



Universidade Federal de Uberlândia

# Práticas de laboratório de 'Eletrônica Digital'

*Prof. Dr. Alan Petrônio Pinheiro*

Faculdade de Engenharia Elétrica

Curso de Engenharia Eletrônica e de Telecomunicações (*campus* Patos de Minas)

*alan@eletrica.ufu.br*

Versão 1.2

# Sumário

ROTEIRO 1: APRENDENDO A TRABALHAR COM CIRCUITOS.....	3
ROTEIRO 2: APRENDENDO A EXTRAIR EQUAÇÕES.....	4
ROTEIRO 3: CIRCUITOS DE SAÍDAS MÚLTIPLAS E SIMPLIFICAÇÃO .....	6
ROTEIRO 4: SIMULAÇÃO DE CIRCUITOS DIGITAIS USANDO MULTISIM.....	8
ROTEIRO 5: USANDO FPGA PARA PROTOTIPAR CIRCUITOS DIGITAIS .....	9
ROTEIRO 6: CIRCUITOS MSI E PORTAS COLETOR-ABERTO.....	10
ROTEIRO 7: LATCHES E FLIP FLOPS .....	11
ROTEIRO 8: CIRCUITOS GERADORES DE CLOCK .....	12
ROTEIRO 9: CIRCUITOS DIVISORES DE FREQUÊNCIA.....	13
ROTEIRO 10: CONTADORES SÍNCRONOS USANDO FPGA.....	14
ROTEIRO 11: CONVERSÃO AD E DA .....	15

# Roteiro 1: aprendendo a trabalhar com circuitos

## Introdução

Nesta prática, o foco não está envolvido com a aplicação em si e tão pouco menos a algum conceito teórico, mas sim com o trabalho de montagem prática de circuitos eletrônicos usando circuitos integrados discretos (CI ou CHIPS) em protoboard. Mesmo assim, considere a aplicação:

Deseja-se construir um sistema de monitoramento para carros que, por meio de um alarme luminoso, alerte o motorista toda vez que o motor do seu veículo estiver trabalhando em regime “perigoso” caracterizado por:

- a) pressão do óleo insuficiente, **OU**
- b) temperatura da água acima do valor estabelecido considerando os casos:
  - b.1) Se o número de rotações do motor estiver acima de 2.000 rpm, a temperatura da água deverá estar abaixo de 80°C.
  - b.2) porém, com o motor girando abaixo de 2.000 rpm, tolera-se uma temperatura de até 90°C.

Considere que existem sensores que indicam a velocidade de rotação do motor, pressão do óleo e a temperatura da água. A lógica de saída destes sensores tem o padrão:

Sensor R	Rotações do motor
0	Igual ou abaixo de 2.000 rpm
1	Acima de 2.000 rpm

Sensor P	Pressão do óleo
0	Pressão correta
1	Pressão fora da especificação

Sensor T8	Temperatura da água
0	Igual ou abaixo de 80°C
1	Acima de 80°C

Sensor T9	Temperatura da água
0	Igual ou abaixo de 90°C
1	Acima de 90°C

A partir do problema, projeta-se uma expressão matemática (de lógica binária ou booleana) para resolver o problema em questão. A expressão do circuito é:

$$\text{ALARME} =$$

Considerando que já lhe é dada a expressão lógica do problema, monte o circuito que implementa esta expressão booleana em protoboard seguindo os passos e as figuras abaixo:

- a) conecte os dois CI's (74xx08 e 74xx32) alinhados em coluna no protoboard. Antes de conectá-los, verifique sua nomenclatura estampada em seu encapsulamento (usaremos o 74LS08 e 74LS32);
- b) faça as conexões de terra e alimentação de seu protoboard (lembre das discontinuidades)
- c) ligue os pinos de terra e alimentação (Vcc) dos circuitos integrados
- d) depois de alimentado, proceda com as conexões da Figura 1.1a e referências da Figura 1.1b

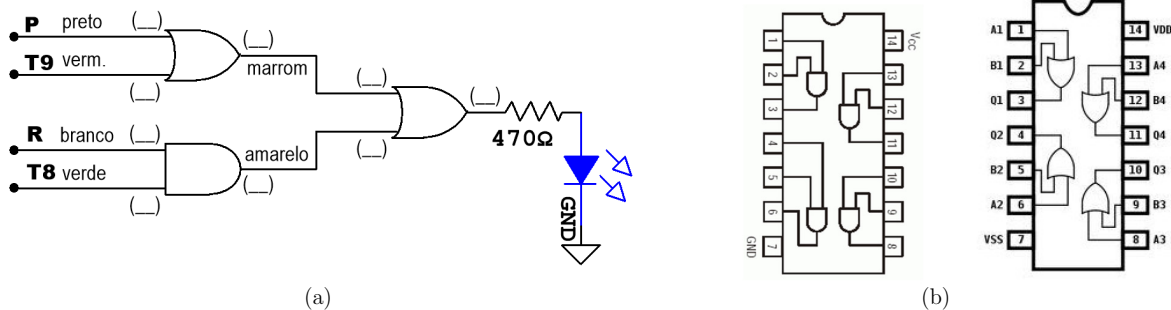


Figura 1.1 - (a) desenho do circuito e (b) diagrama lógico dos CIs 74LS08 (AND) e 74LS32 (OR), respectivamente.

