

L11. STUDIUL MONOSTABILULUI / ASTABILULUI INTEGRAT MOS 4047

11.1. Noțiuni teoretice

11.1. a. Introducere

Perfecționarea tehnologiilor a permis realizarea unor circuite integrate cu funcțiuni specifice. O astfel de categorie o constituie circuitele basculante monostabile sau astabile. Ele sunt mai ușor de utilizat în structura "single chip" decât în varianta cu componente discrete sau cu porți logice și în plus au o serie de facilități legate de posibilitățile de comandă și interfațare cu circuitele logice din aceeași familie.

Lucrarea studiază circuitul 4047 realizat în tehnologie CMOS (Complementary-symmetry Metal Oxide Semiconductor).

(MMC 4047 - "Microelectronica" România , CD 4047 - RCA, NS S.U.A., MHB 4047 - Cehoslovacia , UCY 74047 - Polonia etc.)

11.1.b. Prezentarea circuitului

Circuitul integrat MMC 4047 poate funcționa ca:

- monostabil neretriggerabil comandat pe frontul pozitiv sau pe frontul negativ;
- monostabil triggerabil comandat pe frontul pozitiv;
- astabil cu funcționare continuă;
- astabil cu comanda START-STOP (generare trenuri impulsuri)

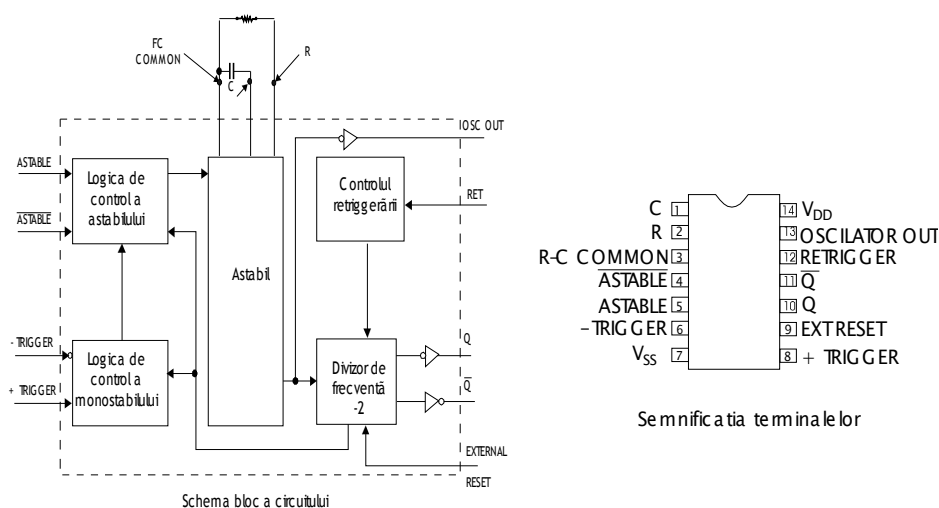


Fig. 11.1.1 Schema bloc a circuitului și semnificația terminalelor

Blocul principal al circuitului este astabil (vezi schema bloc). Semnalul generat de astabil este divizat cu 2 de un bistabil, a cărui ieșiri în antifază sunt disponibile în exterior (Q și Q negat). Forma de undă obținută are factorul de umplere 1/2.

Circuitul este prevăzut cu o logică suplimentară care permite și funcționarea în modul monostabil. Temporizarea este dată de componentele externe R și C, conectate ca în figură.

