



Laboratório de Circuitos Lógicos – 1º Experimento

PORTAS LÓGICAS AND, OR E NOT

OBJETIVO: Fornecer ao aluno um contato inicial com o kit lógico. São apresentadas as portas **AND**, **OR** e **NOT** e os conceitos de atraso em portas lógicas e nível de ruído em circuitos digitais.

1. INTRODUÇÃO TEÓRICA

Sistemas digitais são aqueles cujas variáveis assumem valores discretos, ou compreendidos entre certos níveis de tensão fixos, geralmente 0 e 5 volts. Esta noção é familiar para a maioria de nós, pois hoje em dia esse tipo de sistema é a base de toda a tecnologia que usamos nas nossas tarefas diárias.

1.1. CIRCUITOS DIGITAIS

Os sistemas digitais são implementados na prática principalmente por meio de circuitos eletrônicos. A informação é nesse caso representada por tensões que podem assumir apenas dois níveis. Tais sistemas são ditos binários.

Considere por exemplo o circuito da **Figura 1**, que tem duas entradas e uma saída, e se destina a apresentar como resposta uma função lógica dos sinais (tensões) nas entradas. Seu funcionamento é o seguinte:

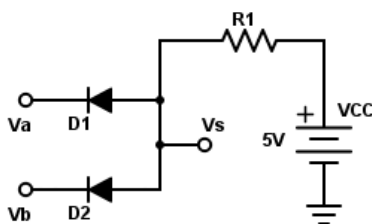


Figura 1 – Circuito digital com diodos

- I) As tensões V_a e V_b só podem assumir dois níveis: cerca de 0 volts ou cerca de 5 volts.
- II) Se uma tensão de 0 volt for aplicada a qualquer das entradas, o diodo correspondente conduzirá, e a tensão V_s valerá praticamente 0 volts.
- III) Se ambas as tensões estiverem em 5 volts (ou acima), nenhuma corrente circulará em R e, portanto, V_s será de 5 volts.

Observe que o nível baixo de V_s não é exatamente 0 volts, e certamente varia quando se tem V_a em zero ou V_b em zero, ou ambos, pois os dois diodos não são idênticos. Entretanto, essa pequena indefinição não nos impede de distinguir o nível baixo do nível alto. Num circuito complexo, como o de um computador, diversos fatores causam flutuações, o que igualmente não chega a ser um problema, a menos que as flutuações sejam grandes a ponto de inverterem o nível de algum sinal. Essa característica, denominada **imunidade a ruído**, é uma das maiores vantagens dos circuitos digitais sobre os analógicos.



Devido a sua natureza, os circuitos digitais são interpretados em termos de variáveis e funções lógicas. Existem duas convenções em uso. Na chamada **lógica positiva**, o nível alto de tensão é associado ao nível lógico 1 (verdadeiro), e o nível baixo ao nível lógico 0 (falso). Na **lógica negativa** o ocorre o contrário. No circuito da **Figura 1**, por exemplo, podemos representar as tensões V_a , V_b e V_s pelas variáveis lógicas A , B e S respectivamente. Nesse caso, dentro da convenção de lógica positiva, temos $S = 1$ se e somente se $A = 1$ e $B = 1$. O circuito executa, portanto, a operação **AND**. Caso fosse adotada a lógica negativa, teríamos $S = 0$ se e somente se $A = 0$ e $B = 0$. O circuito executa a operação **OR**. A convenção de lógica positiva é quase sempre a preferida na prática e será usada neste conjunto de experiências.

1.2. CIRCUITOS TTL

Existem diversos tipos de circuitos capazes de executar funções lógicas. Os circuitos integrados que usaremos pertencem à família de circuitos TTL (*Transistor-Transistor-Logic*). Os circuitos TTL são alimentados com uma tensão de 5 volts, e os níveis lógicos são definidos como mostra a **Figura 2**. Observe a diferença entre os níveis de entrada e de saída. O fabricante garante que a saída de um circuito TTL estará entre 0 e 0,4 volts, quando no nível lógico 0. Por outro lado, ele garante também que qualquer tensão entre 0 e 0,8 volts aplicada a uma entrada será interpretada como nível lógico 0. Consequentemente, há um intervalo de 400 mV de **margem de ruído** para o nível lógico 0. Significa que um ruído de até 400 mV pode ser adicionado à saída de um circuito sem perturbar o funcionamento dos circuitos ligados àquela saída. No nível lógico 1 a situação é parecida.

