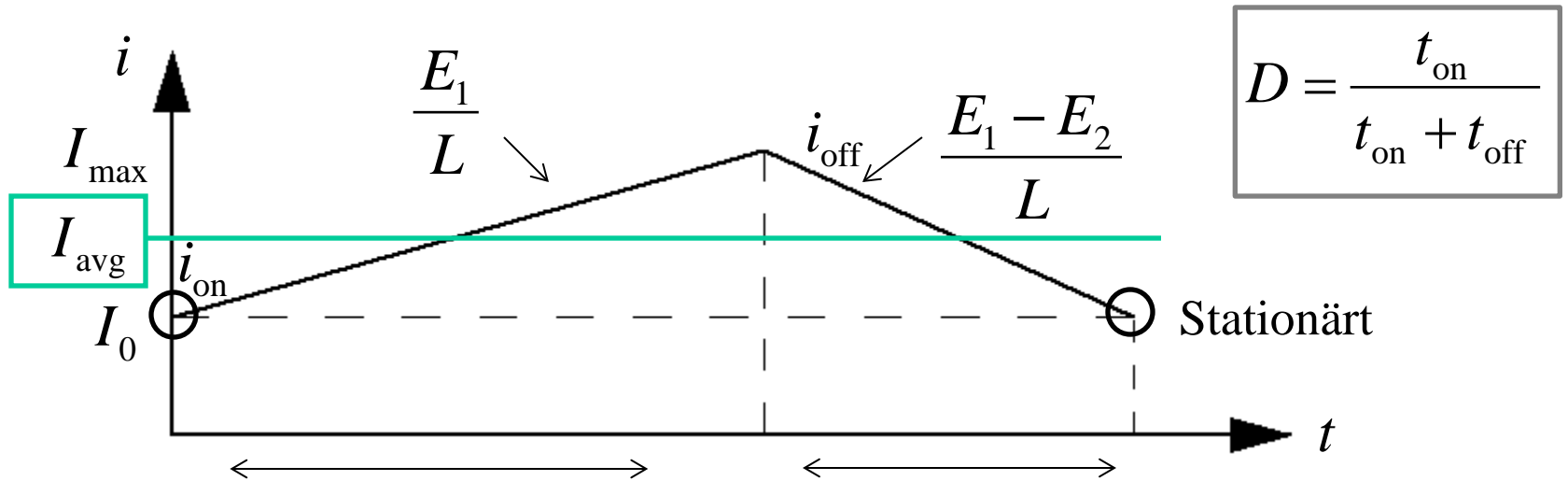


Koppla om induktorn så att L nu fortsätter strömmen genom E_2 . Att $E_2 > E_1$ innebär att strömmen sjunker. Efter t_{off} har strömmen åter nått I_0 .



Tiderna t_{on} , t_{off} är de som ger oss ett stationärt förlopp.

Energiöverföring med induktor



Energin:

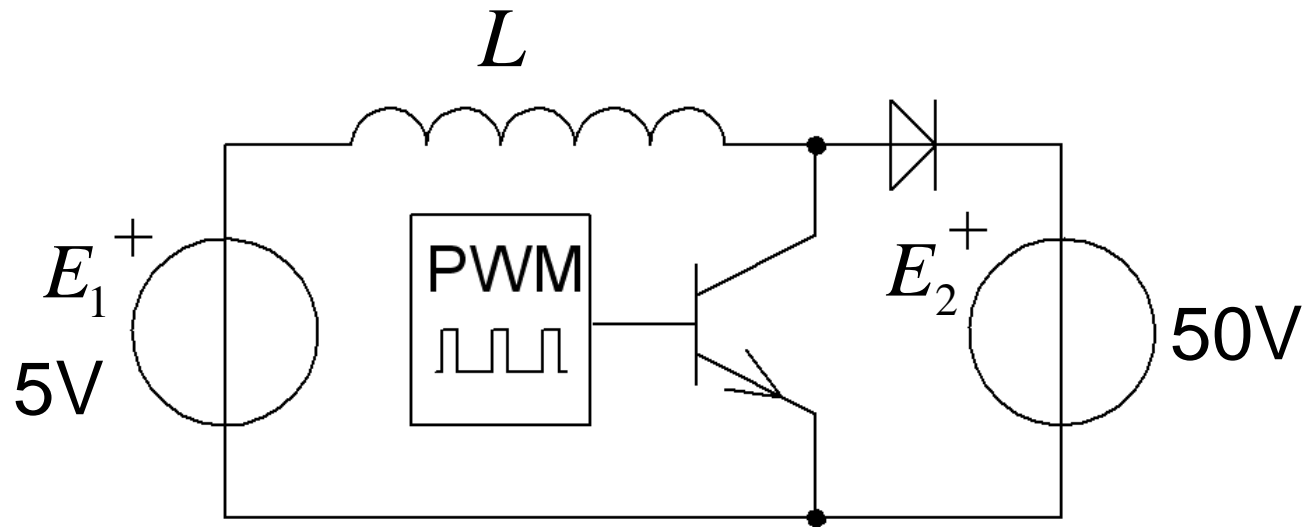
$$W_{\text{on}} = E_1 \cdot I_{\text{avg}} \cdot t_{\text{on}} \quad W_{\text{off}} = (E_1 - E_2) \cdot I_{\text{avg}} \cdot t_{\text{off}}$$

