

Proiect Surse de Alimentare

Student:

Ilisei Vasilica-Adina

Grupa: 2142/1

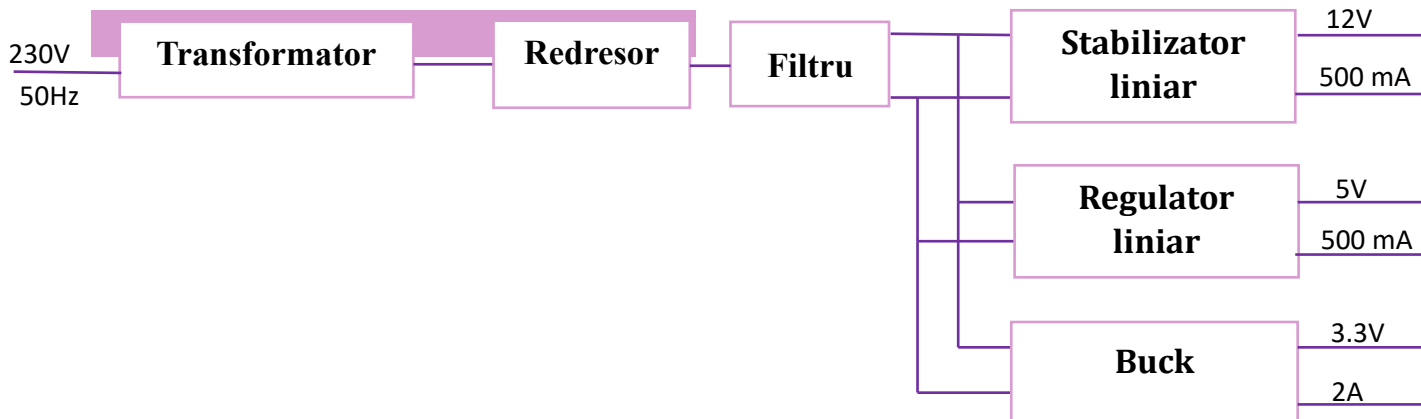
Contents

1. Cerință:	3
2. Schemă bloc:	3
3. Dimensionarea transformatorului și a redresorului:	4
3.1. Calculul puterilor de intrare și de ieșire:	4
3.2. Dimensionarea transformatorului:	5
3.3. Alegerea diodelor pentru redresor:	6
3.4. Alegerea condensatorului pentru filtru:	6
3.5. Schemă electrică:	7
3.6. Simulări transformator + redresor:	7
4. Stabilizatorul liniar	8
4.1. Alegerea diodei Zener:	8
4.2. Calculul rezistenței de sarcină:	9
4.3. Alegerea tranzistorului:	9
4.4. Schemă electrică:	9
4.5. Factorul de stabilizare:	10
4.6. Rezistența R_o :	10
4.7. Simulări:	11
5. Regulator liniar integrat	12
5.2. Schemă electrică:	12
5.3. Factorul de stabilizare:	13
5.3. Rezistența R_o :	14
5.4. Simulări:	14
6. Convertorul Buck:	16
6.1. Alegerea bobinei:	16
6.2. Alegerea condensatorului:	17
6.3. Alegerea tranzistorului:	17
6.4. Alegerea diodei:	18
6.5. Schemă electrică:	18
6.6. Conducție neîntreruptă:	19
6.6. Simulări:	19
7. Realizarea buclei de control	20

1. Cerință:

Proiectarea unei surse de tensiune care să îndeplinească cerințele date.

2. Schemă bloc:



Transformatorul are rolul de a separa de rețea aparatul electronic alimentat de sursa de tensiune continuă. În același timp, transformatorul modifică tensiunea rețelei la valoarea necesară pentru a obține o anumită tensiune continuă.

Redresorul este un circuit care conține cel puțin un element neliniar capabil să transforme tensiunea alternativă într-o formă de undă cu componenta continuă diferită de 0. Pe lângă componenta continuă, la ieșirea redresorului se obține și o componentă variabilă numită undulație.

Filtrul are rolul de a atenua undulațiile tensiunii redresate.

Stabilizatorul are rolul de a face ca tensiunea la ieșirea sursei stabilizate să fie independentă de acești factori și să se apropie cât mai mult de o tensiune continuă.

3. Dimensionarea transformatorului și a redresorului:

Voi începe prin alegerea tensiunii de la instarea stabilizatorului liniar pentru a obține un randament mai bun.

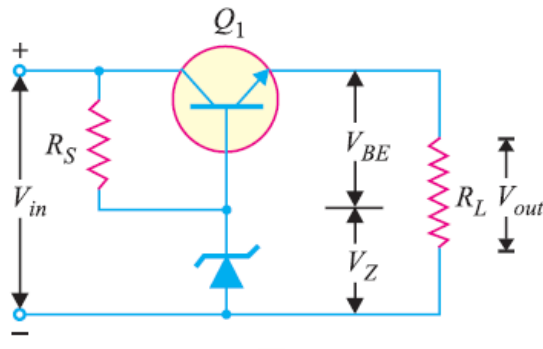


Figura 1. Stabilizator liniar

În această privință voi ține cont de următoarea relație: $V_{in} \geq V_{out} + V_{CESat}$. Așadar, având în vedere că vom avea o cădere de tensiune de 0.6V, așadar voi alege tensiunea de intrare a stabilizatorului 13V.

Randamentul rezultat în urma alegerii tensiunii de intrare a stabilizatorului este:

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} * 100\% = \frac{V_{out} * I_{out}}{V_{in} * I_{in}} * 100\%$$

$$(I_{out} \cong I_{in}) \Rightarrow \eta = \frac{V_{out}}{V_{in}} * 100\% = \frac{12V}{13V} * 100\% = 92\%$$

3.1. Calculul puterilor de intrare și de ieșire:

1. *Stabilizator liniar:*

$$P_{outS} = 12V * 500mA = 6W$$

$$P_{inS} = \frac{6W}{0,92} = 6.52W$$

2. *Regulator liniar:*

$$P_{outR} = 5V * 500mA = 2.5W$$

$$P_{inR} = \frac{2.5W}{0,4} = 6.25W$$

3. *Buck:*

$$P_{outB} = 3.3V * 2A = 6.6W$$

$$P_{inB} = \frac{6.6W}{0,9} = 7.33W$$

Puterea totală:

$$P_{\text{tot}} = P_{\text{inS}} + P_{\text{inR}} + P_{\text{inB}} = 6.52\text{W} + 6.25\text{W} + 7.33\text{W} = 20.08\text{W}$$

Tensiunea de la ieșirea redresorului va fi egală cu:

$$U_s = U_{\text{inStabilizator}} = 13\text{V}$$

Curentul de la ieșirea redresorului va fi egal cu:

$$P_{\text{tot}} = U_s \cdot I_s \Rightarrow I_s = \frac{P_{\text{tot}}}{U_s} = \frac{20.08\text{W}}{13\text{V}} = 1.54\text{A}$$

Rezistența de sarcină:

$$R_s = \frac{U_s}{I_s} = 8,4\Omega$$

Având în vedere că în cazul redresorului în punte vom avea o cădere de tensiune de 0.7V pentru fiecare diodă care conduce, atunci **tensiunea de la intrarea redresorului** se va calcula astfel:

$$U_{\text{inRedresor}} = 13\text{V} + 2 \cdot 0.7\text{V} = 13\text{V} + 1.4\text{V} = 14.4\text{V} \cong 15\text{V}.$$

Așadar, ținând cont de calculele făcute voi alege un transformator care să aibă la ieșire tensiunea de 15V.