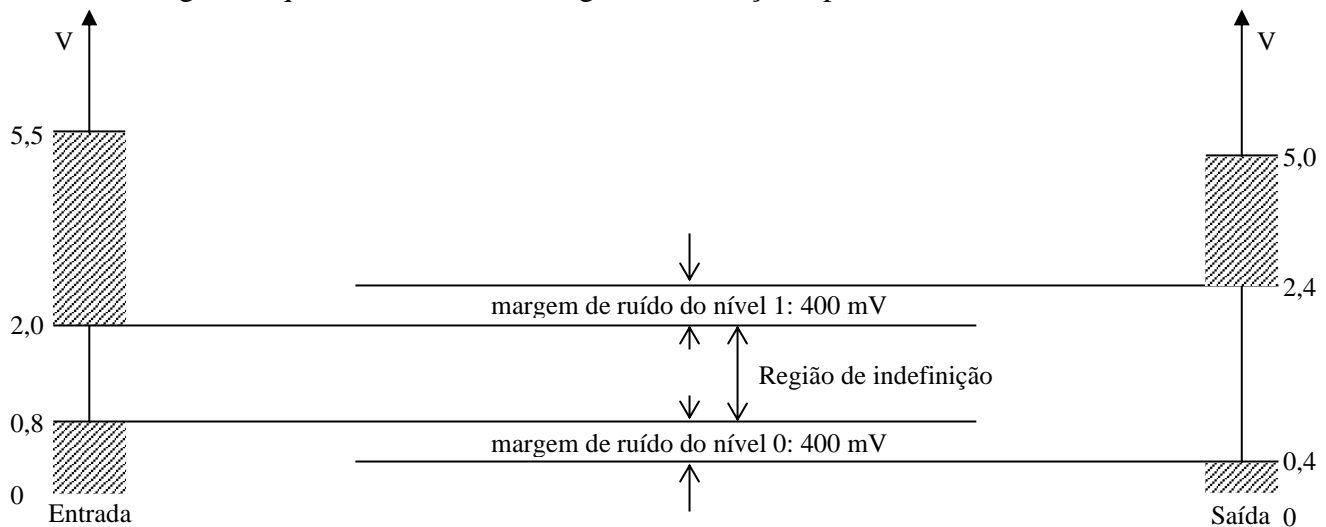


Figura 2 – Níveis lógicos de entrada e saída da família TTL, na convenção de lógica positiva

Veja, no entanto, que existe uma separação entre os níveis alto e baixo na entrada que é uma região de **indefinição**. Para ser corretamente interpretado, um sinal não deve permanecer nesta região a não ser durante uma rápida transição. Sinais negativos, ou excedendo 5,5 volts podem causar a destruição do circuito integrado.



1.3. PORTAS AND, OR E NOT

Circuitos destinados a executar operações lógicas são denominados **portas**. As operações lógicas básicas são AND, OR e NOT, definidas conforme as tabelas abaixo. Essas tabelas são chamadas **tabelas da verdade**. Elas simplesmente descrevem o resultado da operação sobre cada combinação possível de operandos.

As tabelas abaixo mostram também as notações algébricas correspondentes.

A	B	$S=A.B$
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

Tabela I – AND

A	B	$S=A+B$
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

Tabela II – OR

A	$S=\bar{A}$
0	1
1	0

Tabela III – NOT

A expressão $A.B$ lê-se “A e B”, $A+B$ lê-se “A ou B” e \bar{A} lê-se “não A” ou “A barra”. É comum omitir-se o ponto na notação da operação AND; pode-se escrever (e ler) $S=AB$.

