

3.5. Factorul de încărcare al ieșirii / Fan Out

- În foarte multe scheme apare nevoia ca ieșirea unui circuit logic să comande două sau mai multe intrări ce aparțin altor circuite logice.
- În caz ideal, o ieșire logică poate comanda un număr infinit de intrări logice;
- În cazul circuitelor reale, apar restricții deoarece:
 - o ieșirea unui circuit are posibilități limitate de a genera sau prelua curenți – cazul circuitelor din familiile TTL.
 - o ieșirea unui circuit are posibilități limitate de a comanda sarcini capacitive – cazul circuitelor din familiile CMOS.
- Din figura 13 se observă că:
 - o sensul de curgere al curenților depinde de starea logică transmisă pe linia de legătură.
 - o pe măsură ce crește numărul sarcinilor logice comandate de ieșirea unei porți, crește și valoarea curentului generat/preluat de către aceasta.
 - o dacă numărul sarcinilor logice este prea mare, poarta logică nu va mai putea menține nivelele de tensiune acceptabile și informația logică se poate pierde.
- Așadar, un circuit logic trebuie să poată genera/prelua la ieșire un curent mai mare sau egal cu suma curenților preluați/generați de toate porțile care sunt conectate la acea ieșire. În același timp el trebuie să asigure și nivelul garantat al tensiunii ce corespunde stării logice transmise.
- *De regulă, pentru stabilirea semnelor curenților se face apel la următoarea convenție: curentul care intră într-o bornă are semnul pozitiv, iar cel care iese dintr-o bornă are semnul negativ.*

