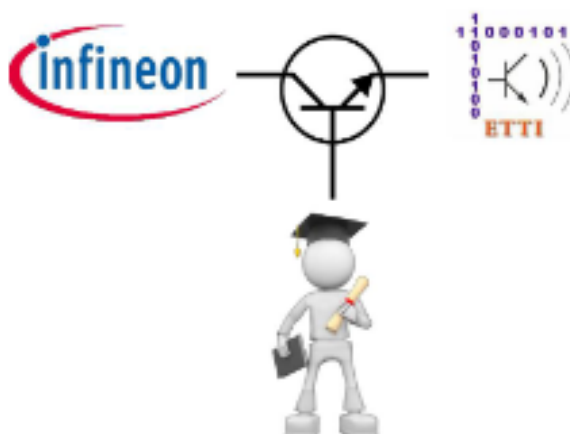


# Proiect 1 – DCAE

## Proiectarea și realizarea unui stabilizator de tensiune



Coordonatori științifici:

Prof. dr. ing. Dragoș DOBRESCU

Prof. dr. ing. Mădălin MOISE

Autor:

Dragos-Ionut RADU

Grupa: 433B

# 1 CUPRINS

---

1.Cerinta temei de proiectare .....	2
2.Stabilizator-considerente teoretice .....	3
3.Proiectare .....	4
3.1 Schema de principiu.....	4
3.2 Dimensionarea componentelor.....	4
3.3 Proiectarea pe bucati a schemei in OrCad.....	5
3.4 Schema finală (după alegerea componentelor din lista dată și modificarea circuitului pentru proiectarea PCB) .....	6
3.5 Punct static de functionare.....	7
3.6 B.O.M(Bill of components) .....	8
4.Simulari .....	10
4.1 Stabilizare de tensiune.....	10
4.2 PSRR.....	10
4.3 Simularea protecției la scurt circuit cu o sursa variabila tip PWL.....	11
4.4 Simularea variației tensiunii de ieșire cu temperature.....	11
5. Realizarea structurii de interconectare PCB .....	12
5.1 PCB.....	12
5.2 TOP.....	13
5.3 BOTTOM.....	14
5.4 Solder Mask Top.....	14
5.5 Solder Mask Bottom.....	15
5.6 Solder Paste Top.....	15
5.7 Silkscreen Top.....	16
5.8 Drill.....	16
6. Verificare Gerbtool .....	17
6.1 BOT.....	17
6.2 TOP+SMTOP+SPTOP.....	17
6.3 Board.....	18
6.4 Board + Fab.....	18
6.5 TOP+SMTOP+SPTOP+SSTOP+BOT.....	19
6.6 TOP+SMTOP+SPTOP+SSTOP+BOT+Drill.....	19
7. Concluzii .....	20
8. Bibliografie .....	20

# 1.Cerinta temei de proiectare

Să se proiecteze și să se realizeze practic un stabilizator de tensiune având următoarele caracteristici:

- element de reglare serie transistor de tip NMOS.
- Tensiune de intrare și tensiune de ieșire stabilizată în conformitate cu datele din Tabel 1. Fiecare student va primi un număr în baza căruia va alege combinația VIN, VOUT.
- Protecție la supracurent de tip limitare de curent.
- Curentul de limitare va fi calculat astfel încât puterea disipată pe elementul de reglare să nu depășească 1 W.
- Variația cu temperatura a tensiunii de ieșire nu trebuie să depășească 2 mV/K pentru gama de temperatura 0°C ... 60°C.
- Semnalizarea cu dioda de tip LED a tensiunilor de intrare și de ieșire.

Număr temă	Tensiune de ieșire stabilizată, VOUT [V]	Tensiune de intrare, VIN [V]
1	1.8	5
2	1.8	7
3	1.8	8
4	1.8	12
5	1.8	15
6	3.3	5
7	3.3	7
8	3.3	8
9	3.3	12
10	3.3	15
11	5	8
12	5	12
13	5	15
14	5	18
15	5	20
16	12	15
17	12	16
18	12	17
19	12	18
20	12	20

Tabel 1 Cerințele de proiectare în funcție de numărul temei.

Număr tema Tabel 1 =5

Tensiune de ieșire stabilizată VOUT=1.8V

Tensiune de intrare VIN=15V

## 2. Stabilizator-considerente teoretice

Stabilizatorul de tensiune este circuitul care, în mod ideal, asigură o tensiune de ieșire a sursei (tensiune stabilizată) să fie independentă de tensiunea la intrare, curentul prin sarcină sau temperatură. Acesta este ultimul bloc dintre cele care formează sursa de tensiune continuă stabilizată, interpunându-se între redresorul cu filtru și sarcină.

### Principiul de funcționare:

Tensiunea de ieșire se compară cu o sursă de referință (de obicei tensiunea pe o diodă Zener) și dacă acestea nu sunt egale, diferența între ele (sau un curent proporțional cu această diferență de tensiuni) numit semnal de control, se aplică unui element regulator (eventual după o amplificare prealabilă). Elementul regulator (sau de reglaj) modifică tensiunea de ieșire în sensul potrivit până când aceasta devine egală cu tensiunea de referință, iar semnalul de control se anulează.

Stabilizatoarele cu reacție completează schema clasică a unui stabilizator cu un amplificator de eroare. În acest mod, crește valoarea factorului de stabilizare și scade cea a rezistenței de sarcină. Amplificatorul de eroare și elementul de reglaj alcătuiesc blocul de comandă și reglaj al stabilizatorului.

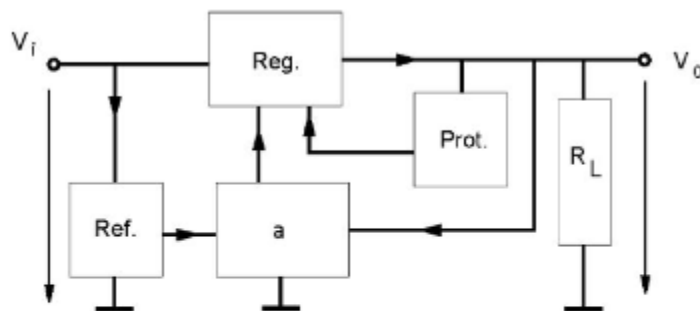


Fig.11.1. Schema bloc a unui stabilizator de tensiune. Ref. = referința de tensiune, Reg. = regulator serie, a = amplificator de eroare,  $R_L$  = rezistența (impedanța) de sarcină, Prot. = circuit de protecție.

# 3.Proiectare

## 3.1 Schema de principiu

Schema de principiu pentru bucla de regulare este prezentată în Figura 2.1. Tranzistorul M1 reprezintă elementul de reglare serie și se află în configurație de repetor pe sursă.

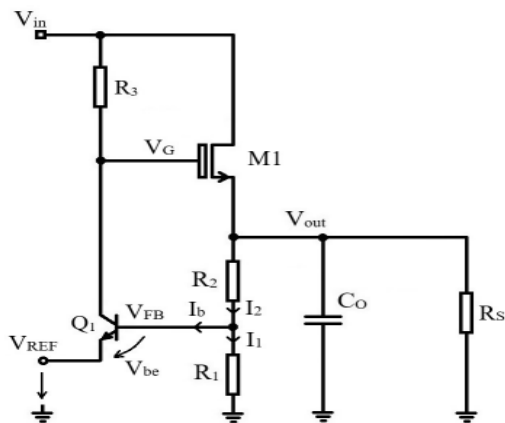


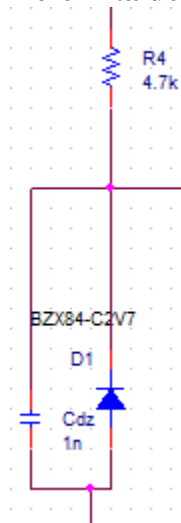
Figura 2.1. Schema de principiu a buclei de regulare.