As portas que realizam estas operações são respectivamente as portas AND, OR e NOT (E, OU e INVERSORA; sendo a última também chamada de NÃO ou NEGAÇÃO). Os símbolos usados em esquemas estão desenhados na **Figura 3**. Observe que as portas AND e OR podem ter mais do que dois terminais de entrada, sendo que o significado dessa extensão é óbvio. A porta NOT só tem um terminal de entrada.




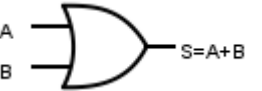
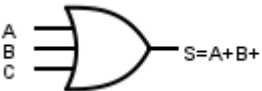

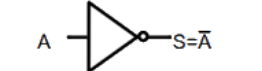
Portas AND			
Portas OR			
Porta NOT			

Figura 3 – Símbolos lógicos das portas AND, OR e NOT

As portas são implementadas com circuitos integrados (CIs), e cada CI contém em geral mais de uma porta. O CI número 74HC08, por exemplo, da família CMOS, tem 14 pinos. Dois entre eles destinam-se a alimentação (VCC e GND), e os 12 restantes dão acesso a 4 portas AND de 2 entradas, que podem ser usadas independentemente (veja **Figura 4**).

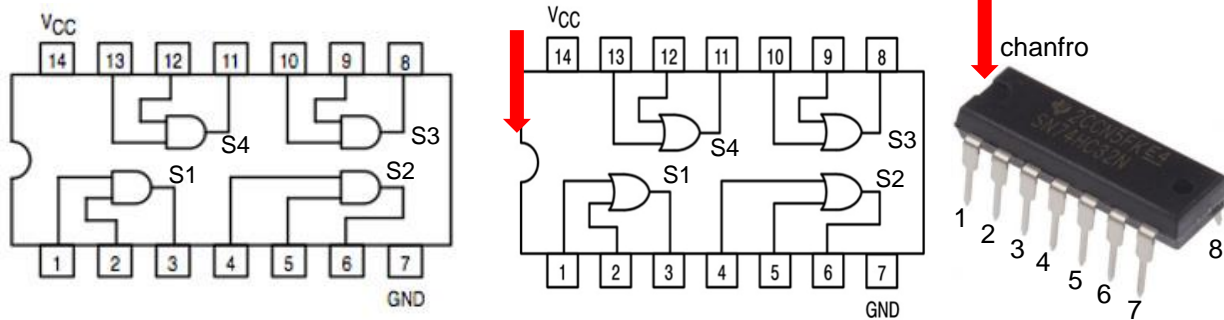


Figura 4 – Identificação dos terminais dos CI 74HC08 e 74HC32

Consulte sempre o Manual (*Datasheet*) do CI para obter detalhes da utilização e pinagem correta do chip que você estiver usando. O Google é uma boa fonte de consulta.

As portas são interconectadas para executar as mais diversas operações lógicas. A **Figura 5** mostra como a operação OR pode ser implementada apenas com portas AND e NOT. Similarmente, a operação AND também pode ser implementada apenas com portas OR e NOT. Por outro lado, não é possível implementar uma porta NOT com portas AND e OR.

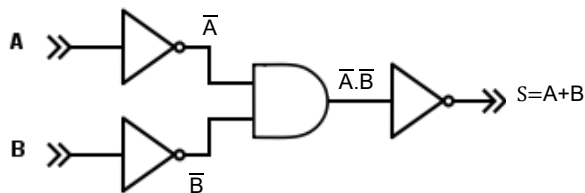


Figura 5 – Implementação da operação OR com portas AND e NOT

A	B	\bar{A}	\bar{B}	$\bar{A} \cdot \bar{B}$	$\overline{\bar{A} \cdot \bar{B}}$	$A + B$
0	0	1	1	1	0	0
0	1	1	0	0	1	1
1	0	0	1	0	1	1
1	1	0	0	0	1	1

Tabela IV – A comprovação de que $\overline{\bar{A} \cdot \bar{B}} = A + B$ pode ser feita comparando-se suas tabelas da verdade

É possível demonstrar que qualquer operação lógica pode ser realizada apenas com portas AND e NOT, ou apenas com portas OR e NOT. Conjuntos de portas com esta propriedade de “autossuficiência” são ditos universais.

