

# INTRODUCERE

## 1.SCURT ISTORIC

Circuitele numerice se caracterizează printr-o dublă natură. Din punct de vedere fizic sunt circuite electronice ce trebuie să funcționeze corect din punct de vedere electronic, iar pe de altă parte au o natură logică prin care trebuie să asigure o funcționare corectă a unei funcții logice date.

Din punct de vedere logic circuitele numerice sunt reprezentate de un număr limitat de tipuri de circuite.

Funcțiile logice de bază ce exprimă natura logică a circuitelor numerice sunt descrise de algebra booleană.

Algebra logică sau algebra booleană constituie fundamentul teoretic al naturii logice a circuitelor numerice sau circuite digitale. Apariția circuitelor care în funcționare pot avea două stări distincte a condus la aplicarea în tehnică a principiilor logicii binare.

Algebra logică se poate defini pornind de la mulțimea  $M = \{0,1\}$ . Pe această mulțime se definesc operațiile elementare, care sunt realizate prin circuite numerice fundamentale (numite și porți logice).

Din punct de vedere istoric încă din anul 1926 s-a anticipat de către Lilienfeld, Heil, Shockley și alții posibilitatea de realizare a unui dispozitiv semiconductor. Prima propunere de realizare a unui dispozitiv semiconductor a fost făcută în anul 1930 de către Lilienfeld( 1930) respectiv Heil(1935), care au patentat primul tranzistor MOS cu efect de câmp( FET). Realizarea unui astfel de dispozitiv s-a produs în anul 1959, când MM (Ioan) Atalla și Dawon Kahng au realizat cu succes la „Bell Telephone Labs” primul *tranzistor unipolar* cu efect de câmp (FET) deci după 30 de ani de la primele considerente teoretice privind posibilitatea dezvoltării unui dispozitiv semiconductor.

Primul *tranzistor bipolar* a fost inventat tot la „Bell Labs” de către William Shockley, Walter Brattain, și John Bardeen în anul 1947.

În anul 1958 firma Texas Instruments, a realizat primul *circuit integrat numeric* de către Jack Kilby.

Comercializarea circuitelor integrate s-a început în anul 1960, cu circuitele integrate din cadrul familiei RTL ( **R**esistor – **T**ransistor **L**ogic) și RCTL (**R**esistor – **C**apacitor-**T**ransistor **L**ogic).

Un pas în evoluția circuitelor integrate la constituit apariția circuitelor integrate DTL (**D**iode – **T**ransistor **L**ogic), ce au constituit avangarda dezvoltării circuitelor TTL (**T**ransistor **T**ransistor **L**ogic), una dintre cele mai performante circuite integrate și care au determinat evoluția fără precedent a calculatoarelor numerice. Această familie de circuite integrate prin evoluțiile ulterioare, prin serii cu performanțe tot mai ridicate a dominat piața de circuite integrate aproape trei decenii. În prezent tehnologia TTL a ajuns în faza de maximă maturitate, fiind de așteptat evoluții nesemnificative pe această direcție. În prezent familia circuitelor integrate TTL se găsește într-o fază în care o serie de performanțe îi sunt depășite de alte tehnologii de circuite integrate. Cu toate acestea numărul mare de tipuri de circuite fabricate în prezent, facilitățile de utilizare, vasta experiență acumulată în decursul timpului, posibilități multiple de utilizare în aplicații, fac ca familia de circuite integrate TTL să rămână încă una dintre cele mai utilizate familii de circuite integrate numerice.

Primele *circuite integrate bipolare* TTL au apărut în anul 1964 fiind produse de către firma Texas Instruments.

Dezvoltarea tehnologiei MOS( **M**etal – **O**xide – **S**emiconductor) a permis ca în 1970 să apară primele *circuite integrate unipolare*. Prin perfecționare tehnologică, în anul 1975 s-au realizat primele circuite integrate CMOS( **C**omplementary - **M**etal – **O**xide – **S**emiconductor), care prin seriile performante HC și AC au determinat ca o mare parte dintre sistemele numerice să utilizeze tot mai frecvent această tehnologie. În prezent sunt propuse a gamă largă de versiuni de circuite CMOS cu tendința de a micșorare a tensiunilor de alimentare și de apropiere a nivelelor logice. Familia AUC(Advanced Ultra- Low- Voltage CMOS) de exemplu poate lucra cu tensiuni de alimentare de 0,8V.