## 3.2 Dimensionarea componentelor

$$\begin{aligned}
 V_{in} &= 15V \\
 V_{out} &= 1,8V \\
 V_{REF} &= 1,4V \\
 V_{REF} &= \frac{R_a}{R_a + R_b} \cdot V_{out} \Rightarrow \frac{R_a}{R_a + R_b} = 0,78 \\
 \Rightarrow R_a &= 0,78 R_a + 0,78 R_b \Rightarrow 0,22 R_a = 0,78 R_b \\
 \Rightarrow R_a &= 3,54 R_b \\
 \Rightarrow R_a &= 1,5 K\Omega \\
 \Rightarrow R_b &= 0,42 K\Omega \\
 V_{REF} &= 1,4V \\
 V_{D2} &= 2,7V \\
 V_{REF} &= \frac{R_x}{R_x + R_y} \cdot V_{D2} \Rightarrow \frac{R_x}{R_x + R_y} = 0,51 \\
 \Rightarrow R_x &= 0,51 R_x + 0,51 R_y \\
 \Rightarrow 0,49 R_x &= 0,51 R_y \Rightarrow R_x = 1,1 R_y \\
 \Rightarrow R_y &= 2 K\Omega \\
 \Rightarrow R_x &= 2,2 K\Omega
 \end{aligned}$$

### 3.3 PROIECTAREA PE BUCATI A SCHEMEI IN ORCAD

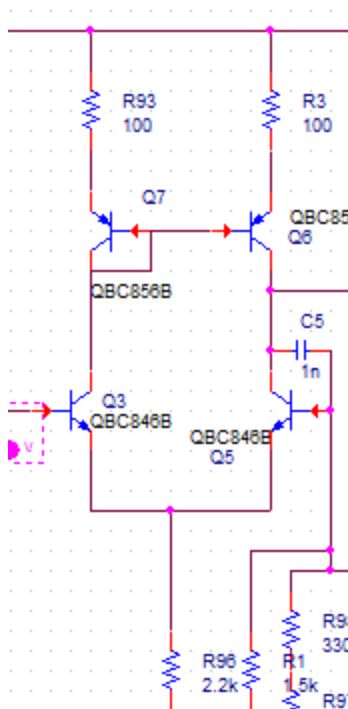
#### a) Referinta de tensiune



Referința de tensiune este formată dintr-o diodă Zener ce ofera o tensiune constanta de 2.7V, iar in paralel cu aceasta un condensator ce va prelua eventualele variatii de tensiune la modificari ale curentului de polarizare.

Polarizarea diodei zener se face la curent constant furnizat de sursa prin R4 oferind un curent optim.

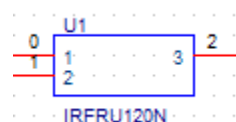
#### b) Amplificatorul de eroare:



Amplificatorul de eroare contine un amplificator diferențial alcatuit din tranzistoarele bipolare BC846B de tip NPN, Q3 și Q5 impreuna cu rezistența R96 prin care se scurge curentul din aplicatorul diferențial.

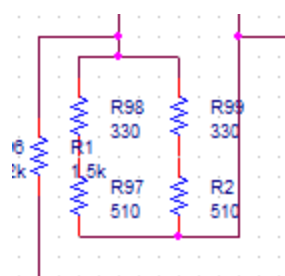
Polarizarea tranzistoarelor componente din diferențial se face folosind oglinda de curent formata din tranzistaorele bipolare Q7 si Q6 de tip PNP impreuna cu rezistentele R93 si R3.

#### c) 3.Elementul de reglaj serie:



Elementul de reglaj serie este reprezentat prin tranzistorul de putere MOSFET IRFRU120N, U1, ce trebuie sa suporte cea mai mare parte a puterii circuitului. Conform cerintelor de proiectare puterea maxima pe acest tranzistor va fi de 1W.

#### d) Rețeaua de reacție:

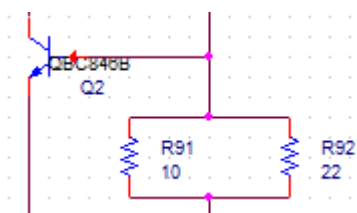


Rețeaua de reacție negativă este constituită dintr-un divizor de tensiune, iar tensiunea eșantionată de aceasta este comparată cu tensiunea de referință dată de dioda Zener.

Tensiunea de ieșire din acest circuit este dată de formula:  

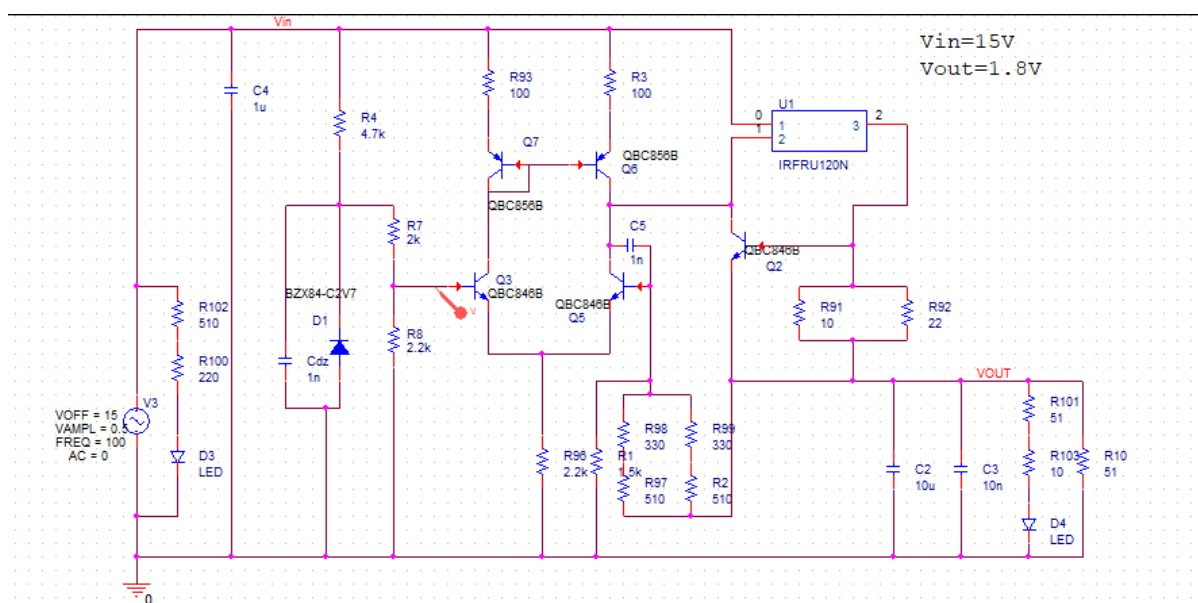
$$V_{out} = (V_{ref} + V_{be}) * ((R_{98} + R_{97}) \parallel (R_{99} + R_2) + R_1) / R_1$$

#### e) Protecția la supracurent:



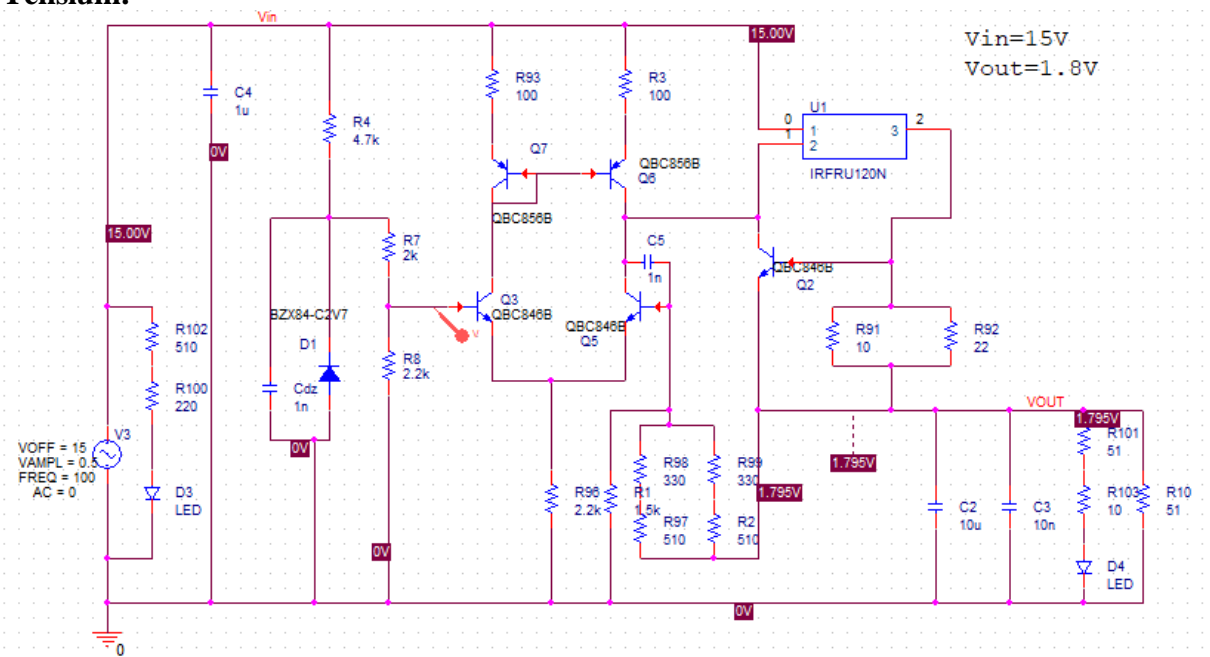
Când circuitul de protecție, simte un curent destul de mare de mare astfel încât produsul  $I_{out} * (R_{91} \parallel R_{92})$  să fie egal cu tensiunea de deschidere a tranzistorului bipolar BC846B de tip NPN Q5, va deschide acest tranzistor ce trage curentul de la intrare direct în ieșire pentru a evita distrugerea elementului de reglaj.