A interpretação puramente lógica dos circuitos digitais é conveniente por sua simplicidade. Entretanto, não devemos esquecer completamente da natureza física das portas representadas pelos símbolos lógicos. Uma consideração muito importante é o atraso de propagação das portas, isto é, o tempo necessário para que sua saída mude depois que uma entrada mudou. Quando diversas portas são ligadas em cascata, o atraso total de propagação é igual à soma dos atrasos em cada porta. Na família TTL, as portas têm um atraso típico da ordem de 10 ns (nanossegundos = 10^{-9} segundos). Desse modo, a porta OR da **Figura 3** e o circuito da **Figura 5** são idênticos do ponto de vista lógico, mas têm atrasos de propagação diferentes: cerca de 10 ns e 30 ns, respectivamente.

Os atrasos de propagação estabelecem um limite superior para a frequência de operação de qualquer sistema digital.

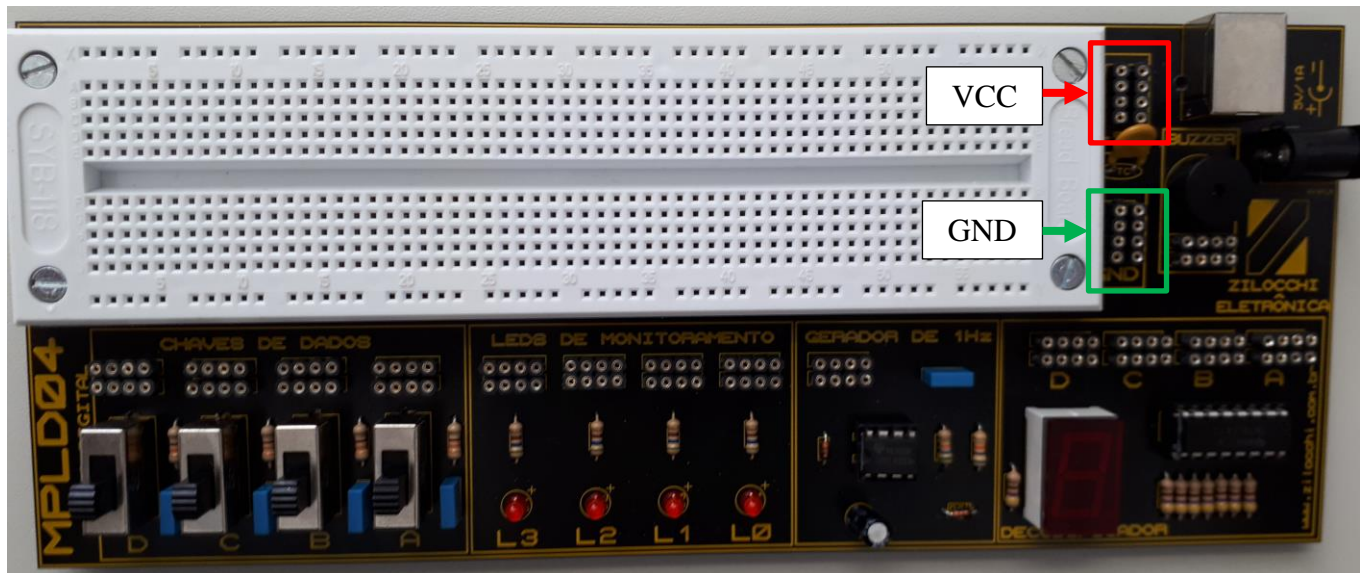


1.4. KIT DE EXPERIMENTOS DIGITAIS

Além dos circuitos integrados, usaremos o kit ou módulo digital que contém várias funcionalidades extras, úteis em experiências com circuitos digitais, **Figura 5**. No Moodle está disponibilizado o manual com diversas experiências que podem ser realizadas extraclasse e especificações técnicas.



