

# Multiplexação de Displays

D.T. e J.R.B./2001 (revisão)  
 E.T.M./2003 (revisão da parte experimental)  
 E.T.M./2004 (revisão)  
 E.T.M./2006 (revisão)

## **RESUMO**

Nesta experiência são apresentados alguns conceitos sobre *displays* ou mostradores. São discutidas as formas de multiplexá-los de modo a reduzir a quantidade de componentes utilizados e/ou o consumo do circuito, sem que isso afete a visualização da informação apresentada por eles.

A parte experimental consiste em projetar e implementar um sistema de multiplexação dos displays do painel didático, de modo que a cada momento apenas um deles esteja aceso, sem que isso seja perceptível ao olho humano.

## **1. PARTE TEÓRICA**

É inegável a importância de *displays*, pois são muito utilizados nos mais variados equipamentos de todas as áreas, como por exemplo, de instrumentação e automação. Eles estão incorporados em equipamentos como voltímetros, freqüencímetros, contadores, relógios, entre outros. Esta larga escala de utilização nas mais diversas áreas resultou numa grande variedade de formas, tamanhos, especificações de utilização e princípios de operação dos *displays*.

Para controlá-los existem os chamados decodificadores/controladores de *displays* que recebem quatro bits de entrada por dígito a ser apresentado (normalmente em código BCD - *Binary-Coded Decimal*) e os decodificam para o formato de saída correto que "acenda" o *display* convenientemente. Estas saídas devem ter correntes e tensões suficientes e polaridades corretas para controlar o *display*.

### **1.1. Principais Tecnologias de *Displays* de 7 Segmentos**

Um dos *displays* mais antigos é o de tecnologia Burroughs Corp. denominado NIXIE. Este dispositivo é formado por um tubo com os 10 algarismos (0 a 9) em planos diferentes, os quais podem ser selecionados para serem acendidos um a cada vez. Uma desvantagem é que os números não ficam no mesmo plano. Outra dificuldade, decorrente da necessidade de manipular altas tensões, é a de multiplexação.

Mais tarde surgiram os *displays* de sete segmentos (vide texto abaixo) que tiveram bastante sucesso porque são mais baratos e mais apresentáveis, com formatos modernos, e hoje estão disponíveis numa grande variedade de tamanhos, cores e tipos.

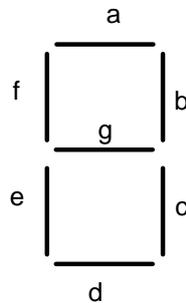
As principais tecnologias de *displays* de sete segmentos são:

- *displays* incandescentes: existem em vários tamanhos e cores e são os que oferecem maior intensidade de brilho.
- *displays* neon: ou *displays* de plasma, disponíveis na cor laranja-avermelhada. Exigem tensão alta o que dificulta a multiplexação;
- *displays* fluorescentes: são *displays* "azulados" que exigem tensões um pouco menores que as anteriores, facilitando a multiplexação.
- *displays* LED (*Light Emitting Diode*): é uma tecnologia que utiliza dispositivos de estado sólido. A vantagem destes *displays* reside no fato de apresentarem pequeno tamanho, confiabilidade de operação em ambientes hostis, e compatibilidade de tensões e correntes com as tecnologias de circuitos integrados disponíveis. Os LEDs geralmente são vermelhos, mas podem se apresentar em outras cores, como amarelo e verde.
- *displays* de cristal líquido: existem dois tipos, reflexivo que necessita iluminação frontal, e transmissivo, que requer iluminação na parte traseira. Estes dispositivos são os que menos consomem corrente.

### 1.1.1. Decodificadores de 7 Segmentos

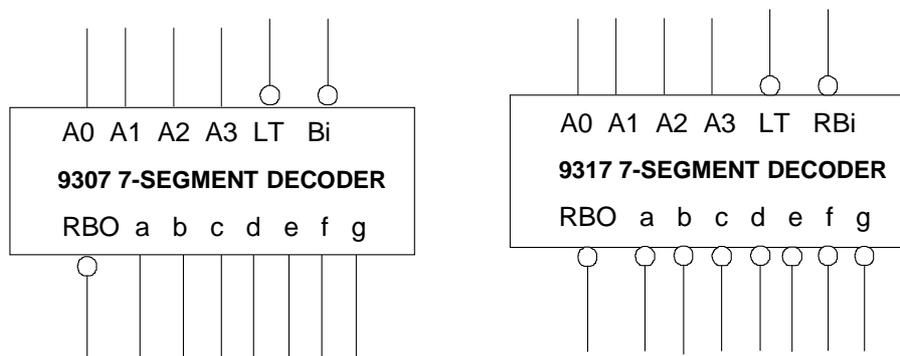
Os *displays* de sete segmentos baseiam-se numa matriz contendo sete segmentos seleccionáveis, que adequadamente compostos permitem representar os algarismos de 0 a 9 e alguns caracteres alfabéticos. Os decodificadores/controladores de *displays* de 7 segmentos recebem como entrada 4 bits (codificados BCD-8421), e produzem saídas apropriadas para seleção dos segmentos da matriz de 7 segmentos.

