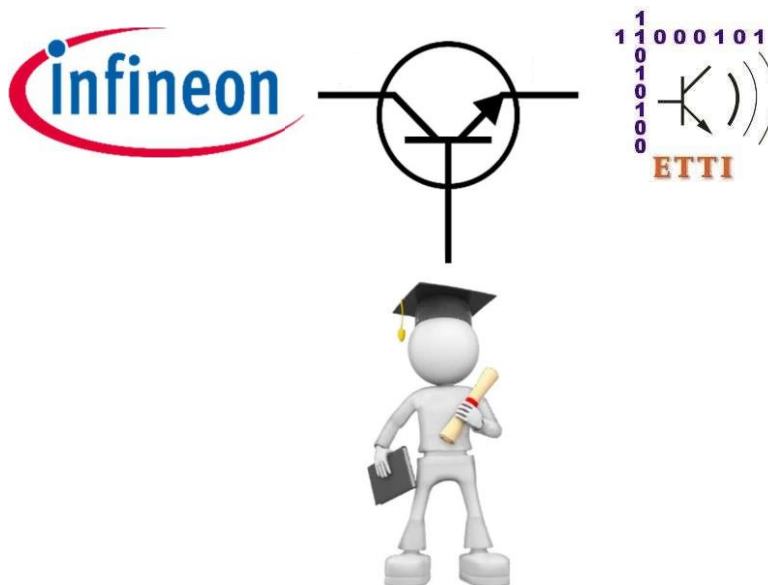


Proiect 1

Proiectarea și realizarea unui generator de semnal
de joasă frecvență

$$N = 4$$



CUPRINS

1. INTRODUCERE.....	3
2. CERINȚE DE PROIECTARE	4
2.1. Descrierea temei.....	4
3. PROIECTARE	5
3.1. Schema bloc	5
3.2. Schema electrică	6
3.3. Demonstrație funcționare sigură a tranzistoarelor.....	7
3.4. Raport de postprocesare „Bill of materials” (BOM)	8
4. SIMULARE	9
4.1. Forme de undă.....	9
4.2. Puncte statice de funcționare	10
5. ASAMBLARE	12
5.1. Plan de plantare perfo-board.....	12
5.2. Mod de realizare	13
6. MANUAL DE UTILIZARE.....	14
7. BIBLIOGRAFIE	15

1. INTRODUCERE

Generatoarele de semnale sunt aparate electronice care, in laboratoarele de masurari electronice, sunt utilizate ca surse de tensiune variabile in timp, cu o anumita forma de unda si cu nivel si frecventa reglabile. In esenta lor, generatoarele de semnal contin circuite electronice care transforma energia furnizata de sursa de curent continuu in energie de curent alternativ furnizata la iesirea aparatului, intr-un singur punct (la borne), cu semnalul $e_g(t + kT)$ reglabil intr-un anumit domeniu de frecvente ($f = 1/T$).

Sunt denumite generatoare de semnale datorita faptului ca, in cazul acestor aparate, accentul nu se pune pe randamentul conversiei energiei electrice, ci pe calitatile formei de unda a semnalului de curent alternativ.

Un prim criteriu de clasificare a generatoarelor de semnal se refera la forma de unda a semnalului de la bornele de iesire; in functie de acest criteriu exista urmatoarele generatoare:

- sinusoidale sau armonice, cand forma de unda a semnalului produs este sinusoidala;
- de semnale liniar variabile, cand forma de unda este liniar crescatoare in timpul cursei active(crescatoare) si cu panta mare de care in timpul cursei inverse(descrescatoare)
- de semnale dreptunghiulare
- de semnale triunghiulare
- de semnale trapezoidale
- de semnale cu forme de unda specifice unei anume aplicatii(spre exemplu de semnale dreptunghiulare defazate in timp- in cazul circuitelor de sincronizare a functionarii calculatoarelor electronice).

De notat este ca nu exista un criteriu unui de calitate pentru toate formele de unda generate, fiecare avand anumite marimi specifice care, in fond, exprima cat de bine aproximeaza forma de unda de la iesirea generatorului modelul matematic al oscilatiei impuse de proces.

Pe langa calitatea formei de unda, alt criteriu de calitate se refera la stabilitatea oscilatiei, in conditiile in care asupra sistemului actioneaza perturbatii(cele mai importante perturbatii constau in modificarea valorii tensiunii de alimentare a sursei de curent continuu si / sau in modificarea temperaturii la care functioneaza circuitul).