(a)



(b)

Figura 5 – Kit Lógico (a) detalhe (b)

O kit lógico digital é acondicionado em uma caixa de madeira e composto por uma fonte de +5V mostrada na Figura 5a e a placa principal.

A placa principal contém uma *protoboard*, 4 chaves de dados (D, C, B, A), 4 LEDs de monitoramento (L3, L2, L1, L0), gerador de onda quadrada de 1Hz, um display 7 segmentos com decodificador, um buzzer acionado com nível lógico 1, conectores de VCC (+5V) e GND.

Obs.: A entrada USB pode ser apenas utilizada como fonte de alimentação alternativa.



1.4.1. Protoboard

O *protoboard* é uma das peças mais importantes e o usaremos em muitos experimentos durante o curso. Ele possibilita a prototipação (construção) rápida de circuitos, porém de forma provisória. A **Figura 6a** mostra um *protoboard* de 690 pontos.

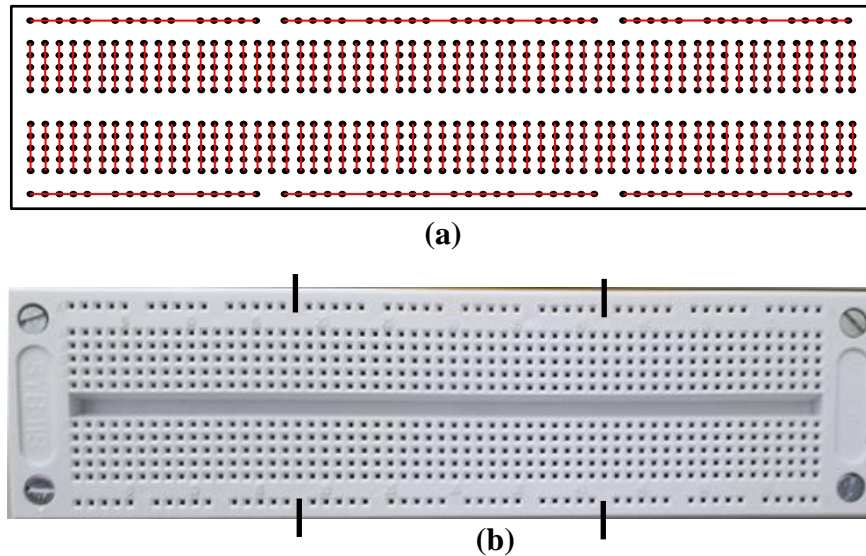
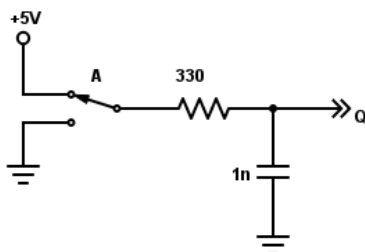


Figura 6 – Protoboard. (a) Ligações Internas, (b) Cuidar!!!! Interrompido!!!!

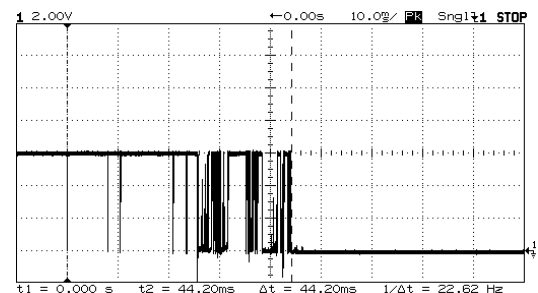
Os pontos representam furos que existem no *protoboard* para se conectar fios e encaixar CIs. Estes furos são conectados internamente entre si como mostra a **Figura 6a**. O espaço central é utilizado para a colocação de circuitos integrados. As filas superior e inferior são geralmente dedicadas às linhas de alimentação do circuito (VCC e GND). **Cuidar** que no modelo utilizado, as linhas superior e inferior são interrompidas nos locais indicados pelas linhas pretas mostras na **Figura 6b**.