A Figura 1.1 apresenta a designação dos sete segmentos por letras (a, b, c, d, e, f, g) de um *display* de 7 segmentos.



**Figura 1.1 - Designação dos Segmentos.**

A figura 1.2. apresenta dois tipos de decodificadores de 7 segmentos o 9307 e o 9317.



**Figura 1.2 – Decodificadores de 7 Segmentos.**

OBS.: Outros decodificadores de displays de 7 segmentos são o 7446 e 7447.

As tabelas I e II apresentam a informação das entradas e saídas necessárias para excitar os displays.

**Tabela I - Sinais para o Decodificador 9307.**

LT'	Rbi'	ENTRADAS				SAÍDAS								Decimal ou Função
		A0	A1	A2	A3	a	b	c	d	e	f	g	RBO'	
L	X	X	X	X	X	H	H	H	H	H	H	H	H	TEST
H	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	BLANK
H	H	L	L	L	L	H	H	H	H	H	L	H	H	0
H	X	H	L	L	L	L	H	H	L	L	L	L	H	1
H	X	L	H	L	L	H	H	L	H	H	L	H	H	2
H	X	H	H	L	L	H	H	H	H	L	L	H	H	3
H	X	L	L	H	L	L	H	H	L	L	H	H	H	4
H	X	H	L	H	L	H	L	H	H	L	H	H	H	5
H	X	L	H	H	L	H	L	H	H	H	H	H	H	6
H	X	H	H	H	L	H	H	H	L	L	L	L	H	7
H	X	L	L	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	8
H	X	H	L	L	H	H	H	H	H	L	H	H	H	9
H	X	L	H	L	H	L	L	L	H	H	L	H	H	10
H	X	H	H	L	H	L	L	L	H	L	L	H	H	11
H	X	L	L	H	H	L	H	H	L	L	H	H	H	12
H	X	H	L	H	H	H	L	H	H	L	H	H	H	13
H	X	L	H	H	H	L	L	L	H	H	H	H	H	14
H	X	H	H	H	H	L	L	L	L	L	L	L	H	15

**Tabela II - Sinais para o Decodificador 9317.**

LT'	Rbi'	ENTRADAS				SAÍDAS								Decimal ou Função
		A0	A1	A2	A3	a	b	c	d	e	f	g	RBO'	
L	X	X	X	X	X	L	L	L	L	L	L	L	H	TEST
H	L	L	L	L	L	H	H	H	H	H	H	H	L	BLANK
H	H	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	H	H	0
H	X	H	L	L	L	H	H	H	H	L	L	H	H	1
H	X	L	H	L	L	L	L	H	L	L	H	L	H	2
H	X	H	H	L	L	L	L	L	L	H	H	L	H	3
H	X	L	L	H	L	H	L	L	H	H	L	L	H	4
H	X	H	L	H	L	L	H	L	L	H	L	L	H	5
H	X	L	H	H	L	H	H	L	L	L	L	L	H	6
H	X	H	H	H	L	L	L	L	H	H	H	H	H	7
H	X	L	L	L	H	L	L	L	L	L	L	L	H	8
H	X	H	L	L	H	L	L	L	H	H	L	L	H	9
H	X	L	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	L	10
H	X	H	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	L	11
H	X	L	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	L	12
H	X	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	L	13
H	X	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	L	14
H	X	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	L	15

### 1.1.2. Display Light Emitting Diode - LED

Existem dois tipos de *displays* de LEDs: um em cátodo comum e outro em anodo comum; a diferença entre eles está nos terminais dos LEDs que são agrupados para reduzir o número de pinos do *display*. Veja as representações lógicas e os respectivos diagramas elétricos na Figura 1.3.