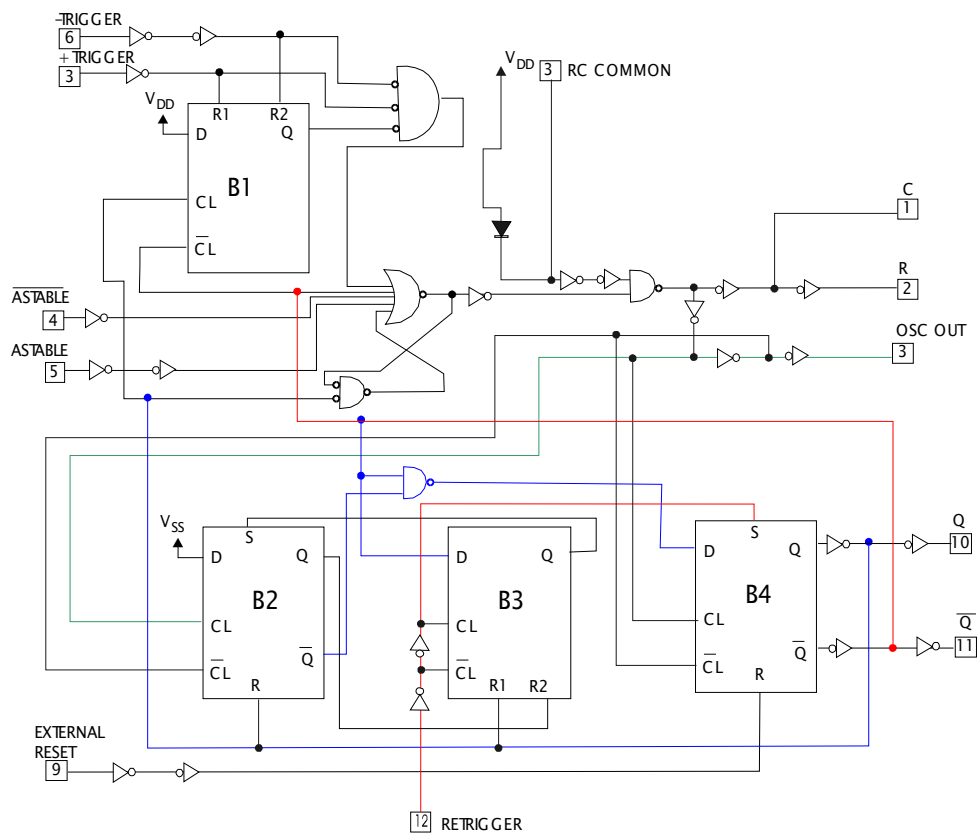


Fig. 11.1.2. Schema logică a circuitului

Circuitul funcționează în modul astabil dacă intrarea ASTABLE este "1" logic sau ASTABLE este în "0" logic. În caz contrar, ASTABLE în "0" și ASTABLE în "1", astabilul este inhibat și nu oscilează. Cele două semnale permit comanda START-STOP pe nivel "0" sau "1" după necesități.

În modul de lucru monostabil, circuitul poate fi triggerat (declanșat) pe frontul pozitiv al impulsului aplicat pe intrarea + TRIGGER, dacă se menține -TRIGGER în "0" logic. De asemenea, el poate fi triggerat pe frontul negativ al impulsului aplicat pe intrarea -TRIGGER , dacă +TRIGGER este menținut pe "1" logic. Monostabilul este comandat pe front și impulsurile de intrare pot avea orice durată relativ la impulsurile de ieșire.

Circuitul poate funcționa ca circuit retriggerabil, dar comandat numai de frontul pozitiv al unui semnal aplicat simultan pe intrările RETRIGGER și +TRIGGER. În acest fel ieșirea va rămâne în "1" atât timp cât perioada impulsurilor de intrare este mai mică decât perioada determinată de componentele R, C. (vezi diagrama formelor de undă).

Un nivel "1" aplicat pe intrarea EXTERNAL RESET aduce ieșirile Q și OSCILLATOR OUT în "0" și Q în "1". Pentru a nu permite apariția unui impuls parazit la ieșire, la cuplarea sursei de alimentare se va menține un nivel logic "1" pe intrarea EXTERNAL RESET (vezi Fig. 11.1.3)

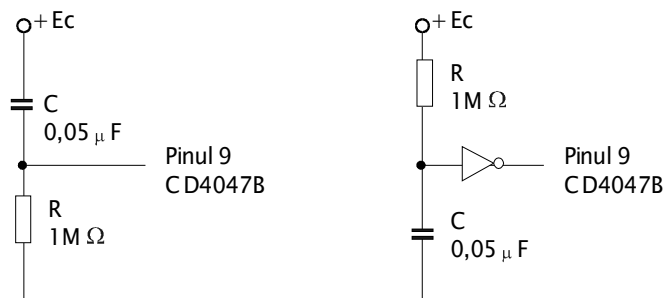


Fig. 11.1.3 Circuite recomandate pentru inițializarea circuitului la conectarea tensiunii de rețea