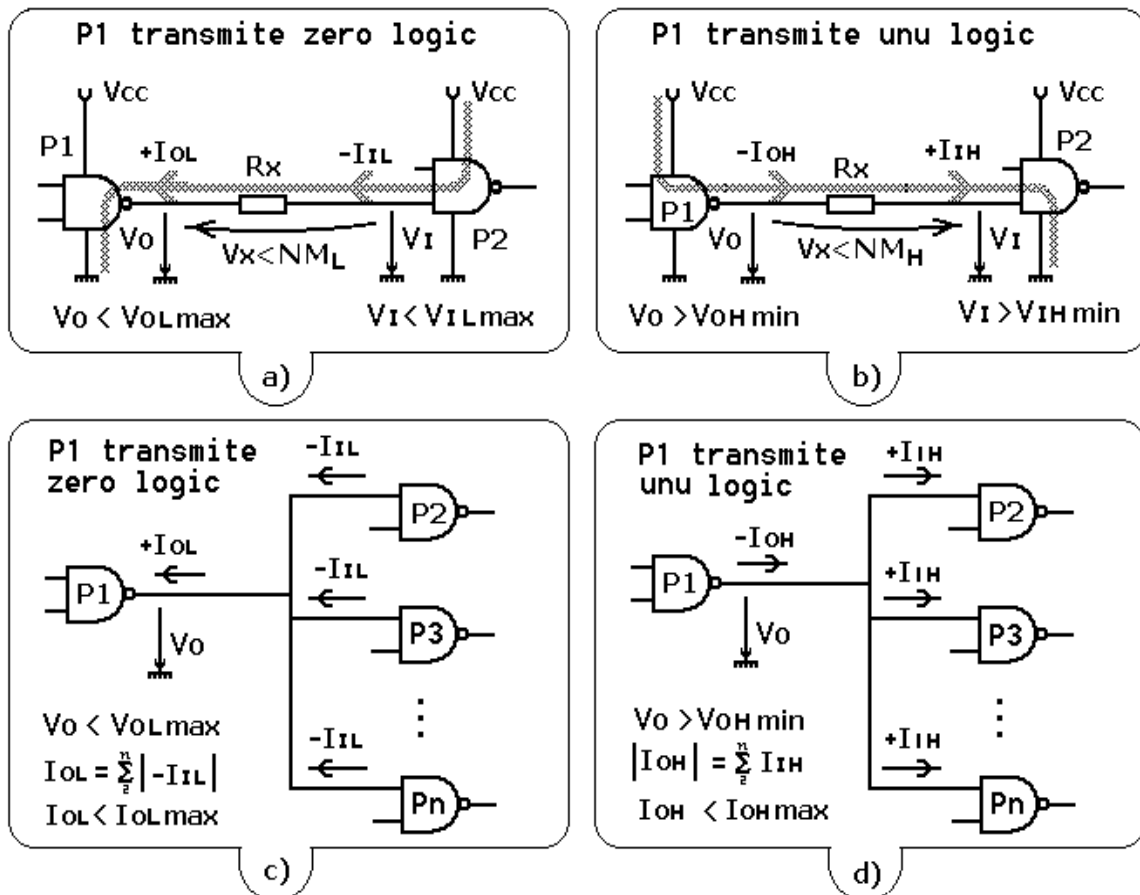


Fig. 13. Circulația curenților funcție de starea logică și factorul de încărcare

Semnificația curenților din figura 13 este următoarea:

- I_{iL} - curentul de intrare în starea Low. Valoarea maximă a acestui curent este dependentă de familia logică din care provine circuitul (vezi tabelul 4).
- I_{iH} - curentul de intrare în starea High. Valoarea maximă este dependentă de familia din care provine circuitul logic.
- I_{oL} - curentul de ieșire în starea Low. Valoarea maximă este dependentă de familia din care provine circuitul logic.
- I_{oH} - curentul de ieșire în starea High. Valoarea maximă este dependentă de familia din care provine circuitul logic.

Tabelul 4. Valorile curenților de intrare/ieșire pentru diferite familii logice

Device Family		Output Drive*	Input Loading
TTL	Standard TTL	$I_{OH} = 400 \mu A$ $I_{OL} = 16 \text{ mA}$	$I_{IH} = 40 \mu A$ $I_{IL} = 1.6 \text{ mA}$
	Low-Power Schottky	$I_{OH} = 400 \mu A$ $I_{OL} = 8 \text{ mA}$	$I_{IH} = 20 \mu A$ $I_{IL} = 400 \mu A$
	Advanced Low-Power Schottky	$I_{OH} = 400 \mu A$ $I_{OL} = 8 \text{ mA}$	$I_{IH} = 20 \mu A$ $I_{IL} = 100 \mu A$
	FAST Fairchild Advanced Schottky TTL	$I_{OH} = 1 \text{ mA}$ $I_{OL} = 20 \text{ mA}$	$I_{IH} = 20 \mu A$ $I_{IL} = 0.6 \text{ mA}$
CMOS	4000 Series	$I_{OH} = 400 \mu A$ $I_{OL} = 400 \mu A$	$I_{in} = 1 \mu A$
	74HC00 Series	$I_{OH} = 4 \text{ mA}$ $I_{OL} = 4 \text{ mA}$	$I_{in} = 1 \mu A$
	FACT Fairchild Advanced CMOS Technology Series (AC/ACT/ACQ/ACTQ)	$I_{OH} = 24 \text{ mA}$ $I_{OL} = 24 \text{ mA}$	$I_{in} = 1 \mu A$
	FACT Fairchild Advanced CMOS Technology Series (FCT/FCTA)	$I_{OH} = 15 \text{ mA}$ $I_{OL} = 64 \text{ mA}$	$I_{in} = 1 \mu A$

*Buffers and drivers may have more output drive.

◆ Factorul de încărcare la ieșirii – Fan Out

- Prin definiție **factorul de încărcare la ieșirii** FO , (fan-out, output loading factor, sortance), este un număr ce indică capacitatea ieșirii de a comanda în siguranță, (cu asigurarea unor nivele corecte de tensiune), intrările altor circuite din aceeași familie.
- Fan-out este, în general, diferit pentru cele două stări logice, el se poate calcula cu relațiile:

$$FO_{LOW} = \left| \frac{I_{OL \min}}{I_{IL \max}} \right|$$

$$FO_{High} = \left| \frac{I_{OH \min}}{I_{IH \max}} \right|$$

$$FO = \min (FO_{LOW} , FO_{HIGH})$$

- În calculul FO se folosește rotunjirea prin lipsă;
- Din tabelul anterior se poate vedea că, în cazul familiei TTL standard, $FO=10$. Aceasta înseamnă că fiecare ieșire TTL este capabilă să comande corect (în orice condiții) un număr de maxim 10 intrări ce aparțin aceleiași familii.

