Universidade do Minho - Departamento de Electrónica Industrial

Mestrado Integrado em Engenharia Electrónica Industrial e Computadores

Sistemas Digitais A - Laboratórios

Circuitos Integrados Digitais

Duração máxima: 2 aulas.

Os alunos devem entregar no início da 1ª aula do trabalho (e copiar para o Logbook) a preparação prévia, com a resolução de todas as questões indicadas em itálico no guia.

Antes de realizar o trabalho, os alunos devem ter estudado os seguintes tópicos:

1) Correntes I_{IL}, I_{IH}, I_{OL} e I_{OH} e tensões V_{IL}, V_{IH}, V_{OL} e V_{OH}.
2) Fanout de portas TTL.
3) Margem de ruído.
4) Utilização do osciloscópio (consultar a referência 3 abaixo).

Durante a realização do trabalho, os alunos devem:

1) Realizar as montagens indicadas no guia.
2) Registar no logbook todos os valores calculados e medidos.

Depois de realizar o trabalho na totalidade, os alunos devem:

1) Ter verificado experimentalmente os tópicos propostos.
2) Saber o significado de cada elemento da referência de um circuito integrado TTL.
3) Saber interpretar as folhas de dados (datasheets) com informação do fabricante.
4) Saber dimensionar cargas em circuitos TTL.

Elementos de estudo:

1) Acetatos de Sistemas Digitais A.
2) Bertoldo Schneider Jr., Fábio Kurt Schneider, "Famílias e Tecnologias Digitais". Disponível em http://pessoal.cefetpr.br/bertoldo/Downloads/FamiliasDig.PDF
3) Guia de utilização do osciloscópio da Doctronics: "Using an Oscilloscope". Disponível em http://www.doctronics.co.uk/scope.htm
4) John F. Wakerly, "Digital Design, Principles and Practices", Prentice Hall, 2000.

PROCEDIMENTO

1 - Com base no exame do circuito integrado 74LS04 que lhe foi fornecido, *responda às seguintes questões*:

- Qual é o fabricante do CI?
- Qual é a série desse CI?
- Qual é a sua tecnologia interna?
- Qual é o tipo de dispositivo/função desse CI?
- Qual é o tipo de encapsulamento utilizado?

Para cada item acima, *forneça um exemplo alternativo* correspondente a outro circuito integrado diferente do utilizado.

2 - No circuito da Figura 1, considere que a entrada da porta inversora é ligada a um interruptor do Digital Lab. *Calcule o valor teórico da corrente que passa no LED quando este está aceso* (considere que a tensão no LED é 2V). *Qual é o nível lógico de saída do integrado neste caso?*

Monte o circuito, meça o valor real da tensão no LED e da corrente que passa no LED e compare com o valor teórico de corrente calculado.

Meça os valores de V_{IL}, V_{IH}, V_{OL}, V_{OH}, I_{IL}, I_{IH}, I_{OL} e I_{OH} para este circuito. Compare os valores medidos com os limites especificados pelo fabricante (consulte as tabelas fornecidas).

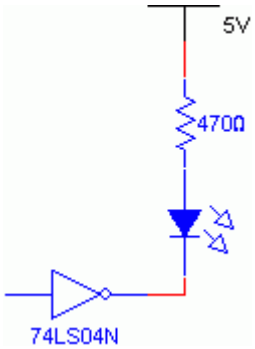

Figura 1 - Circuito para acender o LED

3 - *Calcule o valor teórico da corrente que passaria no circuito da Figura 2 quando o LED está aceso* (**não monte o circuito!**). *Qual seria o nível lógico de saída do integrado neste caso?*

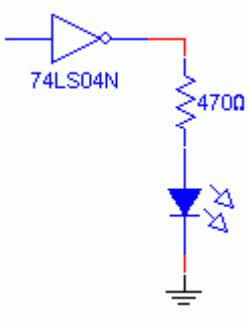

Figura 2 - Circuito que não deve ser utilizado

Com base na consulta à Tabela 1, justifique por que o circuito da Figura 1 pode ser montado e o circuito da Figura 2 não pode.

Se no circuito da Figura 1 a resistência fosse de 150 Ω, haveria algum problema com o funcionamento da montagem?

Tendo em consideração o propósito da montagem, se no circuito da Figura 2 a resistência fosse de 15 kΩ, haveria algum problema com o funcionamento da montagem?

