

Proiect Surse de Alimentare

1. Descrierea circuitului și ipoteze de proiectare

Circuitul analizat este un stabilizator de tensiune cu diodă Zener și tranzistor NPN (BC337), montat în configurație emitter follower.

Scopul circuitului este menținerea unei tensiuni stabile la ieșire (U_o) de aproximativ 12 V, pornind de la o tensiune de intrare (U_i) de 14 V.

Curentul de sarcină dorit este de 200 mA.

Dioda Zener asigură o tensiune de referință stabilă la baza tranzistorului, iar tranzistorul acționează ca un amplificator de curent, astfel încât sarcina să nu influențeze tensiunea Zener.

2. Stabilirea tensiunilor și alegerea componentei Zener

La bornele tranzistorului NPN (BC337) apare o cădere de tensiune baza–emitor (U_{be}) de aproximativ 0.7 V.

Considerând această cădere, relația dintre tensiunea de la baza tranzistorului (U_z) și tensiunea de ieșire (U_o) este:

$$U_z = U_o + U_{be}$$

Înlocuind valorile cunoscute:

$$U_z = 12V + 0.7V = 12.7V$$

Rezultă că avem nevoie de o diodă Zener cu tensiunea nominală $V_z \approx 13 V$.

După documentare s-a ales dioda BZB984, care are următoarele caracteristici:

- Tensiune nominală: 13 V
- Curent nominal: 5 mA
- Putere maximă disipată: 250 mW
- Impedanță dinamică: aproximativ 10Ω la $I_z = 5 \text{ mA}$

BZB984 -xxx	Sel	Working voltage V_Z (V);		Maximum differential resistance r_{dif} (Ω)				Reverse current I_R (μA)		Temperature coefficient S_Z (mV/K);	Diode capacitance C_d (pF) [1]	Non- repetitive peak reverse current I_{ZSM} (A) [2]
		$I_Z = 5$ mA Tol. 5 %		$I_Z = 1$ mA		$I_Z = 5$ mA		$I_F = 10$ mA		$I_{Ztest} = 5$ mA		
		Min	Max	Typ	Max	Typ	Max	Max	V_R (V)	Typ	Max	Max
2V4	C	2.2	2.6	275	600	70	100	50	1	-1.3	450	6.0
2V7	C	2.5	2.9	300	600	75	100	20	1	-1.4	450	6.0
3V0	C	2.8	3.2	325	600	80	95	10	1	-1.6	450	6.0
3V3	C	3.1	3.5	350	600	85	95	5	1	-1.8	450	6.0
3V6	C	3.4	3.8	375	600	85	90	5	1	-1.9	450	6.0
3V9	C	3.7	4.1	400	600	85	90	3	1	-1.9	450	6.0
4V3	C	4.0	4.6	410	600	80	90	3	1	-1.7	450	6.0
4V7	C	4.4	5.0	425	500	50	80	3	2	-1.2	300	6.0
5V1	C	4.8	5.4	400	480	40	60	2	2	-0.5	300	6.0
5V6	C	5.2	6.0	80	400	15	40	1	2	1.0	300	6.0
6V2	C	5.8	6.6	40	150	6	10	3	4	2.2	200	6.0
6V8	C	6.4	7.2	30	80	6	15	2	4	3.0	200	6.0
7V5	C	7.0	7.9	30	80	6	15	1	5	3.6	150	4.0
8V2	C	7.7	8.7	40	80	6	15	0.7	5	4.3	150	4.0
9V1	C	8.5	9.6	40	100	6	15	0.5	6	5.2	150	3.0
10	C	9.4	10.6	50	150	8	20	0.2	7	6.0	90	3.0
11	C	10.4	11.6	50	150	10	20	0.1	8	6.9	90	2.5
12	C	11.4	12.7	50	150	10	25	0.1	8	7.9	85	2.5
13	C	12.4	14.1	50	170	10	30	0.1	8	8.8	80	2.5
15	C	13.8	15.6	50	200	10	30	0.05	10.5	10.7	75	2.0

Figura 1. Datasheet dioda zener BZB984

3. Determinarea curentului prin bază și prin rezistența serie

Pentru tranzistorul BC337, la un curent de colector de 200 mA, factorul de amplificare în curent beta (hFE) are valori între 100 și 220.

Pentru calcul s-a considerat $\beta = 210$.