◆ Factorul de încărcare la intrării – Fan In

- Prin definiție **factorul de încărcare al intrării, FI**, (fan-in, input loading factor, facteur de charge) reprezintă numărul de unități de sarcină percepute la intrarea unui circuit digital.
- **FI** este dependent de complexitatea circuitului logic și poate avea valori mai mari decât 1. De exemplu, o ieșire TTL standard poate comanda 10 intrări cu FI=1 sau doar 5 intrări cu FI=2.

3.6. Timpul de propagare

- Acest parametru reprezintă întârzierea în timp dintre aplicării unui semnal la intrarea unui circuit și momentul apariției răspunsului la ieșirea acestuia.
- Timpul de propagare este un aspect nedorit în funcționarea circuitelor logice. Este necesar ca valoarea timpului de propagare să fie cât mai mică pentru a nu limita foarte mult viteza maximă de lucru a circuitelor. În funcție de tehnologia de realizare, întârzierea introdusă este de ordinul unităților sau chiar al zecilor de nanosecunde ($1n = 10^{-9} s$).
- Modul de definire a intervalelor de timp specifice semnalelor digitale se prezintă în figura 14, unde sunt prezentate semnalele de la intrarea și ieșirea unui inversor.

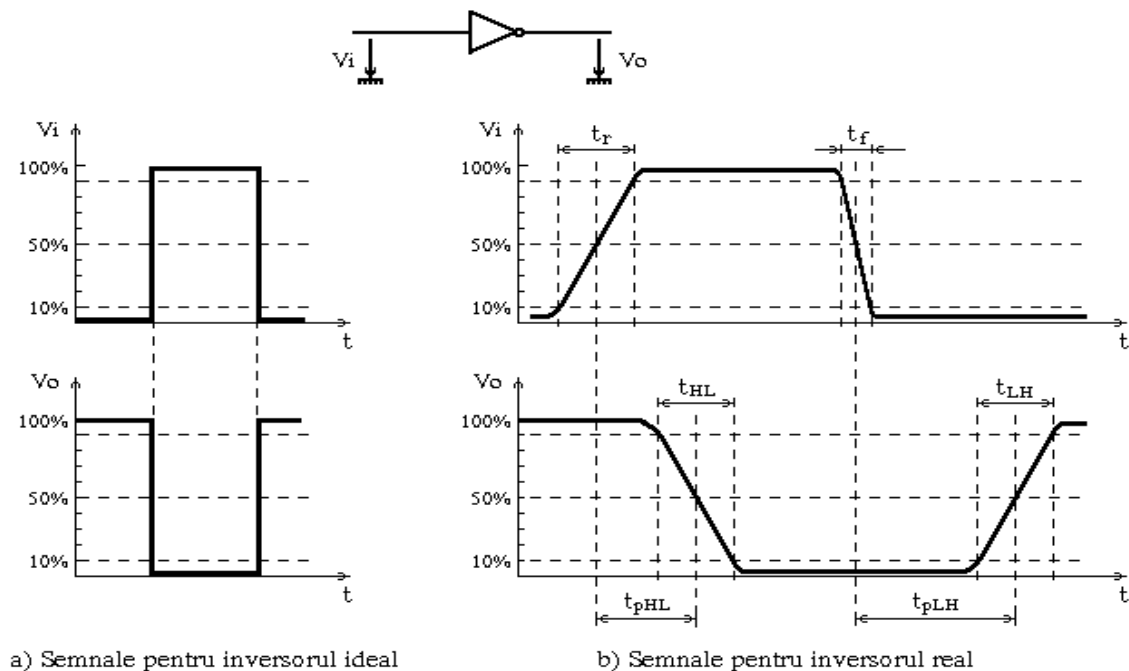


Fig. 14. Definirea timpilor de propagare

- Semnificația acestor mărimi temporale este următoarea:
 - t_r - (*rise time*), timpul de creștere al semnalului de intrare, se măsoară între 10% și 90% din amplitudinea tensiunii pentru nivelul de "unu logic";
 - t_f - (*fall time*), timpul de scădere al semnalului de intrare, se măsoară între 90% și 10% din amplitudinea tensiunii pentru nivelul de "unu logic";