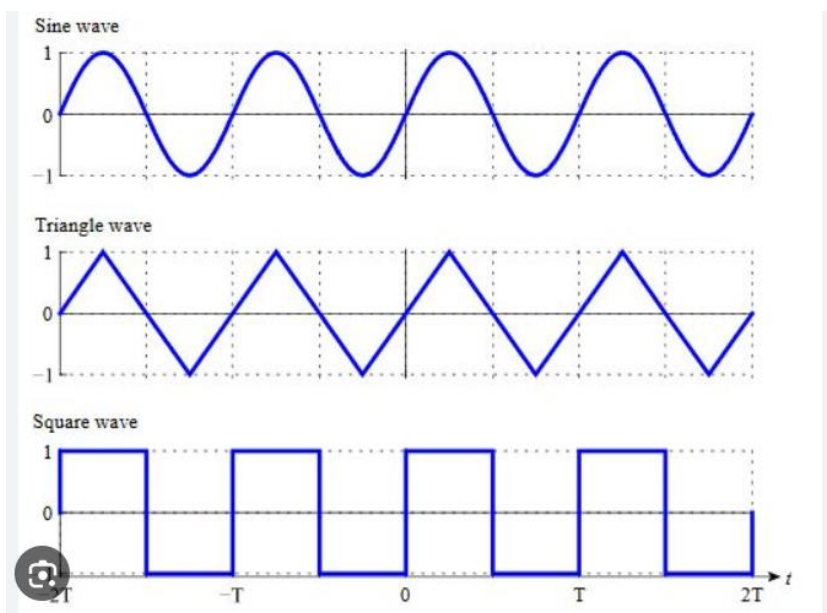


Figura 1: Forma de unda sinusoidala, tringhiulara si dreptunghiulara

2. CERINȚE DE PROIECTARE

2.1. Descrierea temei

Să se proiecteze (în semestrul 1) și să se realizeze practic (în semestrul 2) un **generator de semnal de joasă frecvență** având următoarele caracteristici:

- ◆ Tensiunea de alimentare: $9+N$ [V];
- ◆ Impedanța de sarcină pur rezistivă având valoarea $200 \cdot N$ [Ω];
- ◆ Forma de undă: dreptunghiulară, triunghiulară și sinusoidală;
- ◆ Frecvență reglabilă: $f_{\min} = 50N$ [Hz]; $f_{\max} = 5+N$ [kHz];
- ◆ Amplitudinea semnalului reglabilă $10 \text{ mV} - N \text{ V}$;
- ◆ Se va utiliza minimum o sursă de curent constant pentru polarizarea tranzistoarelor ce amplifică.

Circuitul va fi proiectat și realizat sub forma unui modul electronic a cărui structură de interconectare va fi concepută în **tehnologie THT și perfo-board**.

3. PROIECTARE

3.1. Schema bloc

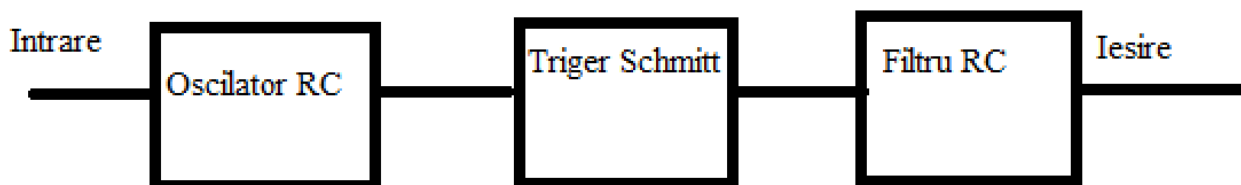


Figura 2: Schema bloc a circuitului

- Sursa de alimentare de la intrare are tensiunea de intrare alternativă cu amplitudinea de **13V**.
- Oscilatorul RC folosit pentru a obtine forma de unda sinusoidala.
- Triger Schmitt-ul conectat la iesirea oscilatorului pentru a obtine o forma de unda dreptunghiulara.
- Doua filtre RC folosite pentru a obtine o forma triunghiulara.