Relația dintre curentul de colector (I_c) și curentul de bază (I_b) este:

$$I_b = I_c / \beta$$

BC337, BC337-25, BC337-40

Amplifier Transistors

NPN Silicon

Features

- These are Pb-Free Devices

MAXIMUM RATINGS

Rating	Symbol	Value	Unit
Collector – Emitter Voltage	V_{CEO}	45	Vdc
Collector – Base Voltage	V_{CBO}	50	Vdc
Emitter – Base Voltage	V_{EBO}	5.0	Vdc
Collector Current – Continuous	I_C	800	mAdc
Total Device Dissipation @ $T_A = 25^\circ\text{C}$ Derate above 25°C	P_D	625 5.0	mW mW/ $^\circ\text{C}$
Total Device Dissipation @ $T_C = 25^\circ\text{C}$ Derate above 25°C	P_D	1.5 12	W mW/ $^\circ\text{C}$
Operating and Storage Junction Temperature Range	T_J, T_{stg}	-55 to +150	$^\circ\text{C}$

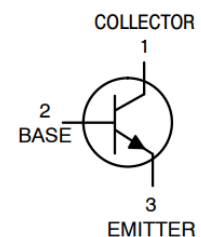
THERMAL CHARACTERISTICS

Figura 2. Datasheet Tranzistor BC337-40

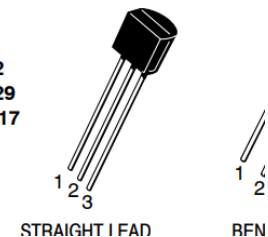


ON Semiconductor

<http://onsemi.com>



TO-92
CASE 29
STYLE 17



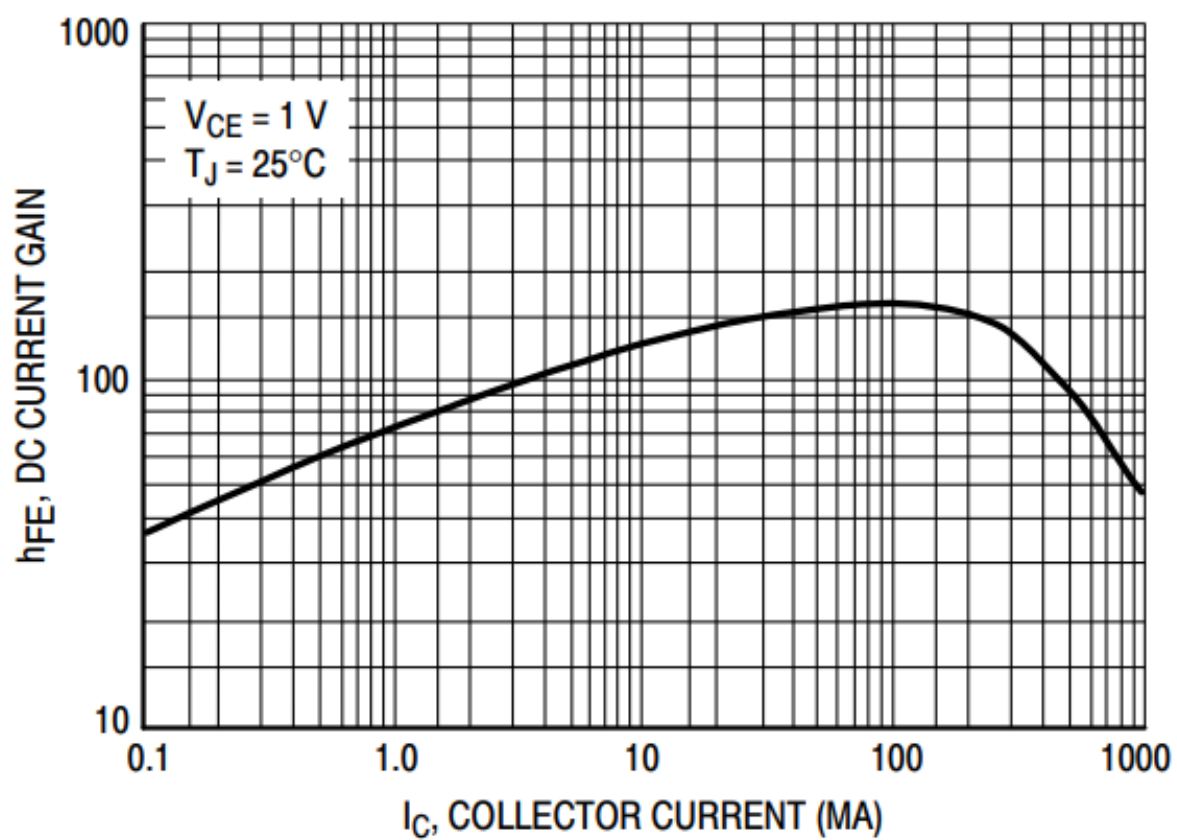


Figure 3. DC Current Gain

Figura 3. Gain ul tranzistorului in functie de curentul de colector

```

/* Tensiunea de Intrare (Ui) */
Ui_min: 13.92$
Ui_max: 15.37$

/* Curentul de Sarcina (Ic) */
Ic_min: 0.02$ /* 20 mA, 10%din ic */
Ic_max: 0.2$ /* 200 mA */

/* Tensiunea Zener (Vz) - Constanta */
Vz: 12.7$

/* Curentul Zener (Iz) */
Iz_min: 0.005$ /* 5 mA - Pragul de siguranta ales */
Pz_max: 0.265$ /* 265 mW - Puterea maxima a diodei */
Iz_max: Pz_max / Vz$

/* Castigul Tranzistorului (Beta) - BC337-40 */
Beta_min: 210$ /* Valoarea estimata la Ic=200mA */
Beta_max: 630$ /* Valoarea maxima la Ic=100mA */

/* --- Calculul R1 Maxim --- */
R1_max: (Ui_min - Vz) / ((Ic_max / Beta_min) + Iz_min)$
print("Limita maxima R1_max =", float(R1_max), "Ohmi")$

/* --- Calculul R1 Minim --- */
R1_min: (Ui_max - Vz) / ((Ic_min / Beta_max) + Iz_max)$