## Roteiro 2: aprendendo a extrair equações lógicas de problemas diretamente

### Introdução

Diferentemente da prática anterior, onde é dado um problema prático e sua resposta traduzida pela expressão lógica e seu circuito digital correspondente, esta prática pretende introduzir um problema com 3 variáveis (gerando 8 possibilidades de combinações destas 3 variáveis) e a partir deste problema, o aluno deve esboçar a equação lógica (ou booleana) que deve reger o comportamento do circuito que implementa a solução para o problema. Para isto, considere o enunciado:

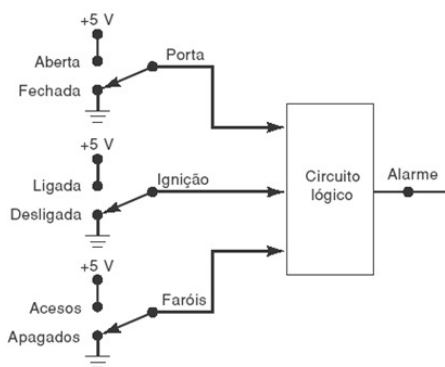
*Considere, novamente, um circuito de alarme de automóvel usado para detectar uma determinada condição indesejada. As três chaves são usadas para indicar, respectivamente, o estado da porta do motorista (variável **P**), o estado da ignição (variável **I**) e o estado dos faróis (variável **F**). Projete um circuito lógico com essas três chaves simulando a saída de dados destes sensores e que o alarme seja ativado sempre que ocorrer uma das seguintes condições:*

*(i) os faróis estão acesos e a ignição está desligada; e*

*(ii) a porta está aberta e a ignição está ligada.*

A Figura 2.1a ilustra como deve ser o comportamento das variáveis P, I e F e ao lado desta figura pode ser visto uma tabela ilustrando todas as 8 combinações possíveis para este problema e sua correspondente saída. Baseado nisto se pede:

- a) considerando o problema, pense em uma equação lógica que implemente o que se pede;
- b) preencha na tabela da Figura 2.1b todas as possibilidades possíveis de combinações entre as variáveis P, F e I e qual deve ser suas respectivas saídas;
- c) utilizando a equação booleana encontrada em (a), desenhe o circuito esquemático do problema e monte o circuito usando como entrada chaves para simular o comportamento de P, F e I lembrando que normalmente um carro está com a porta fechada, ignição desligada e faróis apagados.
- d) a saída S do seu circuito deve acionar um LED. Como se deve evitar drenar corrente de uma porta lógica para acionar um LED, utilize um transistor para fazer este acionamento ligando a saída S a base do transistor. Considere uma corrente de 15mA aproximadamente para alimentar o LED (mostre os cálculos de resistências usadas para cortar/saturar o transistor).



(a)

F	I	P	S

(b)

Figura 2.1 – Variáveis do projeto.

### Solução:

Considerando as 2 condições do problema, sua expressão booleana pode ser dada por:

$$S = IP + F\bar{I}$$

A partir desta expressão, temos o diagrama do circuito lógico a ser implementado na Figura 2.2a. Considerando que normalmente um carro está com a porta fechada ( $P=0$ ), ignição desligada ( $I=0$ ) e faróis apagados ( $F=0$ ), temos como opção para chaves uma ligação em pull-down uma vez que quando o botão não está pressionado (condição normal) a chave emite nível lógico 0.

