

Universidade do Minho - Departamento de Eletrónica Industrial

Sistemas Digitais - Laboratórios

Introdução aos Sistemas Digitais

Duração máxima: 1 aula.

Os alunos devem **entregar a preparação prévia ao docente no início da 1ª aula de cada trabalho (imediatamente ao entrar na sala)**, com a resolução de todas as questões indicadas a sublinhado no guia. **O atraso na entrega implicará uma penalização na nota.** A mesma resolução deve estar anotada no *logbook*.

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 e demais informação relevante (diagramas esquemáticos, etc.).

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

- 1) Ter adquirido conhecimentos sobre o funcionamento do Digital Lab.
- 2) Ter adquirido conhecimentos básicos sobre a montagem e teste de circuitos digitais.
- 3) Ter verificado experimentalmente os tópicos propostos.

Elementos de estudo:

- 1) Slides de Sistemas Digitais.
- 2) John F. Wakerly, "Digital Design, Principles and Practices", Prentice Hall, 2000.

DICAS DE MONTAGEM

- A Figura 1 explica como as linhas da *breadboard* estão ligadas internamente e o modo correto de colocação de um CI (Circuito Integrado). Deste modo, **cada pino do CI deve ficar ligado a uma linha diferente da *breadboard***, restando ainda, para cada pino, 4 furos que permitem a interligação com outros componentes, com o auxílio de fios de ligação.
- **Deve-se sempre alimentar os integrados com Vcc (+5 V) e GND (0 V) antes de aplicar qualquer sinal ou fazer as medições.** A alimentação pode ser obtida no Digital Lab ou em outra fonte de alimentação.
- O Vcc deve ser ligado a uma das duas linhas horizontais superiores da *breadboard* e o GND a uma das duas linhas inferiores. De seguida, liga-se um fio do Vcc ao pino respetivo do integrado, fazendo-se o mesmo para o GND. Esse procedimento visa otimizar as ligações quando a montagem utiliza vários integrados.
- Atenção: como mostra a Figura 1, **em muitas *breadboards* as linhas horizontais da esquerda não fazem contacto com as da direita, sendo necessário fazer a ligação com um fio.**
- Não se devem passar fios de ligação "por cima" dos integrados. Esse procedimento visa facilitar a sua troca em caso de avaria ou modificação do circuito.
- Descarnar apenas o comprimento necessário para inserção dos fios nos furos da *breadboard* (cerca de 0.5 cm). Isso evita que as pontas sem isolamento dos fios possam vir a tocar acidentalmente em outro ponto do circuito e provocar curto-circuitos. **Cada grupo deve ter os seus próprios alicates.**
- Um fio danificado pode causar mau contacto e comprometer o funcionamento do circuito. Quando uma ponta sem isolamento se deteriora (pode acontecer ao descarnar o fio), deve-se cortá-la e utilizar o alicate para fazer uma nova ponta.

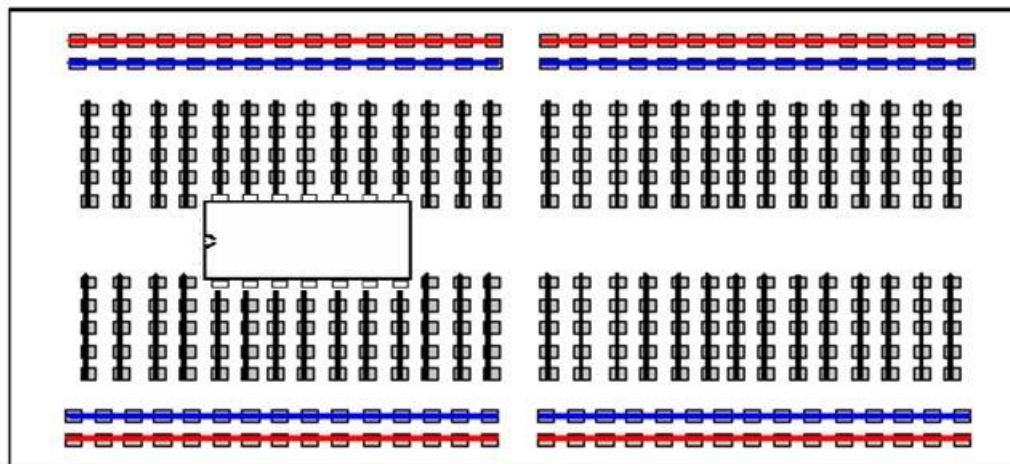


Figura 1 - Ligações internas da *breadboard* e modo correto de colocação de um CI.

PROCEDIMENTO

Antes de iniciar o procedimento, leia atentamente as dicas de montagem apresentadas na página anterior.

A Figura 2 apresenta o *pinout* de alguns dos integrados da família TTL mais utilizados. Esses integrados contêm apenas elementos digitais básicos (portas lógicas), existindo outros integrados com elementos mais complexos.

Deve sempre consultar o *datasheet* de cada integrado utilizado, não só para conhecer o seu *pinout* (repare, por exemplo, que o 7402 tem *pinout* diferente do 7400) mas também para se obter informações importantes sobre o seu funcionamento e características elétricas.