3.2. Schema electrică

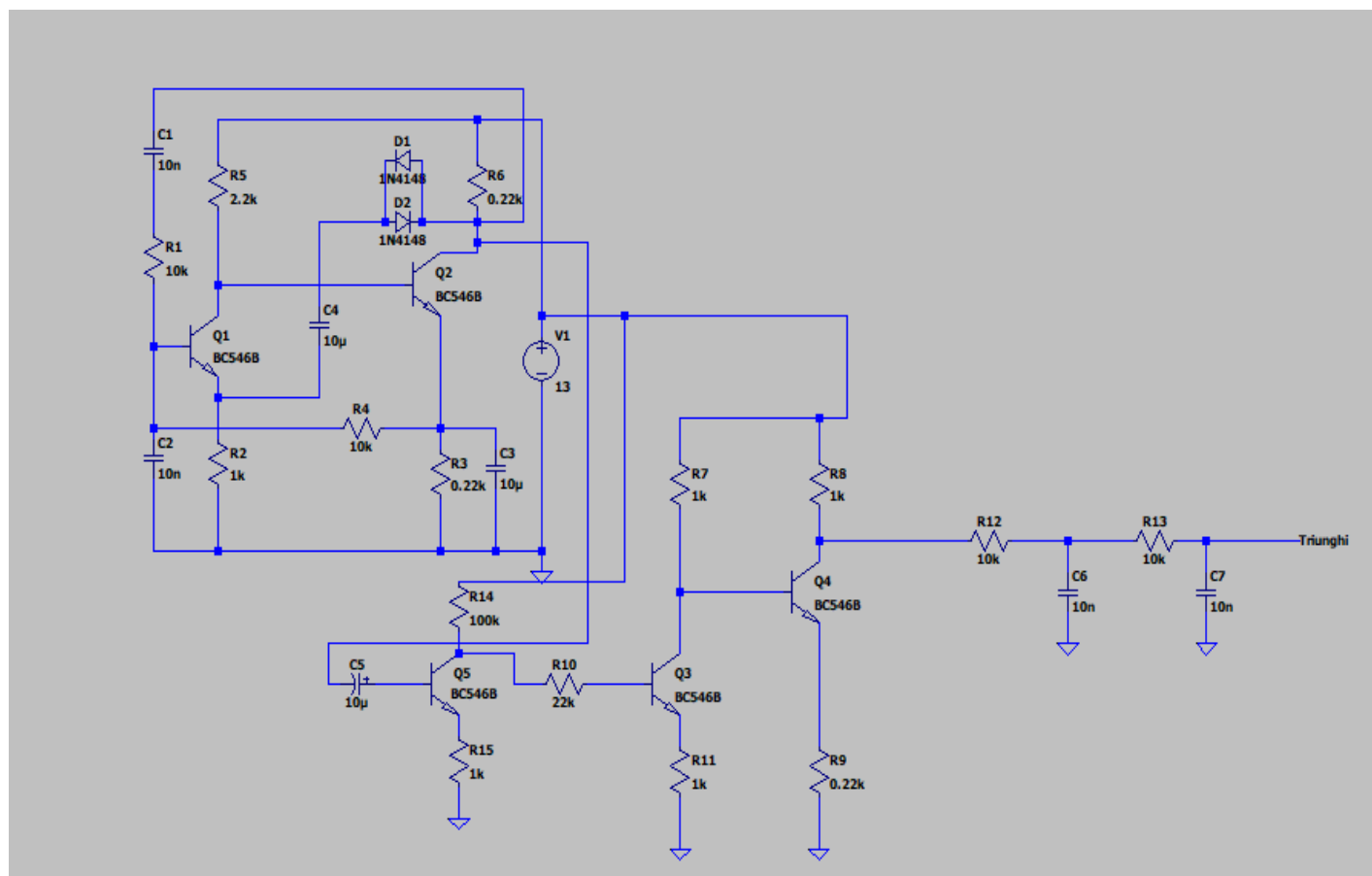
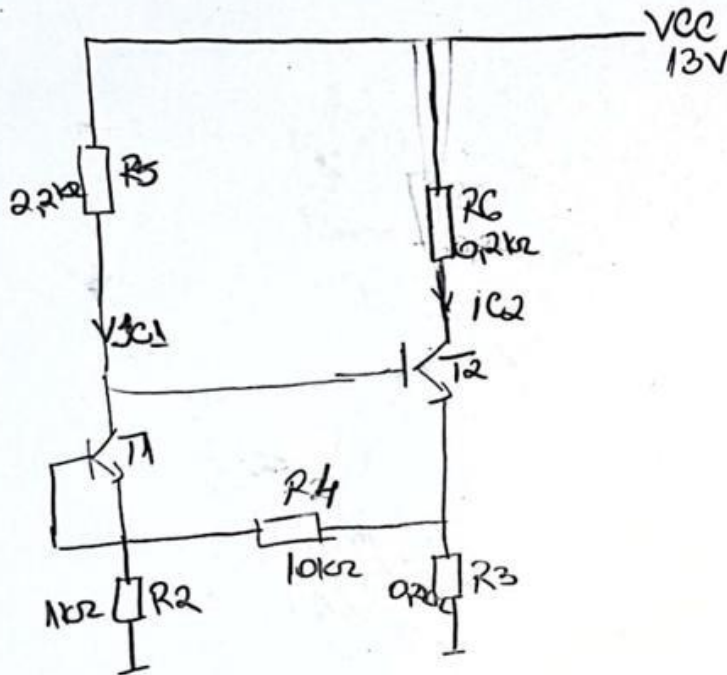