- t_{pHL} , t_{pLH} – timpii de propagare pentru tranziția ieșirii din "1" în "0", respectiv din "0" în "1";
- t_{HL} , t_{LH} - durata frontului căzător (respectiv crescător) al semnalului de ieșire;
- t_p - timpul mediu de propagare definit prin relația:

$$t_p = \frac{t_{pHL} + t_{pLH}}{2}$$

- Facem precizarea că $t_{pHL} \neq t_{pLH}$. Pentru anumite familii logice, în foile de catalog vom găsi aceleași valori pentru t_{pHL} și t_{pLH} . Aceasta nu înseamnă că $t_{pHL} = t_{pLH}$, datele de catalog fac referire la valorile maxime pentru timpii de propagare. Valorile limită pot fi egale, dar nu și cele efective de la nivelul fiecărei porți.
- Pentru a se asigura condiții optime de procesare a semnalelor digitale se recomandă ca perioada T , a semnalului de intrare, să satisfacă relația:

$$T \geq (20 \div 50) \times t_p$$

- Dacă relația de mai sus nu este satisfăcută, există riscul ca semnalul de intrare să nu se mai regăsească la ieșirea circuitului, pur și simplu se pierde.
- Valorile tipice ale timpului de propagare printr-un inversor logic realizat în diferite tehnologii sunt exprimate grafic în figura 15

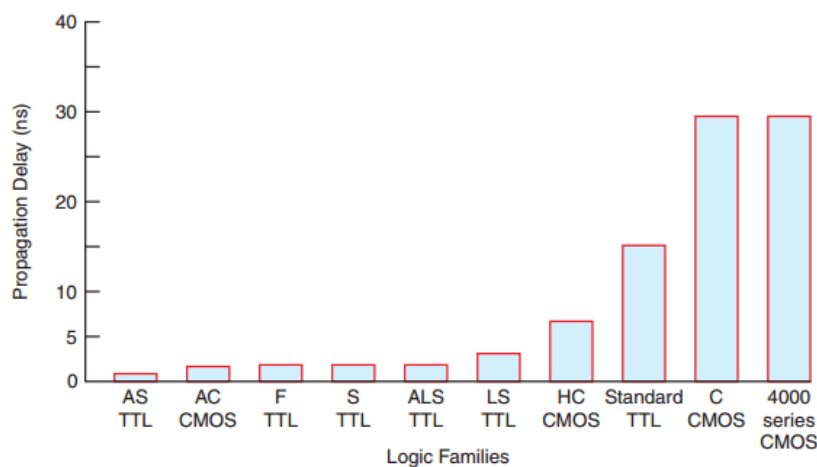


Fig. 15. Valori tipice pentru timpul de propagare prin inversor, pentru diferite familii logice

◆ Oscilatorul în inel

- Oscilatorul în inel reprezintă o aplicație utilă a fenomenului nedorit denumit timp de propagare;
- Schema de principiu este prezentată în figura 16;