### 3.4 Schema finală (după alegerea componentelor din lista dată și modificarea circuitului pentru proiectarea PCB)

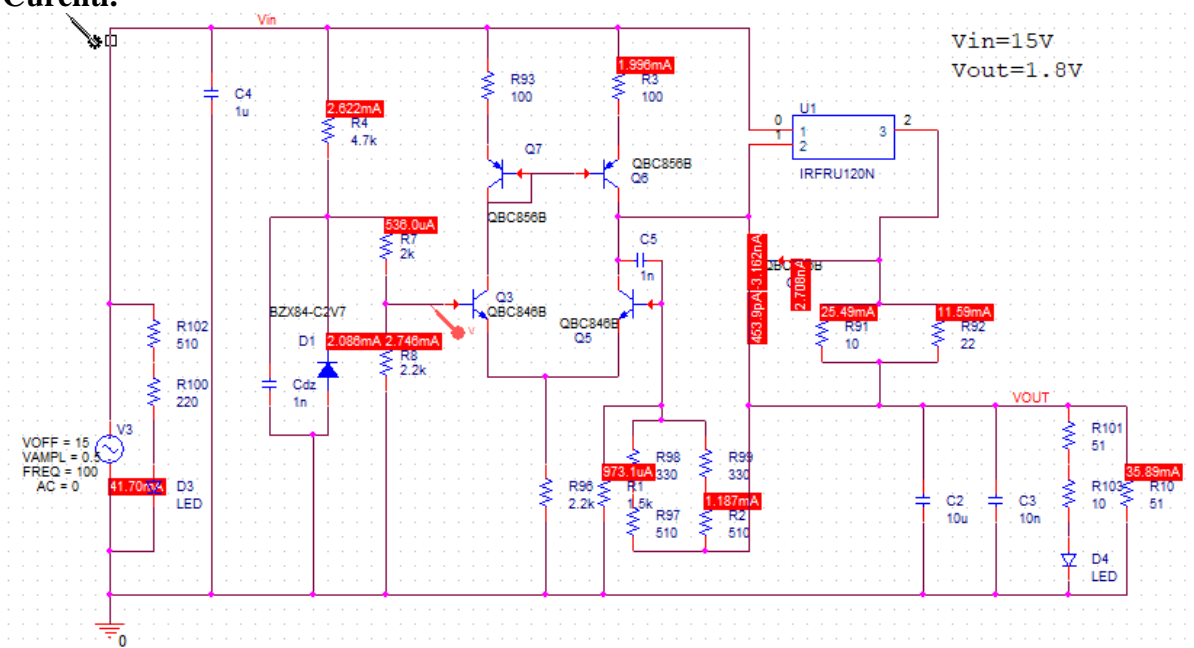


### 3.5 Punct static de functionare:

#### a) Tensiuni:

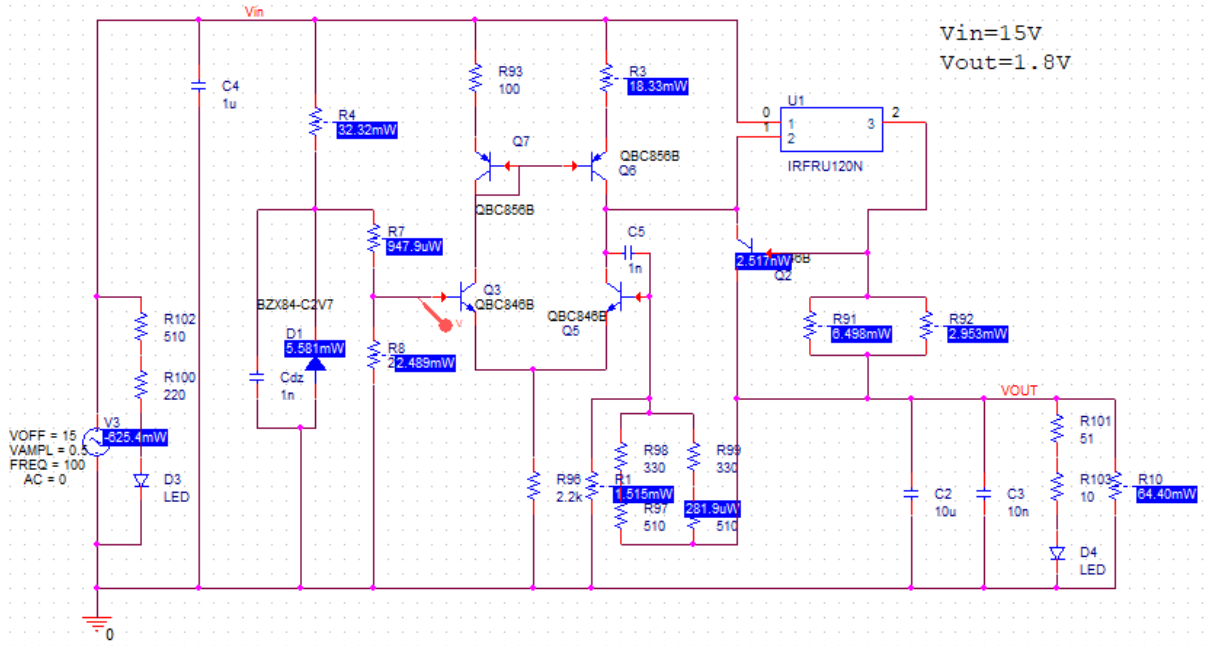


#### b) Curenti:





**c) Puteri:**



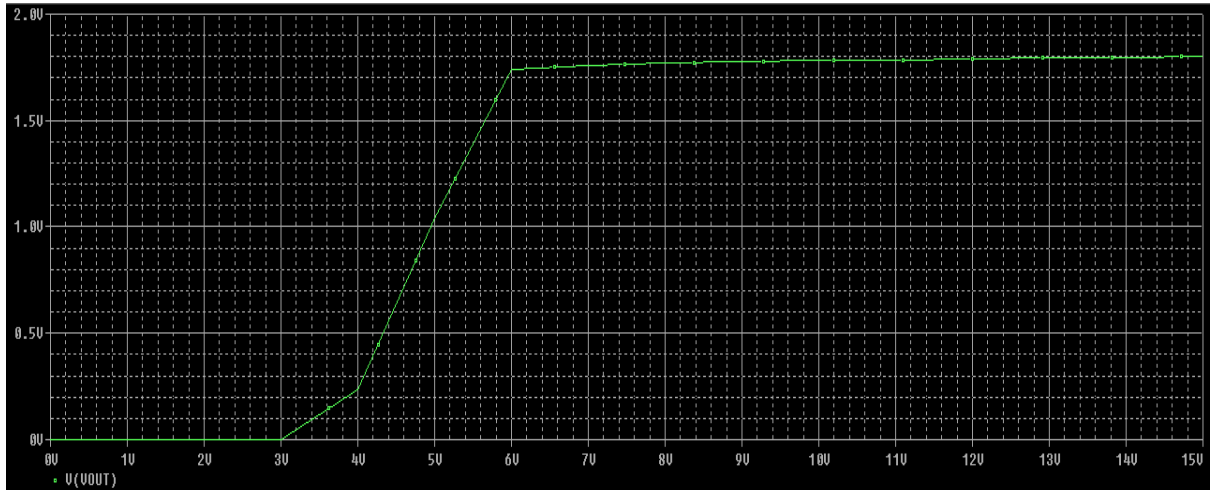
### 3.6 B.O.M(Bill of components)