Tensiunea din primarul transformatorului:

$$U_1 = 230\text{V} \cdot \sqrt{2} = 325\text{V} \text{ (230V reprezintă tensiunea de la rețea)}$$

Tensiunea din secundarul transformatorului:

$$U_2 = U_{\text{inRedresor}} = 15\text{V}$$

3.2. Dimensionarea transformatorului:

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{U_1}{U_2} = \frac{325\text{V}}{15\text{V}} = 21.6$$

$$\frac{L_1}{L_2} = \frac{n_1^2}{n_2^2} = 466.56 \cong 467$$

În acest caz voi alege:

$$L_1 = 467\mu\text{H}$$

$$L_2 = 1\mu\text{H}$$

$$U_2 = \frac{15}{\sqrt{2}} = 10.63\text{V} \text{ și curentul } I = 1,54\text{A}$$

Voi alege un transformator care va avea tensiunea și curentul din secundar de valori cât de cât apropiate de cele calculate mai sus.

Tensiune primară 230V AC

Tensiune secundară 1 12V

Curent în înfășurare secundară 1 1.5A

3.3. Alegerea diodelor pentru redresor:

Pentru a alege diodele potrivite proiectului, trebuie să ținem cont de următorii parametrii:

$$\text{Curentul mediu: } I_{Dmed} = \frac{I_s}{2} = \frac{1.54A}{2} = 0.77A$$

Tensiunea inversă maximă pe diodă (care se atinge în momentul în care dioda nu conduce):

$$U_{Dmax} \cong U_2 = 15V$$

Așadar, am ales dioda 1N4001 deoarece îndeplinește aceste condiții.

<https://www.tme.eu/ro/details/1n4001-cdi/diode-universale-tht/cdi/1n4001/>

MAXIMUM RATINGS (T _A = 25 °C unless otherwise noted)									
PARAMETER	SYMBOL	1N4001	1N4002	1N4003	1N4004	1N4005	1N4006	1N4007	UNIT
Maximum repetitive peak reverse voltage	V _{RRM}	50	100	200	400	600	800	1000	V
Maximum average forward rectified current 0.375" (9.5 mm) lead length at T _A = 75 °C	I _{F(AV)}	1.0							A

3.4. Alegerea condensatorului pentru filtru:

Pentru calcularea valorii condensatorului am utilizat următoarea formulă:

$$\gamma = \frac{\pi}{2 \cdot \omega \cdot R_S \cdot C} \Rightarrow C = \frac{\pi}{2 \cdot \omega \cdot R_S \cdot \gamma} \text{ (unde } \gamma \text{ reprezintă riplul)}$$

În continuare voi alege un riplu de 5%, așadar condensatorul se va calcula astfel:

$$C = \frac{3.14}{2 \cdot 314 \cdot 9.1 \cdot 0.05} \cong 0.0119F$$

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot f = 2 \cdot 3.14 \cdot 50Hz = 314 \text{ rad/s}$$

$$\text{unde } f = 50Hz$$

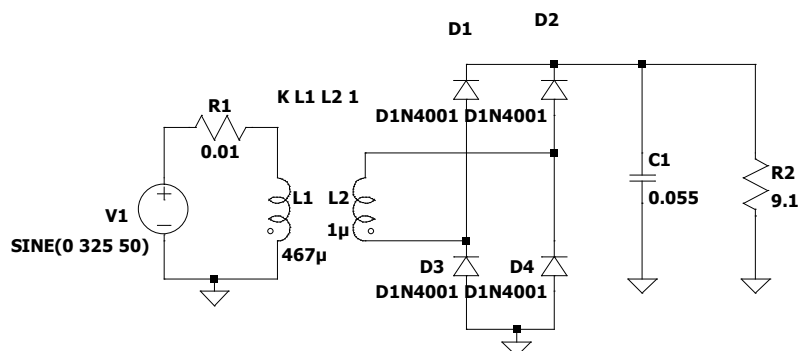
<https://www.tme.eu/ro/details/uby1e123mhl/condensatoare-electrolitice-tht/nichicon/>

Capacitanță 12mF

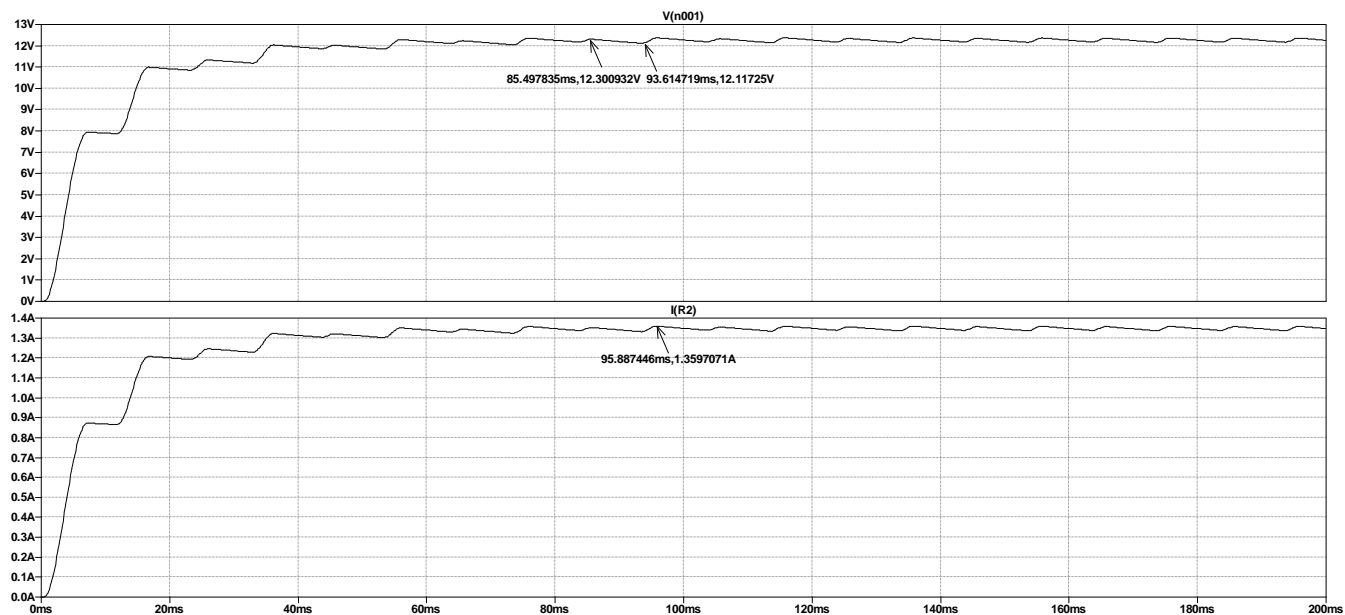
Tensiune de lucru 25V DC

3.5. Schemă electrică:

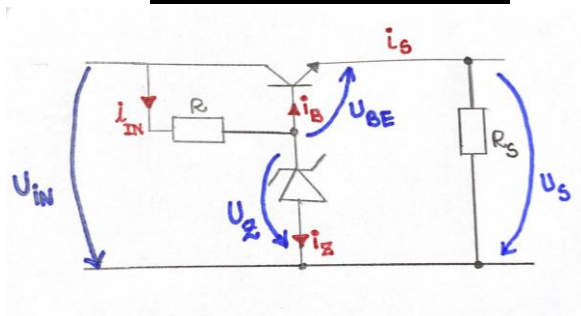
.model D1N4001 D(Is=14.11n N=1.984 Rs=33.89m Ikf=94.81 Xti=3 Eg=1.11 Cjo=25.89p M=.44 Vj=.3245 Fc=.5 Bv=75 Ibv=10u Tt=5.7u)
.tran 200m



3.6. Simulări transformator + redresor:



4. Stabilizatorul liniar



Constrângeri:

$$S_{UI} = 100$$

$$R_{o\max} = 0.3\Omega$$

Verificare $R_{o\max}$:

$$R_o = \frac{U_T}{I_S}$$

$$U_T \cong 26 \text{ mV} \left(U_T = \frac{K \cdot T}{q} \right)$$

$$I_S = 500 \text{ mA}$$

$$R_o = \frac{26 \text{ mV}}{500 \text{ mA}} = 0.05\Omega < R_{o\max} = 0.3\Omega$$

$$S_{UI} = \frac{\Delta U_i}{\Delta U_s} = \frac{R}{R_Z}, \text{ unde } R_Z = \text{rezistența diodei Zener}$$

4.1. Alegerea diodei Zener:

$$U_Z = U_s + U_{BE} = 12\text{V} + 0.6\text{V} = 12.6\text{V}$$

Așadar, voi alege o diodă Zener care să aibă o tensiune $U_Z = 13\text{V}$.