1.4.2. Chaves

O kit lógico possui 4 chaves (A,B,C,D) de 2 posições. Destina-se à aplicação manual de sinais digitais (1/0) em um circuito (+5V/0V). No entanto, esses dispositivos mecânicos geram um efeito indesejável principalmente em circuitos digitais, o ruído de comutação (*bouncing*) mostrado na **Figura 7b**.



(a) Chave com filtro RC



(b) Sinal com ruído.

Figura 7 – Ruído de comutação ou chaveamento



Quando uma chave mecânica fecha, o contato não se estabiliza imediatamente. Pode haver comutações microscópicas durante um intervalo de 10 a 50 milissegundos produzindo vários pulsos em forma de ruído. Se a chave fosse ligada diretamente a um circuito digital, estes pulsos podem causar funcionamento errôneo. O kit lógico possui para cada chave um filtro RC, mostrado na Figura 7a, que minimiza esse tipo de ruído. Note que não se trata de um circuito de *debouncing*, implementado com latches (visto mais adiante no curso), solução que eliminaria o problema e que deve ser adotada em projetos mais críticos. Porém, para nossos experimentos, o simples filtro RC será o suficiente.

1.4.3. LEDs e Display de 7 segmentos

O kit possui 4 LEDs para visualização de sinais digitais e um display de LEDs de 7 segmentos, que reproduz algarismos decimais (0-9) segundo o código binário.

1.4.4. Buzzer

O kit possui ainda um buzzer que permite a sinalização sonora de sinais digitais. Colocando sua entrada em nível lógico 1 o buzzer emite um tom audível de 1kHz, útil para a depuração de circuitos e efeitos especiais.

1.5. MULTÍMETRO DIGITAL

O multímetro, também chamado multiteste, é um instrumento fundamental na área da eletrônica, que nos permite medir as grandezas básicas: corrente (Ampère), resistência (Ohms) e tensão (Volts). O modelo que será usado no laboratório é apresentado na Figura 9 e possibilita medidas de tensão, corrente e resistência em escalas 2X, isto é, de 0 a 1999 com a posição do ponto decimal definido pela escala escolhida.



Figura 9 – Multímetro ajustado para medida de tensão



A Figura 9 mostra um multímetro corretamente ajustado para a medida de tensões contínuas de 0 a 19,99 Volts. Note as posições das ponteiros vermelha e preta, e a posição do botão giratório na escala de V 20. Com esse ajuste conseguimos 2 casas decimais de precisão do instrumento, que é o suficiente para os nossos propósitos.

Neste curso deve-se evitar usar o multímetro para medir correntes (escala A à direita), devido à alta probabilidade de causar curtos-circuitos e danos maiores, tanto aos equipamentos quanto aos usuários.

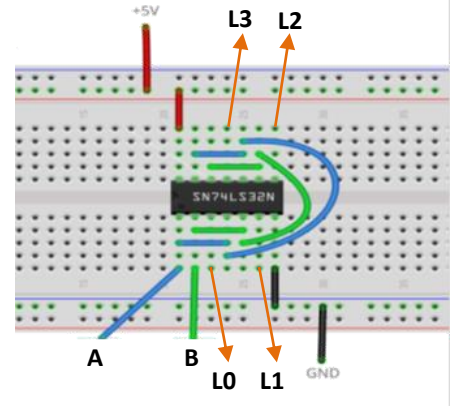
Após o uso do instrumento lembre-se de desligá-lo, colocando o botão na vertical (OFF)!



2. PARTE EXPERIMENTAL

2.1. Ligue um LED a uma chave. Verifique se ele acende e apaga corretamente quando a chave é acionada. Meça com o multímetro o valor da tensão de alimentação $VCC = \underline{\hspace{2cm}}$ Volts.