Referinta	Valoare	Tip footprint	Tip capsula package	Produtorul	Cod componenta	Distribuitor	Cod Distribuitor	Descriere	Catalog
Cdz1, C1	1nF	SMC0805	SMD CAP 0805	Samsung	CLC21C102/BCNNNC	TME ROMANIA	CLC21C102/BCNNNC	Condensator: ceramic; MLCC; 1nF; 50V; COG; ±5%; SMD; 0805	<a href="#">(LINK)</a>
Cin1	1uF	SMC0805	SMD CAP 0805	Samsung	CL21A475KAQNNNG	TME ROMANIA	CL21A475KAQNNNG	Condensator: ceramic; MLCC; 1uF; 50V; X7R; ±10%; SMD; 0805	<a href="#">(LINK)</a>
Co1	10uF	SMC0805	SMD CAP 0805	Samsung	10U/50-SMD	TME ROMANIA	CE1U/50-SMD	Condensator: electrolytic; SMD; 10uF; 50VDC; Ø6,3x5,5mm; ±20%	<a href="#">(LINK)</a>
Co2	10nF	SMC0805	SMD CAP 0805	Samsung	CL21B103KBANNND	TME ROMANIA	CL21B103KBANNND	Condensator: ceramic; MLCC; 10nF; 50V; X7R; ±10%; SMD; 0805	<a href="#">(LINK)</a>
D1	BZ84C2V7	SOT23	SOT23	ON Semiconductor	BZ84-C2V7LT1G	TME ROMANIA	BZ84-C2V7LT1G	Diodă: Zener; 0,3W; 2,7V; SMD; rolă, bandă; SOT23;	<a href="#">(LINK)</a>
D2, D3	D1N3940	SMC080512	SMD 0805	Optoflash	OF-SMD2012Y	TME ROMANIA	OF-SMD2012Y		
Q3,Q4,Q5	QBC846B	SOT23	D10TEC	QBC846B		TME ROMANIA	BC846B	Tranzistor: NPN; bipolar; 65V; 0,1A; 250mW; SOT23	<a href="#">(LINK)</a>
Q1,Q2	QBC856B	SOT23	SOT23	D10TEC	BC856B	TME ROMANIA	BC856B	Tranzistor: PNP; bipolar; 65V; 0,1A; 250mW; SOT23	<a href="#">(LINK)</a>
RLED2	220ohm	SMR0805	SMD RES 0805	ROYAL OHM	0805S8J0221T5E	TME ROMANIA	SMD0805-220R-5%	Rezistor: thick film; SMD; 0805; 220Ω; 0,125W; ±1%; -55-125°C	<a href="#">(LINK)</a>
RLED3, R14, R15	510ohm	SMR0805	SMD RES 0805	ROYAL OHM	0805S8J0511T5E	TME ROMANIA	SMD0805-510R-5%	Rezistor: thick film; SMD; 0805; 510Ω; 0,125W; ±5%; -55-125°C	<a href="#">(LINK)</a>
R1, R2	100ohm	SMR0805	SMD RES 0805	ROYAL OHM	0805S8J0101T5E	TME ROMANIA	SMD0805-100R-5%	Rezistor: thick film; SMD; 0805; 100Ω; 0,125W; ±5%; -55-125°C	<a href="#">(LINK)</a>
R3	4,7kohm	SMR0805	SMD RES 0805	ROYAL OHM	0805S8J0472T5E	TME ROMANIA	SMD0805-4K7-5%	Rezistor: thick film; SMD; 0805; 4,7kΩ; 0,125W; ±5%; -55-125°C	<a href="#">(LINK)</a>
R4	2kohm	SMR0805	SMD RES 0805	ROYAL OHM	0805S8J0202T5E	TME ROMANIA	SMD0805-2K-5%	Rezistor: thick film; SMD; 0805; 2kΩ; 0,125W; ±5%; -55-125°C	<a href="#">(LINK)</a>
R5, R13	10ohm	SMR0805	SMD RES 0805	ROYAL OHM	0805S8J0100T5E	TME ROMANIA	SMD0805-10R-5%	Rezistor: thick film; SMD; 0805; 10Ω; 0,125W; ±5%; -55-125°C	<a href="#">(LINK)</a>
R6	22ohm	SMR0805	SMD RES 0805	ROYAL OHM	0805S8F220JT5E	TME ROMANIA	SMD0805-22R-1%	Rezistor: thick film; SMD; 0805; 22Ω; 0,125W; ±1%; -55-125°C	<a href="#">(LINK)</a>
R7, R11	2,2kohm	SMR0805	SMD RES 0805	ROYAL OHM	0805S8J0222T5E	TME ROMANIA	SMD0805-2K2-5%	Rezistor: thick film; SMD; 0805; 2,2kΩ; 0,125W; ±5%; -55-125°C	<a href="#">(LINK)</a>
R8	51ohm	SMR0805	SMD RES 0805	ROYAL OHM	0805S8J0510T5E	TME ROMANIA	SMD0805-51R-5%	Rezistor: thick film; SMD; 0805; 51Ω; 0,125W; ±5%; -55-155°C	<a href="#">(LINK)</a>
R9, R10	330ohm	SMR0805	SMD RES 0805	ROYAL OHM	0805S8J0331T5E	TME ROMANIA	SMD0805-330R-5%	Rezistor: thick film; SMD; 0805; 330Ω; 0,125W; ±5%; -55-125°C	<a href="#">(LINK)</a>
R12	1.5kohm	SMR0805	SMD RES 0805	ROYAL OHM	WF08P152JTL	TME ROMANIA	SMD0805-1K5-5%	Rezistor: thick film; de înaltă putere; SMD; 0805; 1,5kΩ; 250mW	<a href="#">(LINK)</a>
U1	1FRFU120N	TQ252AA	DPAK	International Rectifier	1FRF120NPBF	TME ROMANIA	1FRF120NPBF	Tranzistor: N-MOSFET; unipolar; 100V; 9,1A; 39W; DPAK	<a href="#">(LINK)</a>
J4, J7	2 pin conn	JUMPER 2	2 pin, THD 2.54mm	NINIGI	ZL301-40P	TME ROMANIA	ZL301-40P	Șir pini; șiruri pini; tată; PIN: 40; verticale; 2,54mm; SMT; 1x40	<a href="#">(LINK)</a>
J1, J2, J3, J5, J6, J8, J9, J10	1 pin conn	JUMPER 1		NINIGI	ZL301-40P	TME ROMANIA	ZL301-40P		

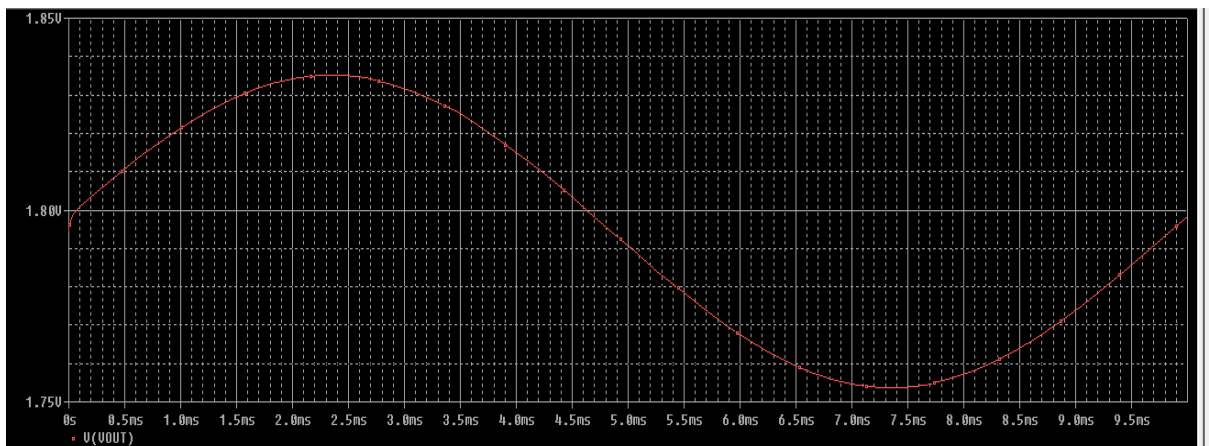
Item	Quantity	Reference	Part
1	2	Cd1	1n
		C1	1n
2	1	Cin1	1u
3	1	Co1	10u
4	1	Co2	10n
5	1	D1	BZX84C2V7
6	2	D2	d
		D3	d
7	2	J1	VIN
		J4	VIN
8	1	J2	VG
9	1	J3	V8
10	2	J5	VOUT
		J7	VOUT
11	1	J6	VREF
12	1	J8	VFB
13	2	J9	GND
		J10	GND
14	2	Q1	QBC856B
		Q2	QBC856B
15	3	Q3	QBC846B
		Q4	QBC846B
		Q5	QBC846B
16	1	RLED2	220
17	3	RLED3	510
		R14	510
		R15	510
18	2	R1	100
		R2	100
19	1	R3	4.7k
20	1	R4	2k
21	2	R5	10
		R13	10
22	1	R6	22
23	2	R7	2.2k
		R11	2.2k
24	1	R8	51
25	2	R9	330
		R10	330
26	1	R12	1.5k
27	1	U1	IRFRU120N