Pentru aplicații care impun frecvențe foarte mari de lucru în anul 1970 firmele Motorola și Fairchild au lansat familia de circuitele integrate ECL ( **E**mitter **C**oupled **L**ogic) , care în prezent prin seriile 100k și 300 permit ca circuitele integrate să poată lucra la frecvențe de lucru extrem de mari, peste 5GHz, cu timp de propagare de ordinul a 100ps(pico secunde=  $10^{-12}$  secunde).

În ultima perioadă prin creșterea gradului de integrare, a frecvențelor de lucru, dorința de a scădea consumul, s-a reușit realizarea unor circuite integrate mixte bipolare TTL sau ECL combinate cu tehnologia CMOS, numite și circuite integrate BiCMOS. Primele circuite integrate BiCMOS au fost realizate în anul 1987 de către firmele Texas Instrumens și Philips. Se constată o tendință de a reduce tensiunile de alimentare de la 5v la 2v sau chiar mai mici.

Un rezumat al anului de apariție al unor circuite integrate se prezintă mai jos.

1958 Jack Kilby inventează primul circuit integrat;  
1960 se introduce familia RTL ( **R**esistor – **T**ransistor **L**ogic);  
1961 apare familia DTL ( **D**iode – **T**ransistor **L**ogic);  
1964 primul circuit TTL (Transistor Transisto **L**ogic);  
1965 primul calculator IBM cu circuite integrate TTL;  
1972 apare seria LS-TTL și S-TTL ( **L**ow-Power-Schottky și Schottky);  
1975 prima serie CMOS ( seria 4000);  
1980 se produc primele circuite din seria **HC** și **HCT** (**H**igh- Speed CMOS);  
1981 sunt introduse în fabricație seriile ALS și AS ( **A**dvenced **L**ow Power Schottky și **A**dvenced Schottky) din cadrul familiei TTL;  
1984 se prezintă seria F ( **F**ast)TTL ;  
1986 apare seria AC(Advanced CMOS ) și ACT(Advanced CMOS **C**ompatibility TTL) ;  
1987 este anunțată prima familia BiCMOS (BCT);  
1990 apare seria ABT ( **A**dvanced **B**iCMOS **T**echnology);  
1993 se lansează în fabricație circuitele din seriile LVC(Low- Voltage CMOS), LV(Low- Voltage CMOS Technology) LVTTL(Low- Voltage TTL);  
1994 seria **ALVC** (Advanced **L**ow- Voltage CMOS) și **CBT** (Crossbar Technology);  
1996 sunt prezentate seriile **AHC** (Advanced **H**igh- Speed CMOS ), **AHCT** (Advanced **H**igh-Speed CMOS **C**ompatibility TTL), **ALVT** (Advanced **L**ow- Voltage BiCMOS Technology);  
1997 se fabrică seria **CBTLV** (**C**BT Low- Voltage Technology);  
1999 se prezintă seria **AVC** (Advanced **V**ery Low- Voltage CMOS);  
2000-2001 se anunță fabricare circuitelor integrate de performanțe foarte ridicate CMOS cu consum foarte redus și alimentat între 0,8Vși 1,8V și anume seria **AUC** (Advanced Ultra- Low- Voltage CMOS).

## 1.1 BAZA LOGICĂ A CIRCUITELOR INTEGRATE DIGITALE

Cum s-a aratat circuitele digitale au o dublă natură, în sensul că trebuie să asigure o funcționare logică corectă dar și o funcționare electronică adecvată. Din acest punct de vedere circuitele numerice sunt total diferite de circuitele electronice analogice atât din punct de vedere funcțional dar și din punct de vedere a modului de proiectare. Mai mult funcționarea

corectă a circuitelor numerice trebuie să fie satisfăcută în toate condițiile de utilizare legate de temperatura de lucru, tensiune de alimentare, numărul de calculatoare interconectate și altele care vor fi discutate mai târziu.

În continuare se vor prezenta principalele operații logice, tabelele de adevăr și simbolurile utilizate pentru circuitele numerice fundamentale.

a) Funcția logică **NU** , sau negație, este definită prin tabelul de adevăr 1.1.

În figura 1.1 se reprezintă simbolurile utilizate pentru circuitul logic NU, unde A este variabila logică de la intrare, iar Y reprezintă funcția logică obținută la ieșire.