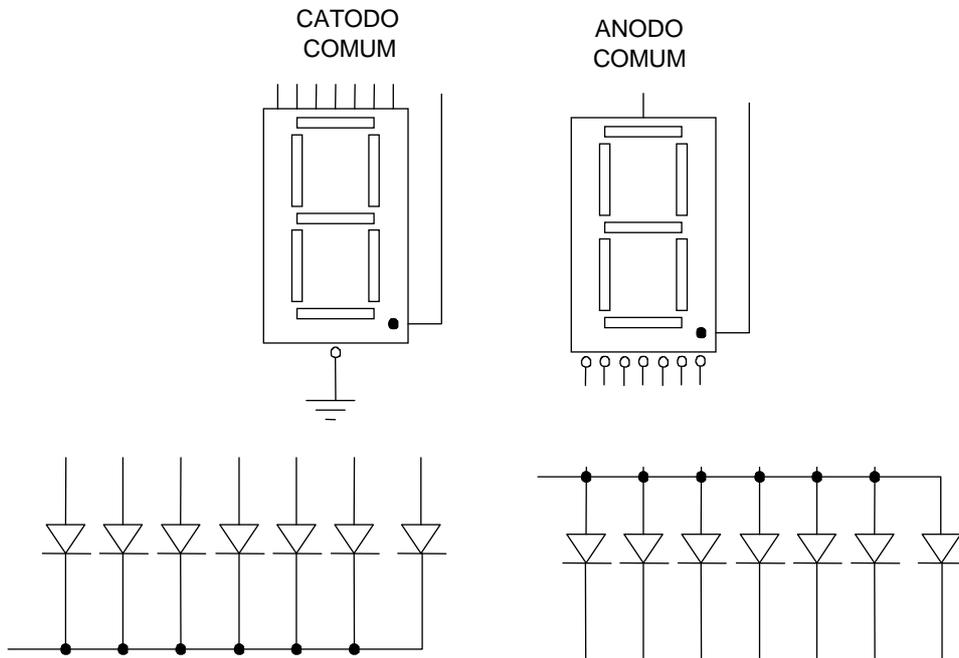
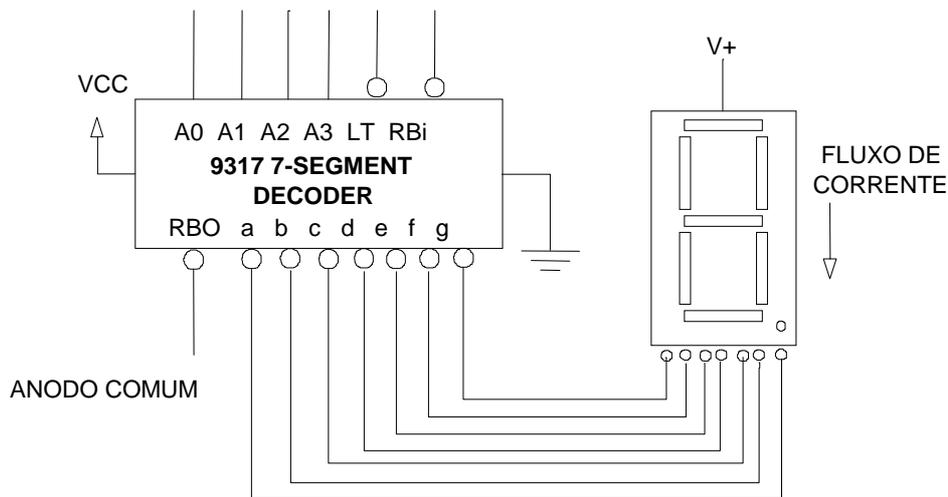


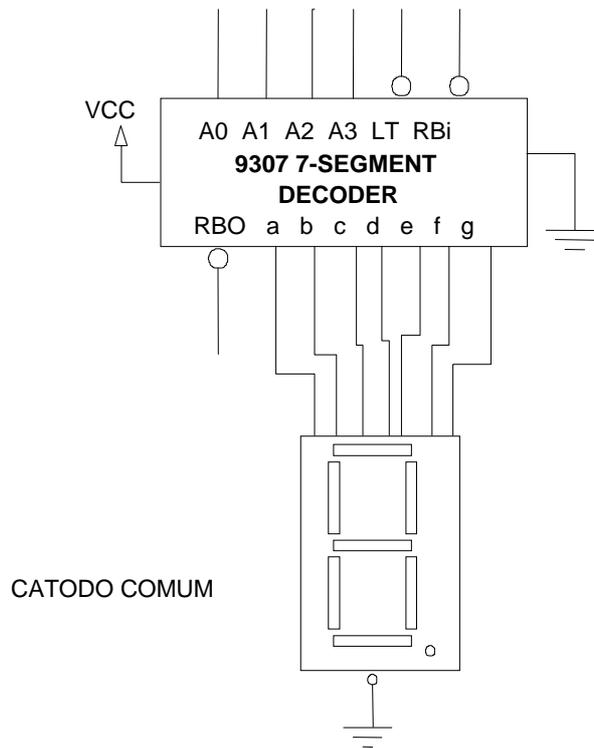
Figura 1.3 - Tipos de *Displays* 7-Segmentos.