## 4. Simulari

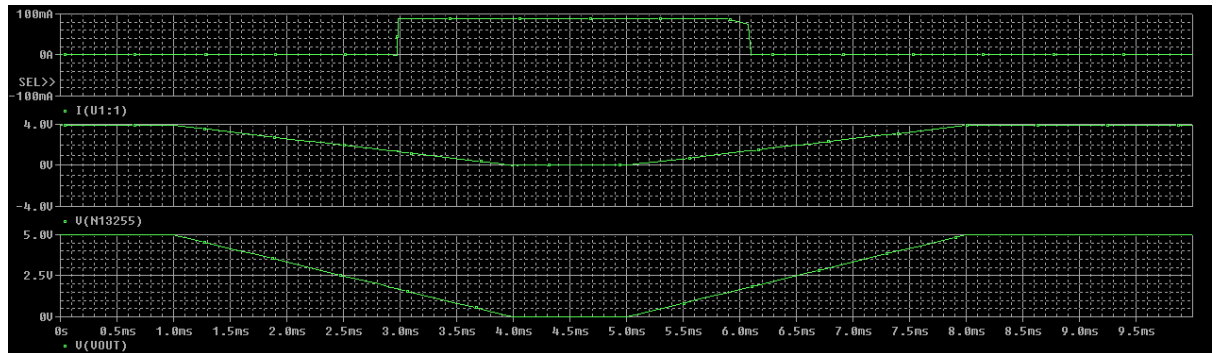
### 4.1 Stabilizare de tensiune



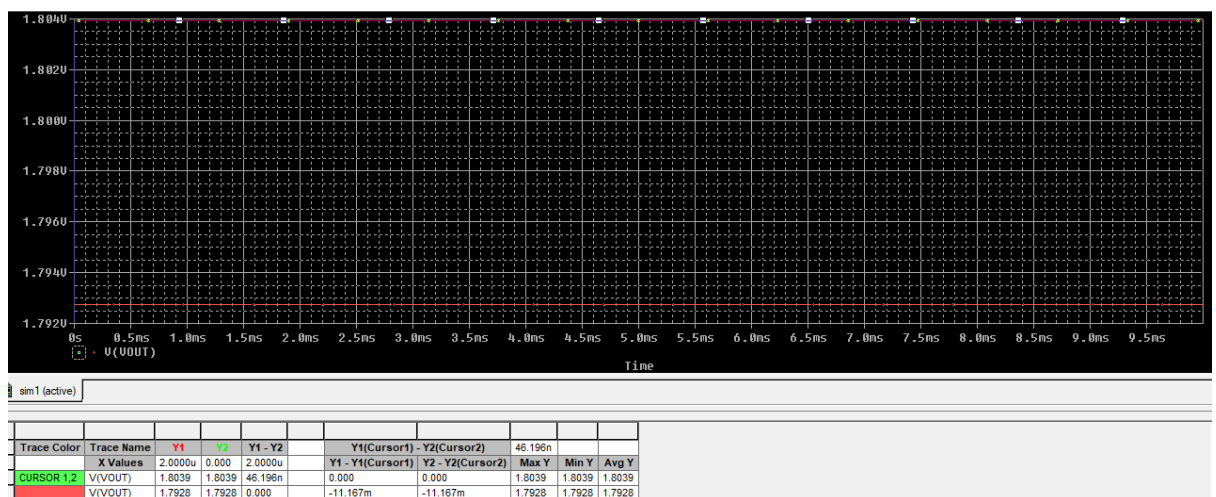
### 4.2 PSRR



### 4.3 Simularea protecției la scurt circuit cu o sursa variabila tip PWL



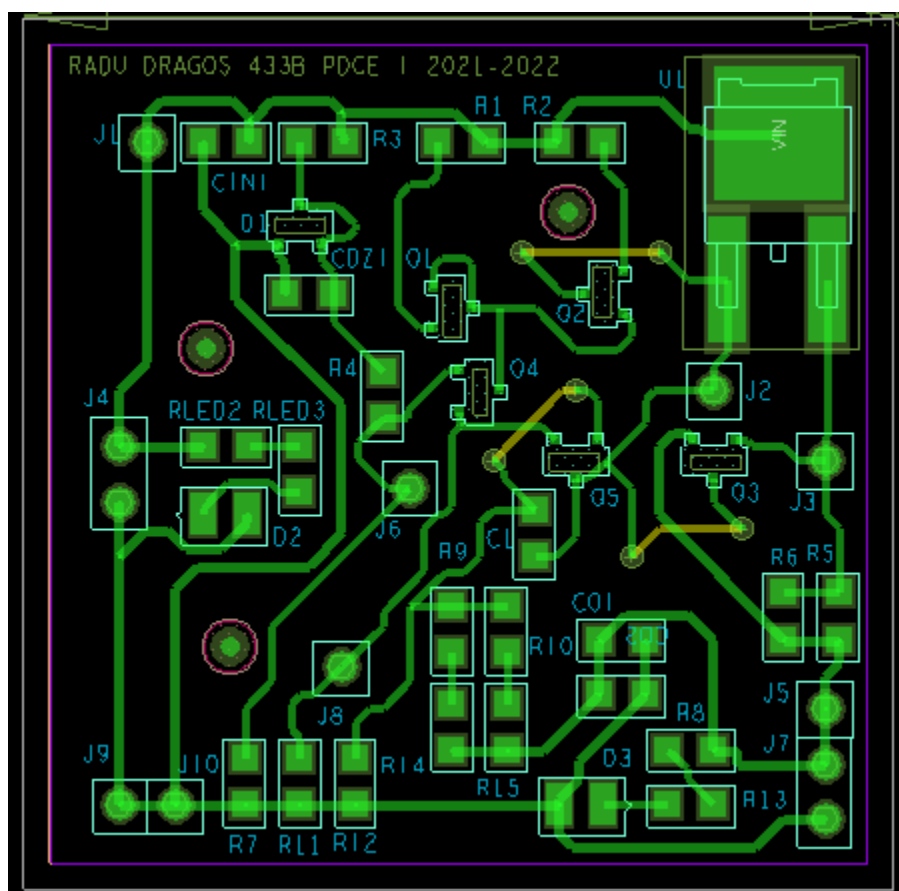
### 4.4 Simularea variației tensiunii de ieșire cu temperature



Cele 2 linii corespund valorilor lui  $V_{out}$  la temperaturile de 0, respective 60 grade Celsius. Din graphic reiese o diferență de 11mV, adică o variație a tensiunii de ieșire cu temperature de 0.18mV/gradC, deci stabilizatorul are o comportare foarte bună la variația temperaturii de lucru.