Pentru funcționarea circuitului într-un anumit mod conexiunile se vor face conform tabelului de mai jos:

FUNCTIE	Conexiunile terminalelor			Impulsul de ieșire	Perioada sau durata impulsului de ieșire
	La V_{DD}	La V_{SS}	Intrare		
ASTABIL					
Oscilații libere	4,5,6,14	7,8,9,12	--	10,11,13	
Comanda pe 1 logic	4,6,14	7,8,9,12	5	10,11,13	$t_A(10,11)=4,4 RC$
Comanda pe 0 logic	6,14	5,7,8,9,12	4	10,11,13	$t_A(13)=2,2 RC$
MONOSTABIL					
Triggerat pe front pozitiv	4,14	5,6,7,9,12	8	10,11	$t_A(10,11)=2,48 RC$
Triggerat pe front negativ	4,8,14	5,7,9,12	6	10,11	
Retriggerabil	4,14	5,6,7,9	8,12	10,11	
Cu numărător extern*	14	5,6,7,8,9,12		10,11	

Tabel de conexiuni pentru circuitul MMC 4047

* Impulsul de intrare la intrarea RESET a numărătorului extern, ieșirea numărătorului la terminalul 4. În toate cazurile se adaugă din exterior componente R , C între terminalele 1,2, și 3.

11.1.c. Operarea în modul astabil

Studiul funcționării în acest mod pornește de la observația că structura de bază este construită dintr-un astabil cu cinci inversoare, la care inversorul al 3-lea este de fapt o poartă inversoare comandată (NAND) (vezi schema logică a circuitului). Simplificând, se obține astabilul din Fig. 11.1.4.

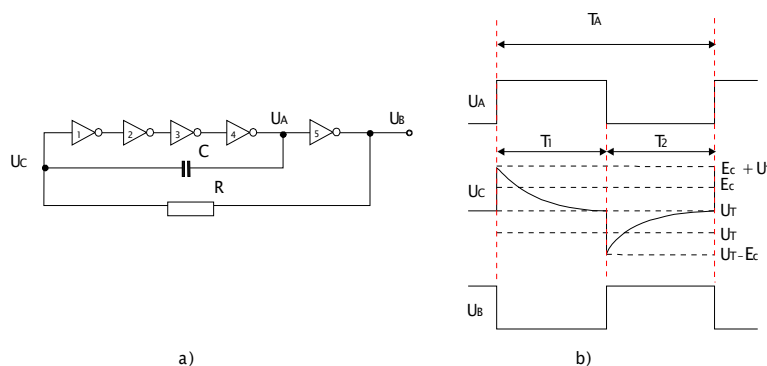


Fig. 11.1.4. Circuit astabil cu cinci inversoare. Schema logică și forme de undă

Se știe că tensiunea pe condensator variază după o lege de forma:

$$u(t) = A + B \cdot e^{\frac{-t}{\tau}} \quad (11.1.1)$$

pentru momentul inițial ($t=0$) și momentul final ($t=\infty$) expresia de mai sus se prescurtează astfel:

$$u(0) = A + B \text{ și } u(\infty) = A \quad (11.1.2)$$

Determinând A și B în funcție de $u(0)$ și $u(\infty)$ și înlocuind în expresia tensiunii pe condensator, se obține:

$$u(t) = u(\infty) + [u(0) - u(\infty)] \cdot e^{\frac{-t}{\tau}} \quad (11.1.3)$$

Pentru intervalul de timp T_1 , valorile inițiale și finale ale tensiunii pe condensator sunt:

$$u(0) = E_c + U_t \quad ; \quad u(\infty) = 0 \quad ; \quad u(T_1) = U_t \quad (11.1.4)$$