2.2. Monte o circuito ao lado e meça, com o multímetro, a tensão de saída das 4 portas lógicas AND do CI 74HC08 e das 4 portas OR do CI 74HC32 e preencha as tabelas abaixo. Coloque as entradas nas chaves A e B e as saídas nos LEDs L3, L2, L1 e L0 segundo a tabela. Tire foto da montagem para colocar no relatório. Filme com um celular o procedimento de preenchimento da tabela abaixo.



B	A	L3=S4	L2=S3	L1=S2	L0=S1
0	0				
0	1				
1	0				
1	1				

B	A	L3=S4	L2=S3	L1=S2	L0=S1
0	0				
0	1				
1	0				
1	1				

Comente os resultados, correlacionando-os com a **Figura 2**, e explique o porquê da diversidade de valores obtidos.

Dica de montagem: Os CIs 74HC32 e 74HC08 possuem a mesma pinagem! Para preencher a segunda tabela basta trocar o CI sem desmontar o circuito!

2.3. (**Pós-Experimento 1**): Projete (**Pré-Projeto**) e implemente uma porta AND usando apenas portas OR (74HC32) e NOT (74HC04). Desenhe o diagrama esquemático e preencha a tabela verdade com o valor lido do multímetro. Filme a montagem final e com os testes sendo feitos, coloque o link do vídeo no relatório.

B	A	L0=A.B	Esquema
0	0		
0	1		
1	0		
1	1		



3. SUMÁRIO

São apresentados os circuitos integrados da família 74HCXX e o Kit Digital de experimentos. As portas AND, OR e NOT são usadas em montagens elementares, com o objetivo de verificar seu funcionamento lógico e tensões de saída.

4. EQUIPAMENTOS E MATERIAIS

- Kit Digital;
- Multímetro Digital
- Fios conectores;
- Portas lógicas AND (74HC08), OR (74HC32) e NOT (74HC04);



5. TESTE DE AUTOAVALIAÇÃO

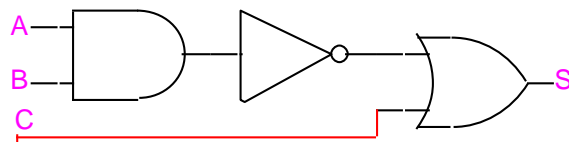
1. Com relação aos níveis lógicos TTL de entrada e saída, assinale a alternativa correta:

- a) ENTRADA: 0 a 0,4 V e 2,0 a 5,5 V
SAÍDA: 0 a 0,8 V e 2,4 a 5,0 V
- b) ENTRADA: 0 a 0,8 V e 2,0 a 5,5 V
SAÍDA: 0 a 0,4 V e 2,4 a 5,0 V
- c) ENTRADA: 0 a 0,4 V e 2,4 a 5,0 V
SAÍDA: 0 a 0,8 V e 2,0 a 5,5 V
- d) ENTRADA: 0 a 0,8 V e 2,4 a 5,0 V
SAÍDA: 0 a 0,4 V e 2,0 a 5,5 V

2. Assinale os conjuntos universais dentre os conjuntos abaixo:

- a) AND, OR e NOT
- b) AND e OR
- c) AND e NOT
- d) OR e NOT
- e) NOT

3. Preencha a tabela da verdade do circuito abaixo:



A	B	C	S
0	0	0	
0	0	1	
0	1	0	
0	1	1	
1	0	0	
1	0	1	
1	1	0	
1	1	1	

4. Com relação a pulsos em S de correntes de atrasos de propagação, estabeleça uma associação um a um entre as colunas da esquerda e da direita:

- | | |
|--|---|
| <p>() Produz um pulso Υ quando A passa de 0 para 1.</p> <p>() Não produz pulso em nenhuma transição.</p> <p>() Produz um pulso Υ quando A passa de 1 para 0.</p> <p>() Produz um pulso \sqcap quando A passa de 0 para 1.</p> | <p>(a) </p> <p>(b) </p> <p>(c) </p> <p>(d) </p> |
|--|---|