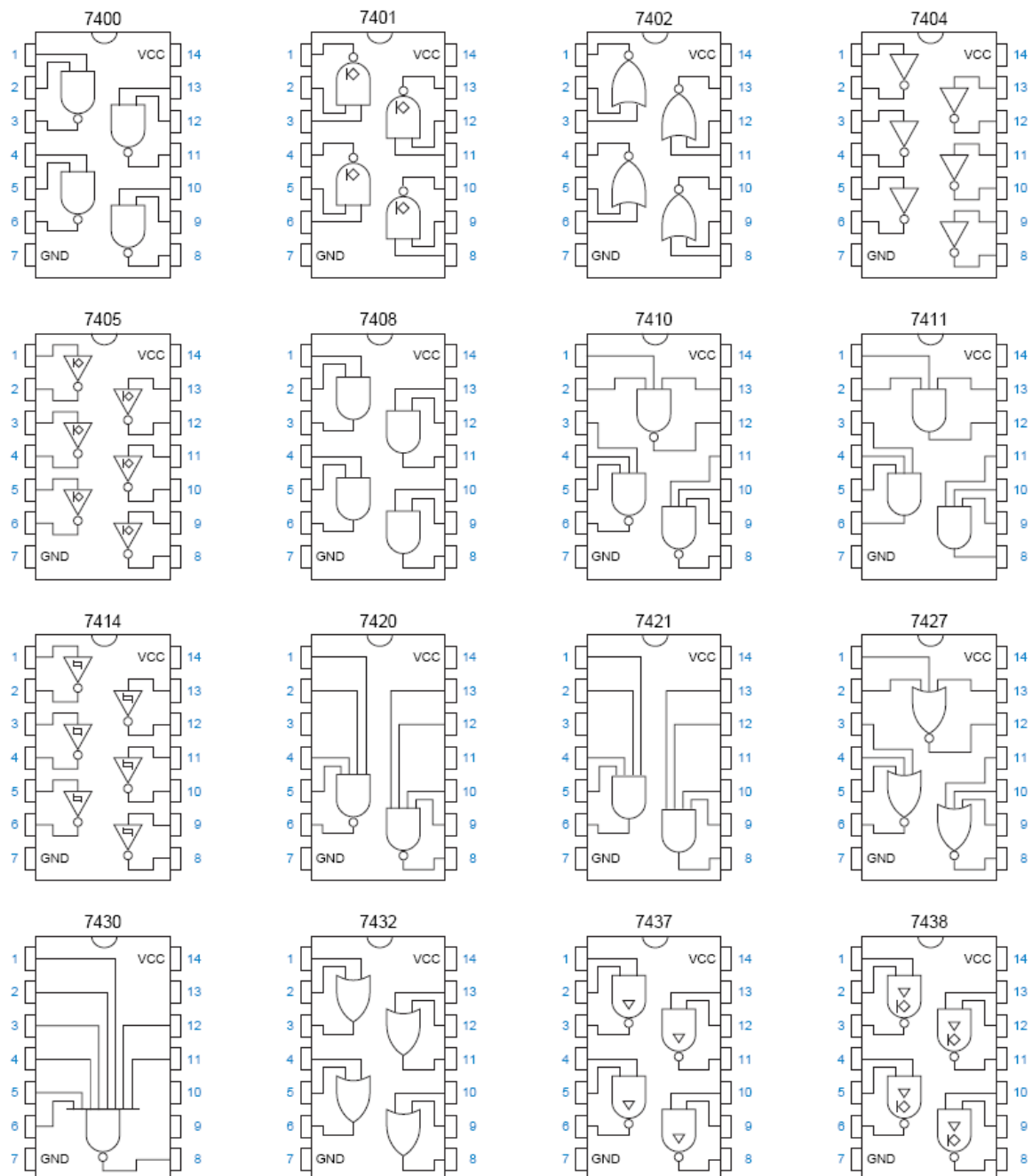


Figura 2 - *Pinout* de alguns dos integrados TTL mais utilizados.

Estudo do Digital Lab

O Digital Lab (IDL-800) é um equipamento muito útil na execução nas montagens, pois incorpora um conjunto de componentes úteis, como fontes de alimentação, interruptores e LEDs. Sendo assim, antes de começar as montagens deve estudar o seu *datasheet*.

Os laboratórios do DEI estão equipados com 2 versões diferentes do Digital Lab, um laranja e outro azul, mas ambos apresentam basicamente as mesmas funcionalidades.