print("Limita minima R1_min =", float(R1_min), "Ohmi")$

Limita maxima R1_max = 204.96000000000001 Ohmi
Limita minima R1_min = 127.7641085141504 Ohmi

```

Figura 4. Foaie de calcul

4. Calculul rezistenței R1

Rezistorul R1 asigură curentul necesar atât pentru dioda Zener, cât și pentru baza tranzistorului. Se aplică legea lui Ohm:

Astfel, se alege un rezistor de 180 de ohmi.

5. Verificarea puterilor disipate

```
(%i63) Ui_min: 13.92$
Ui_max: 15.37$
Ic_min: 0.02$
Ic_max: 0.2$
Vz: 12.7$
Iz_min: 0.005$
Pz_limit: 0.265$
Iz_limit: Pz_limit / Vz$

/* Castigul Tranzistorului (Beta) - BC337-40 */
Beta_min: 210$ /* Valoarea estimata la Ic=200mA */
Beta_max: 630$ /* Valoarea maxima */

/* Alegem o valoare standard sigura din interval: R1 = 180 Ohmi */
R1_ales: 180$
print("Folosim o valoare aleasa R1 =", R1_ales, "Ohmi")$

/* Puterea maxima pe R1 */
V_R1_max: Ui_max - Vz$
P_R1_max: V_R1_max^2 / R1_ales$
print("Puterea maxima pe R1 (P_R1_max) =", float(P_R1_max)·1000, "mW")$

/* Puterea maxima pe Dioda Zener */
/* Se intampla la Ui_max, Ic_min, Beta_max */
Ii_max_total: (Ui_max - Vz) / R1_ales$
Ib_min: Ic_min / Beta_max$
Iz_max_actual: Ii_max_total - Ib_min$
P_Z_max_actual: Vz · Iz_max_actual$
print("Puterea maxima pe Zener (P_Z_max) =", float(P_Z_max_actual)·1000, "mW")$
print(" (Limita diodei este", float(Pz_limit)·1000, "mW)")$

/* Puterea maxima pe Tranzistor */
/* Se intampla la Ui_max, Ic_max */
P_T_max: (Ui_max - 12) · Ic_max$ /* Uo este 12V */
print("Puterea maxima pe Tranzistor (P_T_max) =", float(P_T_max)·1000, "mW")$

/* --- 4. Estimarea Temperaturii Jonctiunii (Tj) --- */
T_amb: 25$ /* Temperatura ambientala in Celsius */
R_th_ja: 200$ /* Rezistenta termica */

T_j: T_amb + (P_T_max · R_th_ja)$
print("-----")$
print("Temperatura estimata a jonctiunii (T_j) =", float(T_j), "Celsius")$
print(" (Limita tranzistorului este 150 C)")$
```