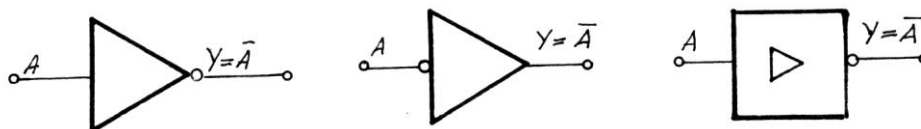


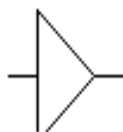
Figura 1.1

Tabelul 1.1.

A	$Y = \bar{A}$
0	1
1	0

b) Funcția logică **DA** , sau de repetare , este definită prin tabelul de adevăr 1.2.

În figura 1.2 se reprezintă simbolurile utilizate pentru circuitul logic DA, unde A este variabila logică de la intrare, iar Y reprezintă funcția logică obținută la ieșire.



Tabelul 1.2.

A	$Y = A$
0	0
1	1

Figura 1.2

c) Funcția logică **SAU** (OR în engleză), sau sumă logică, sau reuniune și este definită în tabelul 1.3. În figura 1.3. se reprezintă simbolurile utilizate pentru funcția logică SAU, unde A și B sunt variabilele logice de la intrare, iar Y reprezintă funcția logică obținută la ieșire.

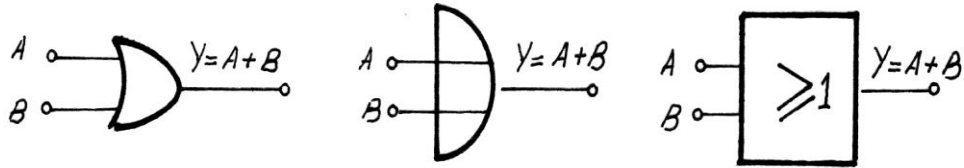


Figura 1.3

Tabelul 1.3.

A	B	$Y=A+B$
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

d) Funcția logică **SI** (AND în engleză), sau produsul logic, sau intersecția, este definită prin tabelul 1.4. În figura 1.4. se reprezintă simbolul pentru circuitul elementar SI, unde A și B sunt variabilele logice de la intrare, iar Y reprezintă funcția logică obținută la ieșire.

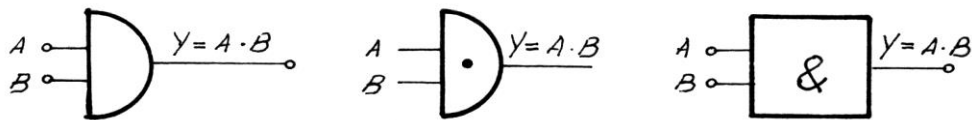


Figura 1.4

Tabelul 1.4

A	B	$Y=A \cdot B$
0	0	0
0	1	0
1	0	0

1	1	1
---	---	---

- e) Funcția logică **SI-NU** (NAND) este definită prin tabelul 1.5, iar simbolul circuitului elementar se reprezintă în figura 1.5, unde A și B sunt variabilele logice de la intrare, iar Y reprezintă funcția logică obținută la ieșire.

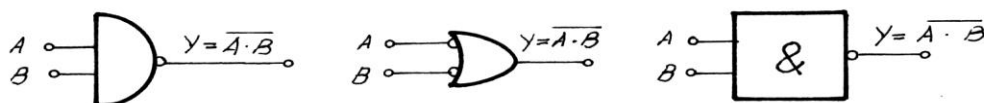


Figura 1.5

Tabelul 1.5

A	B	$Y = \overline{A \cdot B}$
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

- f) Funcția logică **SAU-NU** (NOR) este definită prin tabelul de adevăr 1.6, iar simbolul circuitului elementar se reprezintă în figura 1.6, unde A și B sunt variabilele logice de la intrare, iar Y reprezintă funcția logică obținută la ieșire.

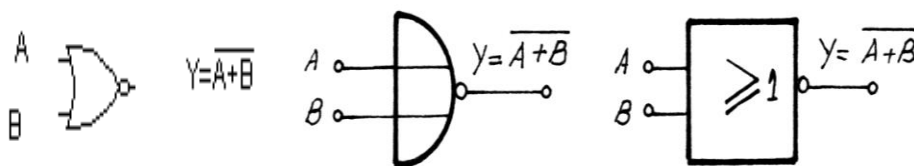


Figura 1.6

Tabelul 1.6.

A	B	$Y = \overline{A + B}$
---	---	------------------------

0	0	
0	1	
1	0	
1	1	

g) Operația logică **SAU-EXCLUSIV** (XOR în engleză), sau suma modul doi este definită prin tabelul 1.7. Simbolul pentru circuitul elementar SAU-EXCLUSIV se reprezintă în figura 1.7, unde A și B sunt variabilele logice de la intrare, iar Y reprezintă funcția logică obținută la ieșire.

