

ELTEKNIK (LEU 460) LABORATION 4

Förberedelseuppgifter

Läs ordentligt igenom detta PM (speciellt teoridelen på sidan 5-9), sidorna 441-456 i elektronikboken (Molin) samt föreläsningsanteckningar.

- A. Studera funktionsprincipen för en DC/DC omvandlare av typen **step-down** (se figur 15.22 i Molin samt teoridelen i lab-PM). Du ska kunna förklara mekanismen bakom spänningsnivåomvandlingen, känna igen kopplingsschemat, kunna utföra beräkningar ex.vis med/av storheterna pulskvot, strömrippel, spänningsrippel, inspänning, utspänning, induktorström, lastström, samt skissa grafer av relevanta spänningar och strömmar som funktion av tiden.
- B. Gör uppgift 1 på sista sidan i detta PM.
- C. Vad menas med storheterna *Line regulation* och *Load regulation*? I Molins bok betecknas dessa storheter Input regulation respektive Output regulation.
- D. Leta rätt på ett datablad för step-down omvandlaren LM2575 och avläs värden på Line regulation och Load regulation.
- E. Leta rätt på ett datablad för spänningsregulatorn L7805CV och avläs värden på Line regulation och Load regulation. Rita en bild som anger benkonfigurationen och även ett kopplingsschema (inklusive kondensator) för hur den ansluts till en inspänningskälla och en belastning.

Uppgift F nedan är inte nödvändig för själva laborationen, men inför tentan är det bra att behärska även step-up omvandlaren!

- F. Studera funktionsprincipen för en DC/DC omvandlare av typen **step-up** (se figur 15.24 i Molin samt teoridelen i lab-PM). Du ska kunna förklara mekanismen bakom spänningsnivåomvandlingen, känna igen kopplingsschemat, kunna utföra beräkningar ex.vis med/av storheterna pulskvot, strömrippel, spänningsrippel, inspänning, utspänning, induktorström, lastström, samt skissa grafer av relevanta spänningar och strömmar som funktion av tiden. Gör uppgift 2 på sista sidan i detta PM.

Mätningar

Redovisas muntligt till handledaren efter avslutad laboration.

1. Linjärt spänningsaggregat

Använd HP-multimetern till såväl spännings- som strömmätning (båda kan mätas samtidigt). Tryck nu på **OFFSET NULL** på multimetern så att denna nollställs.

Koppla upp kretsen L7805 enligt förberedelseuppgiften. Anslut laborationsplatsens spänningsaggregat som inspanning (10 V) och *använd reostat som last*. Storheten Load Regulation anger hur mycket utspänningen ändras när belastningsströmmen ändras. Studera U_{UT} då belastningsströmmen varieras mellan 50 mA och 500 mA. *Gör korta mätningar då kretsen kan bli varm!*

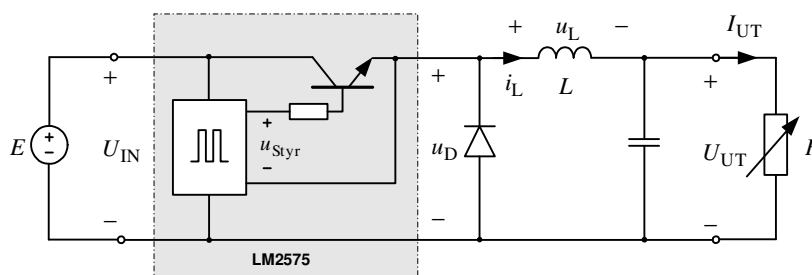
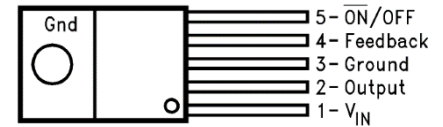
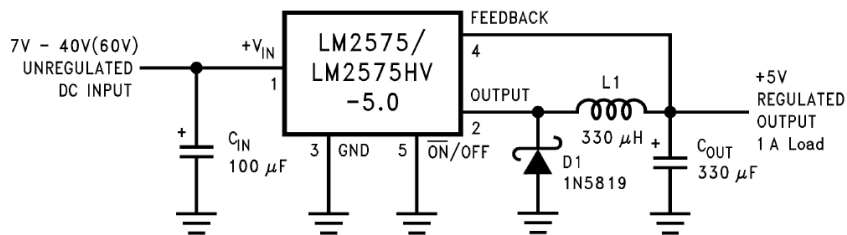
Bestäm **Load Regulation** = _____ mV.

