

Universidade do Minho - Departamento de Eletrónica Industrial

Sistemas Digitais - Laboratórios

TP0 - 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) Registrar 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.

1. 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.

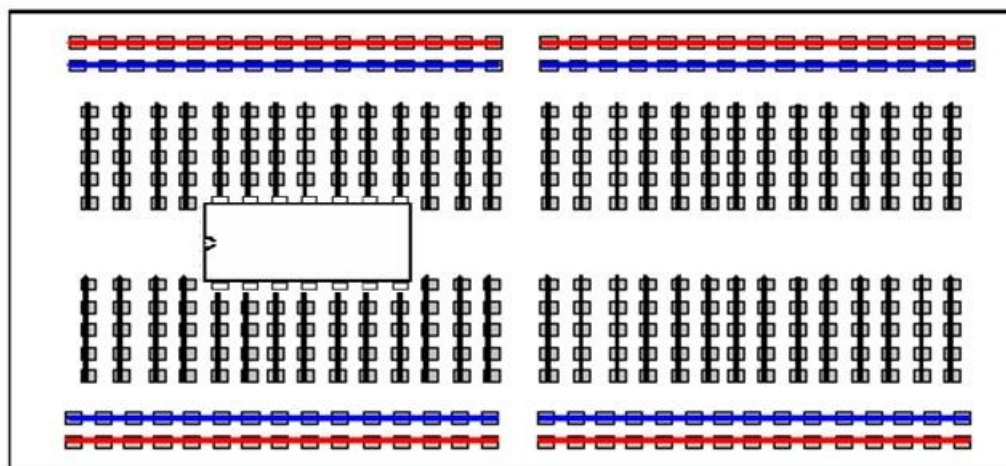


Figura 1 - Ligações internas da *breadboard* e modo correto de colocação de um CI.

2. Procedimento

Antes de iniciar o procedimento, leia atentamente a seção 1 (Dicas de Montagem).

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

Deve sempre consultar o *datasheet* de cada CI utilizado antes de iniciar o trabalho, 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.

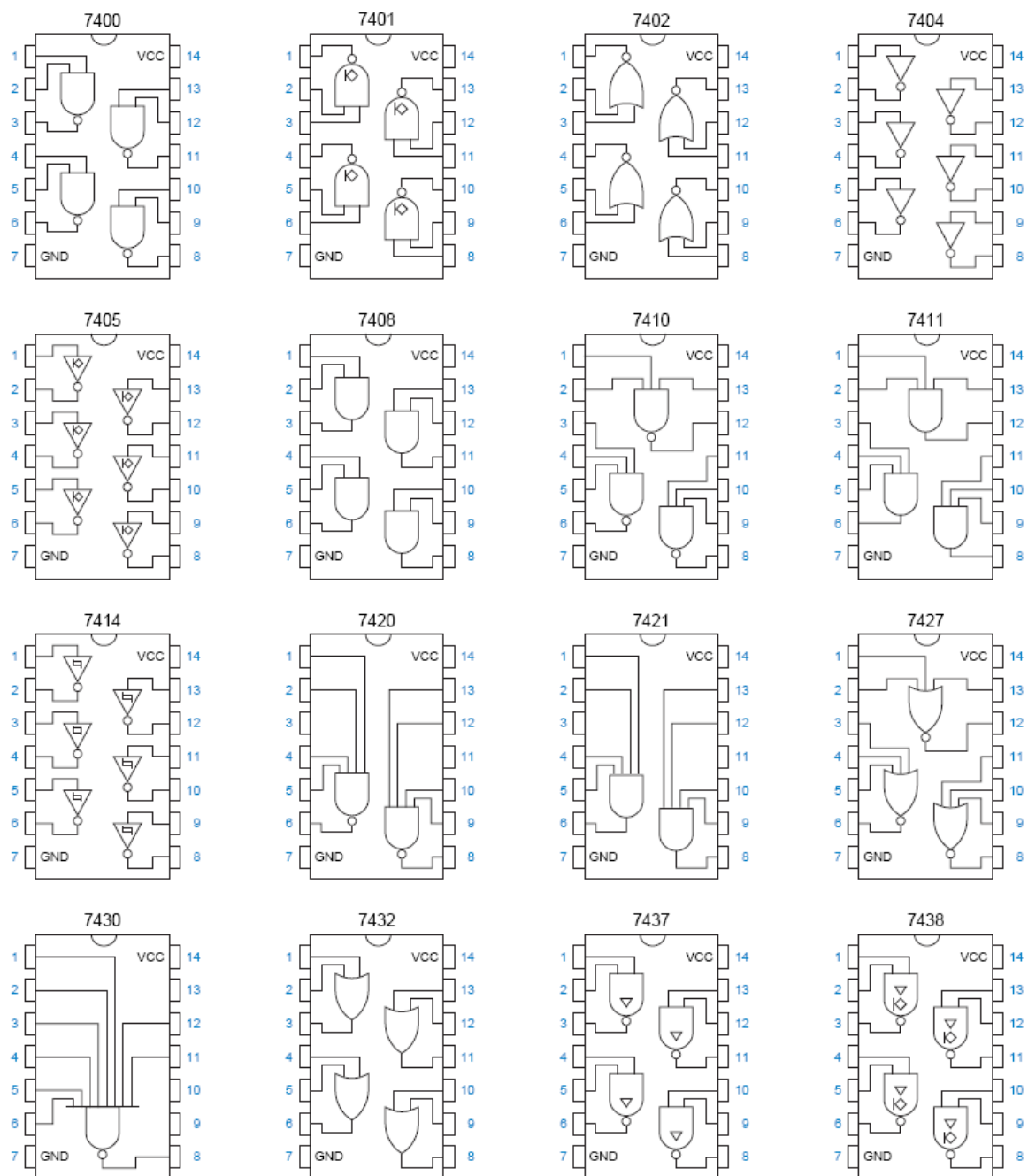


Figura 2 - Pinout de alguns dos integrados TTL mais utilizados.

1.1. 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.

1.2. 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 com nível lógico “0”.

Ligue o Digital Lab. **Antes de começar a observar as tensões de entrada e saída dos circuitos, deve sempre confirmar se os CIs estão corretamente alimentados, medindo a tensão entre os pinos de Vcc e GND diretamente nos pinos do CI e não nos pinos do Digital Lab** (ponta vermelha do multímetro no pino de Vcc do CI e ponta preta no pino de GND do CI). **Se a tensão medida for menor que 5 V**, isso indica que há um **erro na montagem** (e.g., mal contacto ou fio partido) que deve ser corrigido antes de avançar.

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.

- Tabela 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”).
- Tabela 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.