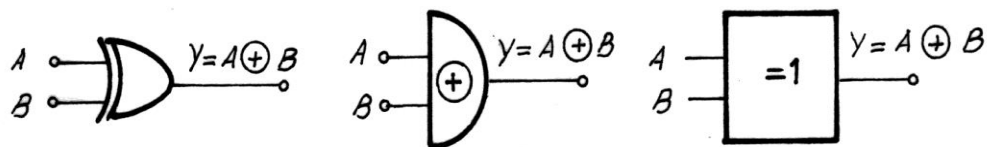


Figura 1.7

Tabelul 1.7

A	B	$Y = A \oplus B$
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

h) Operația logică **COINCIDENTA** este definită prin tabelul de adevăr 1.8, iar simbolul circuitului se reprezintă în figura 1.8, unde A și B sunt variabilele logice de la intrare, iar Y reprezintă funcția logică obținută la ieșire.

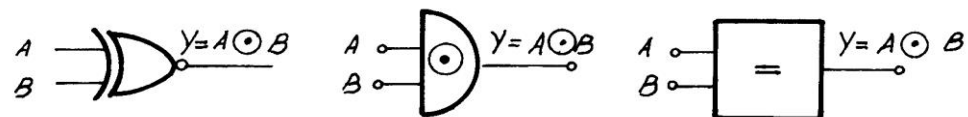


Figura 1.8

Tabelul 1.8

A	B	$Y = A \odot B = \overline{A \oplus B}$
0	0	1

0	1	0
1	0	0
1	1	1

Între operațiile de bază definite mai sus se pot stabili o serie de proprietăți care se vor prezenta în continuare, fără demonstrații.

1) Asociativitatea:

$$A \bullet (B \bullet C) = (A \bullet B) \bullet C$$

$$A + (B + C) = (A + B) + C$$

2) Absorbție:

$$A \bullet (A + B) = A$$

$$A + (A \bullet B) = A$$

3) Comutativitate:

$$A \bullet B = B \bullet A$$

$$A + B = B + A$$

4) Distributivitatea:

$$A \bullet (B + C) = (A \bullet B) + (A \bullet C)$$

$$A + (B \bullet C) = (A + B) \bullet (A + C)$$

5) Idem potență:

$$A \bullet A = A$$

$$A + A = A$$

6) Element identitate:

$$A \bullet 1 = A$$

$$A + 0 = A$$

7) Legile lui 1 și 0

$$A \bullet 0 = 0$$

$$A + 1 = 1$$

8) Element de negație

$$A \bullet \overline{A} = 0$$

$$A + \overline{A} = 1$$

9) Dubla negație

$$\overline{\overline{A}} = A$$

$$A = A$$

10) Relațiile lui De Morgan:

$$\overline{A \bullet B} = \overline{A} + \overline{B}$$

$$\overline{A + B} = \overline{A} \bullet \overline{B}$$

## 1.1 SEMNALE DE BAZĂ ÎN CIRCUITELE DIGITALE

Funcția unui circuit numeric se caracterizează printr-o transformare calitativă a energiei electrice, care traversează de la intrare la ieșire circuitul respectiv.

Mărimea electrică aplicată la intrare se va numi semnal, iar mărimea electrică de la ieșirea circuitului numeric se va numi răspuns.

Un circuit numeric are la intrare un semnal ce poartă numele de impuls.

Definirea impulsului nu este simplă și acest termen trebuie folosit cu atenție, ținând seama atât de forma semnalului electric cât și de configurarea circuitului prin care se transmite semnalul.

Prin impuls electric se înțelege o tensiune sau un curent care diferă de zero sau de o mărime constantă numai în decursul unui interval de timp suficient de scurt, mai mic sau comparabil cu durata regimului tranzitoriu al circuitului prin care se transmite impulsul.

Din punct de vedere electric un circuit numeric trebuie să genereze la ieșire un răspuns de forma tot unui impuls.

Un circuit numeric poate distorționa, transforma, amplifica și memora un impuls electric. În acest sens sunt necesare de a găsi totalitatea mijloacelor și metodelor de generare, transformare, amplificare și memorare a impulsurilor electrice. Pentru atingerea acestor obiective este necesar de a cunoaște modul cel mai corect de definire a unui impuls electric. Forma unui impuls de tensiune ideal este reprezentat în figura 1.9.

