

Tema – Electronica Digitala

2021-2022

1. Alegeți un circuit integrat din seria 74LS00 și omologul său din seria 74HC00. Piesele trebuie să fie în producție (unele sunt considerate depășite și nu se mai fabrică) și să aibă fișele tehnice (datasheets) disponibile on-line. Descărcați și studiați aceste fișe tehnice, în particular aspectele discutate în cursul ce privește parametrii și interfațarea circuitelor logice (ED_RT_04_Porti.pdf)

Realizați o comparație între cele două dispozitive, din perspectiva principalilor parametri electrici discutați în curs, respectiv identificați în fișele tehnice. Se recomandă prezentarea acestora sub formă de tabel, urmată de o discuție sumară. Comparația se va realiza numai pentru parametrii specifici cazului de tensiune de alimentare compatibile cu ambele tehnologii. (2p)

Circuite alese:

- 74LS00

(Circuit: <https://components101.com/ics/74ls00-quad-two-input-nand-gate>

Datasheet: <https://www.futurlec.com/74LS/74LS00.shtml>)

- 74HC00

(Circuit: <https://components101.com/ics/sn74hc00-2-input-nand-gate>

Datasheet: https://assets.nexperia.com/documents/data-sheet/74HC_HCT00.pdf)

Comparație între cele două dispozitive, din perspectiva principalilor parametri electrici:

Tip circuit		74LS00			74HC00		
Caracteristica		Min:	Nominal:	Max:	Min:	Nominal:	Max:
Domeniul tensiunii de alimentare (Vcc)		4.75V	5V	5.25V	2V	5V	6V
Nivelele logice pe iesire		V(OH): Min (Vcc = 4.75V): 2.7V Nom (Vcc = 5V): 3.4V V(OL): Nom (Vcc = 4.75V): 0.35V Max (Vcc = 5V): 0.5V			V(OH): Min (Vcc = 2V): 1.9V Nom (Vcc = 4.5V): 4.4V Max (Vcc = 6V): 5.9V V(OL): <0.1V		
Nivelele logice pe intrare		V(IL): (la toate Vcc-urile): < 0.8V V(IH): (la toate Vcc-urile): > 2V			V(IL): Min (Vcc = 2V): 0.5V Nom (Vcc = 4.5V): 1.35V Max (Vcc = 6V): 1.8V V(IH): Min (Vcc = 2V): 1.5V Nom (Vcc = 4.5V): 3.15V Max (Vcc = 6V): 4.2V		
Marginile de zgomot ce se formeaza la interconectarea a doua circuite identice	Margine low Vil -Vol	MZL (Vil -Vol) = 0.3V			Min: MZL=0.5V-0.1V=0.4V Nom: MZL=1.35V-0.1V=1.25V Max: MZL=1.8V-0.1V=1.7V		
	Margine high Voh – Vih	MZH (Voh – Vih) = 0.7V			Min: MZH=1.9V-1.5V=0.4V Nom: MZH=4.4V-3.15V=1.25V Max: MZH=5.9V-4.2V=1.7V		
Curentul de intrare		I(IH) = 20uA I(IL) = -0.36mA			I(IH) = 1uA I(IL) = -1uA		
Curentul maxim de iesire pentru care se pot garanta nivelele logice de iesire specificate		I(OH) = -0.4mA I(OL) = 8mA			+20uA/+4 mA		
Timp de propagare HIGH-LOW - T(PHL) (CLK -> Q/!Q), VCC = 5V, T = 25°C		C_L = 15 pF -> Min: 3ns, Max: 10ns C_L = 50 pF -> Min: 4ns, Max: 15ns R_L = 2 kΩ			C_L = 15 pF -> Nom: 7ns C_L = 50 pF -> Nom: 20ns, VCC = 2V		
Timp de propagare LOW-HIGH - T (PLH) (CLK -> Q/!Q). VCC = 5V, T = 25°C		C_L = 15 pF -> Min: 3ns, Max: 10ns C_L = 50 pF -> Min: 4ns, Max: 15ns R_L = 2 kΩ			C_L = 15 pF -> Nom: 7ns C_L = 50 pF -> Nom: 20ns, VCC = 2V		

Se observa ca:

- O diferenta majora intre cele doua circuite este alimentarea deoarece la circuitul 74LS00 avem alimentare care variaza foarte putin cu 0.25V, pe cand circuitul 74HC00 poate fi alimentat intre 2V si 6V.
- Tensiunile de intrare ale circuitului in tehnologie CMOS sunt mai variate și ocupa un interval de referinta mai mare decat in cazul unui circuit ce foloseste tehnologie TTL.
- Marginile de zgomot pentru tehnologia CMOS ocupa acelasi interval de [0.4V, 1.7V] ca pentru TTL

2. Discutați în ce condiții o ieșire TTL LS poate comanda corect o intrare CMOS și în ce condiții o ieșire CMOS poate comanda corect o intrare TTL LS. Ne interesează discuția bazată pe datele rezultate din datasheet, nu doar condițiile generale. Câte astfel de intrări (TTL) pot fi comandate în paralel (de o poartă CMOS)?(5p)

Ca un circuit in tehnologie TTL sa comande un circuit in tehnologie CMOS avem nevoie de urmatoarele conditii:

- $V(OH)_{ttl} > V(IH)_{cmos}$
- $V(OL)_{ttl} < V(IL)_{cmos}$

Vrem sa comandam cu o ieșire TTL LS o intrare CMOS.