### 1.1.3. Controlando *Displays* LED de 7 Segmentos

Os *displays* podem ser controlados utilizando-se os decodificadores, como mostrado na Figura 1.4.



a) Display de anodo comum.



**b) Display de catodo comum.**

**Figura 1.4 - Controlando *Displays* de Sete Segmentos.**

## 1.2. Multiplexação de *Displays* LED

Os *displays* LED são capazes de operar em tempos da ordem de nanosegundos. Isto significa que eles podem operar num baixo *duty cycle* (ou fator de forma) com uma alta taxa de amostragem, isto é, o sistema pode ativar os *displays* ciclicamente (acendendo e apagando), aproveitando a característica do olho humano de detectar apenas os "picos" de brilho.

Como a economia de consumo e de componentes são sempre fatores importantes a serem considerados em projetos de sistemas digitais, uma técnica bastante utilizada é a multiplexação de *displays*. Esta técnica permite que um só decodificador de *displays* possa controlar uma série de *displays*. Estes são ciclicamente acesos e apagados numa frequência conveniente de tal forma que, para o olho humano, tudo se passasse como se todos os *displays* estivessem permanentemente acesos. Um dispositivo atua sobre o terminal comum a todos os LEDs cortando a corrente e apagando todo o *display*.

São mostradas a seguir as arquiteturas básicas para se obter a multiplexação para os dois tipos de *displays*.