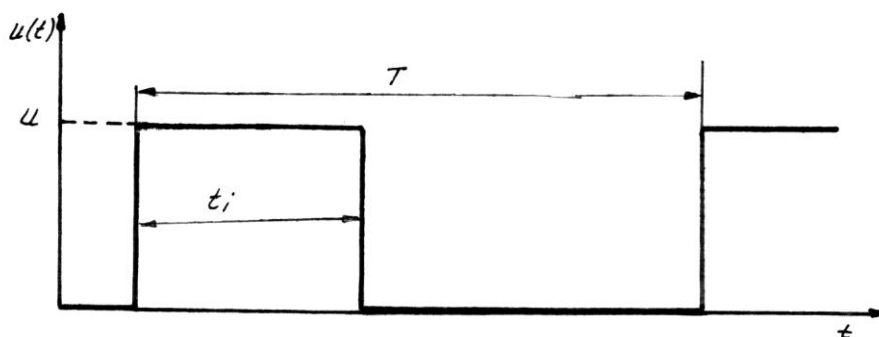


Figura 1.9

Unde :  $U$  - reprezintă amplitudinea impulsului și se exprimă în volți (V)

$t_i$  - exprimă durata impulsului și se măsoară în secunde(sec) sau subunități de secundă: milisecunde( ms) =  $10^{-3}$ sec; microsecunde(  $\mu$ s) =  $10^{-6}$ sec; nanosecunde (ns) =  $10^{-9}$  sec; picosecunde (ps) =  $10^{-12}$  sec.

$T$  - reprezintă durata de repetiție a impulsului și se măsoară de asemenea în secunde(sec) sau subunități de secundă: milisecunde( ms) =  $10^{-3}$ sec; microsecunde(  $\mu$ s) =  $10^{-6}$ sec; nanosecunde (ns) =  $10^{-9}$  sec; picosecunde (ps) =  $10^{-12}$  sec.. Frecvent se utilizează și mărimea ce exprimă frecvența de repetiție care este egală cu  $1/T$ , ce se măsoară în Hertz(H), sau multipli de hertz: kilohertz(KH)=  $10^3$  H, megahertz(MH)=  $10^6$  H, gigahertz(GH)=  $10^9$  H.

Orice comutare – conectare și deconectarea unor elemente pasive și active, a unor surse de tensiune, scurtcircuitarea unor anumite laturi, modificările bruște ale anumitor parametrii produce în circuit un proces tranzitoriu. Acest proces este condiționat de faptul că energia câmpurilor electromagnetice, asociate circuitului, este diferită în diverse regimuri staționare, iar modificarea prin salt a energiei, adică variația energiei cu o mărime finită într-un interval de timp infinit de mic, nu este posibilă din pricina puterii limitate a surselor de energie existente.



Din definiția impulsului se vede că saltul de tensiune (curent) trebuie să fie mai mic (exprimat în secunde) decât procesul tranzitoriu din circuit, dar pe lângă regimul tranzitoriu la definirea unui impuls mai trebuie să se ia în considerare și intervalul minim de timp dintre impulsurile succesive.

Dacă se presupune că la intrarea unui cuadripol se aplică semnalul din figura 1.10.a pentru care perioada de repetiție a tensiunii este mult mai mare decât durata regimului tranzitoriu ( $\tau$ ), în acest caz se poate folosi termenul de impuls pentru semnalul din figura 1.10.a, iar răspunsul cuadripolului este indicat în figura 1.10.b.

pentru

$T \gg \tau$

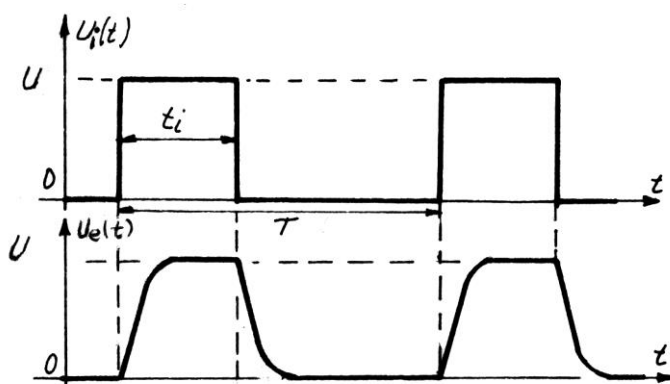


Figura 1.10

Dacă la intrarea aceluiași circuit se aplică un semnal a cărui perioadă de repetiție a tensiunii este mai mică decât durata regimului tranzitoriu (figura 1.11), în acest caz tensiunea din figura 1.11.a nu poate fi considerată impuls; ea se definește cu termenul de tensiune rectangulară, iar răspunsul circuitului este reprezentat în figura 1.11.b.