- $V_{OH_1} = [2.70V, 3.40V]$
- $V_{IH_2} = [1.50V, 4.20V]$
- $V_{OL_1} = [0.35V, 0.50V]$
- $V_{IL_2} = [0.50V, 1.80V]$

Pentru a fi satisfăcută conditia minimala mereu este nevoie ca:

- orice valoare a lui V_{OH_1} din $[2.70V, 3.40V]$ să fie mai mare decat toate valorile a lui V_{IH_2} , din intervalul $[1.5V, 4.2V]$, ceea ce nu este adevarat pentru $V_{OH_1} = 3.40V$, $V_{IH_2} = 4.2V$.
- orice valoare a lui V_{OL_1} din intervalul $[0.35V, 0.50V]$ sa fie mai mica decat toate valorile lui V_{IL_2} din intervalul $[0.5V, 1.8V]$, ceea ce nu este adevarat pentru $V_{OH_1} = 0.5V$ și $V_{IH_2} = 0.5V$

Astfel, se obțin cazurile limita.

Pentru o alimentare cu V_{cc} nominal = 5V a lui SN74LS00, trebuie sa țină cont de valorile:

$$V_{OH_1} = 3.4V$$

$$V_{OL_1} = 0.5V$$

Avand in vedere ca TTL se alimenteaza la aproximativ 5V, dar CMOS permite o gama mai larga a tensiunii de alimentare, se desting cazurile pentru V_{cc} -ul lui CD74HC00 :

- $V_{cc2} = 2V: V_{IH2} = 1.5V, V_{IL2} = 0.6V$

$$3.4V > 1.5V$$

$$0.5V < 0.6V$$

Conditia minimala este îndeplinită. Totuși, dacă $V_{cc1} > V_{cc2}$, poarta 2 se poate distruge. Deci se impune o conditie suplimentara: $V_{cc1} \leq V_{cc2}$. Cum $5V > 2V$, se impune găsirea unei soluții. Astfel, se poate folosi pentru remedierea situatiei un level shifter, un divizor de tensiune sau un limitator de tensiune cu rezistor si diode., limitand tensiunea de ieșire la intervalul (0V, 2V).

- $V_{cc2} = 4.5V: V_{IH2} = 1.5V, V_{IL2} = 0.5V$

$$3.4V > 3.15V$$

$$0.5V < 1.35V$$

Conditia minimala este îndeplinită. Cum $V_{cc1} \approx V_{cc2}$ nu este nevoie de condiții suplimentare, acesta fiind un interval tipic.

- $V_{cc2} = 6V: V_{IH2} = 4.2V, V_{IL2} = 1.8V$

$$3.4V > 4.2V$$

$$0.5V < 1.8V$$

Conditia minimala nu este îndeplinită și $V_{cc1} < V_{cc2}$. Se poate folosi pentru remedierea situatiei un level shifter, un divizor de tensiune sau un limitator de tensiune cu rezistor si diode.

In concluzie, nu poate fi comandat un CMOS de un circuit TTL in cazul general.

Ca un circuit in tehnologie CMOS sa comande un circuit in tehnologie TTL avem nevoie de urmatoarele conditii:

$$\text{➤ } V(OH)_{\text{cmos}} \leq V(IH)_{\text{ttl}}$$

$$\text{➤ } V(OL)_{\text{cmos}} \geq V(IL)_{\text{ttl}}$$

Vrem sa comandam cu o ieșire CMOS o intrare TTL LS.

$$V(IL)_{\text{ttl}} = 0.8V$$

$$V(IH)_{\text{ttl}} = 2V$$

Pentru a fi satisfăcută condiția minimală mereu este nevoie ca:

- orice valoare a lui V_{OH_2} din $[1.9V, 5.9V]$ să fie mai mare decât toate valorile a lui $V_{IH_1} = 2V$, ceea ce nu este adevărat pentru $V_{OH_2} = 1.9V$ și $V_{IH_1} = 2V$.
- orice valoare a lui $V_{OL_2} < 0.1V$ să fie mai mică decât toate valorile lui $V_{IL_1} = 0.8V$.

Având în vedere că TTL se alimentează la aproximativ 5V, dar CMOS permite o gamă mai largă a tensiunii de alimentare, se destina cazurile pentru V_{cc} -ul lui CD74HC00 :

- $V_{cc2} = 2V: V_{OL_2} = 0.1V, V_{OH_2} = 1.9V$

$$0.1V \leq 0.8V$$

$$1.9V \geq 2V$$

Condiția minimală nu este îndeplinită ($1.9V \geq 2V$, fals) și $V_{cc1} < V_{cc2}$. Astfel, se poate folosi pentru remedierea situației un level shifter, un divizor de tensiune sau un limitator de tensiune cu rezistor și diode., limitând tensiunea de ieșire.