1 - Escolha uma versão de Digital Lab. Com base no seu exame e na consulta ao seu *datasheet*, responda às seguintes perguntas:

- Quantas fontes de +5 V (tensão fixa) este possui? Quantos pinos separados fornecem esta tensão? Qual é a corrente máxima?
- Quantas fontes de tensão CC variável este tem? Qual é a gama de tensão fornecida por cada uma?
- Quantos pinos de GND (terra ou massa) estão disponíveis? Como sabe, o GND é sempre utilizado em conjunto com outro pino para fornecer uma tensão (diferença de potencial), sendo que o potencial do GND é 0 V, pelo que quando falamos em tensão num ponto estamos a falar da tensão entre esse ponto e a massa.
- Quantos interruptores de 2 posições estão disponíveis e quais os seus nomes? Desenhe o seu circuito interno. Quais são as tensões que estes interruptores fornecem em cada posição, em circuito aberto?
- Quantos LEDs o Digital Lab disponibiliza? Como pode ver no *datasheet*, o circuito interno é muito mais do que somente um LED. Voltaremos a este assunto depois.

2 - Elabore um procedimento e projete um circuito simples para determinar de forma experimental o valor da resistência interna utilizada pelos interruptores do Digital Lab, de forma segura (atenção à corrente) mas com boa precisão, e sem abrir o equipamento.

Efetue esta montagem e obtenha o valor da resistência interna.

Montagens Básicas

Os circuitos digitais operam com níveis lógicos binários (0 e 1). Nos trabalhos práticos efetuados nas aulas práticas, iremos considerar que o nível lógico 0 corresponde a tensões próximas de 0 V, e o nível lógico 1 corresponde a tensões em torno de 4 ou 5 V.

Se alguma vez vier a medir valores de tensão fora dessas gamas em pinos de componentes TTL (por exemplo, em torno de 2 V) isso normalmente indica que há problemas com a montagem.

A Figura 3 apresenta uma porta lógica OR com 2 entradas (X e Y) e uma saída (Z). Como mostra a Figura 2, o circuito integrado 7432 contém 4 portas OR de 2 entradas, pelo que pode utilizar qualquer uma à escolha para efetuar a montagem.



Figura 3 - Porta lógica OR.

3 - Insira um circuito integrado 7432 na *breadboard*. Com o Digital Lab desligado, ligue os pinos de alimentação do integrado (Vcc e GND) aos respetivos pinos da fonte de +5 V do Digital Lab, da forma especificada nas dicas de montagem (só ligue a fonte após a montagem estar completa).

O Digital Lab possui interruptores de 2 posições que fornecem 0 V e 5 V. Escolha uma das 4 portas lógicas do CI e ligue um interruptor à sua entrada X e outro à sua entrada Y. Procure efetuar as ligações de forma ordenada, ou seja, ligar X ao primeiro interruptor (mais à esquerda) e Y ao segundo.

Certifique-se que nunca liga um pino que fornece tensão (por exemplo, um interruptor do Digital Lab, o GND ou +5 V) a uma saída de um circuito integrado, nem liga duas saídas normais entre si, pois isso provoca um curto-circuito que pode danificar o material.

Ligue a saída Z ao pino correspondente a um dos 8 LEDs do Digital Lab. O LED deverá acender quando é aplicado nível lógico “1” ao pino, e ficar apagado quando é aplicado nível lógico “0”.

Ligue o Digital Lab. Antes de começar as medições das tensões de entrada e saída do circuito, confirme se o CI está corretamente alimentado, ou seja, meça a tensão entre os pinos de Vcc e GND **diretamente nos pinos do CI e não nos pinos do Digital Lab**, colocando a ponta vermelha do multímetro (**cada grupo deve ter o seu**) no pino de Vcc e ponta preta no pino de GND do CI. Anote o valor medido.

Explique a razão pela qual as tensões devem ser medidas diretamente nos pinos do CI e não nos pinos do Digital Lab.

Utilizando o multímetro, preencha duas tabelas no *logbook*, da forma indicada abaixo, e verifique se a tabela da direita corresponde à tabela de verdade da porta OR.

- Uma (à esquerda) com as tensões (**medidas com 3 dígitos significativos**) nas entradas (X e Y) e na saída (Z) para as 4 combinações das posições dos interruptores, bem como o estado do LED (“Aceso” ou “Apagado”).
- Outra (à direita) com os níveis lógicos correspondentes às tensões medidas.

Tensões medidas e estado do LED

X	Y	Z	LED

Níveis lógicos correspondentes

X	Y	Z
0	0	
0	1	
1	0	
1	1	

A partir daqui vamos assumir que os interruptores fornecem os níveis lógicos corretos e que os LEDs também acendem de acordo, dispensando assim o uso do multímetro quando a montagem funciona bem. No entanto, **sempre que houver indícios de problemas nas montagens (que certamente irão acontecer) o uso do multímetro é fundamental para identificar o local do problema e possibilitar a sua correção.** Os problemas que podem ocorrer incluem não só os casos em que os níveis lógicos na saída não estão de acordo com o esperado, mas também os casos em que os LEDs não acendem com a intensidade normal ou acendem de forma intermitente.

4 - Teste o circuito e preencha a tabela da direita para o CI 7408 (portas AND).

5 - Teste o circuito e preencha a tabela da direita para o CI 7400 (portas NAND).

6 - Teste o circuito e preencha a tabela correspondente ao CI 7404 (portas inversoras). Atenção que estas portas têm apenas uma entrada, pelo que, naturalmente, o *pinout* do CI é diferente dos anteriores.