### 1.2.1. Multiplexação de *Displays* - ANODO COMUM

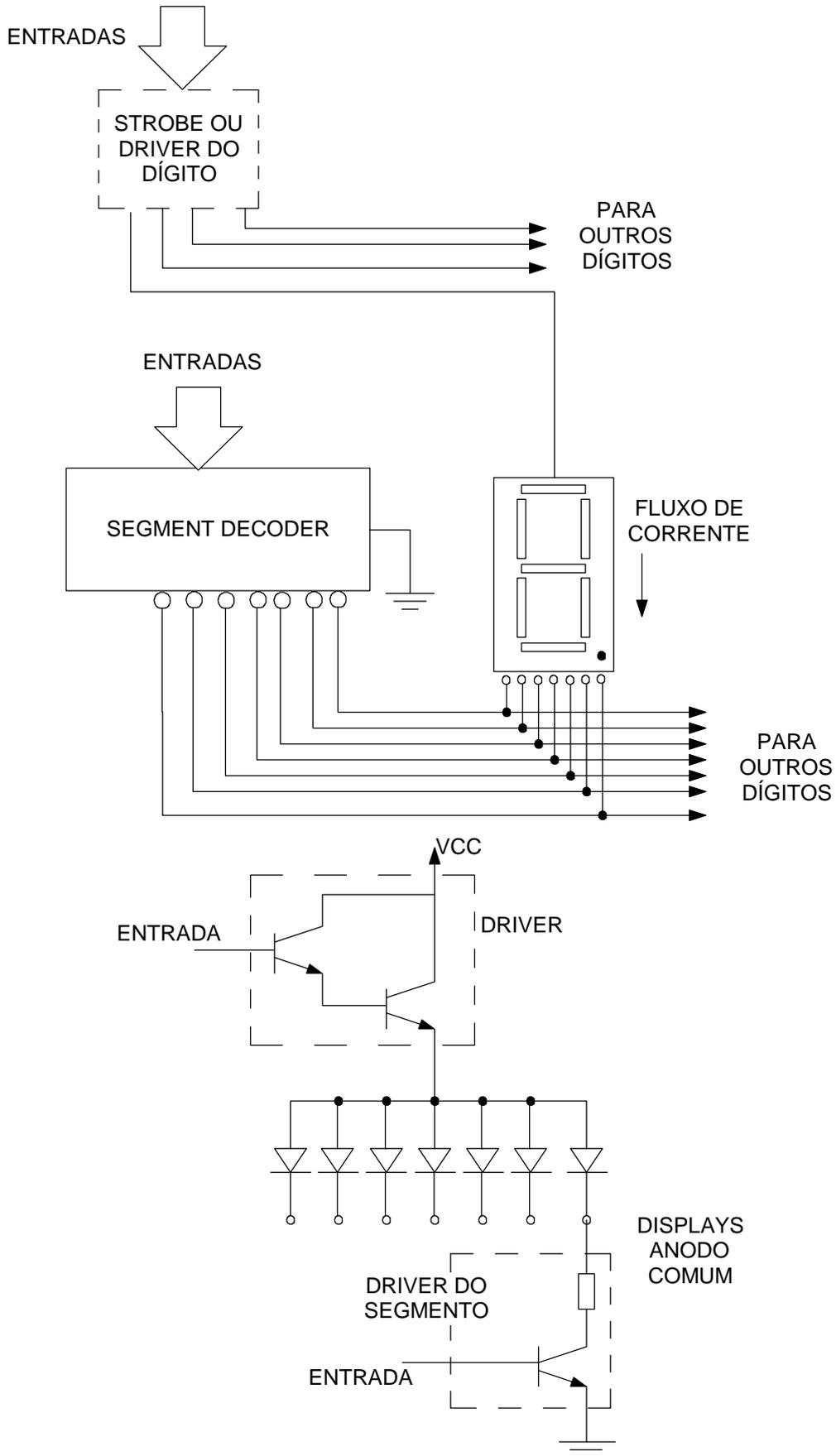


Figura 1.5 - Multiplexação de *Displays* em Anodo Comum.