4 - *Explique o significado das correntes I_{IL}, I_{IH}, I_{OL} e I_{OH}. Com base no sinal (positivo ou negativo) associado aos valores de corrente fornecidos pelo fabricante (Tabela 1) e nos valores medidos, deduza o sentido arbitrado pelo fabricante para a corrente de entrada e para a corrente de saída, bem como o sentido real de cada uma das 4 correntes.*

Explique o significado do fanout. Calcule o fanout da porta 74LS04. No cálculo do fanout, deve-se utilizar os valores mínimos, os valores médios ou os valores máximos de I_{IL}, I_{IH}, I_{OL} e I_{OH}?

No circuito da Figura 1, quantas entradas 74LS podem ser ligadas adicionalmente à saída da porta inversora?

Com base na consulta à Tabela 2, indique quantas entradas podem ser ligadas à saída de uma porta lógica nos seguintes casos:

- 74LS controla 74LS
- 74LS controla 74ALS
- 74S controla 74F
- 74F controla 74AS
- 74AS controla 74LS
- 74ALS controla 74S

5- *Explique o significado das tensões V_{IL}, V_{IH}, V_{OL} e V_{OH}.*

No cálculo da margem de ruído, deve-se utilizar os valores mínimos, os valores médios ou os valores máximos de V_{IL}, V_{IH}, V_{OL} e V_{OH}?

Com base nos valores dessas tensões, fornecidos pelo fabricante (Tabela 1), calcule a margem de ruído dos circuitos integrados 74LS.

Calcule a margem de ruído no caso em que a saída de um CI da série 54LS controla a entrada de um CI da série 74LS.

Se a margem de ruído for muito pequena, o que pode acontecer de negativo? Quais poderiam ser as consequências de uma margem de ruído negativa?

Indique duas consequências indesejáveis que podem ocorrer ao se exigir de uma porta lógica uma corrente de saída (I_{OL} ou I_{OH}) superior ao valor máximo especificado pelo fabricante.

O Digital Lab fornece uma onda quadrada de -5V/+5V que não deve ser aplicada directamente às entradas dos integrados TTL, pois poderá danificá-los, devido à parte negativa. Para obter uma onda quadrada de 0V/+5V pode recorrer a um circuito como o apresentado na Figura 3. A Figura 4 apresenta o *pinout* do transístor 2N2222 (1 – emissor, 2 – base, 3 – colector).

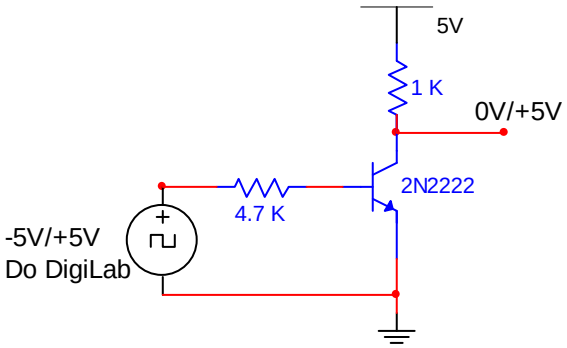

Figura 3 - Circuito para gerar uma onda quadrada de entrada para circuitos TTL

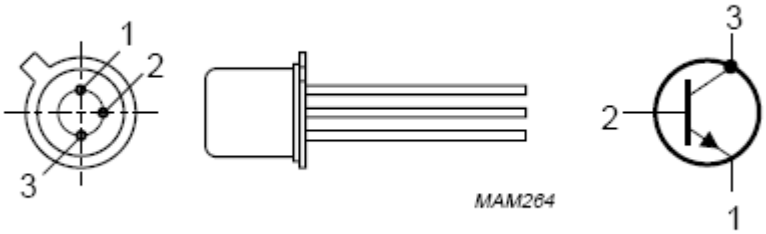

Figura 4 – *Pinout* do transístor 2N2222

6 – Monte o circuito da Figura 3. Visualize em simultâneo no osciloscópio (**no modo DC**) as formas de onda de entrada (proveniente do Digital Lab) no canal 1 e de saída (colector do transístor) no canal 2. Posicione as formas de onda do canal 1 e do canal 2 na parte superior e inferior do ecrã, respectivamente, com recurso ao ajuste vertical do osciloscópio, e registe as formas de onda no Logbook.