Folosim o valoare aleasa $R1 = 180 \text{ Ohmi}$
Puterea maxima pe $R1$ (P_{R1_max}) = 39.60500000000001 mW
Puterea maxima pe Zener (P_{Z_max}) = 187.9801587301587 mW
(Limita diodei este 265.0 mW)
Puterea maxima pe Tranzistor (P_{T_max}) = 673.9999999999999 mW

Temperatura estimata a jonctiunii (T_j) = 159.8 Celsius
(Limita tranzistorului este 150 C)

6. Concluzie teoretică

Circuitul proiectat asigură o tensiune de ieșire stabilă de 12 V la un curent de sarcină de 200 mA, utilizând o diodă Zener de 12.7 V și un tranzistor BC337.

Rezistorul serie de 180 ohmi asigură curentul necesar atât pentru diodă cât și pentru baza tranzistorului, fără a depăși puterile maxime admise.

Prin simulare în LTspice se va verifica stabilitatea tensiunii de ieșire, influența variației tensiunii de intrare și comportarea circuitului la modificări de sarcină.

Capitolul 2 . Simulari

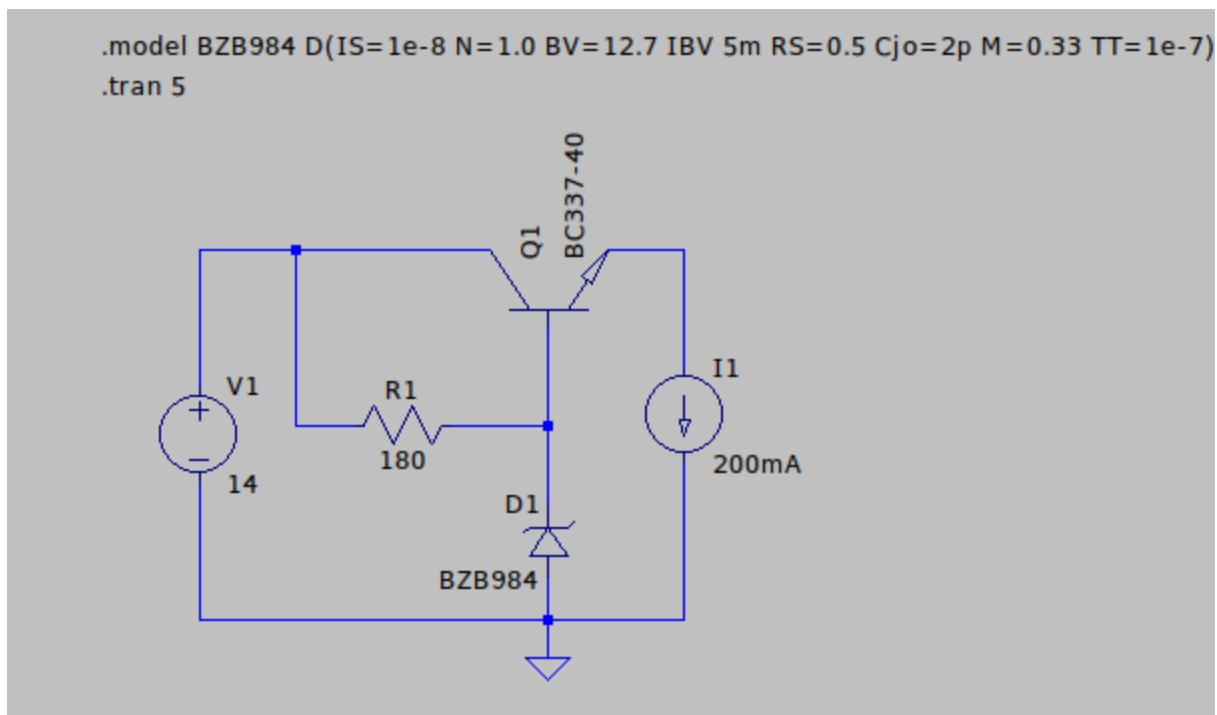


Figura 5. Schema electrica in LTSpice

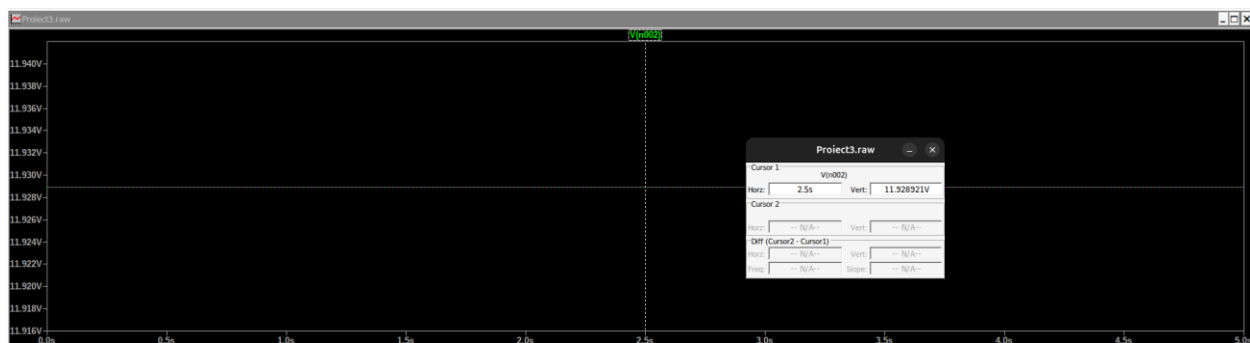


Figura 6. Tensiunea de la iesirea stabilizatorului

Echivalent puteam inlocui sursa de curent cu un rezistor de valoare 60 ohmi si am fi obtinut un curent de 198 mA.