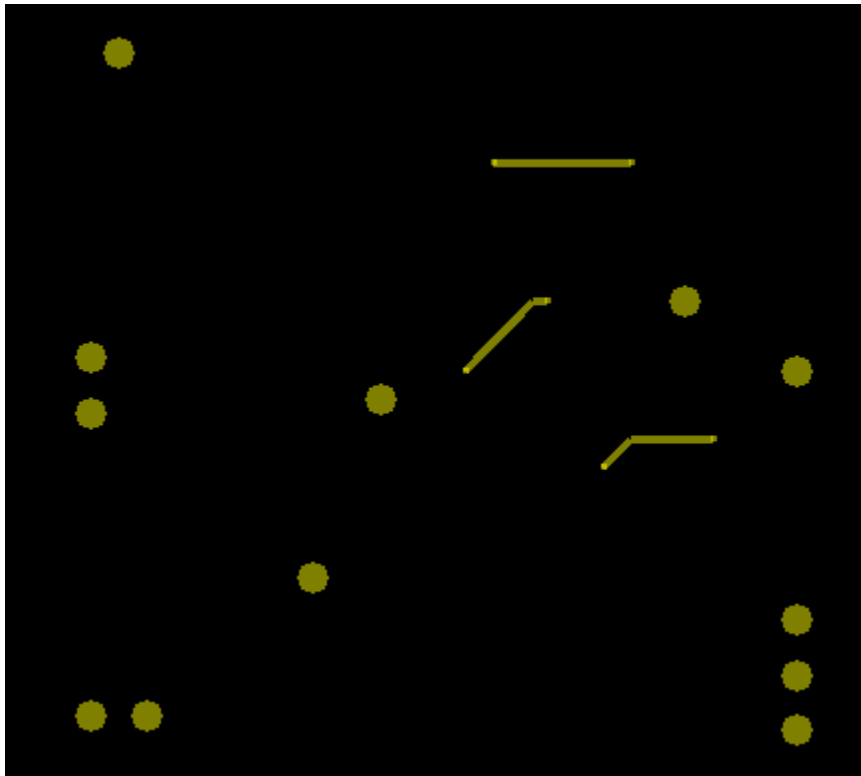
## 5. Realizarea structurii de interconectare PCB

