

Stabilizator Linear cu Circuit Integrat

1. Introducere în Stabilizatoarele Integrate de Tensiune

Ce Este un Stabilizator Integrat?

- Un stabilizator integrat de tensiune (sau regulator de tensiune) este un circuit integrat (CI) conceput pentru a menține o tensiune de ieșire constantă (V_{OUT}), indiferent de fluctuațiile tensiunii de intrare (V_{IN}) sau de schimbările în cererea de curent a sarcinii (I_{OUT}).

De Ce se Folosesc?

- Acestea sunt esențiale în circuitele electronice deoarece:
- Protecția Componentelor: Componentele sensibile (microcontrolere, memorii) necesită o tensiune de alimentare precisă și stabilă (ex: 5 V sau 3.3 V). Un stabilizator le protejează de supratensiune și de zgomot.
- Fiabilitate: Asigură funcționarea corectă a circuitului, eliminând problemele cauzate de variațiile tensiunii de la sursa primară (baterii sau transformator).
- Simplificare: Prin integrarea tuturor elementelor de control (referință de tensiune, amplificator de eroare, element de control) într-un singur chip, se simplifică designul și se reduc costurile.

2. Alegerea Regulatorului LM723

Am ales regulatorul de tensiune LM723 pentru acest proiect, deoarece este un CI de precizie programabil, ideal pentru aplicațiile care necesită flexibilitate și limitarea strictă a curentului la o valoare mică (cum ar fi cei 100 mA ai noștri).

LM723/LM723C Voltage Regulator

Check for Samples: LM723, LM723C

FEATURES

- 150 mA Output Current Without External Pass Transistor
- Output Currents in Excess of 10A Possible by Adding External Transistors
- Input Voltage 40V Max
- Output Voltage Adjustable from 2V to 37V
- Can be Used as Either a Linear or a Switching Regulator

DESCRIPTION

The LM723/LM723C is a voltage regulator designed primarily for series regulator applications. By itself, it will supply output currents up to 150 mA; but external transistors can be added to provide any desired load current. The circuit features extremely low standby current drain, and provision is made for either linear or foldback current limiting.

The LM723/LM723C is also useful in a wide range of other applications such as a shunt regulator, a current regulator or a temperature controller.

The LM723C is identical to the LM723 except that the LM723C has its performance ensured over a 0°C to +70°C temperature range, instead of -55°C to +125°C.

Connection Diagram

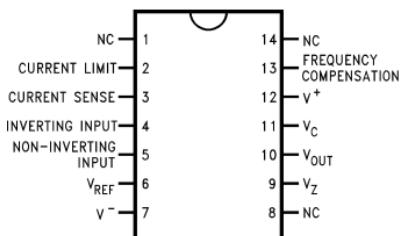
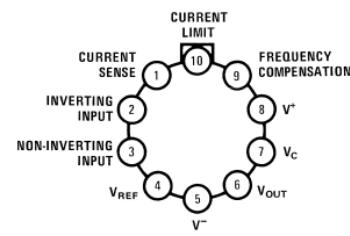


Figure 1. Top View
CDIP Package or PDIP Package
See Package J or NFF0014A



Note: Pin 5 connected to case.

Figure 2. Top View
TO-100
See Package LME

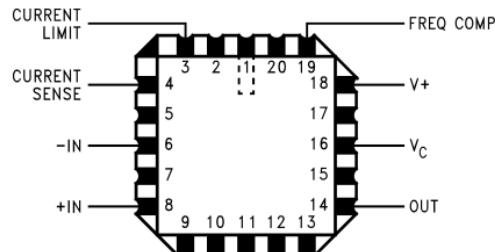


Figura 1. Datasheet LM723

Table 1. Resistor Values (kΩ) for Standard Output Voltage

Positive Output Voltage	Applicable Figures	Fixed Output ±5%		Output Adjustable ±10% ⁽¹⁾			Negative Output Voltage	Applicable Figures	Fixed Output ±5%		5% Output Adjustable ±10%		
		R1	R2	R1	P1	R2			R1	R2	R1	P1	R2
+3.0	Figure 4, Figure 19, Figure 21, Figure 24, Figure 27 (Figure 19)	4.12	3.01	1.8	0.5	1.2	+100	Figure 22	3.57	102	2.2	10	91
+3.6	Figure 4, Figure 19, Figure 21, Figure 24, Figure 27 (Figure 19)	3.57	3.65	1.5	0.5	1.5	+250	Figure 22	3.57	255	2.2	10	240
+5.0	Figure 4, Figure 19, Figure 21, Figure 24, Figure 27 (Figure 19)	2.15	4.99	0.75	0.5	2.2	-6 ⁽³⁾	Figure 18, (Figure 25)	3.57	2.43	1.2	0.5	0.75
+6.0	Figure 4, Figure 19, Figure 21, Figure 24, Figure 27 (Figure 19)	1.15	6.04	0.5	0.5	2.7	-9	Figure 18, Figure 25	3.48	5.36	1.2	0.5	2.0
+9.0	Figure 17, Figure 19, (Figure 19, Figure 21, Figure 24, Figure 27)	1.87	7.15	0.75	1.0	2.7	-12	Figure 18, Figure 25	3.57	8.45	1.2	0.5	3.3
+12	Figure 17, Figure 19, (Figure 19, Figure 21, Figure 24, Figure 27)	4.87	7.15	2.0	1.0	3.0	-15	Figure 18, Figure 25	3.65	11.5	1.2	0.5	4.3
+15	Figure 17, Figure 19, (Figure 19, Figure 21, Figure 24, Figure 27)	7.87	7.15	3.3	1.0	3.0	-28	Figure 18, Figure 25	3.57	24.3	1.2	0.5	10
+28	Figure 17, Figure 19, (Figure 19, Figure 21, Figure 24, Figure 27)	21.0	7.15	5.6	1.0	2.0	-45	Figure 23	3.57	41.2	2.2	10	33
+45	Figure 22	3.57	48.7	2.2	10	39	-100	Figure 23	3.57	97.6	2.2	10	91
+75	Figure 22	3.57	78.7	2.2	10	68	-250	Figure 23	3.57	249	2.2	10	240

(1) Replace R1/R2 in figures with divider shown in Figure 28.

(2) Figures in parentheses may be used if R1/R2 divider is placed on opposite input of error amp.

(3) V⁺ and V_{CC} must be connected to a +3V or greater supply.**Table 2. Formulae for Intermediate Output Voltages**

Outputs from +2 to +7 volts (Figure 4 Figure 19 Figure 20 Figure 21 Figure 24 Figure 27)	Outputs from +4 to +250 volts (Figure 22)	Current Limiting
$V_{OUT} = \left(V_{REF} \times \frac{R2}{R1+R2} \right)$	$V_{OUT} = \left(\frac{V_{REF}}{1} \times \frac{R2 - R1}{R1} \right); R3 = R4$	$I_{LIMIT} = \frac{V_{SENSE}}{n}$

Figura 2. Recomandari structura circuit pentru anumite valori ale Vout

Din Figura 2 observam ca noi avand nevoie de 5v si 100mA la iesire ar fi cel mai optim sa folosim un circuit precum cel din figura 19,21,24,27 si cu valorile rezistorilor din divizorul de tensiune cu valori de R1=2.15k si R2=4.99k.

3. Principiul de Funcționare al Stabilizatorului cu LM723

Stabilizatorul nostru este un regulator liniar în serie, funcționând pe principiul feedback-ului (reacției negative).

A. Blocuri Funcționale

Circuitul integrator (LM723) conține următoarele blocuri cheie:

- Referința de Tensiune (VREF):** Generează o tensiune de referință internă foarte stabilă de aproximativ 7.15 V (disponibilă la Pin 6). Aceasta este baza pentru toate calculele de tensiune de ieșire.
- Amplificatorul de Eroare (Error Amplifier):** Acesta compară o fracțiune din tensiunea de ieșire (aplicată la Pin 4, intrarea inversoare) cu o tensiune de referință setată (aplicată la Pin 5, intrarea neinversoare). Dacă VOUT scade, eroarea este amplificată, iar semnalul de la Pin 10 crește.
- Tranzistorul de Control (Pass Transistor - Extern):** Este elementul de putere (un tranzistor NPN/PNP extern) care acționează ca o rezistență variabilă între VIN și VOUT. Semnalul de la Pin 10 al LM723 controlează baza acestui tranzistor.
- Circuitul de Limitare a Curentului (Current Sense/Limit):** Format din Pin 2 (CL) și Pin 3 (CS). Monitorizează căderea de tensiune peste un rezistor de detecție extern (RSC sau R6 în schema noastră). Dacă curentul de ieșire depășește limita setată, acest circuit preia controlul și limitează IOUT.

B. Setarea Tensiunii de Ieșire (5 V)

Deoarece tensiunea noastră dorită (VOUT aproximativ 5 V) este mai mică decât tensiunea de referință internă (VREF aproximativ 7.15 V), folosim configurația de Regulator de Tensiune Joasă.

Tensiunea de ieșire este dată de formula:

$$VOUT = VREF * R2 / (R4 + R2)$$

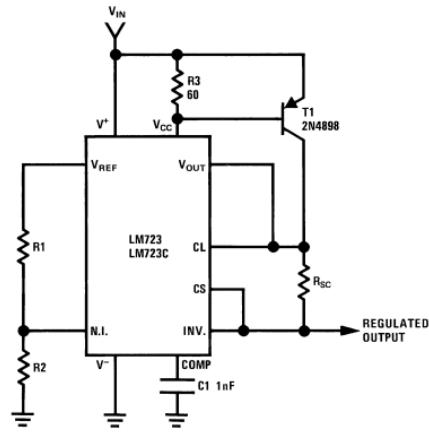
Cu valorile alese: $VOUT = 7.15 \text{ V} * 4.99 \text{ kOhm} / (2.15 \text{ kOhm} + 4.99 \text{ kOhm})$ aproximativ 4.99 V.

C. Setarea Limitei de Curent (100 mA)

Limita de curent este setată prin rezistorul de detecție R6 (unde RSC = 6.5 Ohm):

$$RSC = Vsense / ILIM$$

Unde Vsense aproximativ 0.65 V.



Typical Performance

Regulated Output Voltage	+5V
Line Regulation ($\Delta V_{IN} = 3V$)	0.5 mV
Load Regulation ($\Delta I_L = 1A$)	5 mV

Figure 20. Positive Voltage Regulator (External PNP Pass Transistor)

Figura 3. Structura utilizata in proiect conform datasheet

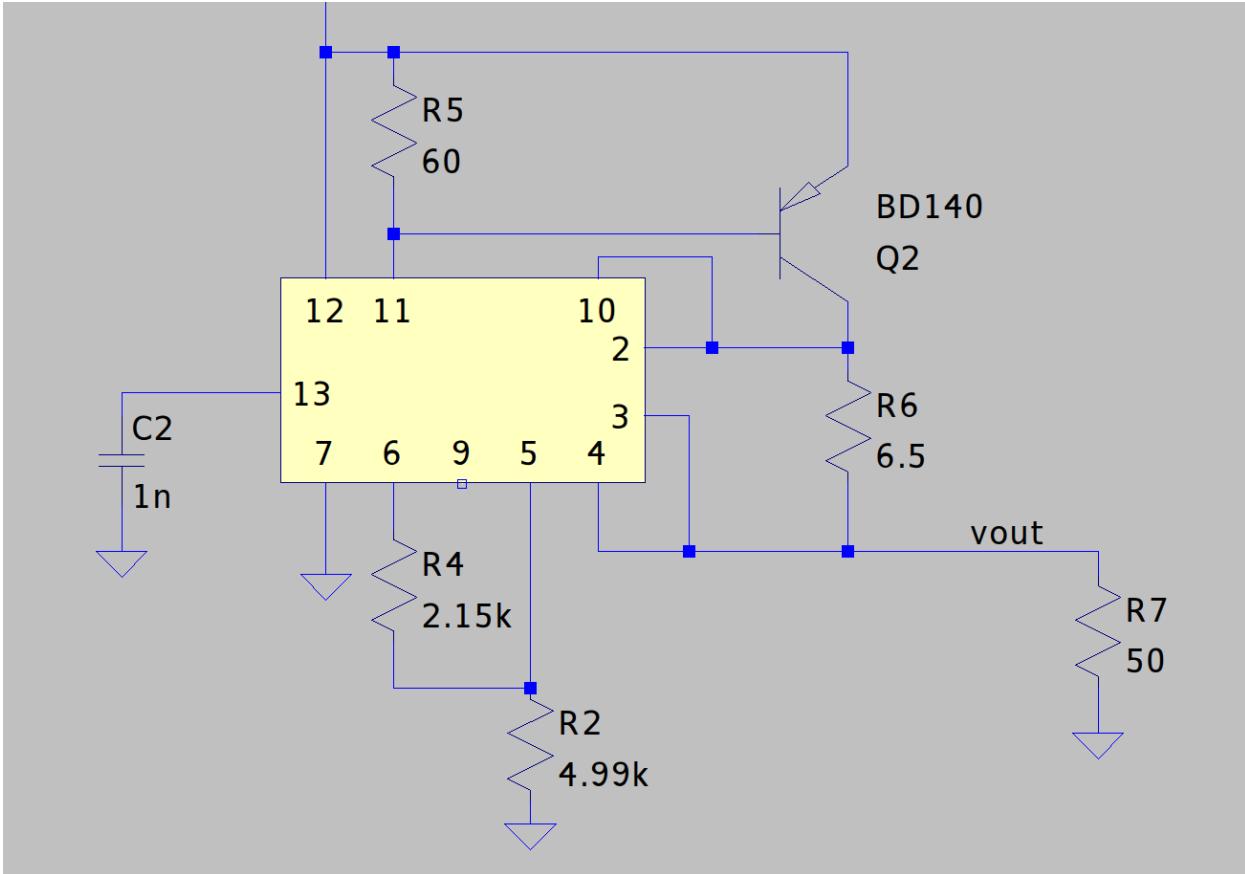


Figura 4. Schema electrica a integratorului in Ltspice

4. Justificarea Alegerii Tranzistorului de Putere BD140 (Q1)

1. Tranzistorul BD140 a fost selectat ca element serie de putere (Q1) pentru a prelua si disipa diferența de tensiune dintre intrare (VIN) si iesire (VOUT) la curentul maxim, in locul tranzistorului BC858B, care era subdimensionat pentru aceasta sarcina.

Alegerea Componenței

2. BD140 este un tranzistor PNP de putere medie in capsula TO-126, ales pentru a asigura functionarea stabila a regulatorului:

3. Adevararea Puterii (Ptot):

- a. Puterea maxima disipata (P_D_MAX) calculata este de 1.04189 W.
- b. Tranzistorul BD140 este specificat pentru o putere totala de Ptot = 8 W (cu radiator). Aceasta valoare depaseste in mod substantial necesarul de 1.04 W, oferind o marja de siguranta critica.

4. Adevararea Tensiunii (VCE):

- a. Tensiunea maxima colector-emitor (VCE) necesara este de 10.42 V (15.42 V - 5 V).
- b. BD140 are un VCE maxim de -80 V, fiind mult peste cerinta circuitului si garantand fiabilitatea la variatiile de tensiune de intrare.

5. Configuratia PNP:

- a. BD140 este un tranzistor PNP, fiind adekvat pentru utilizarea ca element serie (Pass Transistor) intr-o configuratie clasica a regulatorului liniar, permitand controlul eficient al curentului de la VIN la VOUT.

6. Concluzie Termica

- 7. Desi puterea disipata de 1.04 W s-ar putea incadra in specificatiile BD140 fara radiator, analiza termica recomanda adaugarea unui radiator mic (cu o rezistenta termica theta_SA mai mica de 104.67 grade Celsius/W) pentru a mentine temperatura jonctiunii sub 100 grade Celsius si pentru a asigura o durata de viata lunga a stabilizatorului.

PNP power transistors

BD136; BD138; BD140

FEATURES

- High current (max. 1.5 A)
- Low voltage (max. 80 V).

APPLICATIONS

- General purpose power applications, e.g. driver stages in hi-fi amplifiers and television circuits.

DESCRIPTION

PNP power transistor in a TO-126; SOT32 plastic package. NPN complements: BD135, BD137 and BD139.

PINNING

PIN	DESCRIPTION
1	emitter
2	collector, connected to metal part of mounting surface
3	base

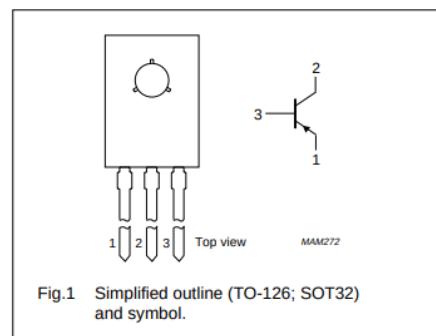


Fig.1 Simplified outline (TO-126; SOT32) and symbol.

LIMITING VALUES

In accordance with the Absolute Maximum Rating System (IEC 134).

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	MAX.	UNIT
V_{CBO}	collector-base voltage BD136	open emitter	–	-45	V
	BD138			-60	V
	BD140			-100	V
V_{CEO}	collector-emitter voltage BD136	open base	–	-45	V
	BD138			-60	V
	BD140			-80	V
V_{EBO}	emitter-base voltage	open collector	–	-5	V
I_C	collector current (DC)		–	-1.5	A
I_{CM}	peak collector current		–	-2	A
I_{BM}	peak base current		–	-1	A
P_{tot}	total power dissipation	$T_{mb} \leq 70^\circ\text{C}$	–	8	W
T_{stg}	storage temperature		-65	+150	$^\circ\text{C}$
T_j	junction temperature		–	150	$^\circ\text{C}$
T_{amb}	operating ambient temperature		-65	+150	$^\circ\text{C}$

Figura 5. Datasheet tranzistor BD140

```

(%i231) /* 6. Calculile de Proiectare și Dimensionare */
vref: 7.15$
vout: 5$
ilim: 100e-3$
vsense: 0.65$
r2: 4.99e3$
vin_max: 15.418866$
vin_min: 14.868697$
tj_max: 150$
ta: 30$
theta_jc: 10$
theta_cs: 0.5$
eq_vout: vout = vref · r2 / (r4 + r2)$
solve(eq_vout, r4)$
r4_val: (r2 · vref) / vout - r2$
r4_display: float(r4_val)$

print("----- R4 -----")$
print(concat("Valoare R4 = ", r4_display, " ohmi"))$
print(concat("R4 în kΩ = ", float(r4_val/1000), " kΩ"))$

/* 6.2. DIMENSIONAREA LIMITEI DE CURENT (R6 / Rsc) */
rsc_val: vsense / ilim$
r6_display: float(rsc_val)$

print("----- R6 / Rsc -----")$
print(concat("Valoare R6 (senzor curent) = ", r6_display, " ohmi"))$

/* 6.3. CALCULUL DISIPĂRIEI DE PUTERE (PD) */
pd_max_val: (vin_max - vout) · ilim$
pd_min_val: (vin_min - vout) · ilim$

/* 6.4. CALCULUL REZistențEI TERMICE */
theta_ja_max: (tj_max - ta) / pd_max_val$
theta_sa: theta_ja_max - theta_jc - theta_cs$

/* 6.5. DIMENSIONAREA TERMICĂ – TEMPERATURA REALĂ */
tj_real: ta + pd_max_val · (theta_jc + theta_cs)$

print("----- DIMENSIONARE TERMICA -----")$
print(concat("Putere disipata PD_max = ", float(pd_max_val), " W"))$
print(concat("Temperatura reală a jonctiunii = ", float(tj_real), " °C"))$
print(concat("Temperatura maxima admisă = ", tj_max, " °C"))$

if float(tj_real) < tj_max then
    print("Rezultat: Temperatura este sub limită → NU este necesar radiator.")
else
    print("Rezultat: Temperatura depășeste limită → ESTE necesar radiator!")$

print(concat("Theta_SA necesar = ", float(theta_sa), " °C/W"))$

```

Figura 6. foaie de calcul

----- R4 -----
 Valoare R4 = 2145.7 ohmi
 R4 în kΩ = 2.1457 kΩ
 ----- R6 / Rsc -----
 Valoare R6 (senzor curent) = 6.5 ohmi
 ----- DIMENSIONARE TERMICA -----
 Putere disipata PD_max = 1.0418866 W
 Temperatura reala a jonctiunii = 40.9398093 °C
 Temperatura maxima admisa = 150 °C
 Rezultat: Temperatura este sub limita → NU este necesar radiator.
 Theta_SA necesar = 104.6756822671489 °C/W

Figura 7. Rezultate wxmaxima

5. Simulari in LTspice

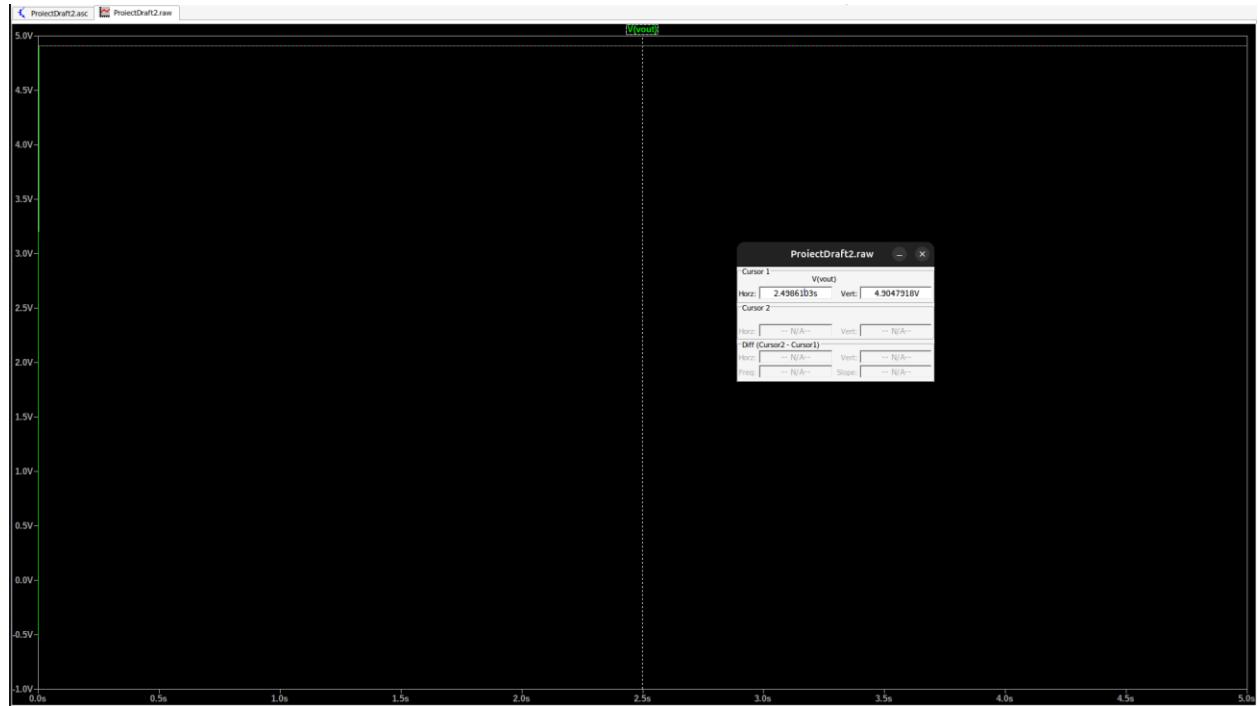


Figura 8. Tensiunea de iesire

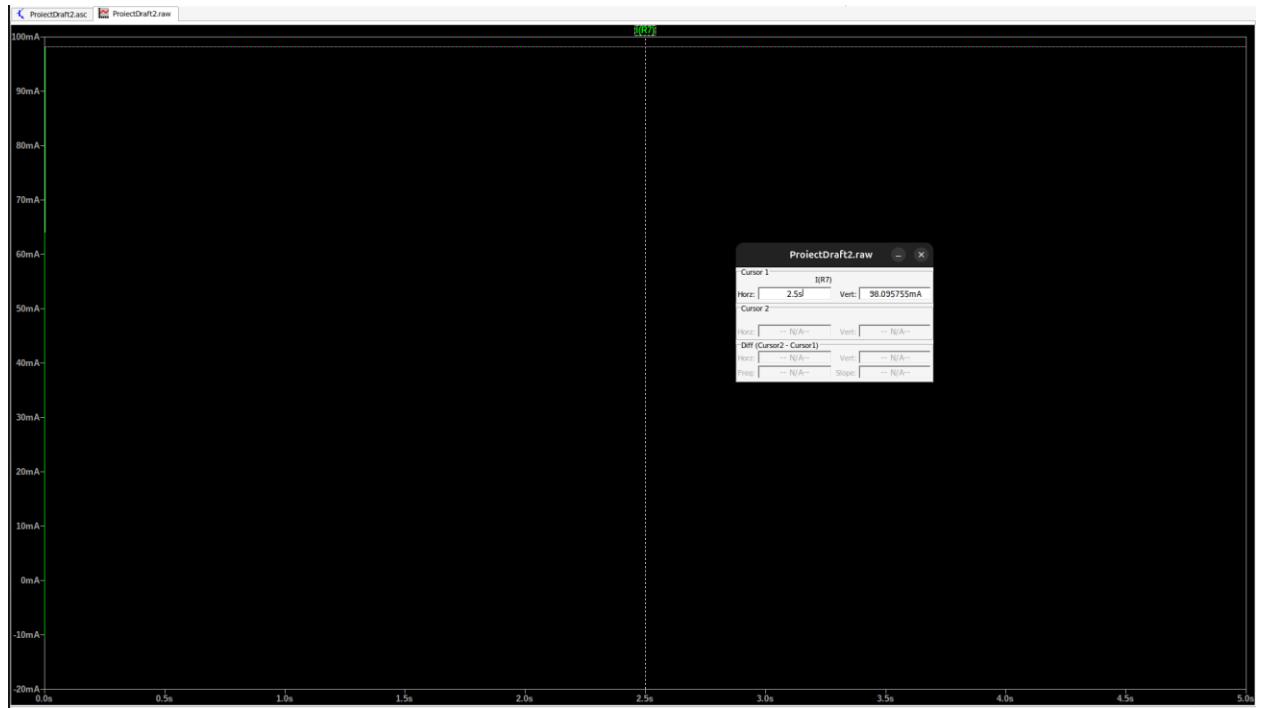


Figura 9. Currentul de ieșire

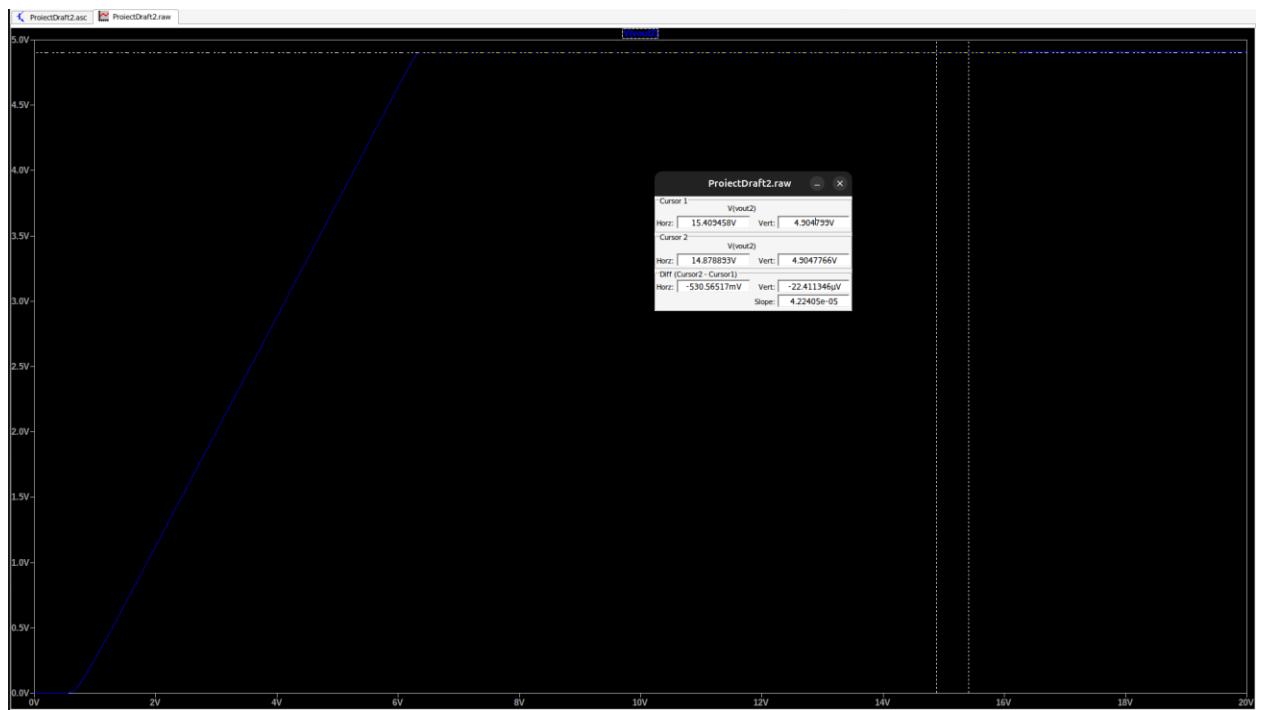


Figura 10. SUI

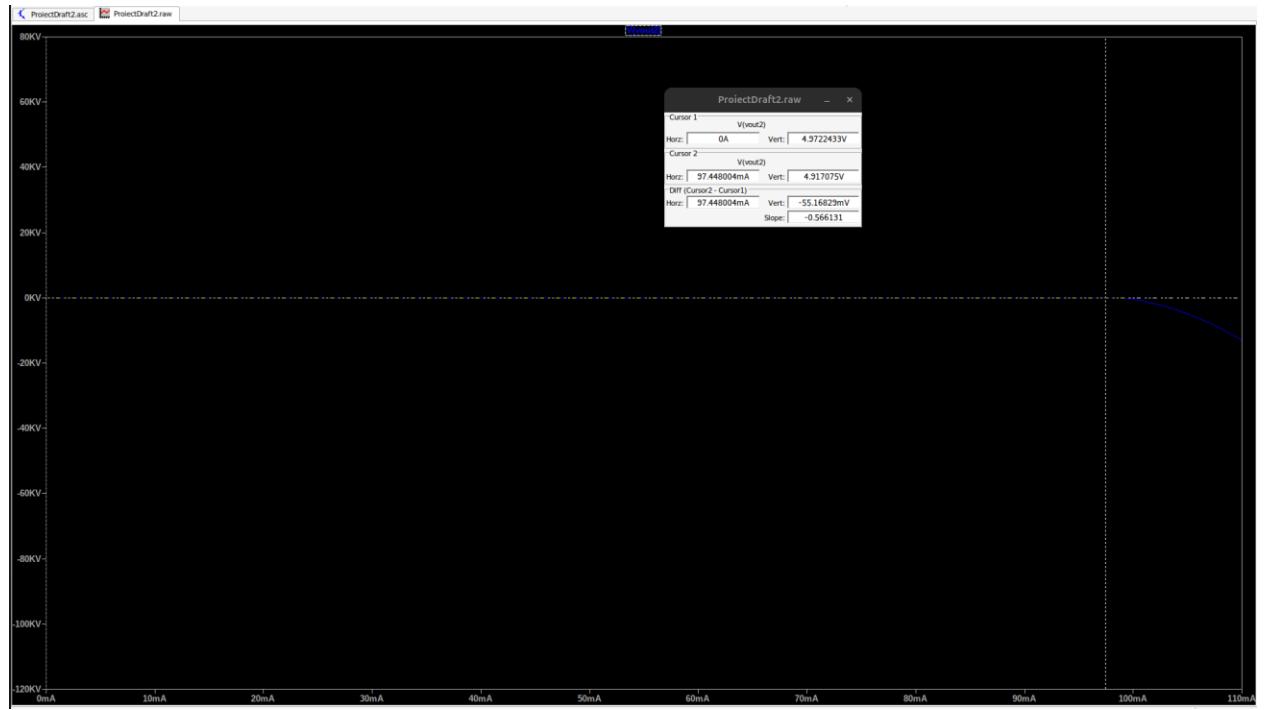


Figura 11. Rezistenta de iesire echivalenta a circuitului

Bibliografie

wikipedia.org

Power Supplies, a practical approach – Dorin Petreus,Toma Patarau,Radu Etz

<https://www.repeater-builder.com/astron/astron-repair/regulator-operation.html>