Figura 3: Schema electrică a circuitului

3.3. Demonstrație funcționare sigură a tranzistoarelor



$$V_{CC} = I_{C1} R_5 + V_{BE2} + I_{B1} R_4 + V_{BE1} + I_{C1} R_2 =$$

$$= I_{C1} \left(R_5 + \frac{R_4}{\beta_F} + R_2 \right) + V_{BE1} + V_{BE2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow I_{C1} = \frac{V_{CC} - V_{BE1} - V_{BE2}}{R_5 + \frac{R_4}{\beta_F} + R_2} = \frac{11,8}{3,15} = 3,74 \text{ mA}$$

$$V_{CC} = I_{C1} R_5 + V_{BE2} + I_{C2} R_3 \Rightarrow I_{C2} = \frac{V_{CC} - I_{C1} R_5 - V_{BE2}}{R_3}$$

$$I_{C2} = 20,86 \text{ mA}$$

$$V_{CC} = I_{C1} (R_5 + R_2) + V_{CE1} \Rightarrow V_{CE1} = V_{CC} - I_{C1} (R_5 + R_2)$$

$$V_{CE1} = 13 - 3,74 \text{ mA} (3,2 \text{ k}\Omega)$$

$$V_{CE1} = 1,032 \text{ V}$$

$$V_{CC} = I_{C2} (R_6 + R_3) + V_{CE2} \Rightarrow V_{CE2} = V_{CC} - I_{C2} (R_6 + R_3)$$

$$V_{CE2} = 4,65 \text{ V}$$

$$I_{B1} = \frac{I_{C1}}{\beta_F} = 0,01 \text{ mA} \ll I_{C1}$$

$$I_{B2} = \frac{I_{C2}}{\beta_F} = 0,09 \text{ mA} \ll I_{C2}$$

Figura 4: Punctul static de funcționare + demonstrarea funcționării sigure (nedistructive) a tranzistorului Q1 și Q2 – calcul analitic

3.4. Raport de postprocesare „Bill of materials” (BOM)

Nr.cr	Referinta comp. in schem	Nume	Clasa	Catalog	Cod distribuitor	Nume producator	Producator	Distribuitor	Cantitat
1	R3, R6, R9	220Ω	rezistor	(Link)	THT; 220Ω; 0,25W; ±5%	CF1/4W-220R	SR PASSIVES	TME România	3
2	R2,R7,R8,R11,R15	1kΩ	rezistor	(Link)	THT; 1kΩ; 0,25W; ±5%	CF1/4W-1K	SR PASSIVES	TME România	5
3	R5	2.2kΩ	rezistor	(Link)	THT; 2,2kΩ; 0,25W; ±5%	CF1/4W-2K2	SR PASSIVES	TME România	1
4	R1,R4,R12,R13	10kΩ	rezistor	(Link)	THT; 10kΩ; 0,25W; ±5%	CF1/4W-10K	SR PASSIVES	TME România	4
5	R10	22kΩ	rezistor	(Link)	THT; 22kΩ; 0,25W; ±5%	CF1/4W-22K	SR PASSIVES	TME România	1
6	R14	100kΩ	rezistor	(Link)	THT; 100kΩ; 0,25W; ±5%	CF1/4W-100K	SR PASSIVES	TME România	1
7	C3,C4,C5	10uF	condensator	(Link)	CE-10/16SP	CE-10/16SP	SR PASSIVES	TME România	3
8	C1,C2,C6,C7	10nF	condensator	(Link)	CCK-10N	CCK-10N	SR PASSIVES	TME România	4
9	D1,D2	4148	dioda pn	(Link)	1N4148-TAP	1N4148-TAP	VISHAY	TME România	2
10	Q1,Q2,Q3,Q4,Q5	NPN	tranzistor bipolar	(Link)	BC546BBK-DIO	BC546BBK	DIOTEC SEMICONDUCTOR	TME România	5

Figura 5: Tabelul ilustrând raportul de postprocesare (BOM)

4. SIMULARE

4.1. Forme de undă

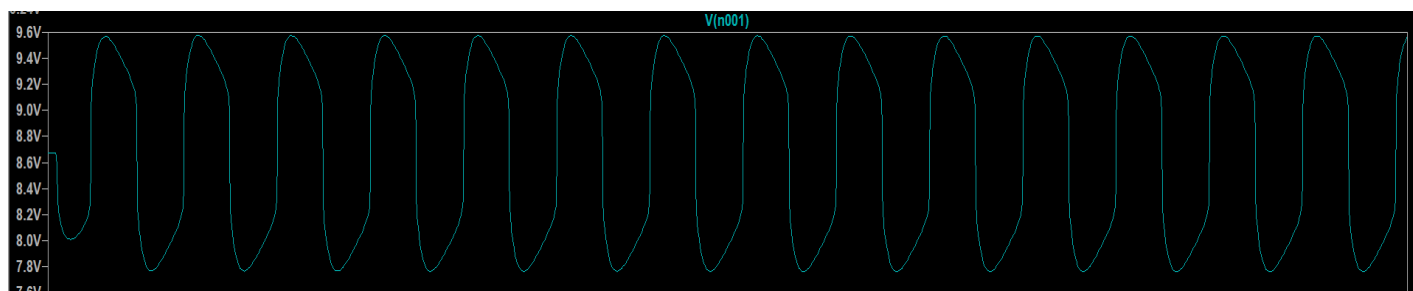


Figura 6: Forma de unda sinusoidală

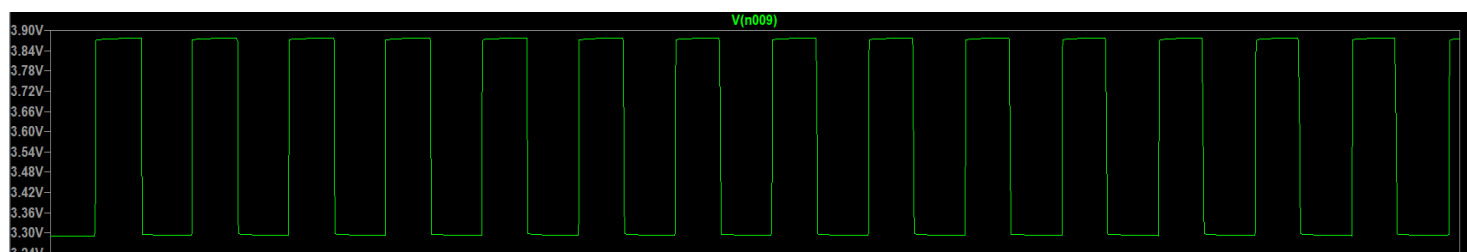


Figura 7: Forma de unda dreptunghiulară

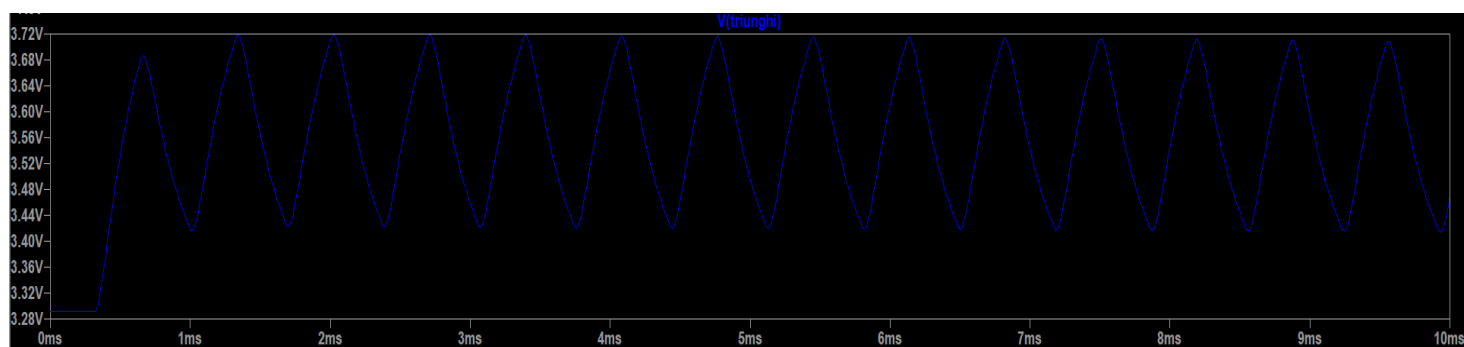


Figura 8: Forma de unda triunghiulară

4.2. Puncte statice de funcționare

--- Operating Point ---

V(n001):	8.67183	voltage
V(n004):	4.21635	voltage
V(n006):	4.21635	voltage
V(n007):	3.54314	voltage
V(n008):	4.34177	voltage
V(n005):	5.0691	voltage
V(n003):	8.67183	voltage
V(n002):	13	voltage
V(n011):	4.01616	voltage
V(n009):	3.29139	voltage
V(n017):	3.26041	voltage
V(n014):	4.62022	voltage
V(n012):	6.13131	voltage
V(n016):	3.94112	voltage
V(n013):	0.270008	voltage
V(n010):	3.29139	voltage
V(triunghi):	3.29139	voltage
V(n015):	8.19549e-07	voltage
Ic(Q5):	8.19548e-10	device_current
Ib(Q5):	5.55112e-17	device_current
Ie(Q5):	-8.19549e-10	device_current
Ic(Q3):	0.00387243	device_current
Ib(Q3):	6.8686e-05	device_current
Ie(Q3):	-0.00394112	device_current
Ic(Q4):	0.00970861	device_current
Ib(Q4):	0.00511141	device_current
Ie(Q4):	-0.01482	device_current
Ic(Q2):	0.0196735	device_current
Ib(Q2):	7.43524e-05	device_current
Ie(Q2):	-0.0197479	device_current
Ic(Q1):	0.0035306	device_current
Ib(Q1):	1.2542e-05	device_current
Ie(Q1):	-0.00354314	device_current
I(C7):	3.29139e-20	device_current
I(C6):	3.29139e-20	device_current
I(C5):	-8.40182e-17	device_current
I(C4):	5.12868e-17	device_current
I(C3):	4.34177e-17	device_current
I(C2):	4.21635e-20	device_current
I(C1):	4.45547e-20	device_current
I(D2):	3.12739e-15	device_current
I(D1):	-3.12739e-15	device_current
I(R14):	6.86869e-05	device_current
I(R15):	8.19549e-10	device_current
I(R13):	-4.44089e-20	device_current
I(R12):	-4.44089e-20	device_current
I(R11):	0.00394112	device_current
I(R10):	-6.8686e-05	device_current
I(R9):	0.01482	device_current
I(R8):	0.00970861	device_current
I(R7):	0.00898384	device_current
I(R6):	0.0196735	device_current
I(R5):	0.00360495	device_current
I(R4):	1.2542e-05	device_current
I(R3):	0.0197353	device_current
I(R2):	0.00354314	device_current
I(R1):	0	device_current
I(V1):	-0.0420396	device_current

--- Diodes ---

Name:	d2	d1
Model:	1n41418	1n4148
Id:	NaN	NaN
Req:	-7.13E-09	7.13E-09
CAP:	NaN	NaN

--- Bipolar Transistors ---

Name:	q5	q3	q4	q2	q1
Model:	bc546b	bc546b	bc546b	bc546b	bc546b
Ib:	NaN	6.87E-05	5.11E-03	7.44E-05	1.25E-05
Ic:	NaN	3.87E-03	9.71E-03	1.97E-02	3.53E-03
Vbe:	2.70E-01	6.79E-01	7.56E-01	7.27E-01	6.73E-01
Vbc:	-5.86E+00	6.04E-01	7.25E-01	-3.60E+00	-8.53E-01
Vce:	6.13E+00	7.50E-02	3.10E-02	4.33E+00	1.53E+00
BetaDC:	1.48E+07	5.64E+01	1.90E+00	2.65E+02	2.82E+02
Gm:	3.12E-08	1.45E-01	4.17E-01	6.71E-01	1.32E-01
Rpi:	5.65E+09	1.68E+03	1.31E+02	3.51E+02	2.08E+03
Rx:	1.00E+00	1.00E+00	1.00E+00	1.00E+00	1.00E+00
Ro:	NaN	7.84E+01	1.06E+00	3.31E+03	1.77E+04
Cbe:	NaN	NaN	1.93E-09	NaN	NaN
Cbc:	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN
Cjs:	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
BetaAC:	1.76E+02	2.44E+02	5.46E+01	2.35E+02	2.75E+02
Cbx:	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN
Ft:	2.78E+02	1.28E+08	3.31E+07	2.58E+08	1.72E+08

--- Netlist --- (pentru
identificarea tensiunilor în urma simulării .op)

C1 N001 N004 10n	R7 N002 N011 1k
R1 N004 N006 10k	R8 N002 N009 1k
C2 N006 0 10n	Q4 N009 N011 N017 0
	BC546B
R2 N007 0 1k	R9 N017 0 0.22k
R3 N008 0 0.22k	R10 N014 N012 22k
R4 N008 N006 10k	Q3 N011 N014 N016 0
	BC546B
C3 N008 0 10μ	R11 N016 0 1k
Q1 N005 N006 N007 0 BC546B	C5 N013 N001 10μ
D1 N001 N003 1N4148	R12 N010 N009 10k
D2 N003 N001 1N4148	R13 Triunghi N010 10k
R5 N002 N005 2.2k	C6 N010 0 10n
R6 N002 N001 0.22k	C7 Triunghi 0 10n
Q2 N001 N005 N008 0 BC546B	R15 N015 0 1k
V1 N002 0 13	R14 N002 N012 100k
C4 N003 N007 10μ V=2.5 Irms=0	Q5 N012 N013 N015 0
Lser=0	BC546B

5. ASAMBLARE

5.1. Plan de plantare perfo-board

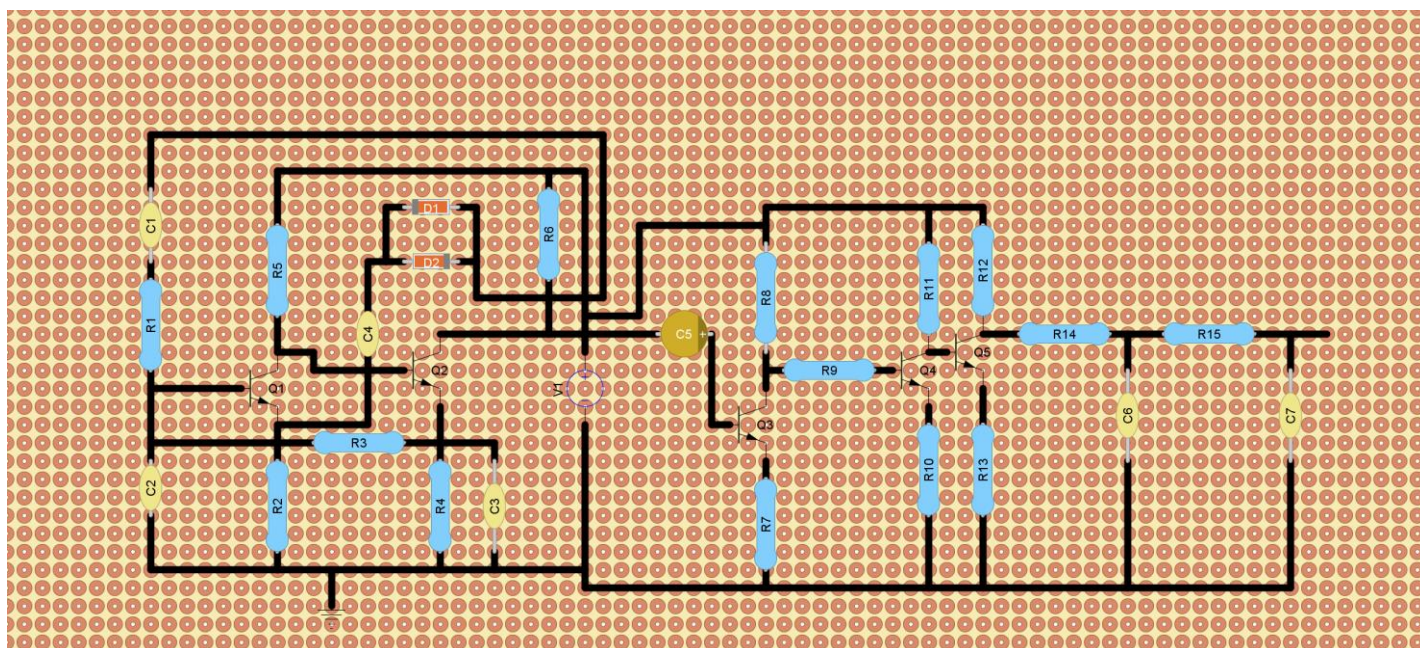


Figura 9: Planul de plantare al componentelor realizat în aplicația **DIY Layout Creator**

Planul de plantare a fost realizat în aplicația **DIY Layout Creator** (DIYLC pe scurt), un instrument de desen gratuit dezvoltat cu ajutorul unei mari comunități online de pasionați de electronice DIY.

Plantarea componentelor în aplicație s-a făcut ținând cont de valoarea și tipul acestora (de exemplu, pentru condensatoarele electrolitice s-a ținut cont de polarizarea acestora).

5.2. Mod de realizare

Tehnica de asamblare **THT** este metoda convențională de asamblare a componentelor electrice, prin care componentele sunt inserate prin perforațiile din PCB.

THT este astfel o tehnologie mai tradițională de asamblare a PCB-ului, în care instalatorul introduce componente electronice, cum ar fi condensatoare, bobine, rezistențe mari, inductori în placa de circuit prin găuri. Comparativ cu SMD, montarea prin orificiu traversant permite asamblarea componentelor de dimensiuni mari, și oferă o legătură mecanică mai puternică, care este, de asemenea, mai potrivit pentru *testare* și *prototipare*.

După ce componentele **THT** sunt așezate manual pe placă, există în general trei tehnici diferite de lipire care sunt utilizate:

- **Lipirea în val**

Cu lipirea în val, componentele sunt lipite pe plăci în trei etape. Mai întâi, fluxul de spumă este aplicat uniform pe partea inferioară a PCB-ului, astfel încât este acoperit în întregime. Apoi, materialul de flux este activat cu o unitate preîncălzită și încălzit până la temperatura de lipire. În procesul de lipire convențional, plăcile sunt apoi deplasate printr-un val de lipit turbulent. Aliajul de lipire se atașează la pinii componentelor din orificiile de contact. După o perioadă de răcire, aliajul se întărește și fixează permanent componenta pe placă. În timpul etapei finale, plăcile sunt răcite și deplasate într-o baie de spălare, unde materialul de flux rămas este curățat.

- **Lipirea manuală**

Ori de câte ori lipirea în val nu este posibilă, se utilizează asamblarea manuală. Asamblarea manuală este realizată de tehnicienii cu o mare experiență, care sunt instruiți folosind standardele MIL.

- **Lipirea selectivă**

Pentru comenzile de producție în serie, lipirea selectivă permite componentelor THT să fie plasate pe plăci care altfel nu ar fi eligibile pentru lipirea în val, deoarece componentele SMT trebuie, de asemenea, asamblate. În astfel de cazuri, se recurge la procese de lipire selectivă, parțial sau total automatizate, atunci când trebuie aplicată o cantitate predeterminată de cositor sau dacă o anumită zonă a plăcii trebuie să fie păstrată fără material de flux. Aceste tipuri de cerințe de producție sunt tipice pentru clienții din industria auto.

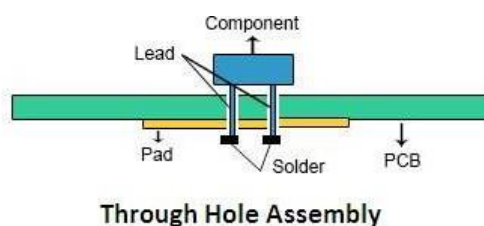


Figura 10: Asamblarea componentelor THT

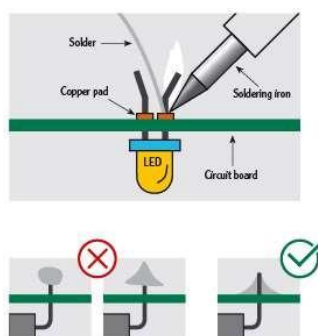


Figura 11: Lipirea componentelor THT

6. MANUAL DE UTILIZARE

Generatorul de semnal de joasa frecventa a fost proiectat pentru a funcționa în regim optim la tensiunea de alimentare unipolară de 13V.

- Se conectează toate bornele „-” la masă (GND)
- Se alimentează circuitul la 13V
- Tensiunea de intrare se conectează la borna IN a circuitului
- A nu se atinge sau modifica elementele componente/conexiunile în timpul funcționării
- A se manevra cu grijă plăcuța, ținându-se de marginile acesteia
- A se feri de umezeală, îngheț, expunerea îndelungată la razele soarelui
- Temperatură ambientală recomandată: 25°C
- A nu se lăsa la îndemâna copiilor.

7. BIBLIOGRAFIE

- [1] <https://www.electroschematics.com/schmitt-trigger/>
- [2] *Note de curs*, Circuite electronice fundamentale, Prof. dr. ing. Dragoş Dobrescu, 2023
- [3] *Anexa b1*, Proiect 1 2023-2024
- [4] https://wiki.dcae.pub.ro/images/6/61/Gen_sinus.pdf
- [5] <https://www.scribd.com/doc/272863004/GENERATOARE-DE-SEMNALE>
- [6] <https://www.learningaboutelectronics.com/Articles/Square-to-triangle-wave-converter-circuit.php>