pentru

$T < \tau$

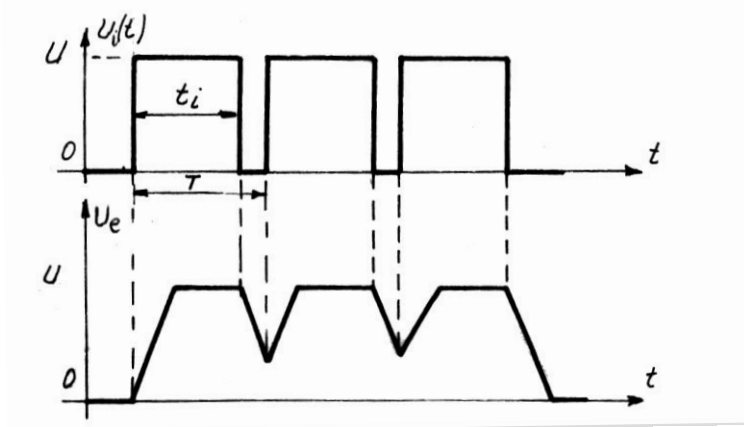
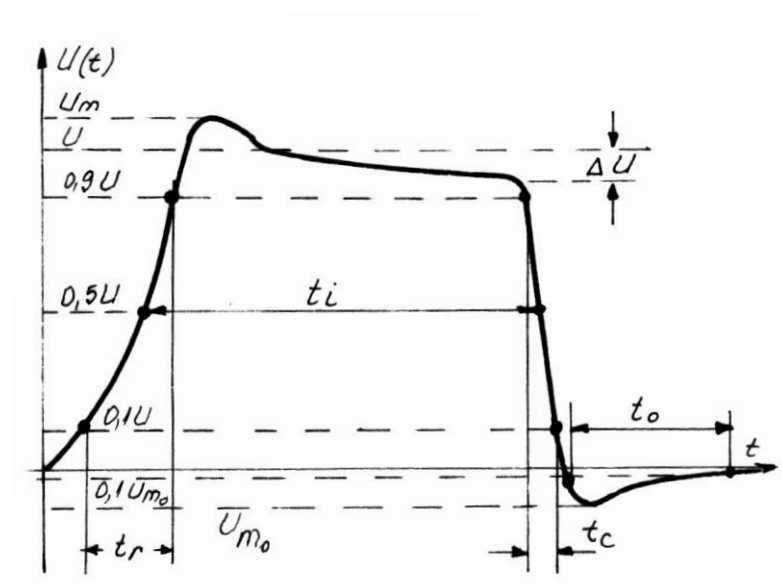


Figura 1.11

În realitate, impulsurile nu au forma ideală indicată în figura 1.9. Forma unui impuls real este reprezentată în figura 1.12, împreună cu parametrii cei mai importanți:



*Figura 1.12*

Unde:  $U$  = Amplitudinea impulsului (valoarea maximă);

$t_i$  = durata impulsului;

$t_r$  = durata timpului de ridicare (front anterior);

$t_c$  = durata timpului de cădere (front posterior);

$\Delta U$  = căderea de palier;

$U_m$  = amplitudinea de supra-depășire;

$U_{m0}$  = amplitudinea de sub-depășire;

$t_o$  = durata de revenire a impulsului.

La determinarea parametrilor de timp ai unui impuls real se folosesc nivelele convenționale de referință ce exprimă un procent bine determinat din valoarea finală a amplitudinii impulsului. Spre exemplu timpul de ridicare se definește ca fiind intervalul de timp necesar ca tensiunea  $U$

(t) să crească de la valoarea 0,1 U la 0,9 U, iar timpul de coborâre se definește ca intervalul de timp necesar ca tensiunea U (t) să scadă de la valoarea 0,9 U la 0,1 U.

Deseori avem de a face cu șiruri de impulsuri (tren de impulsuri) care se repetă periodic. Un asemenea șir se caracterizează prin coeficientul de umplere N și frecvența de repetiție F:

$$N = \frac{t_i}{T} \quad \text{și} \quad F = \frac{1}{T}$$

Unde: T este perioada de repetiție a impulsurilor, iar  $t_i$  durata impulsului.