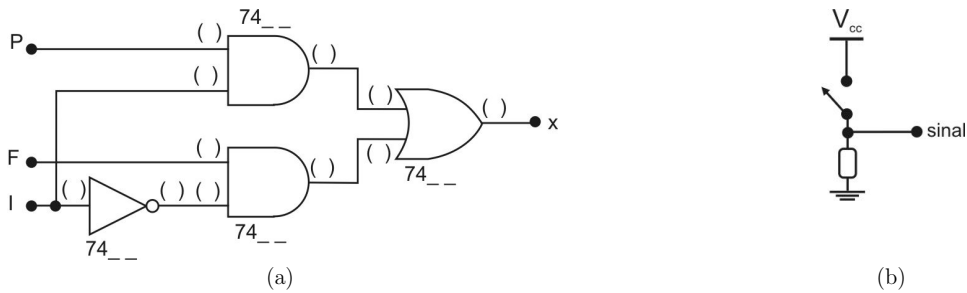
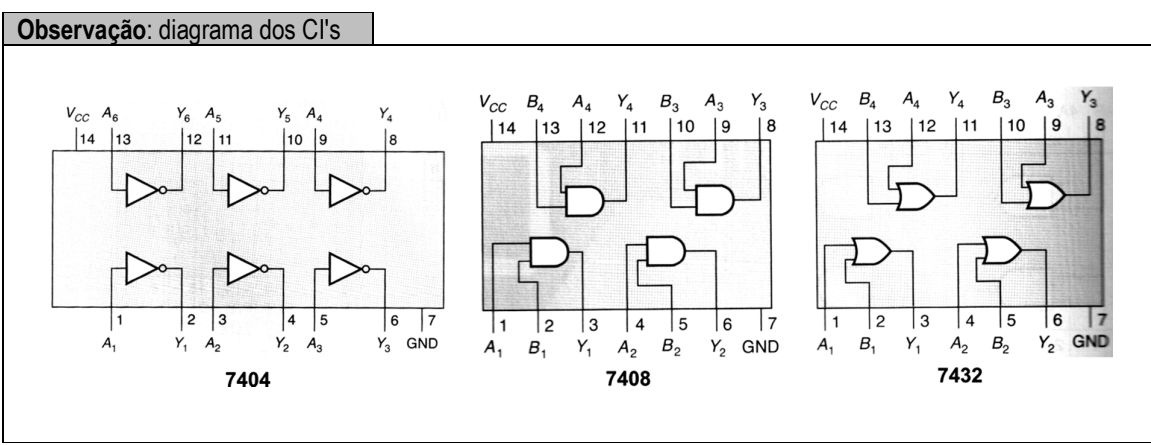


Figura 2.2 - (a) Projeto do circuito combinacional do alarme. (b) Esquema de ligação das chaves.



# Roteiro 3<sup>1</sup>: circuitos de saídas múltiplas e simplificação

## Introdução

A Figura 3.1a ilustra o cruzamento de uma rodovia com uma via de acesso. Sensores detectores de veículos são colocados ao longo das pistas C e D (rodovia) e nas pistas A e B (via de acesso). As saídas desses sensores serão nível BAIXO (0) quando nenhum veículo estiver presente e nível ALTO (1) quando um veículo estiver presente. O sinal de trânsito no cruzamento é controlado de acordo com a seguinte lógica:

- O sinal da direção leste-oeste (L/O) será verde quando as duas pistas C e D estiverem ocupadas.
- O sinal da direção L/O será verde sempre que as pistas C ou D estiverem ocupadas, mas com as A e B desocupadas
- O sinal da direção norte-sul (N/S) será verde sempre que as duas pistas A e B estiverem ocupadas, mas as pistas C ou D estiverem desocupadas
- O sinal da direção N/S será verde quando as pistas A ou B estiverem ocupadas e enquanto ambas as pistas C e D estiverem vazias
- O sinal da direção leste-oeste será verde quando não houver veículo presente
- Nos casos omissos, C e D tem preferência sobre A e B.

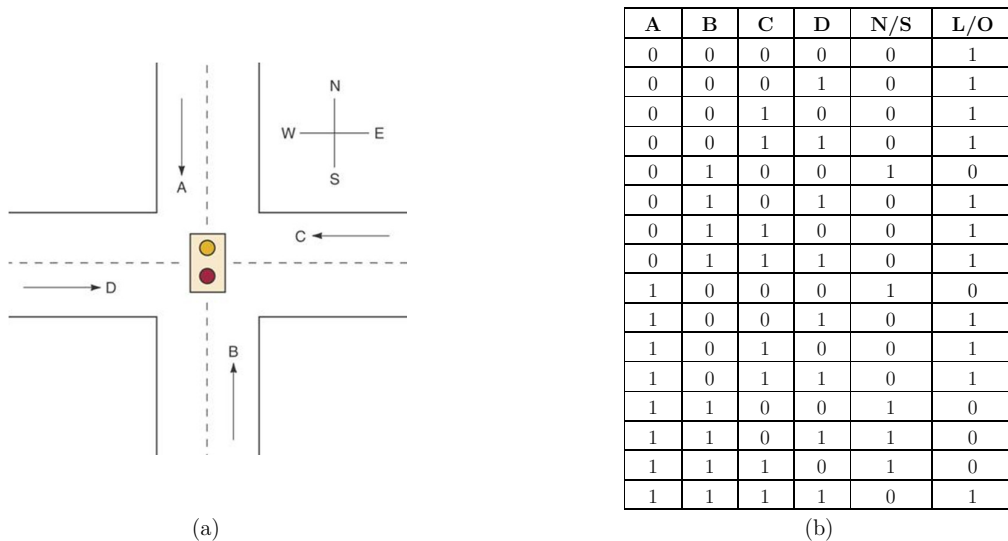


Figura 3.1 – (a) Esboço do cruzamento. (b) Tabela verdade do problema.