- $V_{cc2} = 4.5V: V_{OL_2} = 0.1V, V_{OH_2} = 4.4V$

$$0.1V \leq 0.8V$$

$$4.4V \geq 2V$$

Condiția minimală este îndeplinită. Cum $V_{cc1} \approx V_{cc2}$ nu este nevoie de condiții suplimentare, acesta fiind un interval tipic.

Pentru calcularea numărului de intrări ce pot fi comandate în paralel, folosim formula:

$$n = \min\left(\frac{I_{OL_cmos}}{I_{IL_ttl}}, \frac{I_{OH_cmos}}{I_{IH_ttl}}\right)$$

$$n = \min\left(\frac{4mA}{-0.36mA}, \frac{-4mA}{20\mu A}\right) = \min(11.11, 200)$$

$$\Rightarrow n = 11 \text{ porti}$$

- $V_{cc2} = 6V: V_{OL_2} = 0.1V, V_{OH_2} = 5.9V$

$$0.1V \leq 0.8V$$

$$5.9V \geq 2V$$

Condițiile minimale sunt îndeplinite, dar $V_{cc1} > V_{cc2}$, ($6V > 5V$), deci va fi nevoie de un circuit adițional, pentru a evita depășirea tensiunii maxime.

În concluzie, poarta CMOS poate comanda corect o poartă de tip TTL în toate situațiile deoarece suportă o tensiune mai mare. Este indicat să utilizăm un buffer pentru a nu denatura nivelul logic al CMOS-ului și să putem comanda circuitele TTL.

3. Considerați că aveți un sistem embedded care are următoarele caracteristici(8p):

- Se alimentează de la un acumulator de tip Li-Ion de 3.7V și 5000mAh.
- Randamentul sursei se presupune constant de 80%
- Sistemul are un procesor care se poate afla în stare de sleep (consum 10μA), stare activă (consum 25mA), activ+transmisia datelor (consum 100mA), activ+receptie (consum 50mA)
- Se citește periodic un senzor care poate sta fie în stare activa (consum 15mA) fie în sleep (consum 10μA).
- Scenariul este următorul:
 1. Se citește senzorul o dată la 10 minute. Citirea senzorului durează 5 secunde.
 2. Datele sunt acumulate timp de 12 ore și după cele 12 ore sunt trimise către un server. Se consideră că transmisia (care durează 5 secunde) are loc cu succes și este primit un ACK de la server (1 secunda)
 3. Intre citiri atât microcontrollerul (procesorul) cât și senzorul sunt în sleep. Calculați autonomia sistemului în ore/ani de autonomie.

Procesorul sistemului:

- stare de sleep: consum 10uA
- stare activa: consum 25mA
- activ + transmisia datelor: consum 100mA
- activa + receptie: consum 50mA

Senzor:

- stare de sleep: consum 10uA
- stare activa: consum 15mA
-

Se citește senzorul o dată la 10 minute. Timp de 12 ore, deci senzorul va face $12h / 10 \text{ min} = 60 \text{ min} \times 12 / 10 \text{ min} = 72$ masuratori.

Pentru 72 de masuratori, senzorul va fi activ $72 * 5s = 360s$ in 12h, adica 720s in 24h sau 1 zi.

Dupa 72 de masuratori

- se transmit datele in 5 secunde
 - se primeste un ACK de la server intr-o secunda.
- ⇒ timpul necesar in 24h este
- 10s pentru transmitere
 - 2s pentru ACK.

1 zi = 86 400 s

⇒ timpul pentru sleep = $86400 - (720 + 10 + 2) = 85668$ s

Curentul pentru senzor:

$$\begin{aligned} I_{senzor} &= (I_{activ} \times timp_{activ} + I_{sleep} \times timp_{sleep}) / 24h \\ &= (15mA \times 720s + 10uA \times 85668s) / 24 \\ &= (10800mAs + 856680uAs) / 24 \\ &= 11656mAs / 24h = 11656mAs / 86400s = 0.134mA \end{aligned}$$

Curentul pentru procesor:

$$\begin{aligned} I_{procesor} &= (25mA \times 720s + 100mA \times 10s + 50mA \times 2s + 10uA \times 85668) / 24h \\ &= (19100 mAs + 856 mAs) / 86400s = 0.23mA \end{aligned}$$

$$I_{baterie} = I_{senzor} + I_{procesor} = 0.364mA$$

$$P_C = U \times I_{baterie} = 3.3 \times 0.364mA = 1.2mW$$

$$\begin{aligned} \text{Autonomie} &= E \times Q \times n / P_C = 3.7 \times 5000mAh \times 0.8 / 1.2mW \\ &= 12333h = 514 \text{ zile} \end{aligned}$$