### 1.2.2. Multiplexação de *Displays* - CATODO COMUM

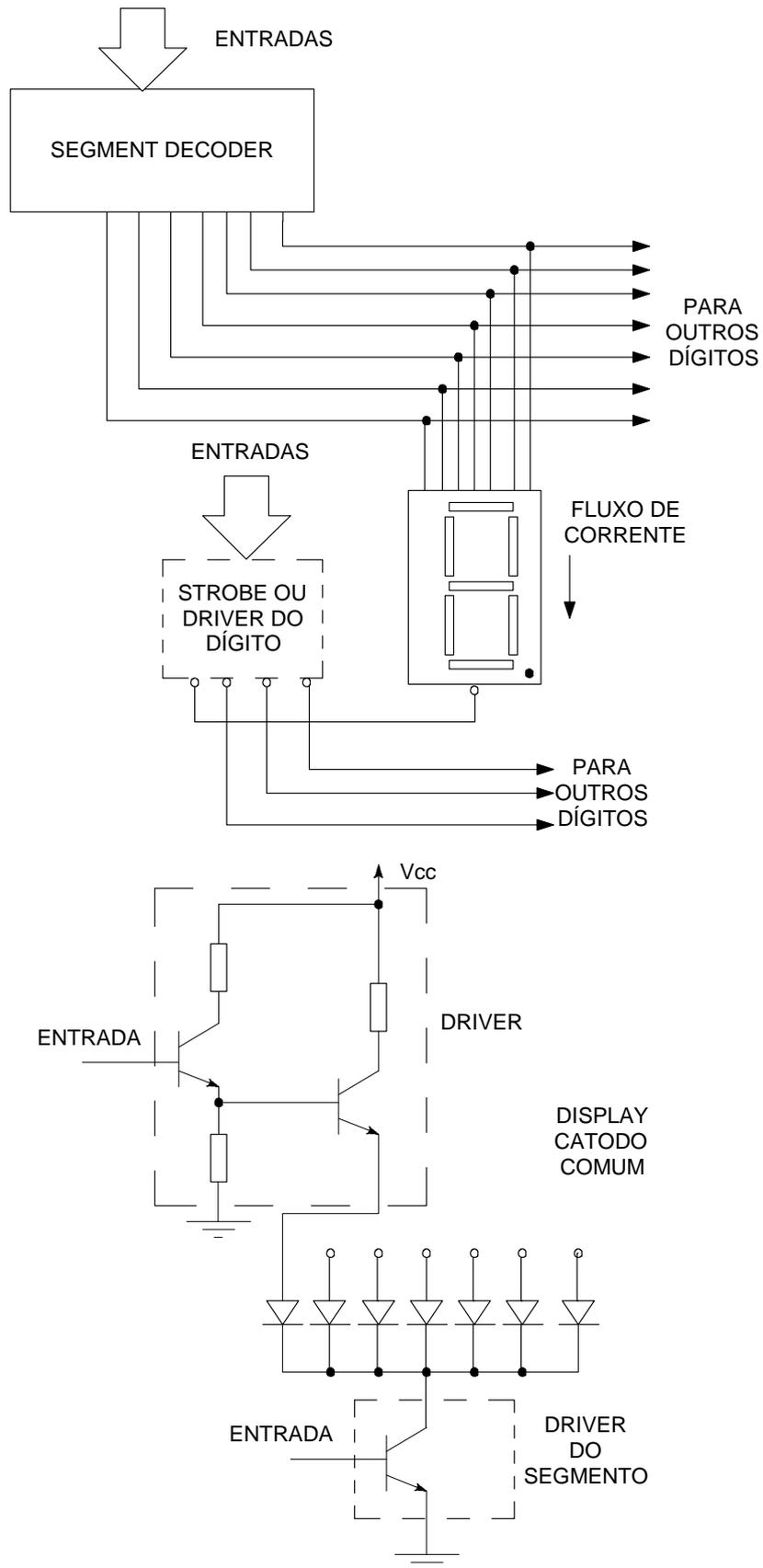


Figura 1.6 - Multiplexação de *Displays* em Cátodo Comum.

### 1.3. Arquitetura Básica de um Sistema Multiplexador de *Displays*

Uma outra alternativa de multiplexação envolve o uso de um decodificador para cada *display* (utilizando mais componentes que a arquitetura anterior), porém habilitando apenas um decodificador a cada momento. Veja a Figura 1.7.

Desta forma, o sistema "acende" os  $n$  *displays* ciclicamente, efetuando uma correspondência entre a entrada e o valor apresentado no *display*; tudo se passa como se os *displays* estivessem permanentemente acesos para o olho humano.

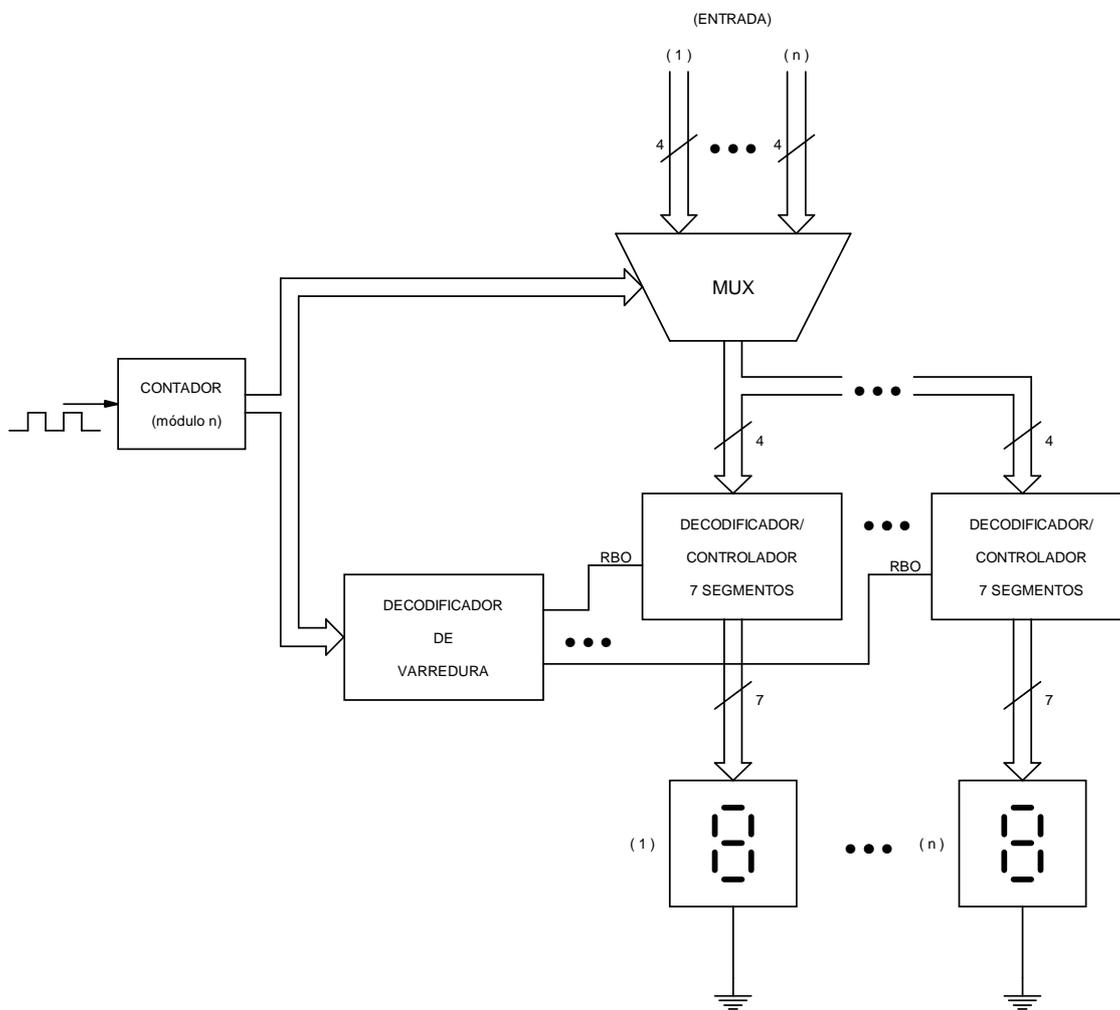
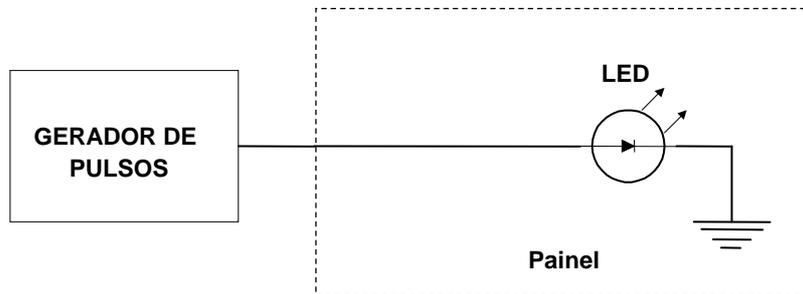