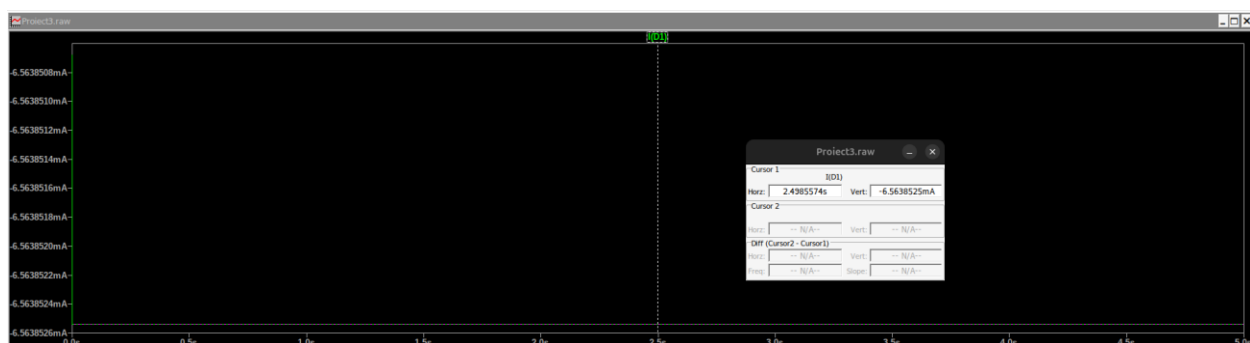


Figura7. Curentul prin dioda , luat din datasheet la 5mA

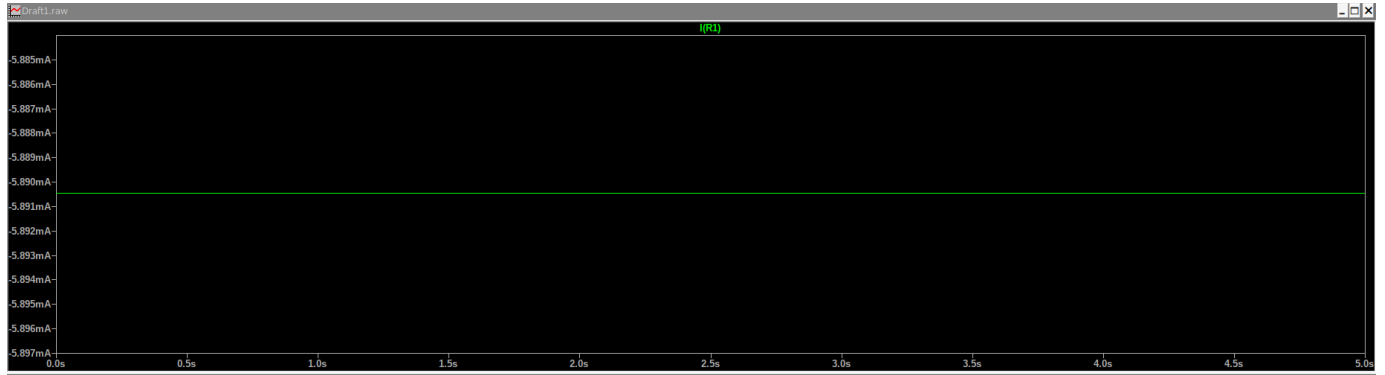


Figura 8. Curentul prin rezistor

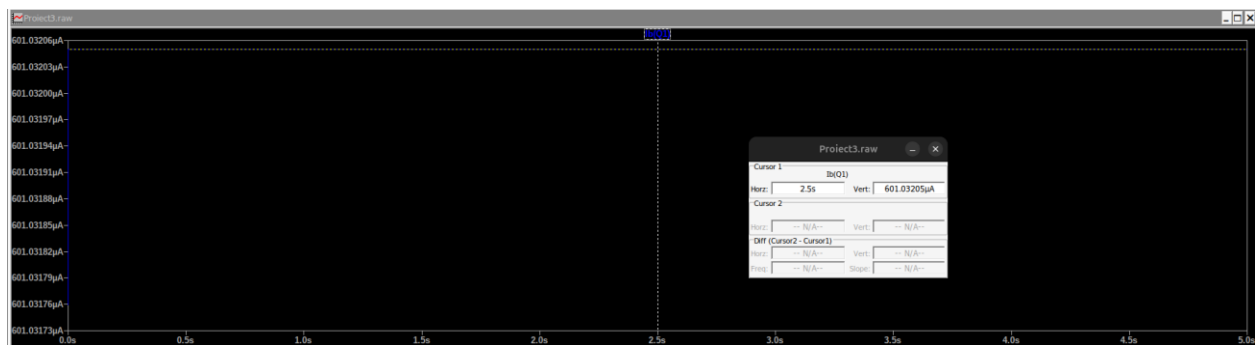


Figura 9 . Curentul din baza transitorului ,calculat la 900uA

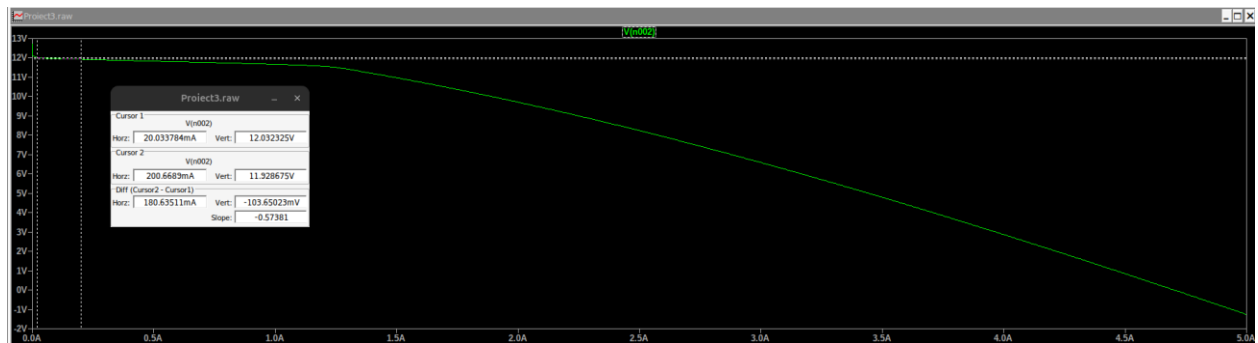


Figura 10. Rezistenta de iesire a circuitului , obtinuta baleand sursa de curent de la iesire