● Electrical Characteristic ($T_a = 25^\circ\text{C}$)

P/N	Symbol						
	Zener Voltage: $V_Z(\text{V})$			Dynamic Impedance: $Z_Z(\Omega)$		Reverse Current: $I_R(\mu\text{A})$	
	MIN.	MAX.	$I_Z(\text{mA})$	MAX.	$I_Z(\text{mA})$	MAX.	$V_R(\text{V})$
TFZ 13B	12.550	13.210	10	14	10	0.2	10

<https://www.rohm.com/products/diodes/zener-diodes/standard/tfz13b-product>

4.2. Calculul rezistenței de sarcină:

$$R_S = \frac{U_S}{I_S} = \frac{12V}{500mA} = 24\Omega$$

4.3. Alegerea tranzistorului:

Pentru a alege tranzistorul voi ține cont de următoarele relații:

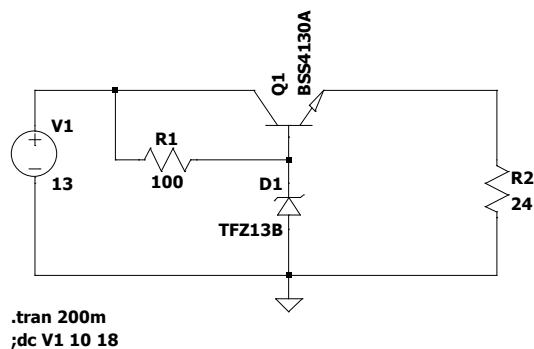
- $V_{CEmax} \geq 2 \cdot U_S \Rightarrow V_{CEmax} \geq 2 \cdot 12V = 24V$
- $I_{cmax} \geq 2 \cdot I_O \Rightarrow I_{cmax} \geq 2 \cdot 500mA = 1A$

BSS4130A

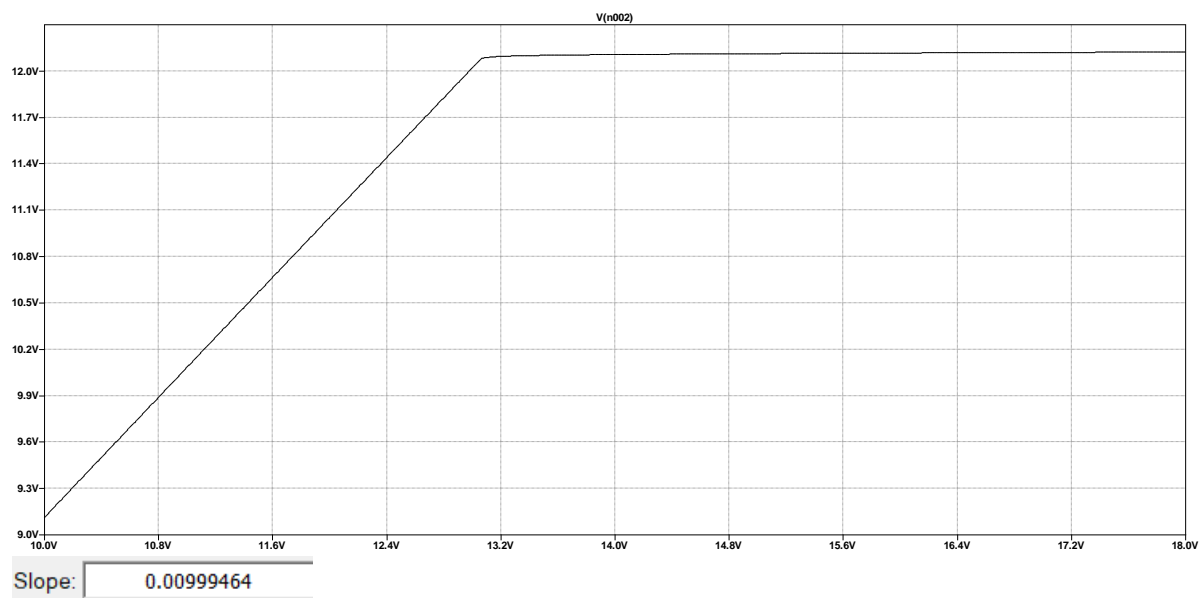
Parameter	Value
V_{CEO}	30V
I_C	1A

$$S_{UI} = \frac{\Delta U_i}{\Delta U_s} = \frac{R}{R_Z} \Rightarrow R = S_{UI} \cdot R_Z = 100 \cdot R_Z$$