Înlocuind în (11.1.3) și rezolvând în raport cu T_1 , se obține:

$$T_1 = R \cdot C \cdot \ln \left[\frac{E_c + U_t}{U_t} \right]$$

Pentru intervalul de timp T_2 , valorile inițiale și finale ale tensiunii pe condensator sunt:

$$u(0) = U_t - E_c \quad ; \quad u(\infty) = E_c \quad ; \quad u(T_2) = U_t \quad (11.1.5)$$

În același mod ca mai sus, se determină pentru T_2 valoarea:

$$T_2 = R \cdot C \cdot \ln \left[\frac{2E_c - U_t}{E_c - U_t} \right] \quad (11.1.6)$$

iar

$$T_A = T_1 + T_2$$

U_t este tensiunea de tranziție a cărei valoare variază de la un circuit la altul între 33% și 67% din valoarea tensiunii de alimentare. Mai jos sunt date valorile T_A pentru valoarea minimă, tipică și maximă a tensiunii de tranziție:

$$U_t = U_{tmin} = 0,33 E_c, \quad T_A = 4,62 R C \quad (11.1.8)$$

$$U_t = U_{tip} = 0,50 E_c, \quad T_A = 4,40 R C \quad (11.1.9)$$

$$U_t = U_{tmax} = 0,67 E_c, \quad T_A = 4,62 R C \quad (11.1.10)$$

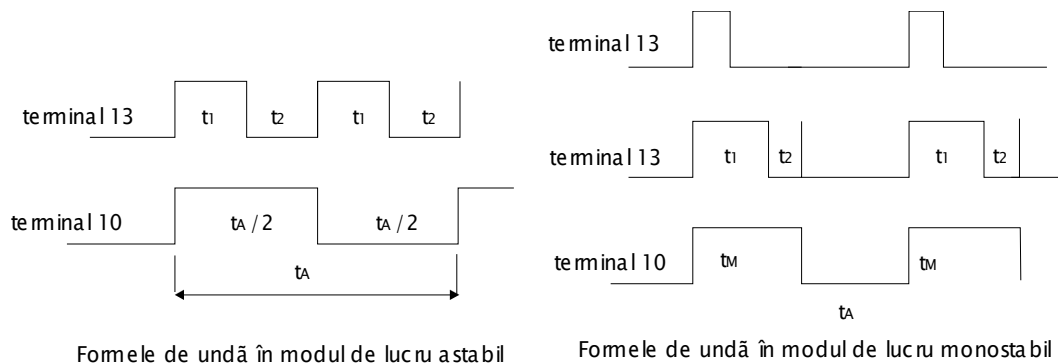


Fig. 11.1.5 Forme de undă în modul de lucru astabil și monostabil

Variația maximă a perioadei față de valoarea tipică este de +5%. Perioada semnalului generat variază de asemenea cu tensiunea de alimentare și cu temperatura.

11.1.d. Operarea în modul monostabil neretriggerabil

Funcționarea temporizării se face ca și în cazul astabilului, cu deosebirea că, în momentul inițial, înaintea declanșării, condensatorul este încărcat la tensiunea de alimentare, astfel încât, pentru durata t_1 , $u(0) = 2E_c$ în loc de $E_c + U_t$ (considerații valabile numai pentru prima perioadă, perioada care constituie și durata de temporizare a monostabilului). Având în vedere cele arătate, se obține:

$$t_1 = R C \ln (2E_c/U_t) \quad (11.1.11)$$

$$T_2 = R C \ln [(2E_c - U_t) / (E_c - U_t)] \quad (11.1.12)$$

Temporizarea monostabilului este

$$T_M = t_1 + T_2 \quad (11.1.13)$$

Având în vedere dispersia parametrului U_t , se obține prin calcul o abatere de +9,3%. Temporizarea depinde de asemenea de tensiunea de alimentare și temperatură.

11.1. e. Operarea în modul monostabil retriggerabil

Circuitul 4047 poate fi utilizat ca monostabil retriggerabil pentru a extinde durata impulsului de ieșire sau pentru a compara frecvența semnalului de intrare cu frecvența oscilatorului intern.

În modul retriggerabil impulsul de comandă se aplică pe intrările +TRIGGER și RETRIGGER iar ieșirea se face pe /Q și Q.