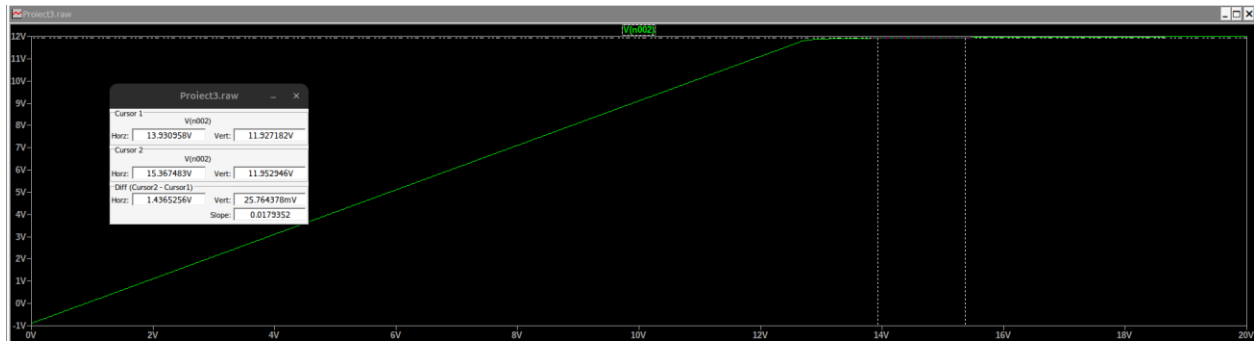


Figura 11. SUI al circuitului .

Deoarece avem tensiunea de intrare in functie de tensiunea de iesire si noi vrem tensiunea de iesire in functie de cea de intrare , rezultatul obtinut la SUI in simulare se va calcula ca $1/0.017$ care ne va da un $SUI = 55$.

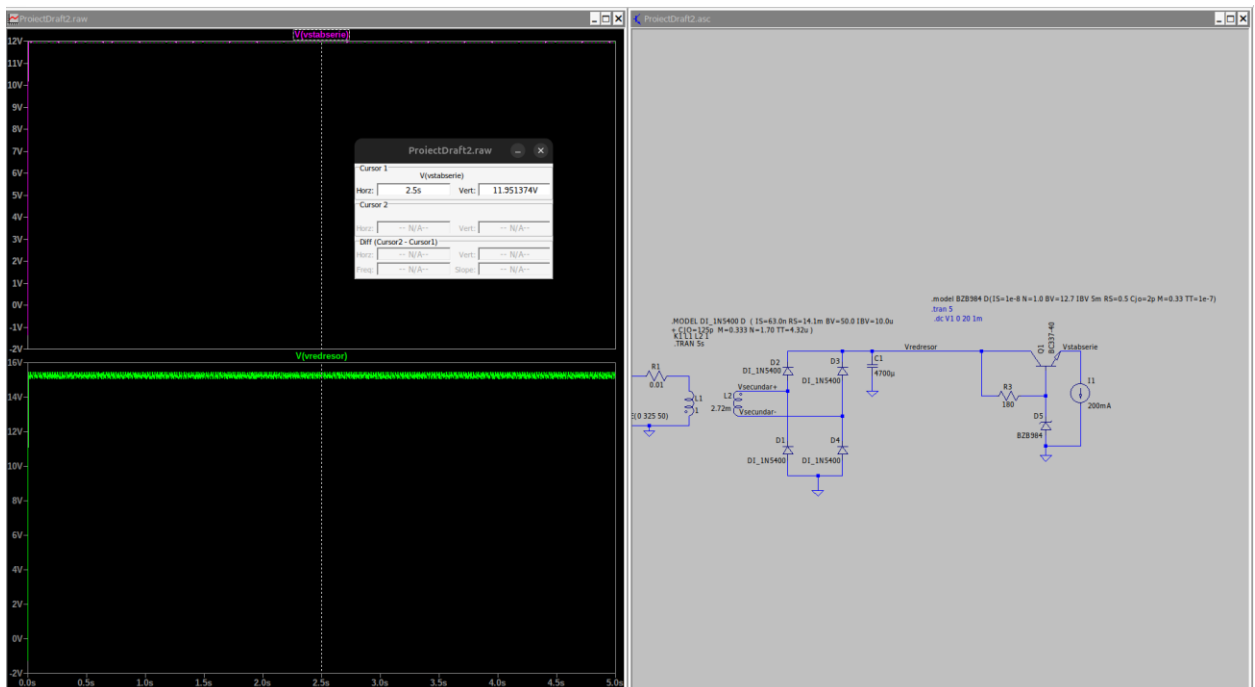


Figura 12. Simulare intreg circuit cu redresor si tabilizator linear