Stationärt

$$W_{\text{on}} + W_{\text{off}} = 0$$

$$\frac{E_2}{E_1} = \frac{t_{\text{on}} + t_{\text{off}}}{t_{\text{off}}} = \dots = \frac{1}{1 - D} \quad E_2 = E_1 \cdot \frac{1}{1 - D}$$

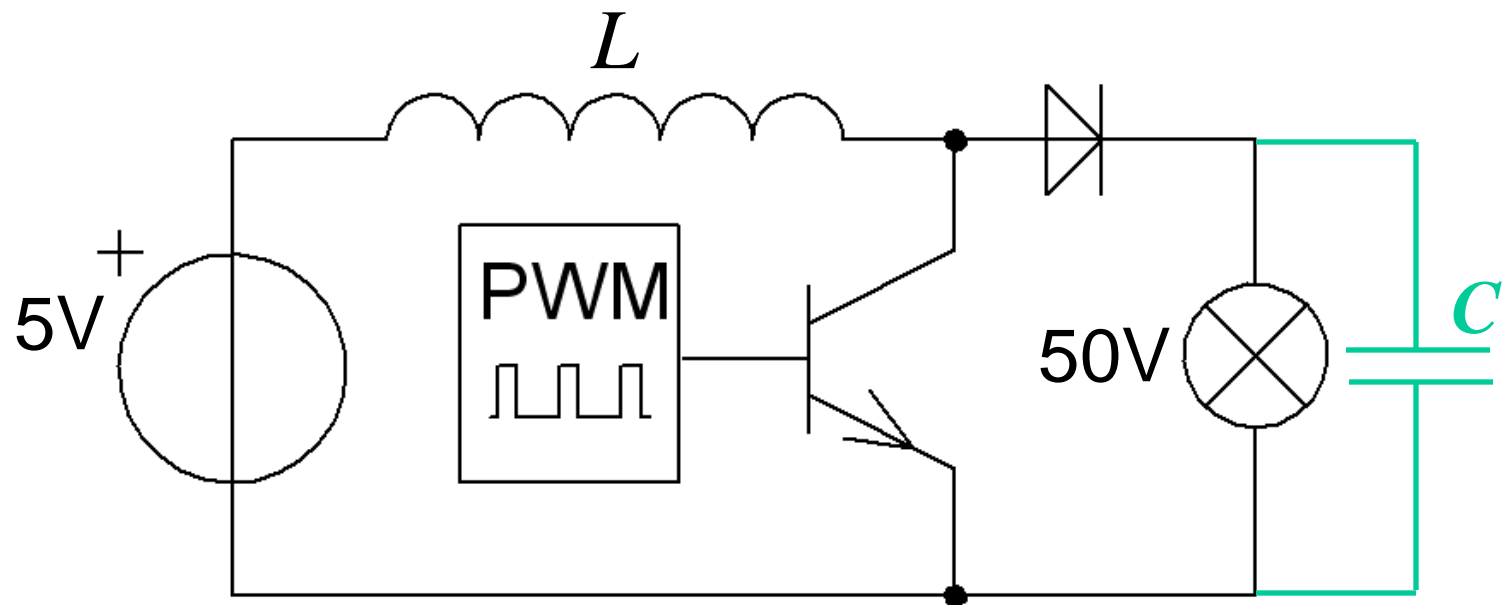
5V → 50V ?



- Duty cycle equation:

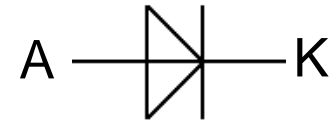
$$E_2 = E_1 \cdot \frac{1}{1-D} \Rightarrow D = 1 - \frac{E_1}{E_2} = 1 - \frac{5}{50} = 90\%$$

Resistiv last?



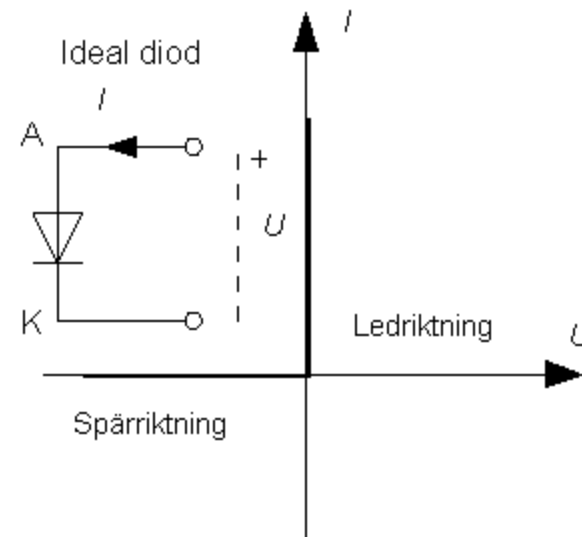
Strömmen till lasten kommer stötvis, bara under t_{off} , så den behöver jämnas ut med en kondensator C .

(Vad är en diod?)



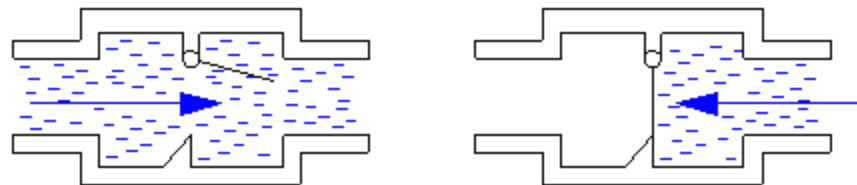
Halvledardiod

Symbol och ventilverkan

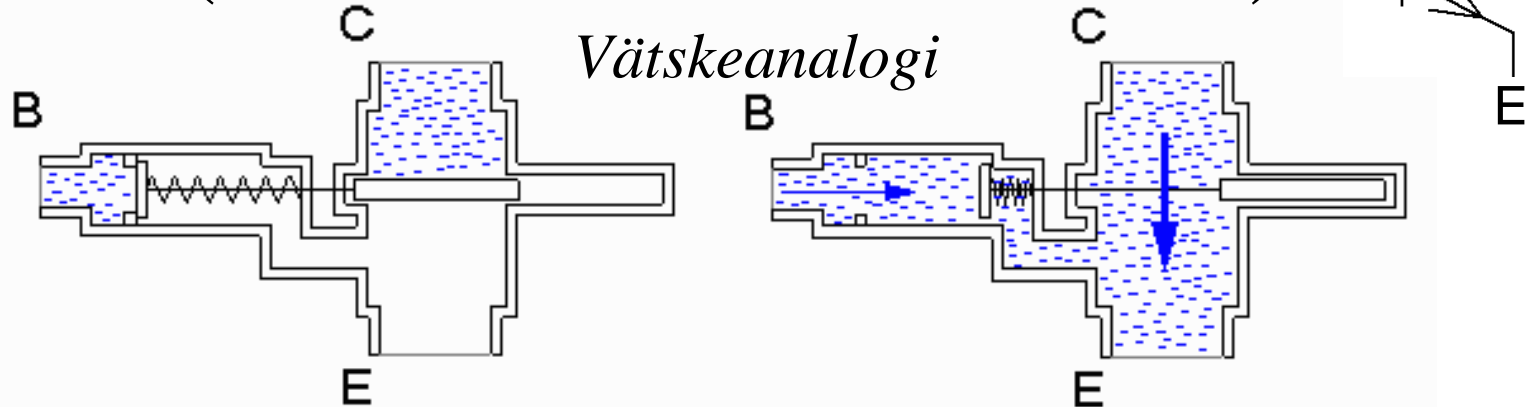


Vätskeanalogi

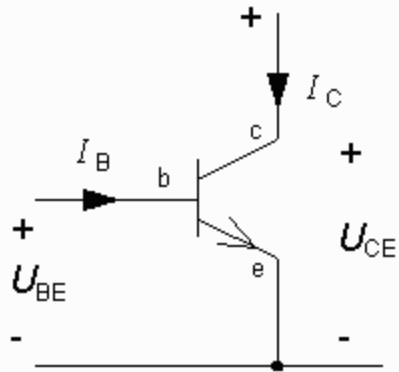
Backventil



(Vad är en transistor?)

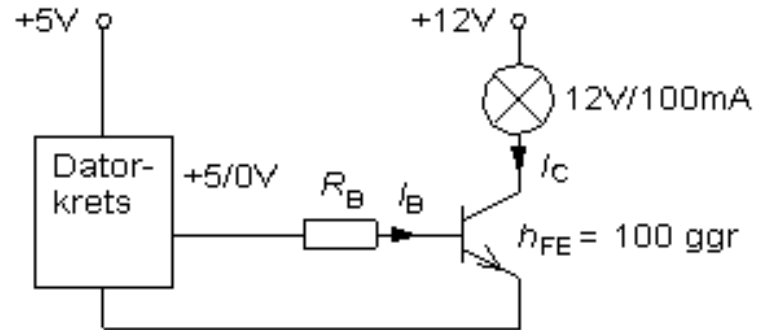


Den klassiska bipolära transistorn, är en föregångare till MOS-transistorn.
 En svag ”basström” I_B kan styra en upp till 100 ggr (h_{FE}) större
 ”kollektorström” I_C .



$$h_{FE} = \frac{I_C}{I_B}$$

$$h_{FE} \approx 100$$



$$I_B > 1 \text{ mA} \Rightarrow I_C = 100 \text{ mA}$$

Praktisk dimensionering?

Det är *Enkelt* att ställa in Step-Up omvandlarens utspänning med DutyCyclen D ! Det kommer vi göra vid laborationen.

I praktiken är det betydligt *svårare*.

En **elektronikingenjör** ställs inför många frågor:

Vid vilken ström ”mätas” spolens järnkärna? Hur stor inre resistans har spolen? Hur stora är belastningens variationer? Vilka värden på L och C och f ska man välja?

Vanligt är att man simulerar kretsen med mer verklighets-trogna komponentmodeller än vad vi använder här.

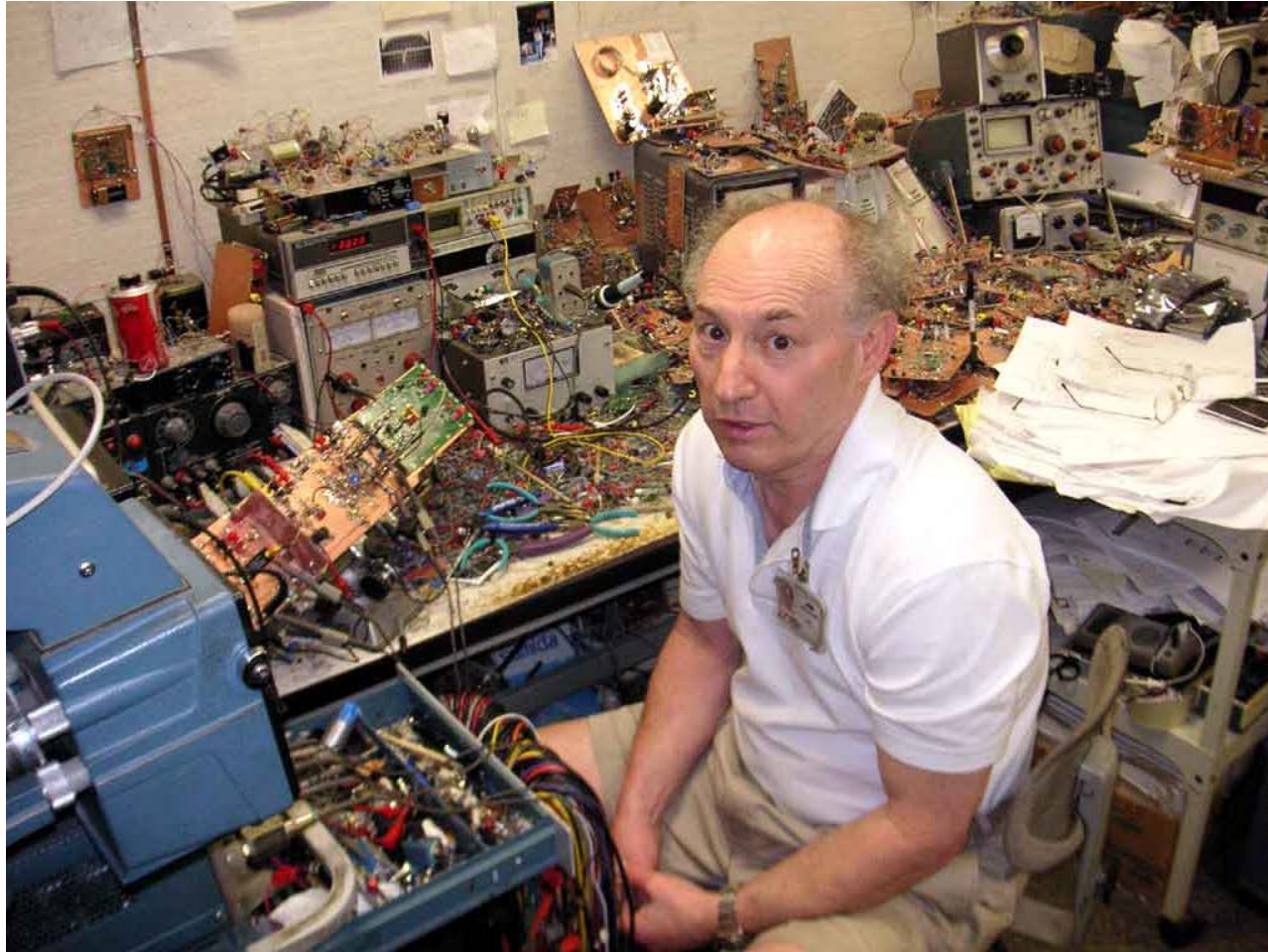
LT:s App note har rubriken ”**Switching Regulators for Poets**”

A problem is that while everyone agrees that working switching regulators are a good thing, everyone also agrees that they are difficult to get working.

Unfortunately, switching regulators are one of the most difficult linear circuits to design. Mysterious modes, sudden, seemingly inexplicable failures, peculiar regulation characteristics and just plain explosions are common occurrences. Diodes conduct the wrong way. Things get hot that shouldn't. Capacitors act like resistors, fuses don't blow and transistors do. The output is at ground, and the ground terminal shows volts of noise. ...

Jim Williams

Jim Williams at lab



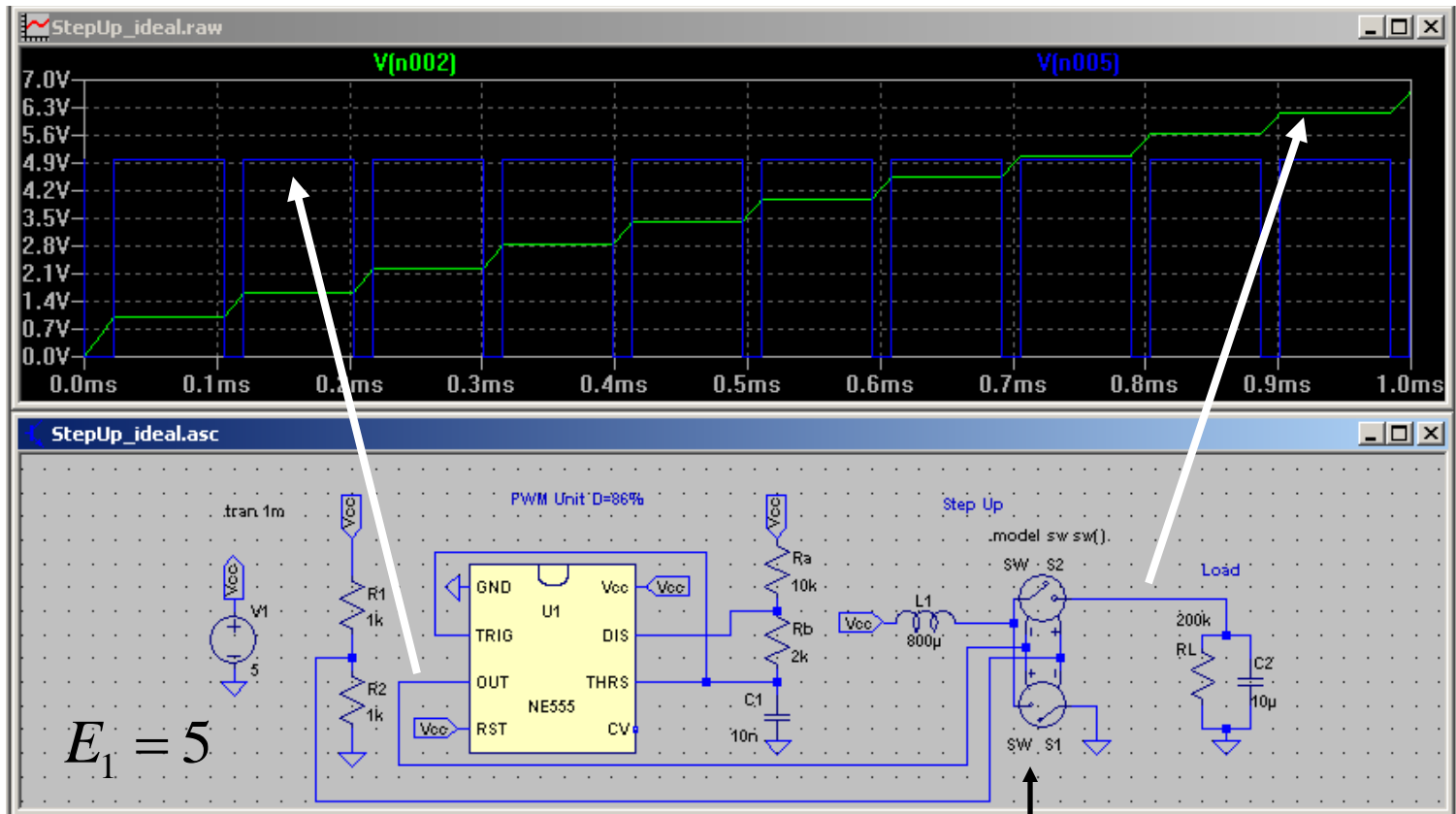
William Sandqvist william@kth.se

Simulering

$$D = 86 \%$$

Start-
förloppet
0...1ms

$$E_1 = 5$$



Spänningen jobbar sig uppåt ...