Figura 1.7 - Arquitetura Básica com  $n$  *Displays* Multiplexados.

## 2. PARTE EXPERIMENTAL

### 2.1. Determinação de frequências perceptíveis para o ser humano.

a) Implemente o circuito da figura 2.1, usando um dos leds do painel de montagem.



**Figura 2.1 – Circuito para determinação de frequências perceptíveis.**

b) Determine as frequências máximas (frontal e lateral) que o olho humano pode detectar.  
OBS.: Determine as frequências para cada membro do grupo.

aluno	freq. frontal	freq. lateral

### 2.2. Multiplexação de *Displays*

a) Especificação

O projeto se baseia no uso dos *displays* existentes no painel, que devem ser manipulados pelo circuito implementado pelo grupo de alunos.

Utilizando o conjunto de chaves e de botões do painel, o sistema projetado deverá permitir a seleção de qualquer um de três *displays*, ao qual será atribuído um valor hexadecimal a ser apresentado. Esse valor deverá ser mostrado no *display* até que haja uma nova seleção e gravação.

O circuito deverá varrer ciclicamente os três *displays* para que apenas um deles esteja acionado num dado instante, evitando o excessivo consumo de corrente, sem prejuízo da visualização.

A parte experimental compreende a montagem dos seguintes subsistemas:

i. Subsistema de acionamento de 3 *displays* de 7 segmentos.

Este subsistema recebe 4 bits provenientes de chaves no painel (CH2-CH5), denominadas chaves de dados, contendo um valor a ser apresentado no *display*.

ii. Subsistema de Seleção/Gravação de dados.

Este subsistema possui duas funções: A primeira função denominada de seleção permite, através de duas chaves de endereço (CH0-CH1), selecionar o *display* que irá armazenar o dado presente nas chaves de dados (CH2-CH5).

A segunda função denominada de gravação permite gerar, utilizando um botão do painel (B1), um sinal que permite que os dados presentes nas chaves de dados passem ao correspondente *display*.

iii. Subsistema de Multiplexação de *Display*.

Este subsistema realiza uma varredura periódica nas entradas de habilitação de cada um dos 3 *displays* permitindo que apenas um dentre os 3 *displays* esteja acionado num dado instante.

A Figura 2.2 apresenta o diagrama de blocos do circuito proposto.

b) Implemente e teste individualmente os subsistemas necessários para depois serem conectados e testados em conjunto.

c) Varie a frequência de multiplexação e determine qual o menor valor que apresenta conforto visual.