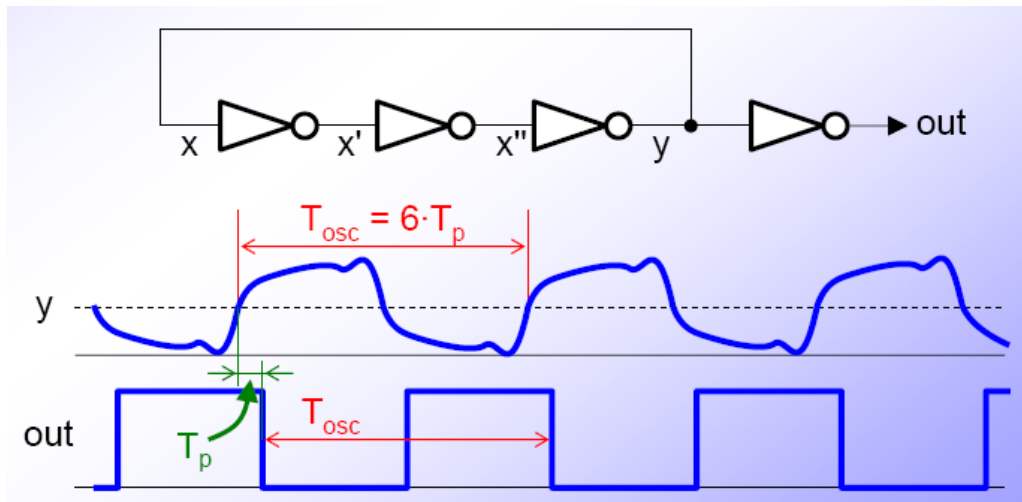


Figura 16: Oscilatorul în inel

Funcționarea schemei din figura 16 se poate explica prin următoarea succesiune de etape:

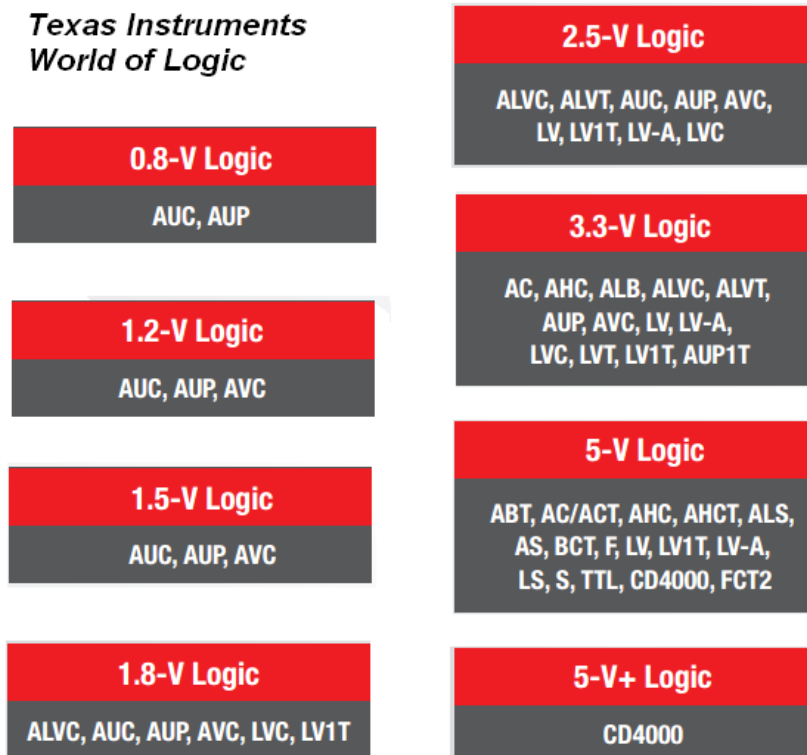
- Presupunem că imediat după conectarea tensiunii de alimentare în punctul x avem o stare logică LOW;
- După trei timpi de propagare, semnalul inițial $X=0$, ajunge în punctul Y sub formă inversată, deci ajungem în situația $Y=1$;
- Valoarea de unu logic din punctul Y (abia apărută) se propagă instantaneu pe firul de legătură (din partea superioară a schemei) și înlocuiește valoarea inițială de zero din punctul X;
- Am ajuns în situația $X=1$;
- După alți trei timpi de propagare, valoarea $X=1$, ajunge în punctul Y sub formă inversată, deci obținem $Y=0$;
- Ultima valoare, $Y=0$, se transmite pe firul de legătură și are ca efect modificarea lui X, mai precis îl trece în zero;
- Funcționarea se repetă.