Simulering med ideal switch

Simulering

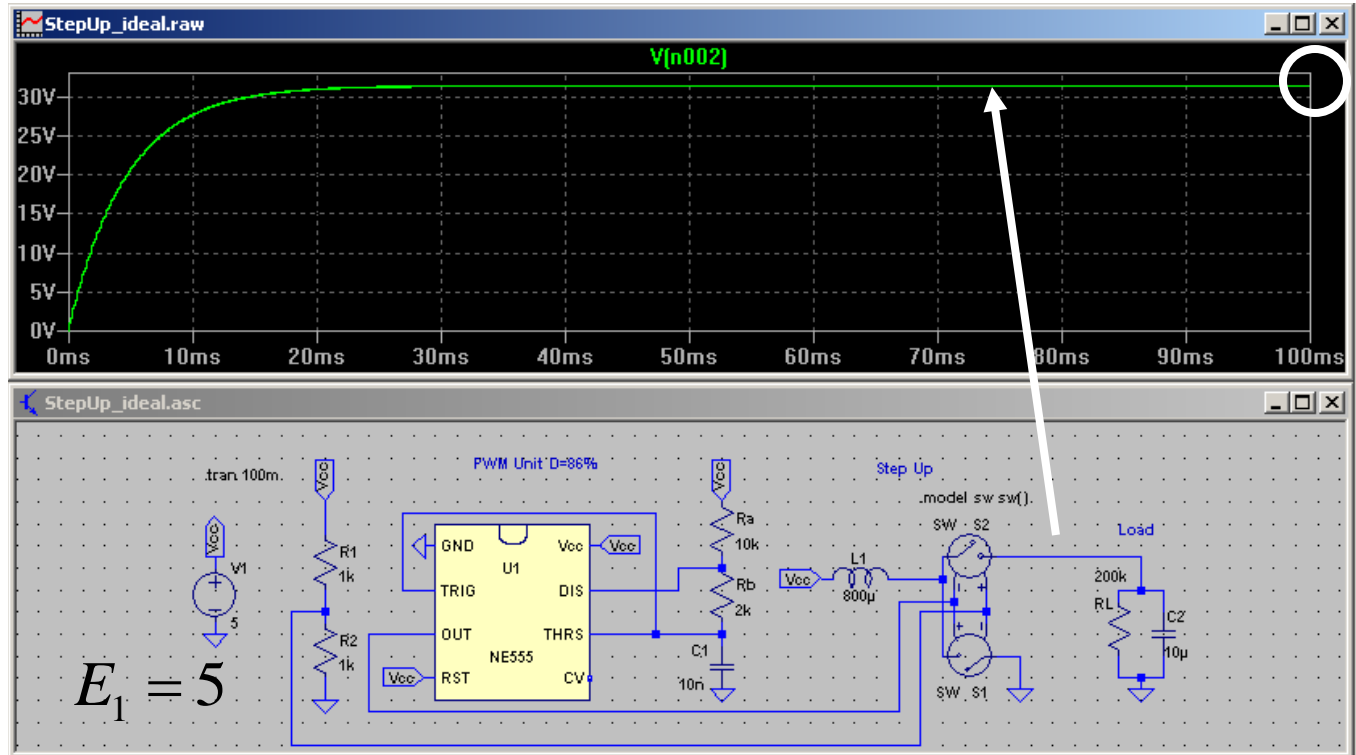
$$E_2 \approx 30$$

Stationärt
förlopp vid
100 ms

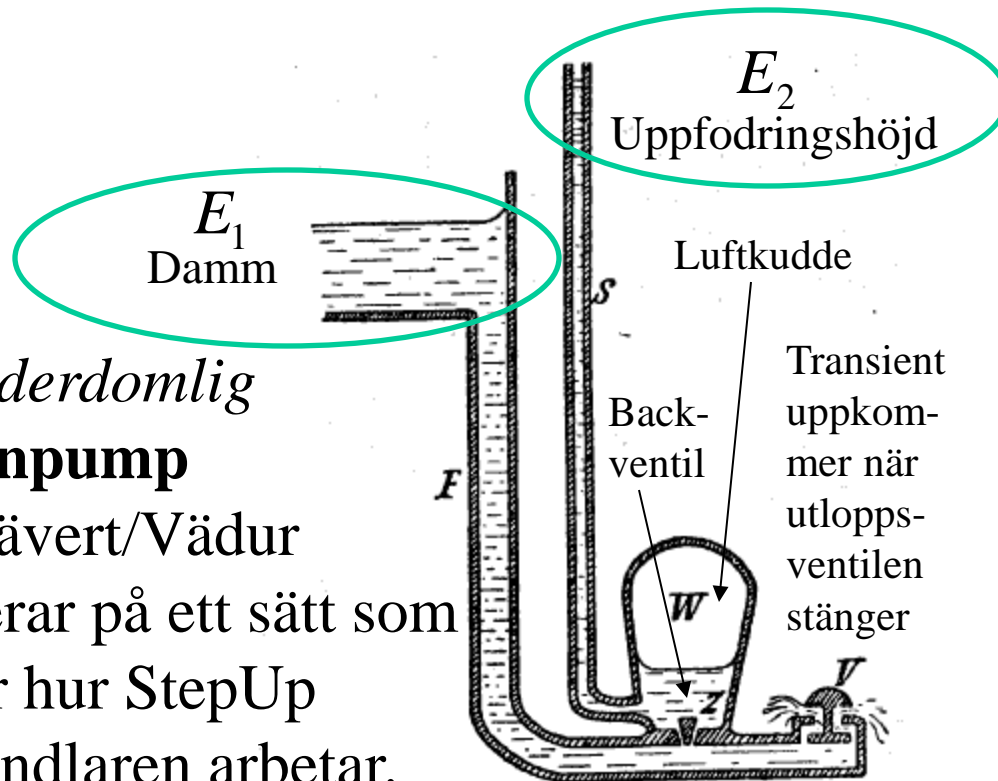
$$E_1 = 5V$$

$$E_2 \approx 30V$$

$$D = 86\%$$



(Stöthäverten – en vätskeanalogi)



En *ålderdomlig*
vattenpump
Stöthävert/Vädur
fungerar på ett sätt som
liknar hur StepUp
omvandlaren arbetar.

Hydraulisk vädur.



Tryckstöten som uppkommer när utloppsventilen stänger, pressar upp vätskan till uppfodringshöjden, som ligger högre än dammen.

William Sandqvist william@kth.se