Când se aplică un singur impuls de comandă, circuitul funcționează ca monostabil (vezi Fig. 11.1.6). La aplicarea mai multor impulsuri cu durata corespunzătoare se obține prelungirea duratei impulsului de ieșire.

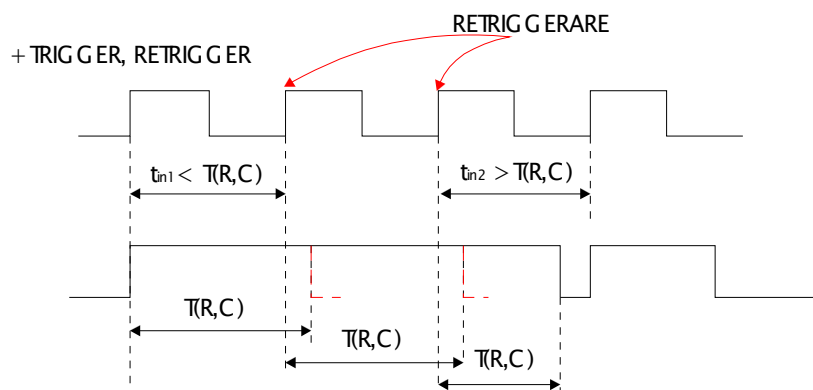


Fig. 11.1.6. Forme de undă în modul de lucru monostabil retriggerabil

Durata impulsului de ieșire poate fi mărită dacă se utilizează un numărător extern care numără impulsurile de ieșirea astabilului și comandă oprirea lui după un număr determinat de perioade. Redeclanșarea sa se face prin resetarea numărătorului (vezi Fig. 11.1.7)

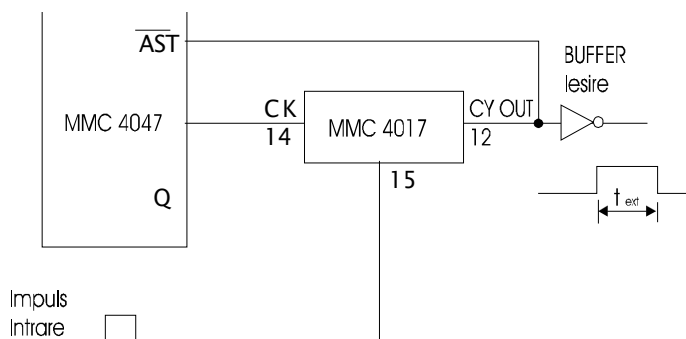


Fig. 11.1.7. Schema de monostabil folosind numărător extern

11.1. f. Consumul de putere

În starea de repaus puterea disipată depinde doar de curenții reziduali. Cea mai mare parte a consumului de putere în regim dinamic revine componentelor externe:

- în mod astabil:

$$P = 4 C E c^2 f, \quad f - \text{frecvența de ieșire } Q \text{ și } /Q$$

- în modul monostabil:

$$P = (2,9 C E c^2 k) / T$$

T - perioada semnalului la ieșirile Q și /Q

k - factorul de umplere.

Cu cât tensiunea și frecvența vor fi mai mici cu atât valorile calculate vor fi mai apropiate de realitate. Puterea disipată nu depinde de valoarea rezistenței R, dar depinde de valoarea capacității C.

11.1. g. Recomandări pentru alegerea componentelor externe R și C

Condensatorul folosit trebuie să aibă pierderi mici și să nu fie polarizat. Deși circuitul oscilează pentru orice valoare a rezistenței și capacității, condensatorul trebuie să aibă o valoare mult mai mare decât capacitățile parazite din montaj. Se recomandă capacități de cel puțin 100 pF pentru modul astabil și cel puțin 1000 pF pentru modul monostabil, valoarea superioară nefiind limitată; pentru rezistor se recomandă valori cuprinse între 10 KOhmi și 1Mohm.