Storheten Line Regulation anger hur mycket utspänningen ändras vid fix belastning när inspanningen varieras. Justera reostaten så att belastningsströmmen är 200 mA: Variera U_{IN} från 8 V till 20 V och bestäm hur mycket U_{UT} varieras!

Bestäm **Line Regulation** = _____ mV.

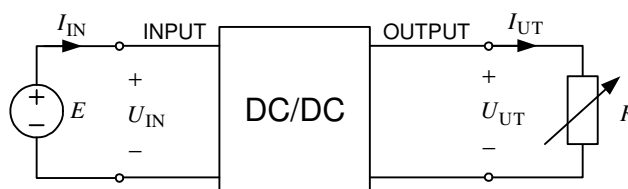
2. En DC/DC-omvandlare av typ Step Down (Buck-converter)

Koppla upp Step-Down-omvandlaren enligt figuren nedan. Notera att elektrolytkondensatorer skall anslutas med korrekt polaritet! Använd reostat som last.



a) Verkningsgrad och Load Regulation.

Ställ in $U_{IN} = 15 \text{ V}$. Gör mätningar enligt tabellen.



$I_{UT}(\text{mA})$	50	100	150	200
$I_{IN}(\text{mA})$				
$U_{UT}(\text{V})$				

Hur mycket sjunker utspänningen när belastningsströmmen ökar från 50 mA till 200 mA?

Load Regulation = _____ mV.

Bestäm verkningsgraden $\eta = P_{UT}/P_{IN}$ vid belastningsströmmen 150 mA

$\eta = \text{_____} \%$

Testa också hur snabbt kretsen reagerar på hastiga variationer i lastresistansen (studera U_{UT}).

Håll dig dock inom rimliga värden på resistansen, så att utströmmen inte blir för hög!

b) Line Regulation

Ställ in $U_{IN} = 15\text{ V}$ och justera reostaten så att $I_{UT} = 100\text{ mA}$.

Minska sedan U_{IN} till 10 V . Hur mycket ändrar sig U_{UT} ?

Line Regulation = _____ mV.

Testa också hur snabbt kretsen reagerar på hastiga variationer i U_{IN} (studera U_{UT}). Tänk dock på att hålla dig inom rimliga värden på inspänningen!

c) Kurvformer

Ställ in $U_{IN} = 15\text{ V}$ och $I_{UT} = 100\text{ mA}$. Avläs in- och utspänning

$U_{IN} = \text{_____ V}$ $U_{UT} = \text{_____ V}$

Studera med hjälp av oscilloskopet spänningen över dioden (se schemat på föregående sida). Ange dess spänningsnivåer i diagrammet nedan.

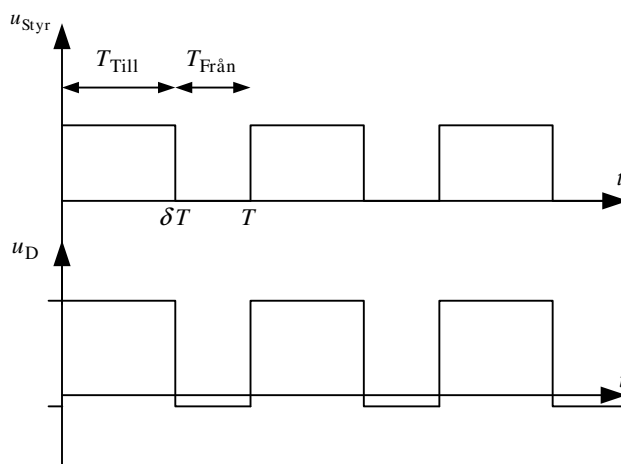
Bestäm switchens frekvens f_{Switch} samt switchningens pulskvot δ .

T_{Till} är den tid transistorn är bottnad. $T_{\text{Från}}$ är den tid transistorn är strypt.

$T_{\text{Till}} = \text{_____ } \mu\text{s}$ $T_{\text{Från}} = \text{_____ } \mu\text{s}$ $\Rightarrow$

$f_{\text{Switch}} = \text{_____ Hz}$

$\delta_{\text{Mätt}} = \text{_____ } \%$



Studera slutligen spänningen U_{UT} med oscilloskop särskilt med avseende på kurvformen. Ser du rippel hos U_{UT} ? Uppskatta nivån. Jämför med formler på sid. 450-451 i Molin.

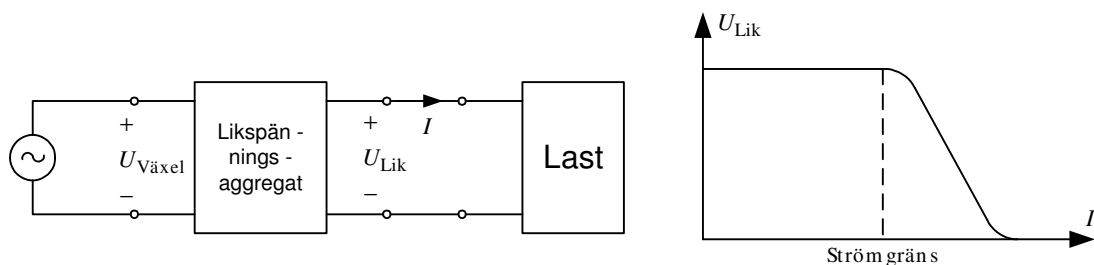
Litet teori (läs även i kap. 15 i Molin)

Spänningsreglering

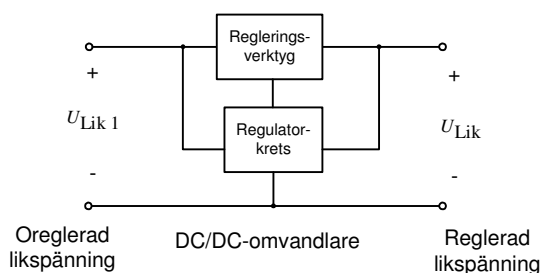
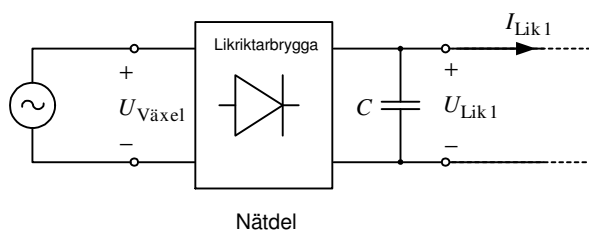
All elektronisk apparatur kräver konstant likspänningsmatning av olika storlek och polaritet.

Detta sker från spänningsregulatorer av olika slag. Med konstant likspänning menas en spänning som är konstant i tiden och som inte beror av belastningsströmmen, åtminstone upp till ett visst värde, **strömgränsen**.

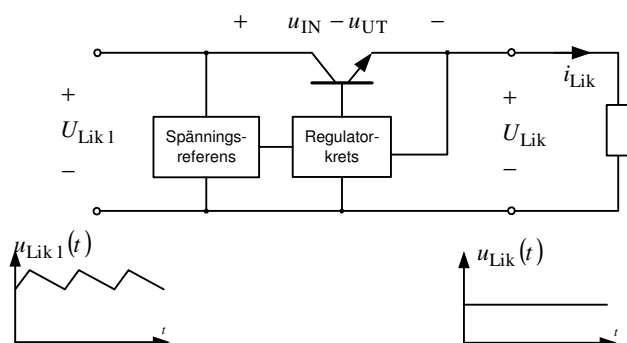
I linjära spänningsaggregat regleras en spänning så att den blir i stort sett konstant och oberoende av belastningsströmmen, åtminstone upp till en viss gräns, **strömgränsen**.



Ett spänningsaggregat innehåller en nätdel och en DC/DC-omvandlare. Dessa delar kan allmänt beskrivas med schemorna nedan.



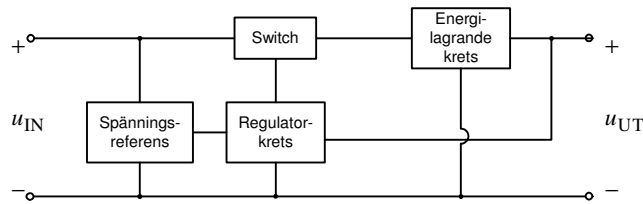
I ett linjärt spänningsaggregat används en transistor som reglerverktyg. Transistorns kollektor-emitterspänning styrs så att utspänningen U_{Lik} blir oberoende av lastströmmen I_{Lik} .



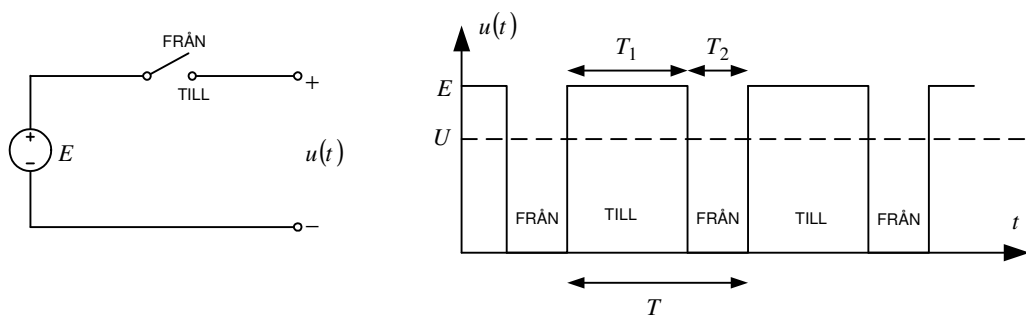
Detta gör att linjära spänningsaggregat får låg verkningsgrad p.g.a. förlusterna $P_T = (U_{Lik1} - U_{Lik}) \cdot I_{Lik}$ i transistorn.

Switchande DC/DC-omvandlare

I DC/DC-omvandlare omvandlas en likspänning till en annan likspänning, större eller mindre via en fyrkantsvåg som filteras med de energilagrande komponenterna spole och kondensator. Utspanningen blir då i det närmaste konstant.



Pulskvot är ett begrepp som återkommer vid beskrivning av switchande omvandlare. Den anger hur stor del av fyrkantsvågens period som switchen är tillslagen.

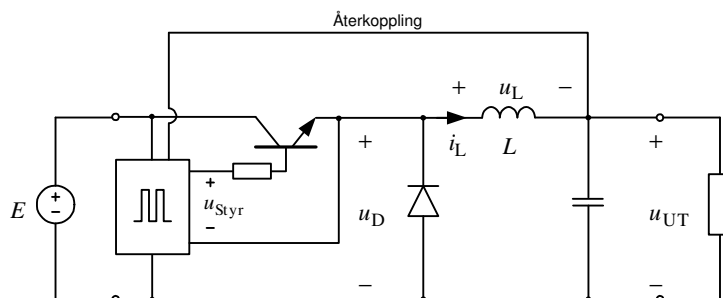


$$U = \frac{T_1}{T_1 + T_2} \cdot E = \delta \cdot E, \text{ där } \delta \text{ är pulskvoten hos } u(t).$$

I DC/DC-omvandlare realiseras switchen med en transistor. Pulskvoten anger då hur stor del av perioden som transistorn är bottenad.

En Step-Down-omvandlare (Buck-omvandlare)

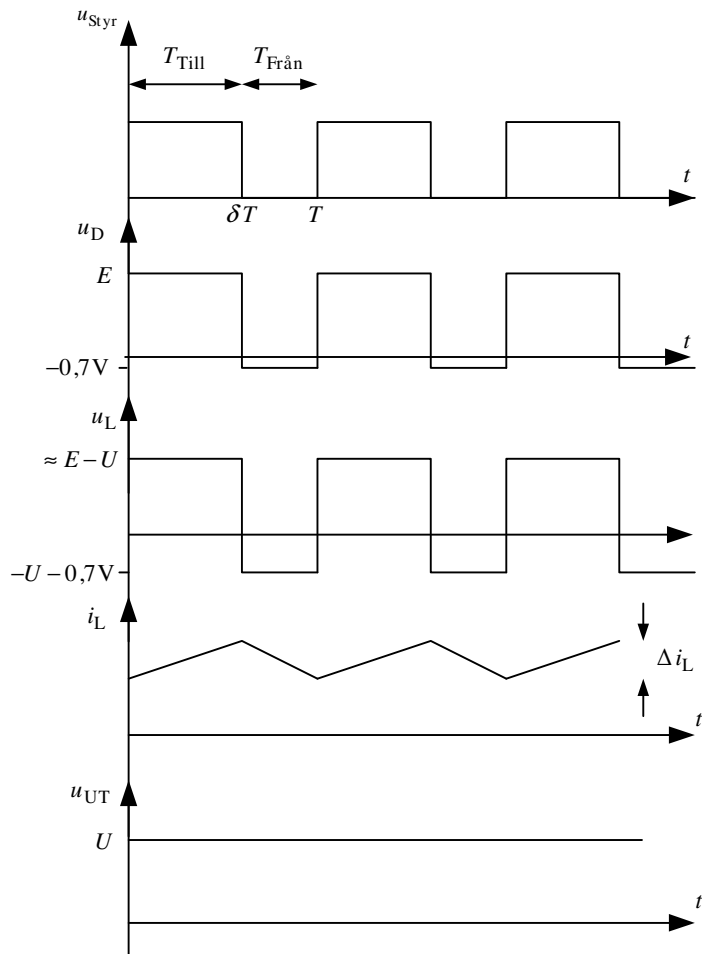
Det principiella schemat för en buck-omvandlare visas nedan. Transistorswitchen styrs så att utspänningen hålls konstant oberoende av lastströmmen.



När transistorn är bottenad (T_{TILL}) är spänningskällan på ingången kopplad till spolen varvid denna "laddas upp" med energi i sitt magnetfält. Dessutom laddas kondensatorn och lasten får ström direkt från energikällan.

När transistorn stryps ($T_{FRÅN}$), gör spolens strömtröghet (inducerad spänning) att strömmen fortsätter att drivas, denna gång genom dioden, strömmen avtar under detta intervall. Spolen och kondensatorn försörjer tillsammans lasten med energi.

Se kurvformer på nästa sida.



Hur beror utspänningen av pulskvoten?

Betrakta hur spolen upptar och avger energi under T_{TILL} respektive $T_{\text{FRÅN}}$:

$$W_{\text{upptagen}} = (E - U) \cdot i_{L,\text{medel}} \cdot \delta T \quad W_{\text{avgiven}} \approx U \cdot i_{L,\text{medel}} \cdot (T - \delta T)$$

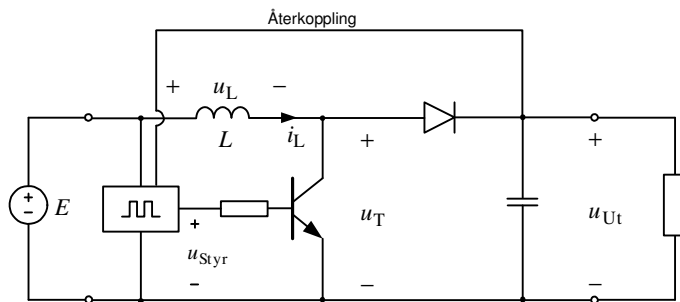
$i_{L,\text{medel}}$ är medelvärde av strömmen genom induktorn.

$$W_{\text{upptagen}} = W_{\text{avgiven}} \Rightarrow (E - U) \cdot \delta = U \cdot (1 - \delta) \Rightarrow U = \delta \cdot E$$

I ovanstående betraktelse har vi bortsett från diodens spänningsfall.

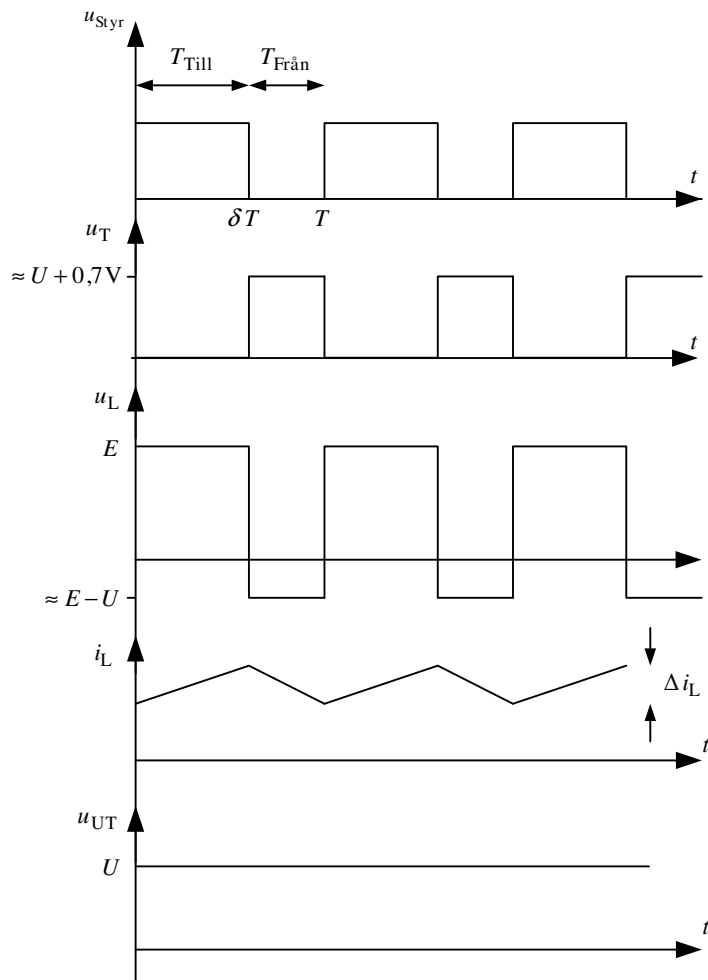
En Step-Up-omvandlare (Boost-omvandlare)

En Boost-omvandlare fungerar principiellt enligt nedanstående schema. Utspänningen regleras så att den blir oberoende av strömmen.



När transistorn är bottenad (T_{TILL}) är spolen kopplad till "jord" varvid den "laddas upp" med energi i sitt magnetfält. I detta tidsintervall försörjs lasten med energi av kondensatorn. Spolens ström ökar.

När transistorn stryps ($T_{\text{FRÅN}}$), gör spolens strömtröghet (inducerad spänning) att strömmen fortsätter att drivas, denna gång genom spänningskällan, dioden och lasten. Kondensatorn laddas av strömmen från spolen. Spolens ström minskar. Se kurvformer nedan.



Uspänningens beroende av pulskvoten kan även här bestämmas genom att studera spolens upptagna och avgivna energi.

$$W_{\text{upptagen}} = E \cdot i_{L,\text{medel}} \cdot \delta T \quad W_{\text{avgiven}} \approx (U - E) \cdot i_{L,\text{medel}} \cdot (T - \delta T)$$

$i_{L,\text{medel}}$ är medelvärdet av strömmen genom induktorn.

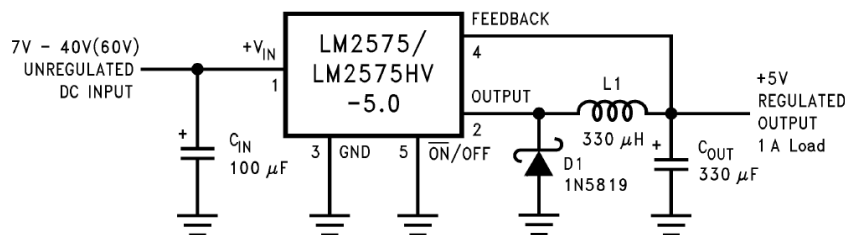
$$W_{\text{upptagen}} = W_{\text{avgiven}} \Rightarrow E \cdot \delta = (U - E) \cdot (1 - \delta) \Rightarrow U = \frac{E}{1 - \delta}$$

Även här har vi bortsett från diodens spänningsfall.

Uppgifter

1. Betrakta DC/DC-omvandlaren LM2575. Låt inspänningen vara 15 V och utspänningen 5 V samt lastströmmen 200 mA. Sätt switchfrekvensen till 50 kHz. Bestäm pulskvoten δ och strömriplet Δi_L . Skissera grafer av spänningen över och strömmen genom induktorn.

För Step-down omvandlaren är medelvärdet av strömmen genom induktorn $i_{L,\text{medel}} = I_{\text{last}}$.



2. Betrakta DC/DC-omvandlaren LM2577. Låt inspänningen vara 5 V och utspänningen 12 V samt lastströmmen 200 mA. Sätt switchfrekvensen till 50 kHz. Bestäm pulskvoten δ och strömriplet Δi_L . Skissera grafer av spänningen över och strömmen genom induktorn.

För Step-up omvandlaren är medelvärdet av strömmen genom induktorn $i_{L,\text{medel}} = I_{\text{last}} \cdot \frac{U_{\text{UT}}}{U_{\text{IN}}}$.