4.4. Schemă electrică:

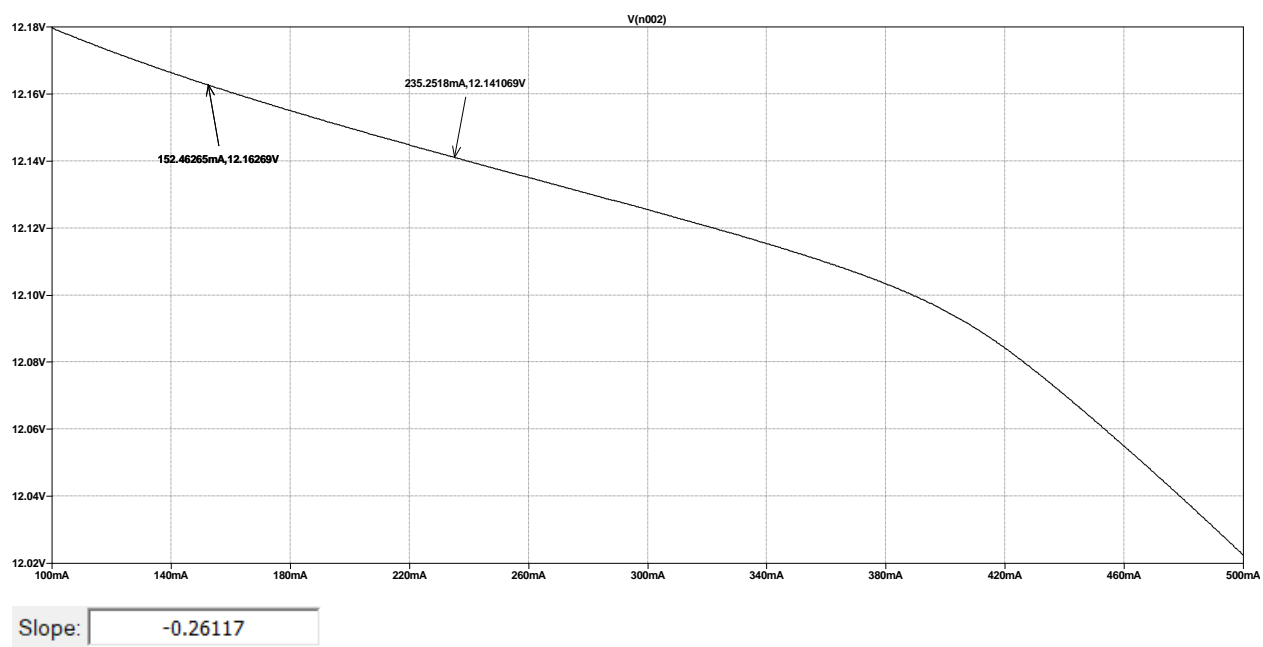


4.5. Factorul de stabilizare:



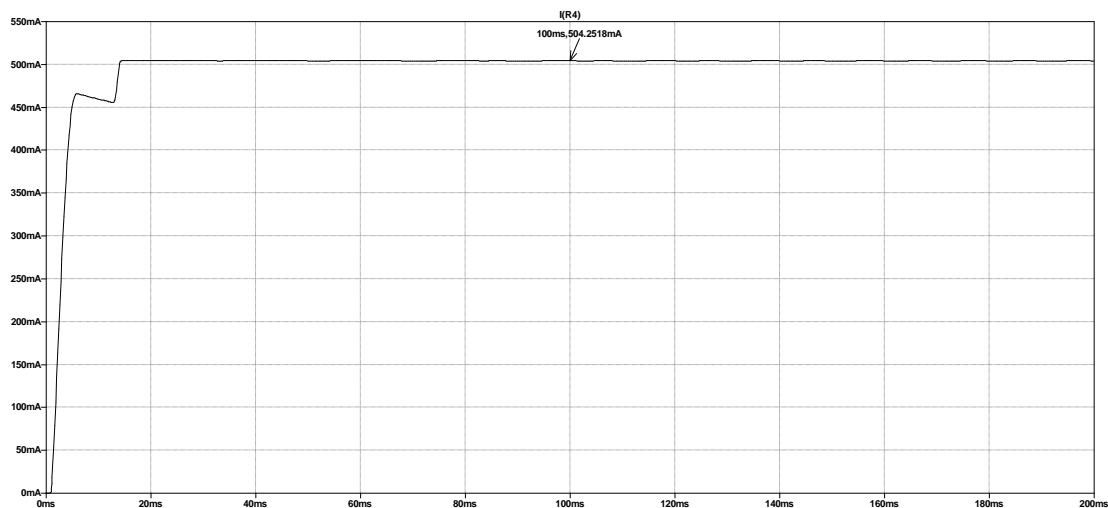
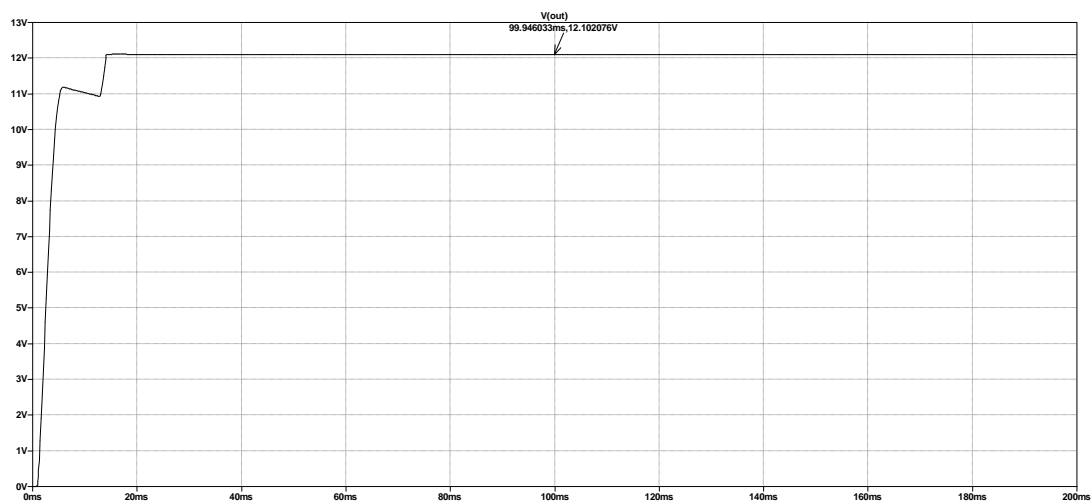
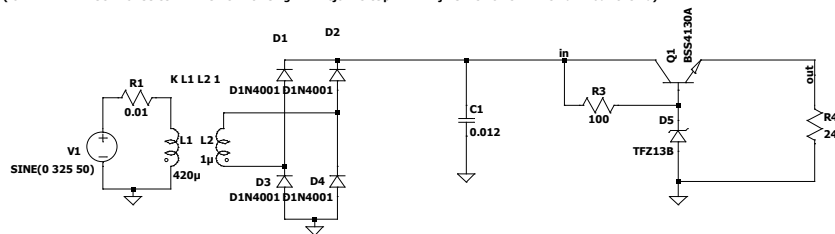
$$S_{UI} = \frac{1}{0.00999464} = 100.05$$

4.6. Rezistența R_o:

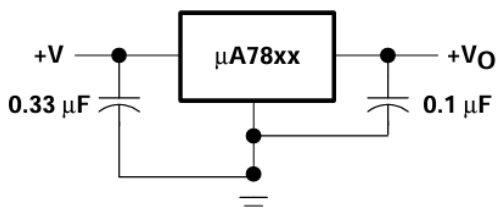


4.7. Simulări:

.model D1N4001 D(Is=14.11n N=1.984 Rs=33.89m Ikf=94.81 Xti=3 Eg=1.11 Cjo=25.89p M=.44 Vj=.3245 Fc=.5 Bv=75 Ibv=10u Tt=5.7u)
.tran 200m



5. Regulator liniar integrat



Valori date:

$$V_{out} = 5V$$

$$I_{out} = 500mA$$

$$P_{outR} = 5V \cdot 500mA = 2.5W$$

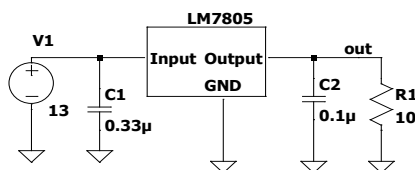
$$P_{inR} = \frac{2.5W}{0.4} = 6.25W$$

Pentru a obține la ieșire tensiunea de 5V am ales regulatorul LM7805.