7 - Aplique à entrada de uma porta inversora uma onda quadrada (0V/+5V), proveniente da saída do circuito da Figura 3, com a frequência de 10 kHz. Visualize em simultâneo no osciloscópio (em modo DC) as formas de onda à entrada (canal 1) e à saída (canal 2) da porta lógica. Posicione as formas de onda do canal 1 e do canal 2 na parte superior e inferior do ecrã. Registe as formas de onda no Logbook. Aumente a frequência da onda quadrada e tente medir os tempos de propagação e de transição de nível lógico com o osciloscópio.

Tabela 1

Absolute Maximum Ratings (Note)

If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/Distributors for availability and specifications.

Supply Voltage	7V
Input Voltage	7V
Operating Free Air Temperature Range	
DM54LS and 54LS	−55°C to +125°C
DM74LS	0°C to +70°C
Storage Temperature Range	−65°C to +150°C

Note: *The "Absolute Maximum Ratings" are those values beyond which the safety of the device cannot be guaranteed. The device should not be operated at these limits. The parametric values defined in the "Electrical Characteristics" table are not guaranteed at the absolute maximum ratings. The "Recommended Operating Conditions" table will define the conditions for actual device operation.*

Recommended Operating Conditions

Symbol	Parameter	DM54LS04			DM74LS04			Units
		Min	Nom	Max	Min	Nom	Max	
V_{CC}	Supply Voltage	4.5	5	5.5	4.75	5	5.25	V
V_{IH}	High Level Input Voltage	2			2			V
V_{IL}	Low Level Input Voltage			0.7			0.8	V
I_{OH}	High Level Output Current			−0.4			−0.4	mA
I_{OL}	Low Level Output Current			4			8	mA
T_A	Free Air Operating Temperature	−55		125	0		70	°C

Electrical Characteristics over recommended operating free air temperature range (unless otherwise noted)

Symbol	Parameter	Conditions		Min	Typ (Note 1)	Max	Units
V_I	Input Clamp Voltage	V_{CC} = Min, I_I = −18 mA				−1.5	V
V_{OH}	High Level Output Voltage	V_{CC} = Min, I_{OH} = Max, V_{IL} = Max	DM54	2.5	3.4		V
			DM74	2.7	3.4		
V_{OL}	Low Level Output Voltage	V_{CC} = Min, I_{OL} = Max, V_{IH} = Min	DM54		0.25	0.4	V
			DM74		0.35	0.5	
		I_{OL} = 4 mA, V_{CC} = Min	DM74		0.25	0.4	
I_I	Input Current @ Max Input Voltage	V_{CC} = Max, V_I = 7V				0.1	mA
I_{IH}	High Level Input Current	V_{CC} = Max, V_I = 2.7V				20	μA
I_{IL}	Low Level Input Current	V_{CC} = Max, V_I = 0.4V				−0.36	mA
I_{OS}	Short Circuit Output Current	V_{CC} = Max (Note 2)	DM54	−20		−100	mA
			DM74	−20		−100	
I_{CCH}	Supply Current with Outputs High	V_{CC} = Max			1.2	2.4	mA
I_{CCL}	Supply Current with Outputs Low	V_{CC} = Max			3.6	6.6	mA

Switching Characteristics at V_{CC} = 5V and T_A = 25°C (See Section 1 for Test Waveforms and Output Load)

Symbol	Parameter	R_L = 2 kΩ				Units
		C_L = 15 pF		C_L = 50 pF		
		Min	Max	Min	Max	
t_{PLH}	Propagation Delay Time Low to High Level Output	3	10	4	15	ns
t_{PHL}	Propagation Delay Time High to Low Level Output	3	10	4	15	ns

Note 1: All typicals are at V_{CC} = 5V, T_A = 25°C.

Note 2: Not more than one output should be shorted at a time, and the duration should not exceed one second.

Tabela 2

Description	Symbol	Family				
		74S	74LS	74AS	74ALS	74F
Maximum propagation delay (ns)		3	9	1.7	4	3
Power consumption per gate (mW)		19	2	8	1.2	4
Speed-power product (pJ)		57	18	13.6	4.8	12
LOW-level input voltage (V)	V_{ILmax}	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
LOW-level output voltage (V)	V_{OLmax}	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
HIGH-level input voltage (V)	V_{IHmin}	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
HIGH-level output voltage (V)	V_{OHmin}	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7
LOW-level input current (mA)	I_{ILmax}	–2.0	–0.4	–0.5	–0.2	–0.6
LOW-level output current (mA)	I_{OLmax}	20	8	20	8	20
HIGH-level input current (μA)	I_{IHmax}	50	20	20	20	20
HIGH-level output current (μA)	I_{OHmax}	–1000	–400	–2000	–400	–1000