### 5.1 PCB

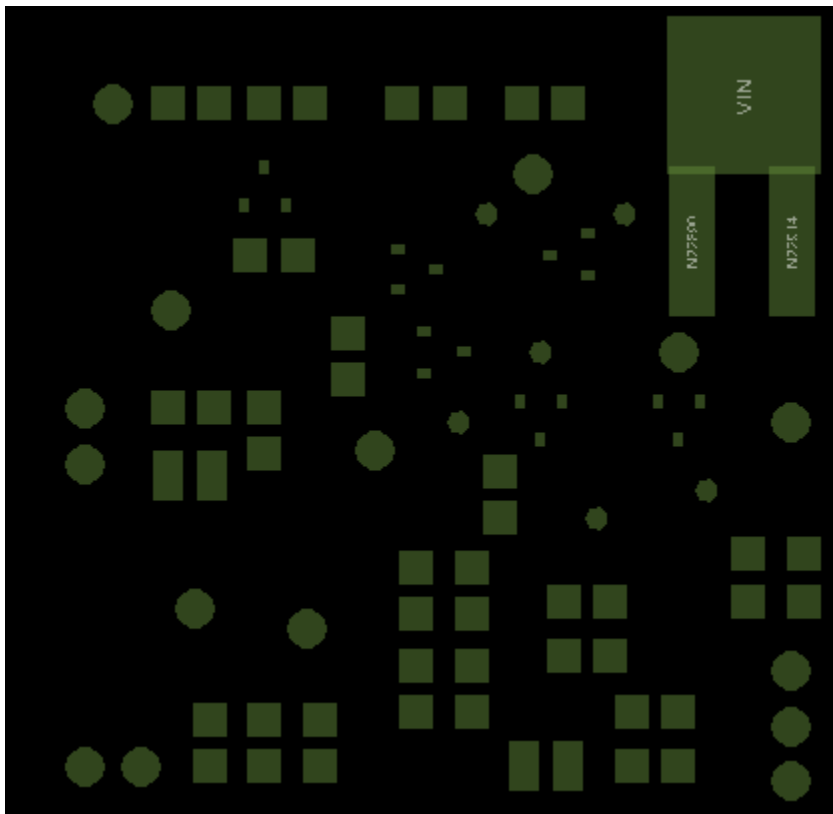




### 5.3 BOTTOM



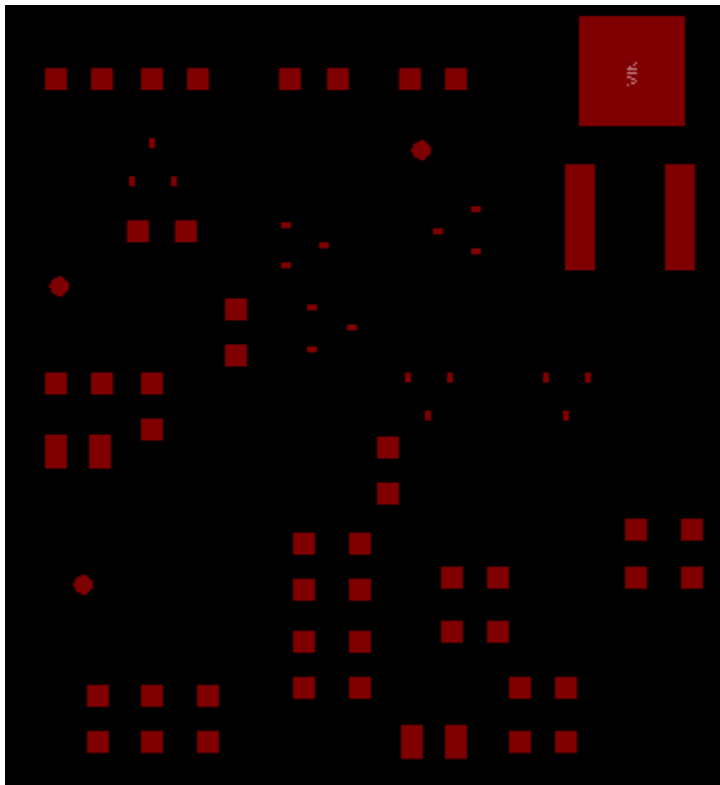
### 5.4 Solder Mask Top



### 5.5 Solder Mask Bottom

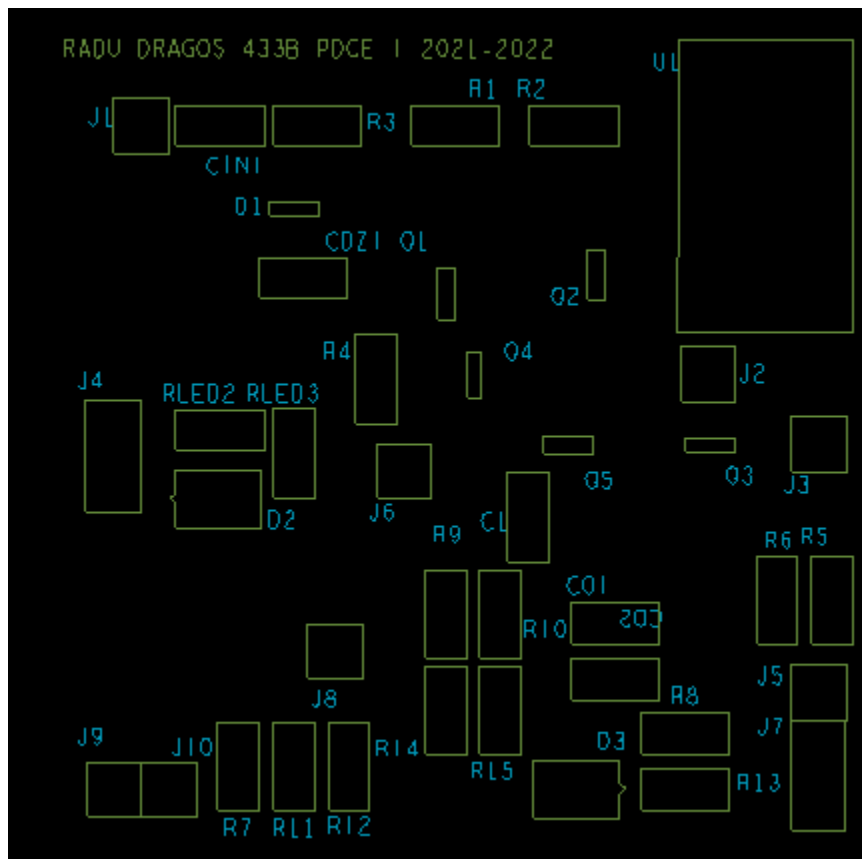


### 5.6 Solder Paste Top

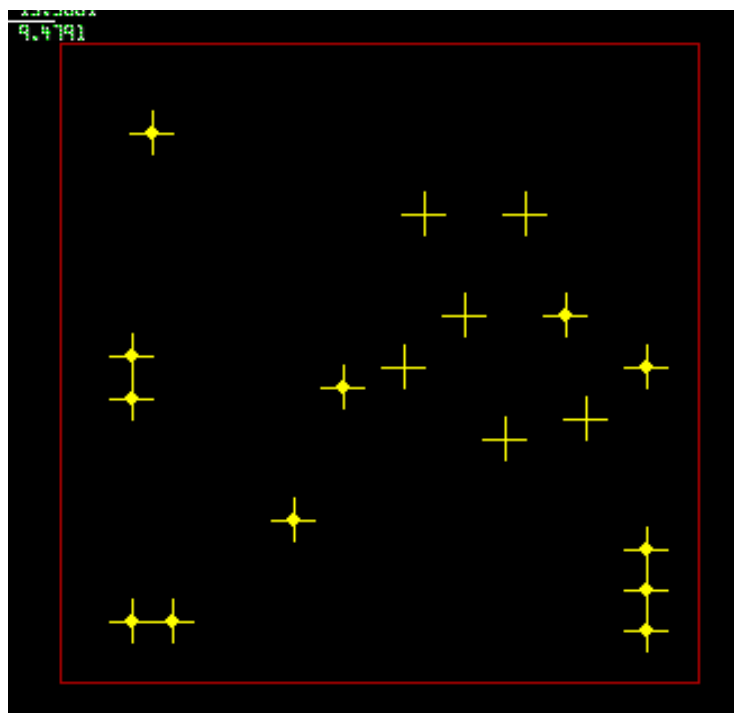




## 5.7 Silkscreen Top

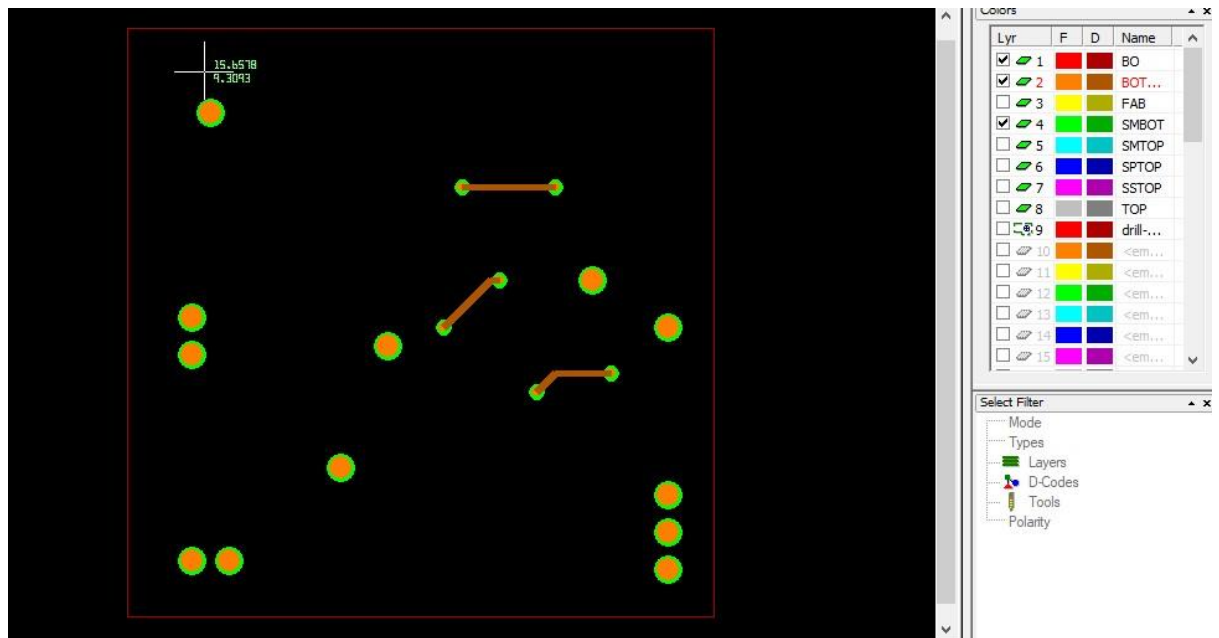


## 5.8 Drill

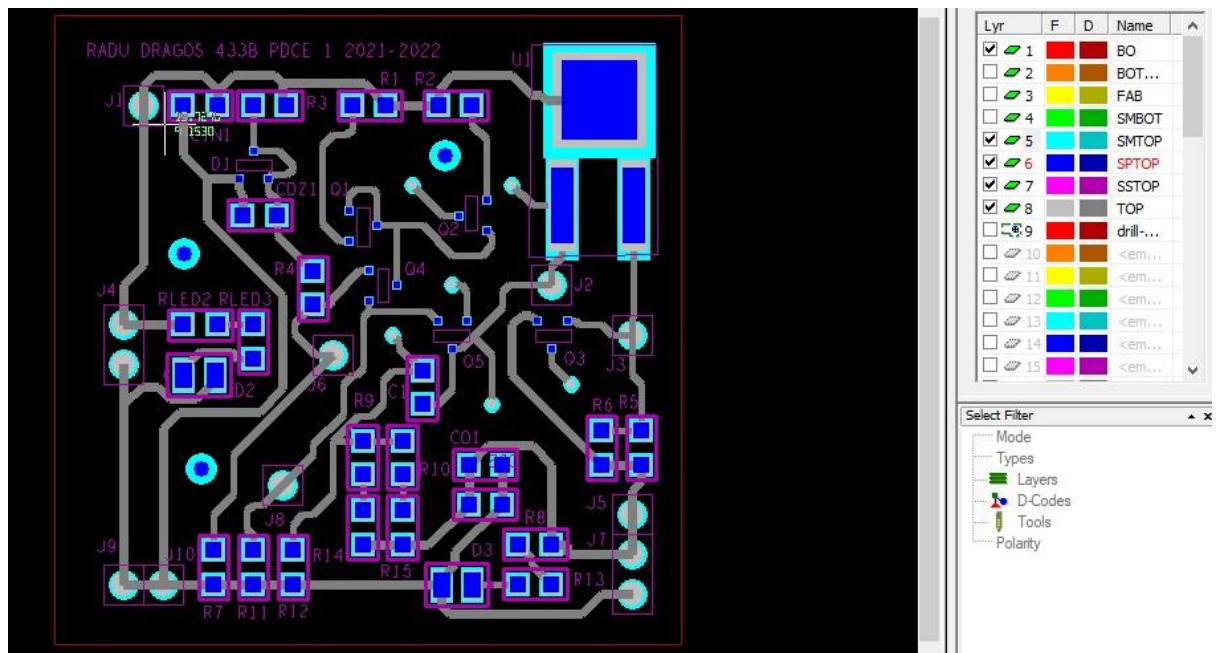


## 6. Verificare Gerbtool

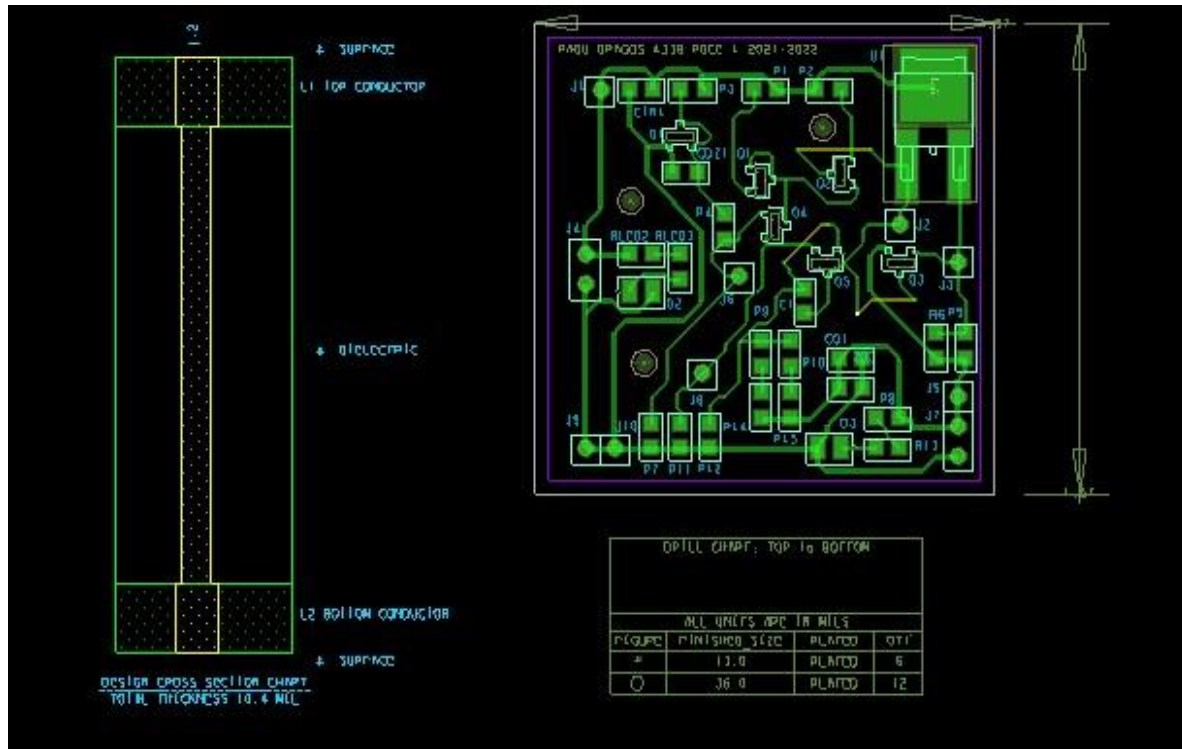
### 6.1 BOT



### 6.2 TOP+SMTOP+SPTOP



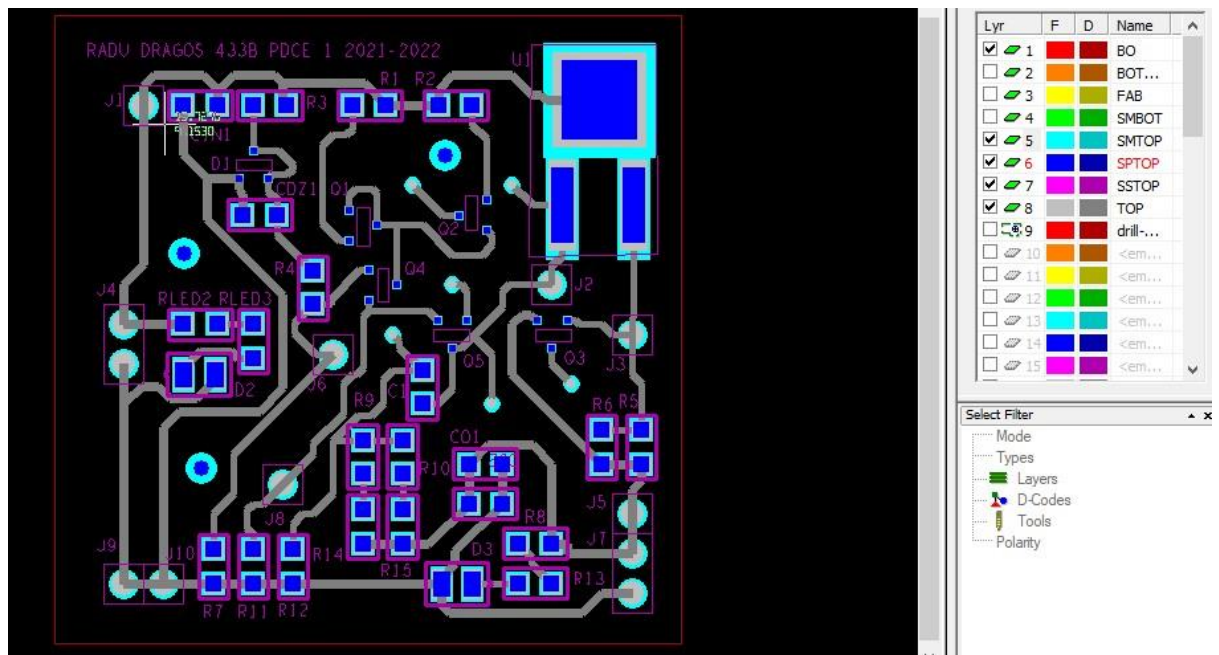
## 6.3 Board



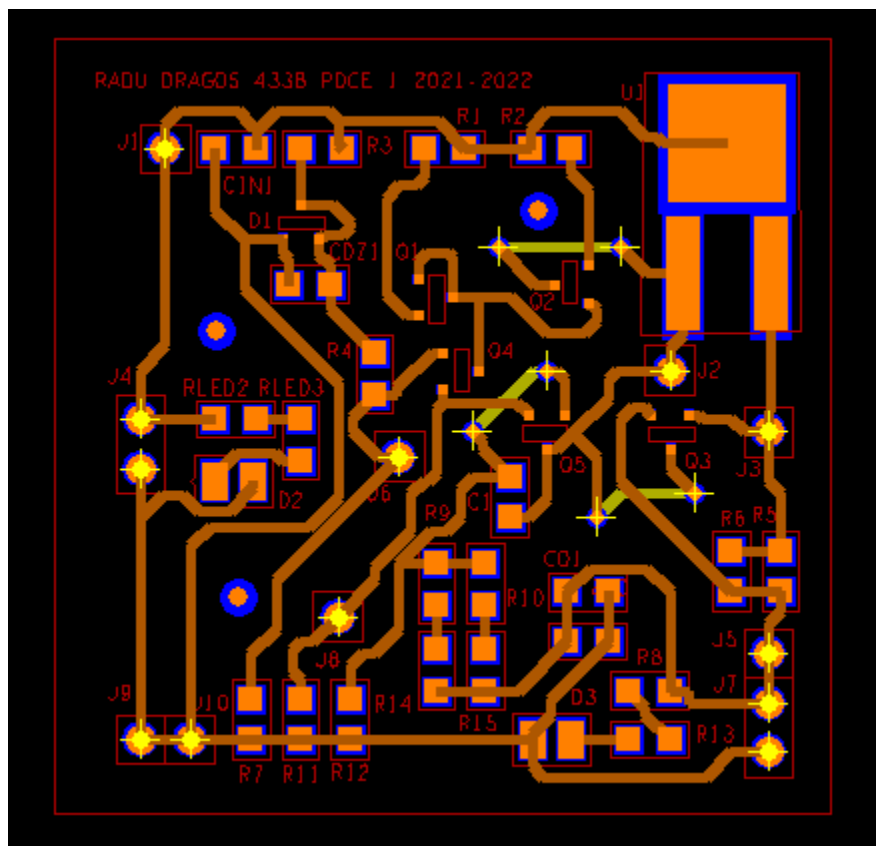
## 6.4 Board + Fab



## 6.5 TOP+SMTOP+SPTOP+SSTOP+BOT



## 6.6 TOP+SMTOP+SPTOP+SSTOP+BOT+Drill



## 7. Concluzii

- Scopul proiectului a fost de a realiza și proiecta un stabilizator de tensiune cu element de reglaj serie. Stabilizatorul de tensiune este un circuit electronic care, ideal, asigură la ieșire o tensiune constantă, și care nu depinde de alți parametri ca: tensiunea de intrare, temperatură ambiantă, curent de