Usando as saídas dos sensores A, B, C e D como entradas, projete um circuito lógico para controlar o semáforo. Devem existir duas saídas N/S e L/O. Projete o circuito.

## Montagem

A partir do enunciado, pode-se construir a tabela-verdade como visto na Figura 3.1b. Considerando somente a saída N/S da tabela-verdade, temos a expressão:

$$NorteSul = \overline{A}BCD + \overline{A}\overline{B}CD + \overline{A}BC\overline{D} + \overline{A}B\overline{C}D + \overline{A}BCD$$

Simplificando a equação, teremos a expressão final do circuito dada por:

---

<sup>1</sup> Caso o estudante já tenha adquirido confiança na montagem discreta de circuitos digitais, esta prática não precisa ser necessariamente realizada dando lugar a próxima prática ou pode ser combinada com a prática de FPGA.

$$NorteSul = \overline{CD}(A+B) + AB(\overline{C} + \overline{D})$$

Em termos de diagrama, o circuito pode ser representado pela Figura 3.2. Vale lembrar que a saída Leste/Oeste é complementar à saída Norte/Sul.

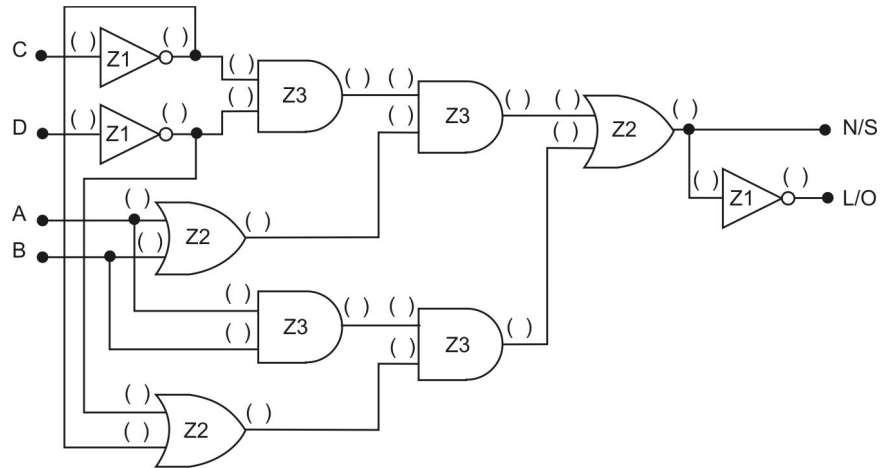


Figura 3.2 - Diagrama esquemático do circuito a ser implementado

Passos da montagem:

- utilizando o protoboard, insira os circuitos e ligue seus terras e pinos de alimentação.
- No diagrama da Figura 3.2, indique os pinos das portas lógicas a partir da análise do datasheet
- Depois de preenchido o diagrama da Figura 3.2, utilize fios para montar o circuito deste diagrama
- Ligue LEDs (de cores diferentes) a saída N/S e L/O.
- Antes de ligar os sensores aos pinos A, B, C e D, confira se a lógica do circuito está correta inserindo nas entradas dos sensores os valores 0 (terra) e 1 (Vcc)
- Se a lógica estiver correta, ligue os sensores usando para isto chaves tácteis (ativo baixo ou ativo alto? Pull up ou pull down?).

## Roteiro 4: simulação de circuitos digitais usando MultiSim

### Introdução

Com as práticas anteriores, o aluno já terá habilidades suficientes para montar circuitos lógicos combinacionais básicos. No próximo passo de sua aprendizagem, será adquirida a habilidade de simular circuitos digitais em computador através de programas EDA (*eletronic design automation*). Um dos programas de computadores mais conhecidos para isto é o MultiSim da empresa National Instruments.

Espera-se que o uso de um programa simulador o estudante possa usá-lo como ferramenta de projeto que facilite verificar não só se seu projeto é adequado (a partir de simulações), mas como também facilitar a tarefa de projeto.

### Material

O estudante pode usar o material que desejar para aprender MultiSim. Se preferir, pode usar o material compilado pelo docente e disponível no endereço:

[http://www.alan.eng.br/arquivos/multisim\\_digital.pdf](http://www.alan.eng.br/arquivos/multisim_digital.pdf)