Pentru oscilatorul în inel se pot face următoarele observații importante:

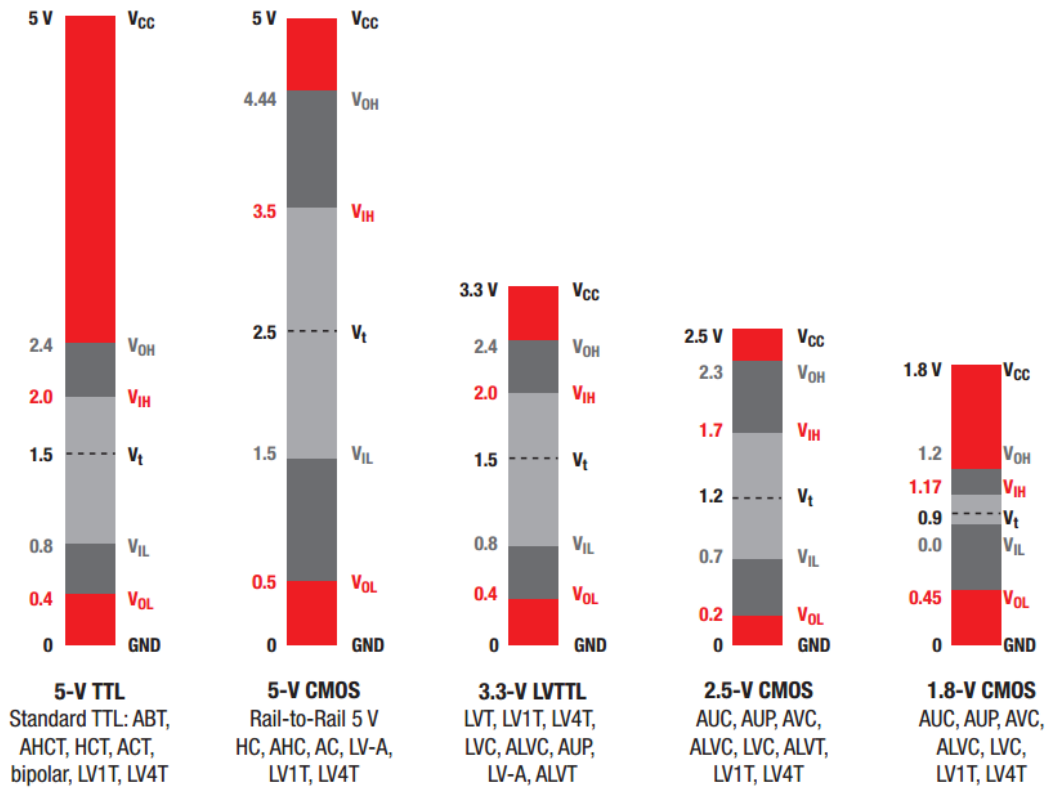
- Oscilațiile se amorsează numai dacă avem un număr impar de inversoare în inel;
- Schema este folosită pentru generarea de semnale cu frecvență mare (spre limita superioară a frecvenței de lucru a circuitelor logice);
- Semnalul generat nu are o frecvență stabilă în timp – motiv pentru care nu poate fi folosit în aplicații de precizie cum ar fi un cronometru electronic;
- Semnalul de ieșire poate fi preluat de la ieșirea oricărui inversor din inel;
- Preluarea semnalului de ieșire se recomandă a fi realizată printr-un alt inversor pentru a asigura condiții de încărcare constantă a oscilatorului;
- Creșterea numărului de inversoare din inel are ca efect scăderea frecvenței semnalului generat;

3.7. Analiza comparativă a familiilor logice

- O imagine sugestivă a numărului mare de familii logice oferite de firma Texas Instruments este prezentată mai jos:



- Problematika interfațării unui număr așa de mare de familii logice și de tensiuni de alimentare poate fi intuită din figura de mai jos, preluată de la Texas Instruments:



- O reprezentare sugestivă privind performanțele tehnice ale principalelor familii este ilustrată mai jos:

