

Comanda și alimentarea unui motor trifazat

Bibliografie : Agenda electronistului
Circuite integrate liniare (vol III)
Circuite integrate liniare (vol IV)
Circuite integrate analogice
Tiristoare și module de putere
Diode și tiristoare de putere

Date de proiectare : { $V_{\text{motor}} =$ [V]
 $S_{\text{motor}} =$ [K VA]
 $\Delta f =$ [Hz]
Tip REDRESOR (RPSCT, RPCCT, RPMT)

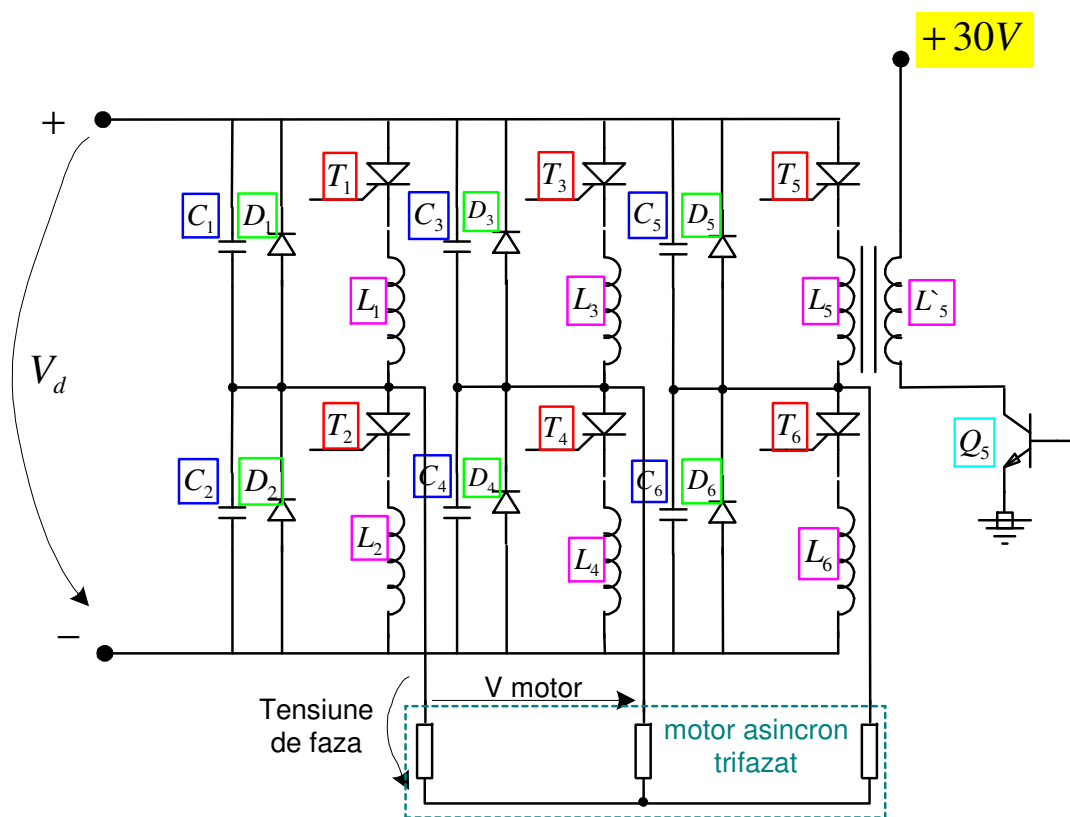
Proiect Electronică Industrială

Comanda și alimentarea unui motor trifazat

ETAPA III

Invertorul și Circuitul de Comandă Invertor

În Fig. 1 se dă schema electronică a Invertorului trifazat realizat cu 6 tiristoare, 6 condensatoare și 6 diode de descărcare a energiei reactive provenite de la motor.



Proiect Electronică Industrială

Comanda și alimentarea unui motor trifazat

Alegerea tiristoarelor din componența Invertorului:

- V_{DRM} și V_{RRM} au aceeași valoare ca și V_d
- $I_{TAVR} \approx I_{TAVR}$ (valoare calculată ptr. tiristoarele din componența redresorului)
- $I_{TRMS} \approx I_{TRMS}$ (valoare calculată ptr. tiristoarele din componența redresorului)

Calculați și verificați dacă este necesar montarea acestora pe radiatoare.

$$P_d = V_T * I_{TAVR} + r_t * I_{TRMS}^2 =$$

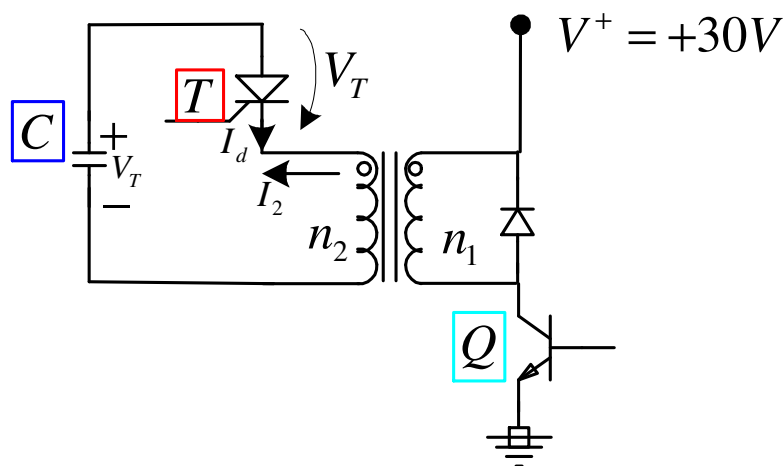
Dacă este nevoie de radiator, alegeți din catalog modelul potrivit și specificați prețul, nr. de cod și dimensiunile acestuia.

Proiect Electronică Industrială

Comanda și alimentarea unui motor trifazat

Stingerea tiristoarelor:

tensiunea generată de transformator trebuie să fie mai mare decât suma tensiunilor de pe tiristor + tens. pe condensator (pentru a asigura "polarizarea inversă a tiristorului")



$$V_{n_2} = \frac{n_2}{n_1} \cdot V^+$$

$$\frac{n_2}{n_1} \cdot V^+ \geq 2 * V_T \Rightarrow \frac{n_2}{n_1} = \frac{2 * V_T}{30V} = \dots$$

Proiect Electronică Industrială

Comanda și alimentarea unui motor trifazat

Pentru o blocare fermă a tiristorului, se asigură un curent generat de transformator (I_2), mai mare decât curentul mediu ($I_{T\text{ AVR}}$) ce circulă prin tiristor la o funcționare normală.

$$I_2 \geq I_d$$

$$\frac{n_2}{n_1} = \frac{V_{n2}}{V_{n1}} = \frac{I_1}{I_2}$$

Se aproximează $I_2 = I_d$

de unde rezultă I_1 (curentul ce circulă prin înfășurarea primară $\rightarrow n_1$). Acest curent este și curentul de colector a tranzistorului de stingere Q). Se calculează valoarea acestui curent.

Știind valoarea curentului de colector (al tranzistorului de stingere - Q), și tensiunea colector-emitor atunci când acesta este blocat (+ 30V), se va calcula puterea disipată și necesitatea montării acestuia pe un radiator.

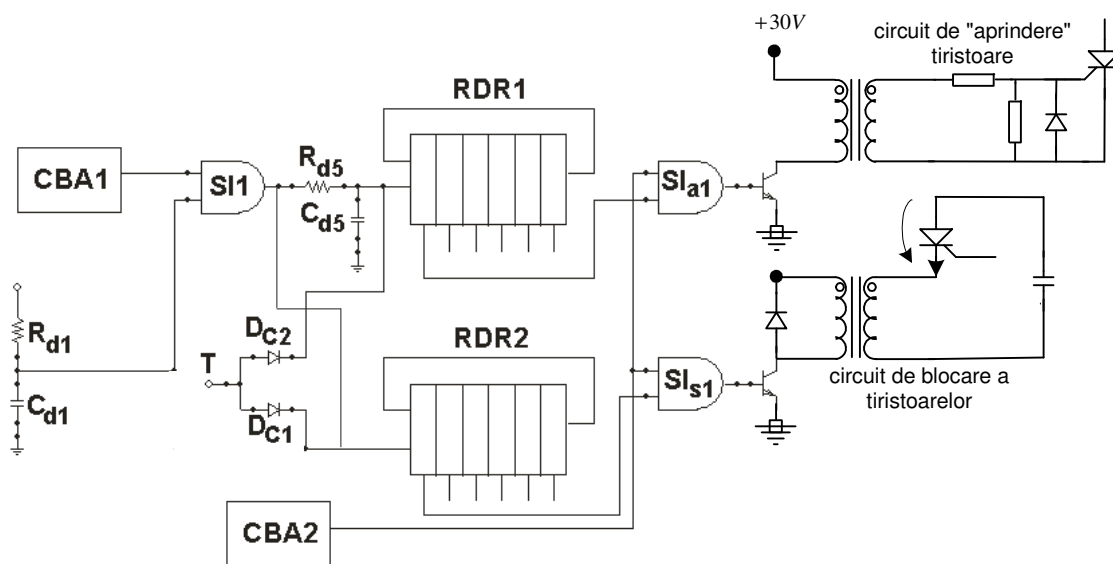
$$P_d \text{ tranzistor} = V_{CE_{sat}} \cdot I_{Colector} = \dots$$

Proiect Electronică Industrială

Comanda și alimentarea unui motor trifazat

Circuitul de Comandă Invertor

Schema electronică de principiu este prezentată în Fig. 3



RDR = Regstru de
Deplasare cu
Reacție

CBA = Circuit
Basculant Astabil
(oscilator)

Proiect Electronică Industrială

Comanda și alimentarea unui motor trifazat

La punerea sub tensiune a circuitului de comandă, se va ține cont de următorii timpi de întârziere :

1. Timp de asteptare $T_{d1} = 500ms$ $C_{d1} = 75\mu F$ $R_{d1} = 10K\Omega$

2. Timp de resetare $T_{d2} = 100ms$ $C_{d2} = 15\mu F$ $R_{d2} = 10K\Omega$

3. Timp de initializare registre deplasare

$$T_{d3} = 200ms \quad C_{d3} = 30\mu F \quad R_{d3} = 10K\Omega$$

4. Timp de disparitie a initializarii

$$T_{d4} = 300ms \quad C_{d4} = 45\mu F \quad R_{d4} = 10K\Omega$$

5. Timp de intarziere registru deplasare RDR1 față de registrul deplasare RDR2

$$T_{d5} = 60\mu s \quad C_{d5} = 100nF \quad R_{d5} = 1K\Omega$$

Proiect Electronică Industrială

Comanda și alimentarea unui motor trifazat

Descrierea funcționării:

Semnalul de la iesirea circuitului CBA1 este introdus într-o poarta logica SI1 a carei iesire este ținută în 0 logic timp de 500ms (datorită circuitului de întârziere format din Cd1 și Rd1) din momentul alimentării circuitului de comanda inverter. În acest timp are loc resetarea registrelor RDR și încărcarea lor cu biții corespunzatori.

Semnalul de tact pentru registrul de deplasare RDR1 este intarziat cu 60u secunde fata de semnalul de tact pentru RDR2, intarziere realizata pentru siguranta stingerii tiristoarelor.

Proiect Electronică Industrială

Comanda și alimentarea unui motor trifazat

RDR1 este un registru de deplasare în inel format din 6 celule având rolul de a produce impulsurile de aprindere pentru tiristoarele din invertor, ieșirea fiecărei celule din cele șase fiind introdusă într-o poarta "ȘI". Ieșirea fiecărei porți logice, comandă câte un tranzistor cu rol de amplificator de impuls în a cărui circuit de colector se află câte un transformator de impuls. Registrele de deplasare cu reacție (RDR1 și RDR2) pot fi realizate prin expandarea a două registre de deplasare pe patru biți de tipul MMC4035, ultimele două celule de deplasare nefiind folosite. Expandarea celor două registre se face prin legarea ieșirii Q4 a primului circuit cu intrarea serială a celui de-al doilea circuit, iar ieșirea Q2 a celui de-al doilea circuit se leaga la intrarea serială a primului circuit. Deoarece la un moment dat sunt în conducție doar trei tiristoare, în perioada de inițializare T_{d3} , RDR1 este încărcat paralel cu trei biți de nivel 1 logic care apoi în ritmul impulsurilor de tact de la CBA1, se vor deplasa spre dreapta (mers "înainte" al motorului) producând deschiderea tranzistoarelor corespunzătoare ieșirilor registrului care se afla în 1 logic și implicit aprinderea tiristoarelor.

Proiect Electronică Industrială

Comanda și alimentarea unui motor trifazat

Registrul de deplasare RDR2 este tot un registru de deplasare în inel, identic cu RDR1. În perioada de inițializare, acest registru este încărcat paralel cu un singur bit de 1 logic. Acest bit, prin deplasarea în interiorul registrului RDR2, asigură stingerea unui tiristor din cele trei aprinse (de RDR1), cu 60us înainte ca registrul RDR1 să facă o deplasare a biților (dacă presupunem că la un moment dat sunt aprinse tiristoarele T5 T4 T1 ,la următorul front al impulsului de tact produs de CBA1 (oscilator), RDR2 stinge pe T5 și după 60us, RDR1 se va "aprinde" următorul tiristor, adică T6).

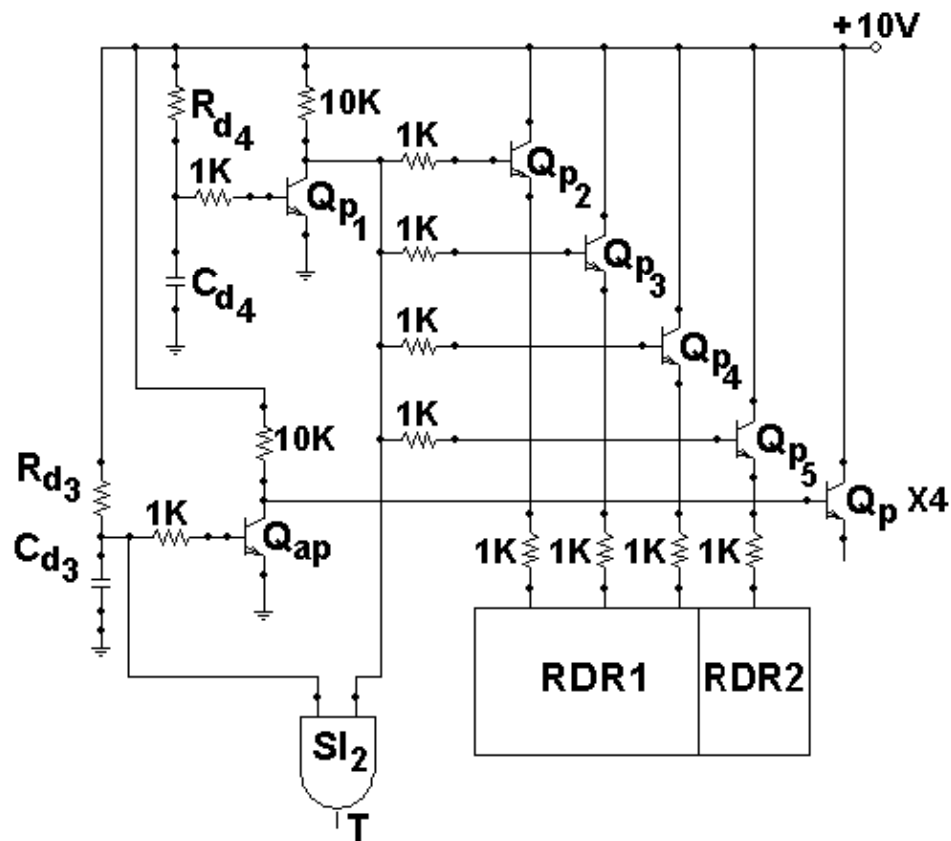
Cele doua registre sunt resetate, începând cu momentul 0 până la 100ms pentru a evita ca, la punerea sub tensiune a întregului circuit de alimentare și comandă al motorului, în registrele de deplasare (RDR1 sau RDR2) să existe vreun bit de 1 logic ce ar pune în pericol funcționarea corectă a circuitului de comandă. În următoarele 200ms este realizată încărcarea paralelă a registrelor de deplasare (100ms inițializare+100ms dispariție inițializare), iar după încă 200ms, la ieșirea porții ȘI1, avem semnal de clock pentru registrele RDR1 și RDR2 .

Circuitele de întârziere sunt realizate cu rezistente cu toleranță 1% și condensatoare cu tantal .

Proiect Electronică Industrială

Comanda și alimentarea unui motor trifazat

În Fig. 4 se dă circuitul de încărcare paralelă a registrelor de deplasare .



Proiect Electronică Industrială

Comanda și alimentarea unui motor trifazat

Functionarea este următoarea: timp de 300ms după alimentarea circuitului, tranzistorul Qp1 este blocat și tranzistoarele Qp2, Qp3, Qp4, Qp5 sunt în conducție, asigurând 1 logic la intrările paralele ale registrelor (3 biți pentru RDR1 și 1 bit pentru RDR2). După 300ms, tensiunea pe condensatorul Cd4 ajunge la o valoare suficient de mare pentru a polariza direct tranzistorul Qp1. Rămânând fără curent de bază, tranzistoarele Qp2, Qp3, Qp4 și Qp5 se vor bloca. Cele 4 tranzistoare Qp au rolul de a activa sau dezactiva încărcarea paralelă a registrelor astfel: timp de 200ms tranzistorul Qap va fi blocat, cele 4 circuite integrate MMC4035 având 1 logic la pinul 7 (cât timp intrarea paralel/serială a circuitului este în 1 logic se realizează încărcarea paralelă iar când este în 0 logic se realizează deplasare în interiorul RDR). După 200ms de la alimentarea circuitului din Fig. 4, Qap va intra în conducție, cele patru tranzistoare Qp se vor bloca (circuitele integrate MMC4035 vor avea 0 logic la pinul 7) iar ieșirea porții logice ȘI2 va trece din 0 logic în 1 logic realizându-se practic încărcarea registrelor RDR1 și RDR2 (circuitul MMC4053 este activ pe frontul crescător al semnalului de clock).

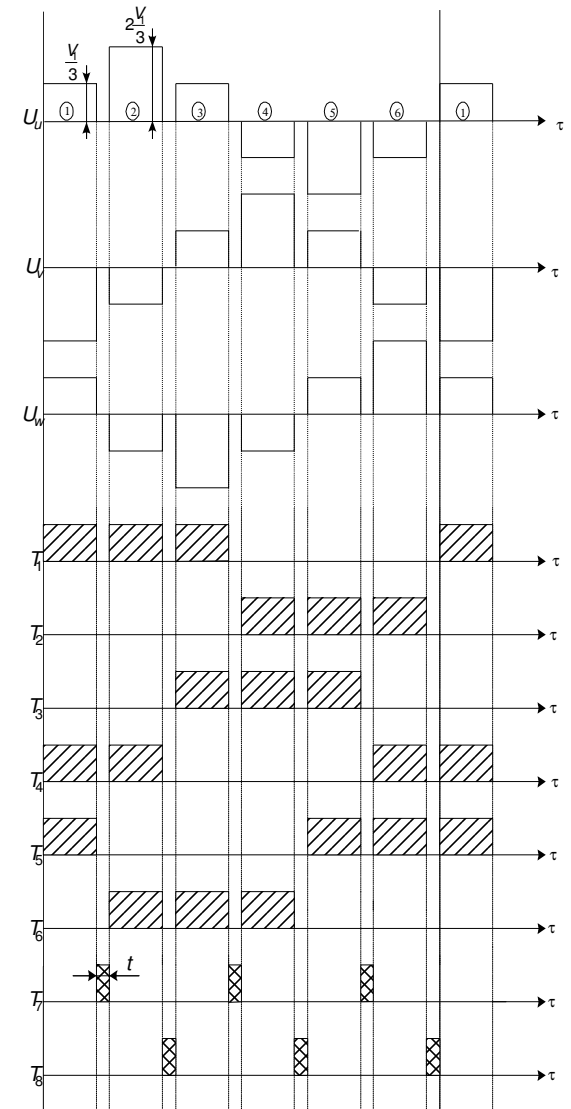
Toate porțile logice ȘI sunt de tip CMOS (1/4 din circuitul integrat MMC 4081) .

Proiect Electronică Industrială

Comanda și alimentarea unui motor trifazat

Logica de încărcare a Registrelor de deplasare

Impuls de tact CBA1	RDR1 ies. 1	RDR1 ies. 2	RDR1 ies. 3	RDR1 ies. 4	RDR1 ies. 5	RDR1 ies. 6	RDR2 ies. 1	RDR2 ies. 2	RDR2 ies. 3	RDR2 ies. 4	RDR2 ies. 5	RDR2 ies. 6
0 (initial)	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
1	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0
2	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0
3	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0
4	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0
5	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
6	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
7 = 1	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0
	T5	T4	T1	T6	T3	T2	Q2	Q5	Q4	Q1	Q6	Q3

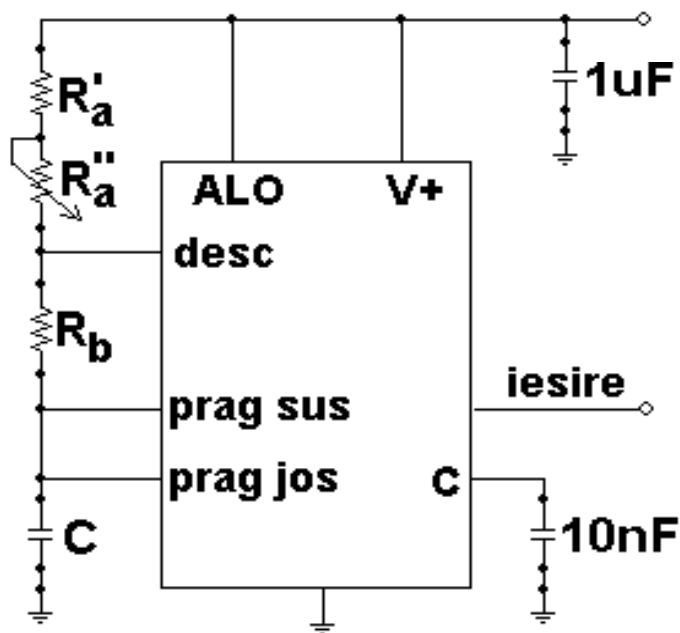


Proiect Electronică Industrială

Comanda și alimentarea unui motor trifazat

Circuitele generatoare de impulsuri CBA1 și CBA2 (oscilatoare)

Circuitul basculant astabil CBA1 (Fig. 5) realizat cu circuitul β E555, generează la ieșire un semnal de tact, cu frecvență variabilă, între frecvența maximă de comanda (de exp. 60 Hz) și cea minimă (de exp. 3 Hz).



Tinând cont ca trebuie să reglam frecvența semnalului de ieșire între frecvența maximă și cea minimă, rezistența R_a este formată din două rezistențe una reglabilă (R_a'') și una fixă (R_a'). Deoarece în cazul frecvenței maxime avem cea mai mică valoare a rezistenței R_a rezulta ca în circuit va rămâne doar rezistența R_a' (R_a'' va avea valoarea 0), iar în cazul frecvenței minime, R_a va avea valoarea cea mai mare, adică $R_a' + R_a''$.

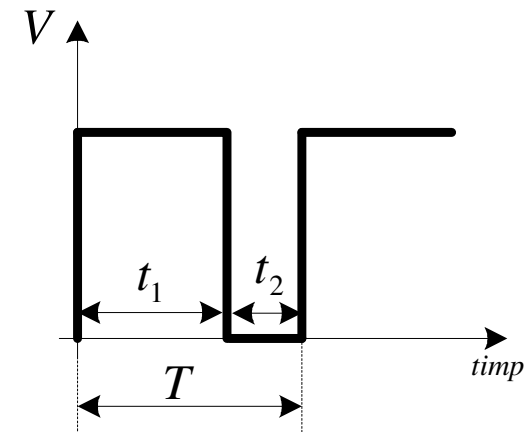
Proiect Electronică Industrială

Comanda și alimentarea unui motor trifazat

$$T = (R_a + 2R_b)C \ln 2 \quad T = t_1 + t_2$$

$$t_1 = (R_a + R_b) \cdot C \cdot \ln 2$$

$$t_2 = R_b \cdot C \cdot \ln 2 = 1ms \quad \text{Se impune } \mathbf{t_2 = 1ms}$$



Se alege rezistența $R_b = \mathbf{10k}$ cu toleranța 1% de tipul RPM 3012

$$C = \frac{t_2}{R_b \ln 2} = \frac{10^{-3}}{0,69 * 10^4} = 1,44 * 10^{-7} = 144nF$$

Proiect Electronică Industrială

Comanda și alimentarea unui motor trifazat

Perioada minimă => frecvența maximă. Pentru a obține frecvența maximă, rezistența potențiometrului = 0.

Frecvența tensiunii de alimentare a motorului este de 6 ori mai mică decât frecvența impulsurilor de tact de la CBA1, deoarece este nevoie de 6 impulsuri de clock de la CBA1 pentru obținerea unei perioade complete a tensiunii de la ieșirea invertorului trifazat.

$$\frac{1}{6f_{\max}} = (2R_b + R'_a)C \ln 2$$

$$R'_a = \frac{1}{6f_{\max} C \ln 2} - 2R_b = \frac{1}{6 * 60 * 0,69 * 144 * 10^{-9}} - 2 * 10^4 = \dots$$

$$\frac{1}{6f_{\min}} = (2R_b + R_a)C \ln 2 \quad R_a = R'_a + R''_a = \frac{1}{6f_{\min} C \ln 2} - 2R_b = \dots$$

Proiect Electronică Industrială

Comanda și alimentarea unui motor trifazat

$$R_a'' = R_a - R_a' = \dots \Omega \quad R_a'' \text{ este un potențiomtru.}$$

Circuitul basculant astabil CBA2 are aceeași schema ca CBA1 cu diferența că rezistența R_a are o valoare fixă. CBA2 produce la ieșire un semnal cu frecvență fixă de 10kHz. Rolul său este de a împiedica saturarea transformatoarelor de impuls pentru comanda aprinderii și stingerii tiristoarelor.

$$T = \frac{1}{f} = T_1 + T_2 = \frac{1}{10^4} = 10^{-4} \text{ s} \quad T_1 = T_2$$

$$T_1 = T_2 = \frac{T}{2} = \frac{10^{-4}}{2} = 5 * 10^{-5} \text{ s}$$

$$T_2 = R_b C \ln 2$$

Proiect Electronică Industrială

Comanda și alimentarea unui motor trifazat

Alegem $R_b=10k$ cu toleranța 1% de tipul RPM 3012

$$C = \frac{T_2}{R_b \ln 2} = \dots$$

Ținând cont că $T_1=T_2$ rezultă că rezistența R_a are valoarea 0 .

Proiect Electronică Industrială

Comanda și alimentarea unui motor trifazat

Vă mulțumesc !