sarcină. În realitate, tensiunea de la ieșire este dependentă de acești parametri, dar variația ei poate fi controlată și minimizată printr-o proiectare corectă.
- Datele de intrare sunt: tensiunea de intrare care va fi stabilizată  $V_{in}=15V$ , și tensiunea de ieșire stabilizată,  $V_{out}=1.8V$ .
- Elementul de reglaj serie este reprezentat prin tranzistorul de putere MOSFET IRFRU120N, ce trebuie să suporte cea mai mare parte a puterii circuitului.
- Circuitul prezintă protecție la supracurent și 2 diode LED care semnalizează  $V_{in}$ , respective  $V_{out}$ .

## 8. Bibliografie

- [www.dce.pub.ro](http://www.dce.pub.ro)
- [www.cetti.ro/v2/pdce.php](http://www.cetti.ro/v2/pdce.php)
- [https://wiki.dcae.pub.ro/index.php/Pagina\\_principal%C4%83](https://wiki.dcae.pub.ro/index.php/Pagina_principal%C4%83)
- Proiect1\_v3\_SeriaB\_2021\_2022.pdf Îndrumar realizat de ETTI în parteneriat cu Infineon România
- Note de curs Dispozitive Electronice, Gheorghe Brezeanu
- Note de curs Circuite Electronice Fundamentale, Florin Draghici