O planejamento deverá conter cartas de tempos dos sinais de seleção/gravação e de multiplexação dos *displays*.

#### PERGUNTAS:

Como tópicos adicionais, o aluno deverá responder no relatório às seguintes questões:

- Qual a máxima e mínima frequência de varredura dos *displays*? Considere o aspecto do desconforto visual.
- Existe interferência entre a gravação e a apresentação dos dados?
- "O uso da multiplexação afeta no consumo de energia e na luminosidade dos *displays*". Comente esta afirmativa.

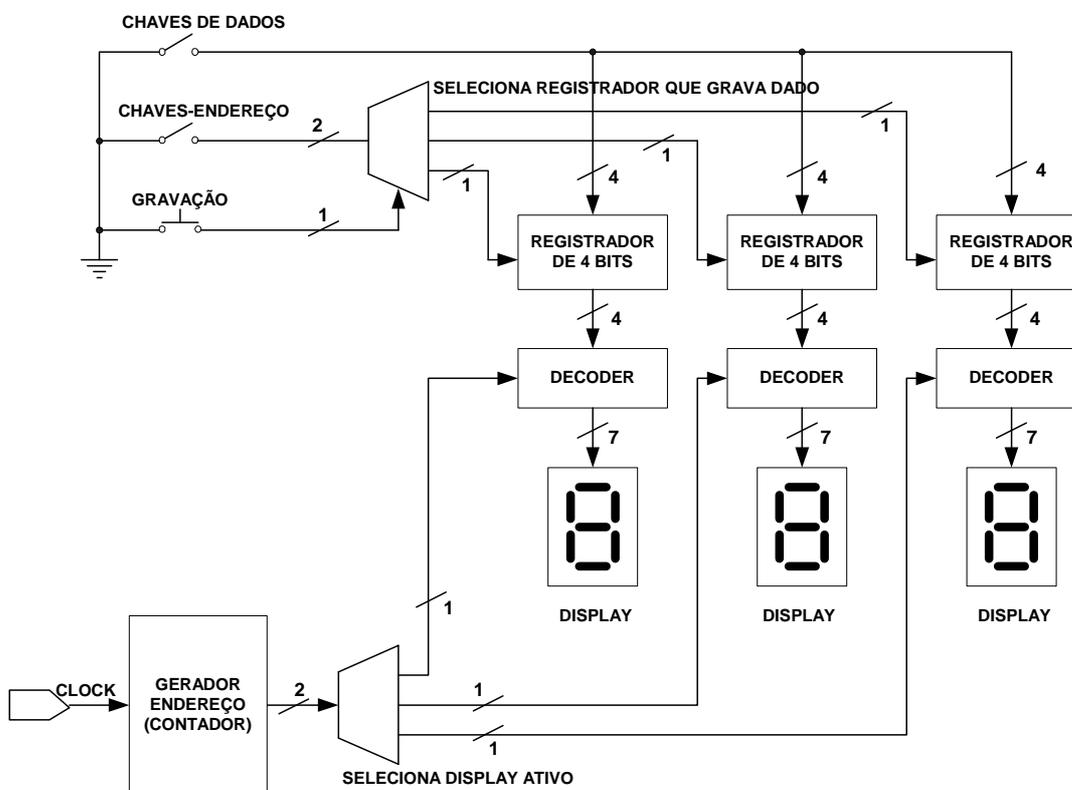


Figura 2.2 - Diagrama de Blocos.

### 3. BIBLIOGRAFIA

- FREGNI, Edson e SARAIVA, Antonio M. **Engenharia do Projeto Lógico Digital: Conceitos e Prática**. Editora Edgard Blucher Ltda, 1995.
- WAKERLY, John F. **Digital Design: Principles & Practices**. 3rd edition, Prentice Hall, 2000.
- Signetics. **TTL Logic Data Manual**. 1982.
- Fairchild Optoelectronics, Manuais de fabricante. Palo Alto, CA.

#### **4. MATERIAL DISPONÍVEL**

- Circuitos Integrados TTL:
  - 7400, 7404, 7493, 74139, 74157, 74161, 74175.
- Decoder implementado em PAL (no painel de montagens experimentais).
- FND70 - *Display* de 7 segmentos.

#### **5. EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS**

- 1 painel de montagens experimentais.
- 1 fonte de alimentação fixa,  $5V \pm 5\%$ , 4A.
- 1 osciloscópio digital.
- 1 multímetro digital.
- 1 gerador de pulsos.