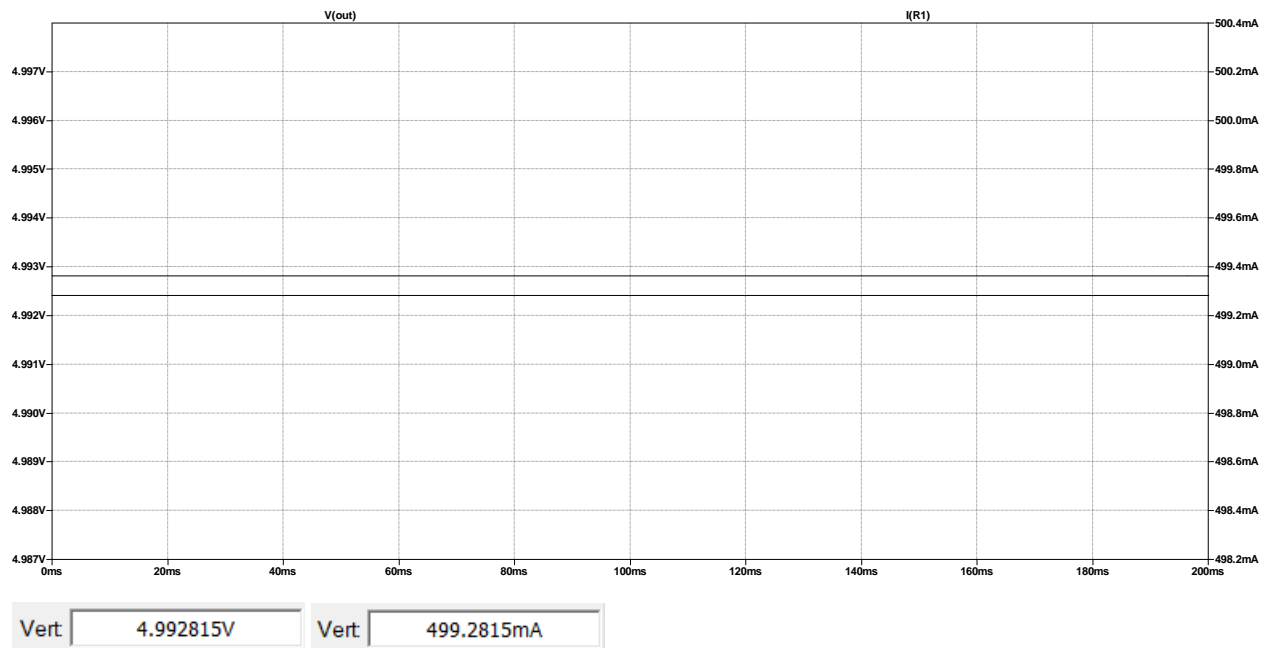
		MIN	MAX	UNIT
V_I Input voltage	$\mu A7805C$	7	25	V
	$\mu A7808C$	10.5	25	
	$\mu A7810C$	12.5	28	
	$\mu A7812C$	14.5	30	
	$\mu A7815C$	17.5	30	
	$\mu A7824C$	27	38	
I_O Output current			1.5	A

5.2. Schemă electrică:

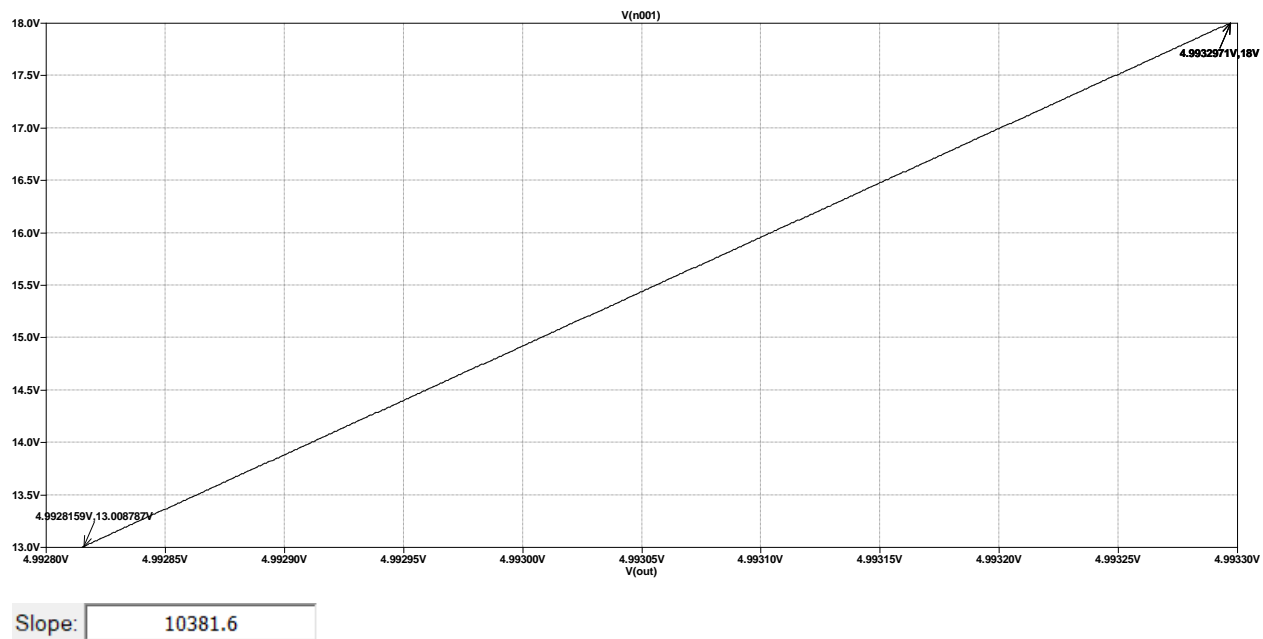
.lib "78xx.txt"
 .lib "7805.txt"
 .dc V1 13 18
 .tran 200m



$$R_1 = \frac{V_{out}}{I_{out}} = \frac{5V}{500mA} = 10\Omega$$

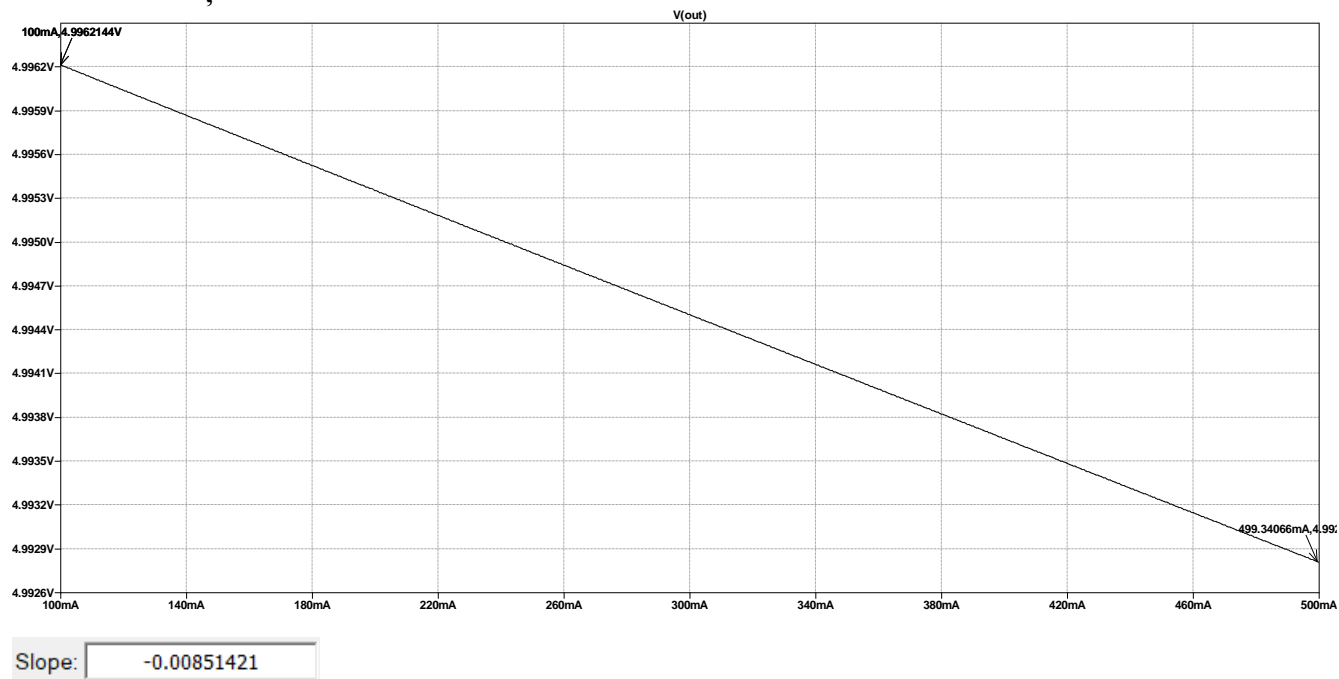


5.3. Factorul de stabilizare:



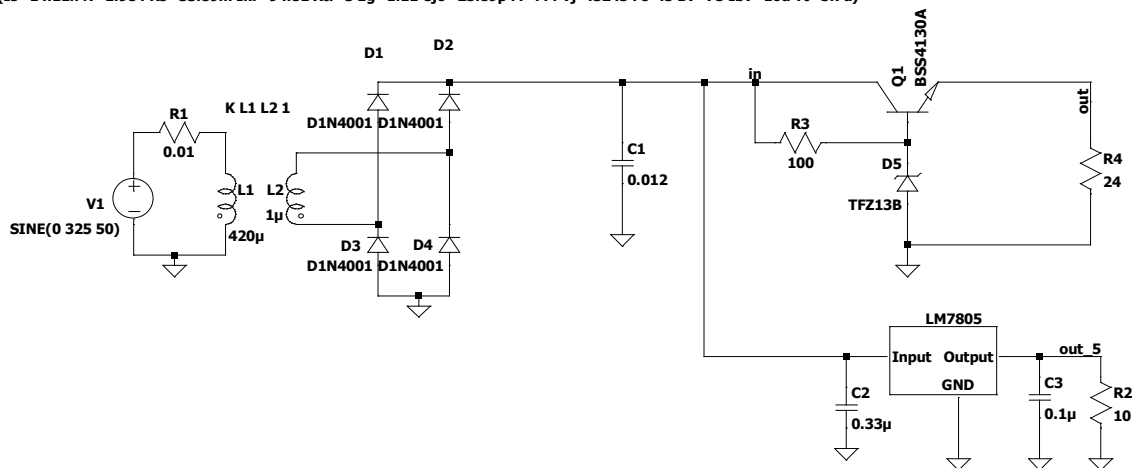
Cu cât factorul de stabilizare este mai mare cu atât regulatorul este mai bun.

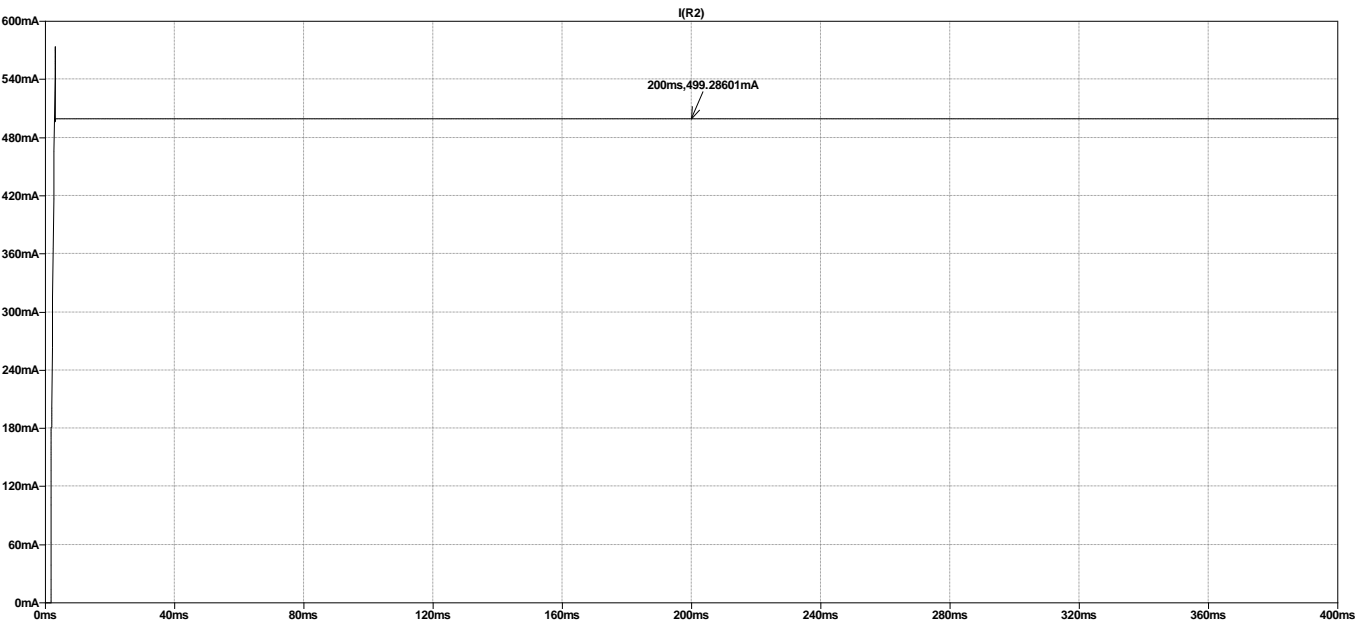
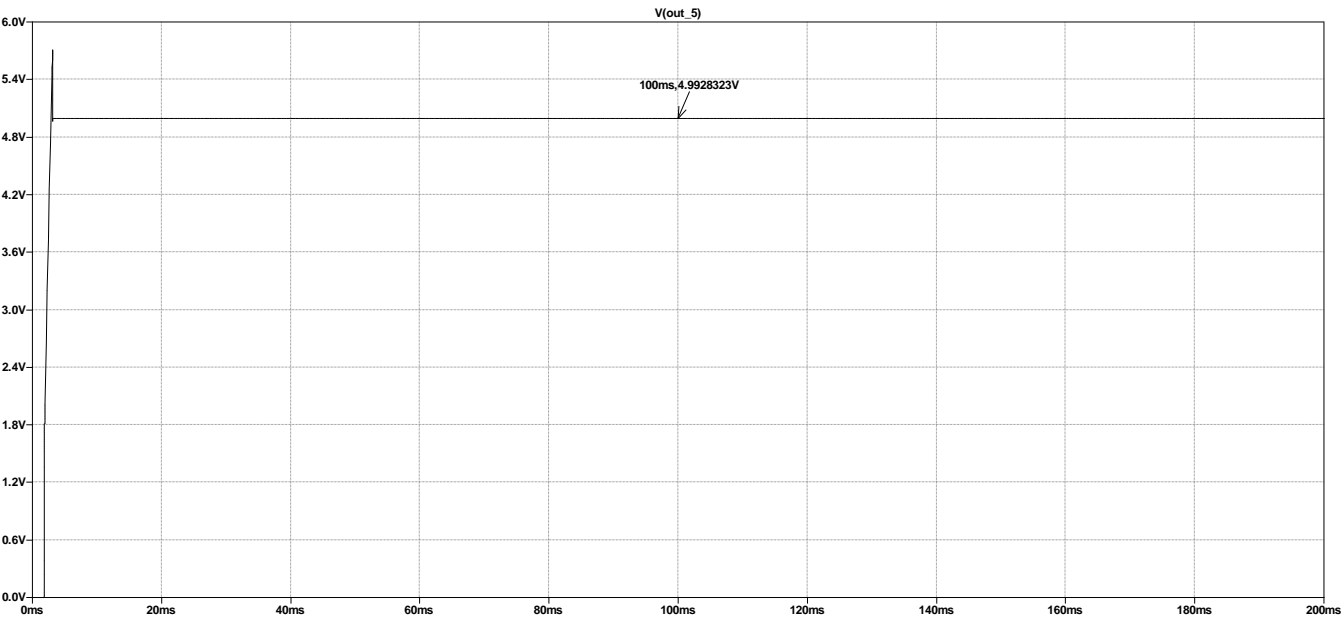
5.3.Rezistența R_o :



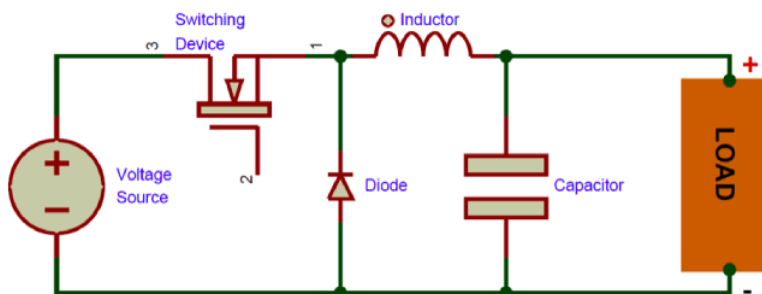
5.4.Simulări:

```
.model D1N4001 D(Is=14.11n N=1.984 Rs=33.89m Ikf=94.81 Xti=3 Eg=1.11 Cjo=25.89p M=-.44 Vj=-.3245 Fc=.5 Bv=75 Ibv=10u Tt=5.7u)
.tran 200m
.lib "78xx.txt"
.lib "7805.txt"
.dc V1 13 18
```





6. Convertorul Buck:



Valori date:

$$V_{\text{out}} = 3.3\text{V}$$

$$I_{\text{out}} = 2\text{A}$$

$$V_{\text{in}} = 12\text{V}$$

$$\Delta V_{\text{out}} \leq 50\text{mV}$$

$$P_{\text{outB}} = V_{\text{out}} * I_{\text{out}} = 3.3\text{V} * 2\text{A} = 6.6\text{W}$$

$$P_{\text{inB}} = \frac{P_{\text{outB}}}{\eta} = \frac{6.6\text{W}}{0.9} = 7.33\text{W}$$

6.1. Alegerea bobinei:

$$\left. \begin{aligned}
 L_{\text{MIN}} &= \frac{U_S * T}{2 * I_{SL}} * \left(1 - \frac{U_S}{U_I}\right) \\
 I_{SL} &= \frac{\Delta I_L}{2} \\
 T &= \frac{1}{f} \\
 \text{Aleg } f &= 500\text{kHz}
 \end{aligned} \right\}
 \quad
 L_{\text{MIN}} = \frac{U_S}{f * \Delta I_L} * \left(1 - \frac{U_S}{U_I}\right) = \frac{3.3\text{V}}{500 * 10^3 * 0.4} * \left(1 - \frac{3.3\text{V}}{12\text{V}}\right) \cong 12.31\mu\text{H}$$

$$\frac{\Delta I_L}{I_O} < 30\% \Rightarrow \Delta I_L = 2\text{A} * 0.2 \Rightarrow \Delta I_L = 0.4\text{A}$$

Am ales bobina *SRP1050WA-120M*:

Inductance:	12 uH
Tolerance:	20 %
Maximum DC Current:	8.3 A
Maximum DC Resistance:	26.4 mOhms
Saturation Current:	9.8 A

6.2. Alegerea condensatorului:

$$C = \frac{1}{8} * \frac{\left(1 - \frac{U_S}{U_I}\right) * U_I * T^2}{L * \Delta U_S} = \frac{1}{8} * \frac{\left(1 - \frac{3.3V}{13V}\right) * 13V * 4 * 10^{-12}}{12.31 * 10^{-6} * 50 * 10^{-3}} \cong 7.87 \mu F$$

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{500 kHz} = 2 \mu s$$

Am ales condensatorul *ULV2W7R5MNL1GS*:

Capacitance:	7.5 uF
Voltage Rating DC:	450 VDC
Tolerance:	20 %

6.3. Alegerea tranzistorului:

$$U_{TMAX} = U_I = 13V$$

$$I_{TMAX} = I_{LMAX} = I_S + \frac{\Delta I_L}{2} = 2A + \frac{0.4}{2} = 2.2A$$

Am ales transistorul *IPB011N04N*:

Product Summary

V_{DS}	40	V
$R_{DS(on),max}$	1.1	mΩ
I_D	180	A

6.4. Alegerea diodei:

$$U_{D\text{MAX}} = U_{T\text{MAX}} = 13V$$

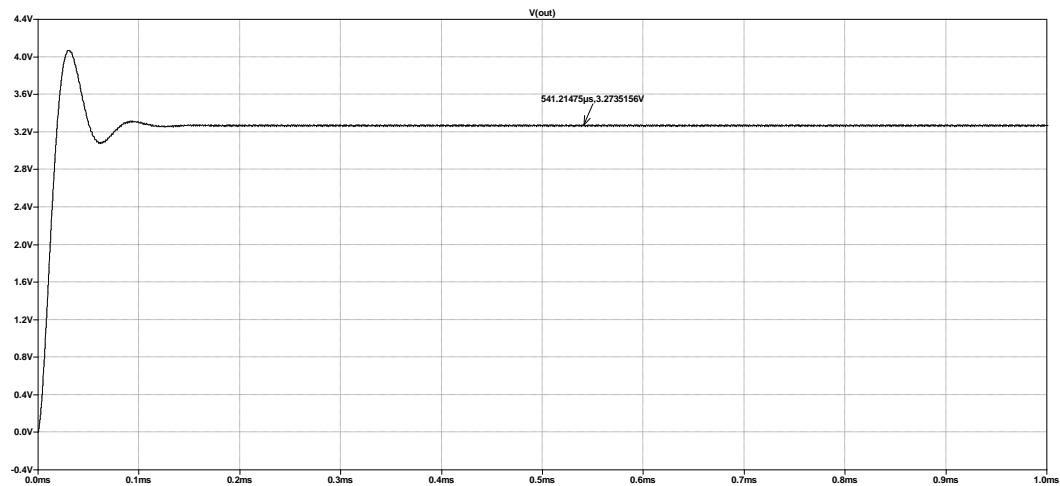
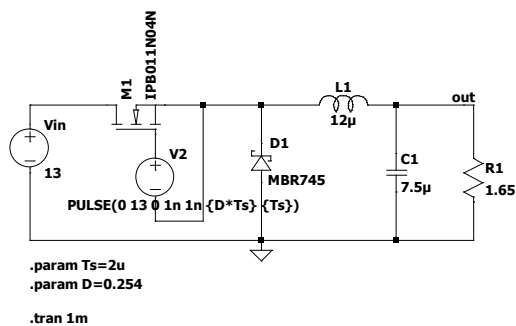
$$I_{D\text{MAX}} = I_{L\text{MAX}} = I_S + \frac{\Delta I_L}{2} = 2.2A$$

Am ales dioda *MBR745*:

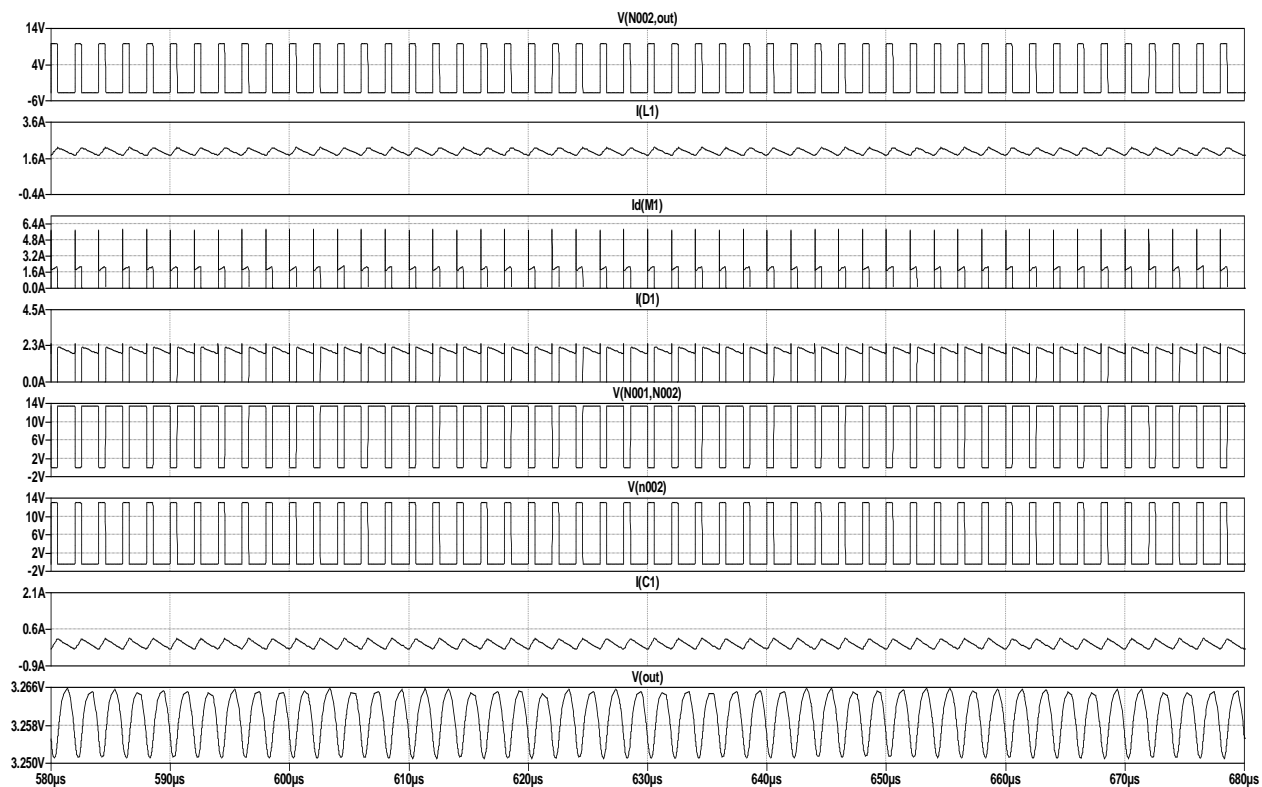
If - Forward Current:	7.5 A
-----------------------	-------

Vrrm - Repetitive Reverse Voltage:	45 V
------------------------------------	------

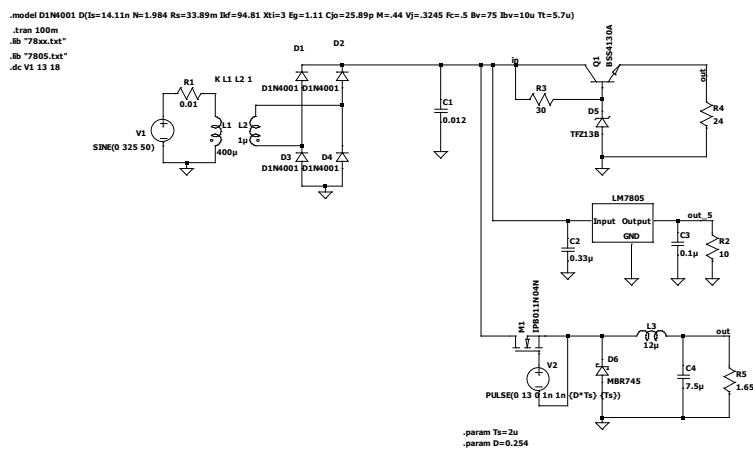
6.5. Schemă electrică:

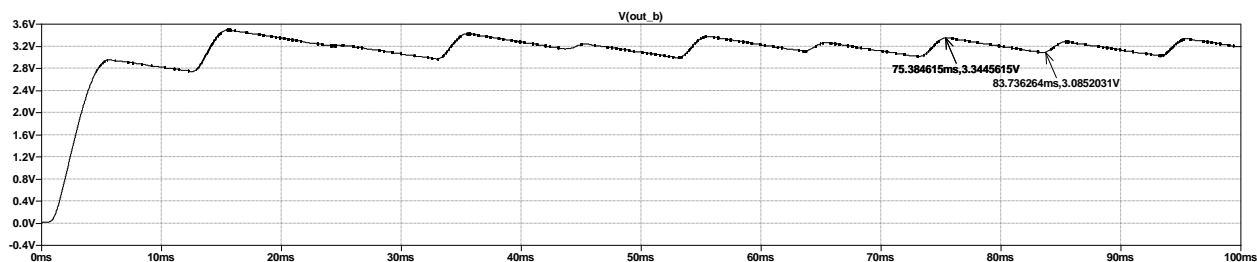


6.6. Conducție neîntreruptă:



6.6. Simulări:





7. Realizarea buclei de control

Calcule:

- *Rezistența maximă de sarcină:*

$$R_{O1H} = \frac{V_O}{I_{Omax}} = \frac{3.3}{2} = 1.65 \Omega$$

- *Rezistența minimă de sarcină:*

$$R_{O1L} = \frac{V_O}{I_{Omin}} = \frac{3.3}{1.97} = 1.67 \Omega$$

- *Polul etajului de putere:*

$$f_{ph} = \frac{1}{2 * \pi * \sqrt{L * C}} = 16.76 \text{ kHz}$$

- *Zeroul etajului de putere:*

$$f_z = \frac{1}{2 * \pi * (ESR * C)} = 228 \text{ kHz}$$

$$ESR = \frac{V_{rp} * 0.75}{\Delta I_L} = 0.093 \Omega$$

- *Câștigul la curent continuu:*

$$K_{pwr} = \frac{V_{inmax}}{V_{out}} = \frac{13}{3.3} = 3.93$$

- *Frecvența de tăiere trebuie să fie mai mică decât $f_{sw}/5$:*

$$f_c = \frac{f_{sw}}{5} = \frac{500k}{5} = 100 \text{ kHz}$$

- *Factorul de calitate al etajului de putere la sarcină maximă:*

$$Q = \frac{R_{O1H}}{2 * \pi * f_{ph} * L_f} = 1.3$$

- **Funcția de transfer:**

$$H_{PWR}(w) = K_{pwr} * \frac{1 + \frac{j * w}{2 * \pi * f_z}}{1 + \frac{j * w}{2 * \pi * f_{ph}} * \frac{1}{Q} + (\frac{j * w}{2 * \pi * f_{ph}})^2}$$

- **Câștigul și faza la frecvența de tăiere dorită:**

$$H_{PWRH_{fc}} = |H_{PWRH}(2 * \pi * f_c)| = |-0.105326 - 0.064095j| = 0.123$$

$$\theta = \frac{180}{\pi} \arg(H_{PWRH}(2 * \pi * f_c)) = -149.58$$

- **Marginea de fază:**

$$M = 45^\circ$$

- **Boost:**

$$BOOST = M - \theta_{PWR_{fc}} - 90 = 104.58$$

- **Câștigul amplificatorului de eroare:**

$$H_R = \frac{1}{H_{PWR_{fc}}} = \frac{1}{0.123} = 8.13$$

- **Factorul Kv:**

$$K_v = \left(\tan \left(\frac{BOOST * \pi}{4 * 180} + \frac{45 * \pi}{180} \right) \right)^2 = 4.61$$

$$C_2 = \frac{1}{2 * \pi * f_c * H_R * R_1} = 19.6 pF$$

$$C_1 = C_2(K_v - 1) = 70.75 pF$$

$$R_2 = \frac{\sqrt{K_v}}{2 * \pi * f_c * C_1} = 48 k\Omega$$

$$R_3 = \frac{R_1}{K_v - 1} = 2.77 k\Omega$$

$$C_3 = \frac{1}{2 * \pi * f_c * \sqrt{K_v} * R_3} = 0.27 nF$$