11.1.h. Funcționarea cu impulsuri de comandă scurte

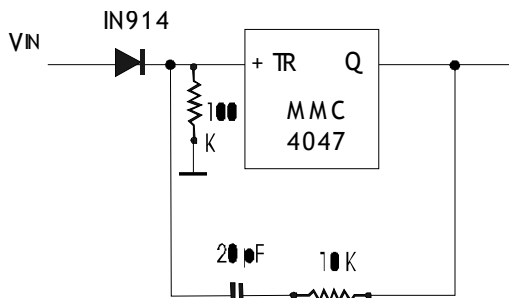


Fig. 11.1.8 Schema propusă în cazul unor impulsuri de comandă scurte

Circuitul 4047 funcționează dacă impulsurile de comandă sunt de cel puțin 500 ns pentru $E_c=5V$ și respectiv 200 ns pentru $E_c=12V$.

Cu circuitul din figură se obține o comandă sigură pentru impulsuri de comandă de cel puțin 29 ns.

11.2. Întrebări

1. care sunt avantajele utilizării circuitului 4047?
2. De ce capacitatea care determină perioada trebuie să fie mai mare decât capacitățile parazite din montaj?
3. Explicați funcționarea schemei propusă în cazul unor impulsuri de comandă scurte.
4. Care este domeniul de frecvență în care poate lucra circuitul folosind componente uzuale și având în vedere precizările făcute mai sus?
5. Concepeți un filtru "trece jos" și un filtru "trece bandă" realizat cu monostabile retriggerabile.
6. Precizați câteva utilizări posibile pentru circuitul 4047.

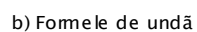
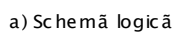
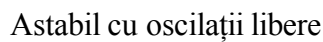
11.3. Desfășurarea lucrării

1. Se vor identifica circuitul și componentele existente în montajul de laborator.
2. Se realizează legăturile corespunzătoare pentru funcționarea în modurile de lucru prezentate (astabil liber, astabil comandat, monostabil triggerat, monostabil retriggerabil) conform tabelului de conexiuni și precizărilor din text.
3. Se determină cu ajutorul osciloscopului parametrii temporali ai semnalului la ieșirile OSC OUT, Q și /Q.
4. Pentru modul monostabil se va folosi un generator extern de impulsuri și se va studia comportarea circuitului pentru diverse frecvențe, punându-se în evidență posibilitatea de utilizare a monostabilului retriggerabil ca, comparator de frecvență.

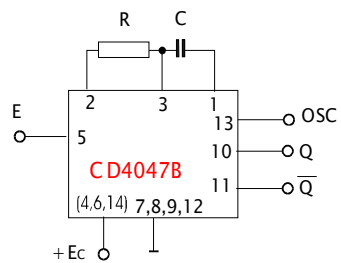
6. Se va verifica influența temperaturii și a tensiunii de alimentare asupra perioadei sau temporizării.

- schemele de măsură utilizate și valorile componentelor pasive existente
- valorile perioadelor sau temporizărilor determinate experimental
- valorile determinate teoretic și justificarea deosebirilor care apar față de determinările practice
- dependența perioadei sau temporizării de tensiune de alimentare și temperatură
- răspunsul la întrebări

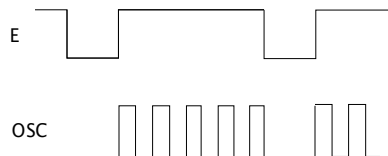
Forme de undă pentru schema logică din Fig. 11.1.2



Astabil comandat pe "1" logic

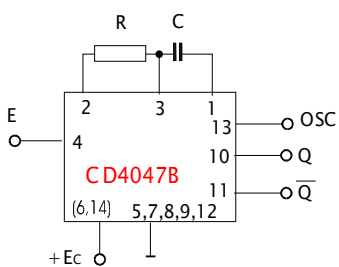


a) Schemă logică

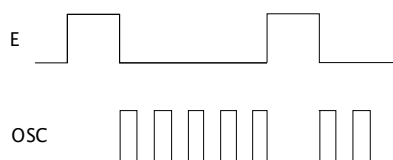


b) Fomele de undă

Astabil comandat pe "0" logic



a) Schemă logică



b) Fomele de undă