

INTRODUÇÃO AO PROJETO DE CI'S DEDICADOS – DECODIFICADOR BCD/7 SEGMENTOS

Alisson de Lima Martins, Marcelo Theis Geraldi, Thiago Simões Dias
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR
Campus Campo Mourão – CM
Coordenação de Engenharia Eletrônica – COELE
BR 369, km 0,5 – Caixa Postal: 271,
CEP 87301-006, Campo Mourão - PR - Brasil
E-mail: alism42@gmail.com, mtg1603@gmail.com, tsimoedias@gmail.com

Resumo – No presente projeto tem-se por objetivo o desenvolvimento de um circuito integrado decodificador BCD/7 Segmentos baseado na tecnologia MOS através do software de simulação Microwind.

Palavras-Chave – Microwind, Circuitos Integrados Dedicados.

1. INTRODUÇÃO

Os decodificadores são circuitos integrados capazes de realizar a conversão de uma determinada base ou código em outra. Estão entre os circuitos lógicos mais utilizados na indústria e são encontrados em diversos tipos de eletrônicos usados no dia a dia, como por exemplo, computadores, calculadoras, relógios e outros. Tem-se por objetivo, projetar um decodificador BCD/7 Segmentos utilizando a tecnologia MOS com base na teoria de circuitos digitais. Os circuitos lógicos serão obtidos por meio dos mapas de karnaugh, após o desenvolvimento da tabela verdade.

O projeto é uma introdução ao desenvolvimento de circuitos integrados e suas complexidades e visa propiciar ao estudante os conhecimentos relativos a camada mais baixa de projetos. Neste projeto utilizou-se o Microwind; software de simulação de circuitos integrados que abrange as etapas de montagem e simulação, além de fornecer ferramentas úteis como visualização 3D e corte 2D. O mesmo possui uma interface simples e intuitiva, tornando-se talvez a melhor, se não a única maneira didática no ensino de conceitos complexos em relação a fabricação de CI's.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1. DESENVOLVIMENTO DA TABELA VERDADE

Inicialmente, foi desenvolvida a tabela verdade do circuito, tendo como entrada o código BCD de 4 bits (devido as 16 possibilidades de saída); e como saída, as sete componentes do display de 7 segmentos. Foi utilizada a estrutura do display de 7 segmentos para a correta montagem da tabela.

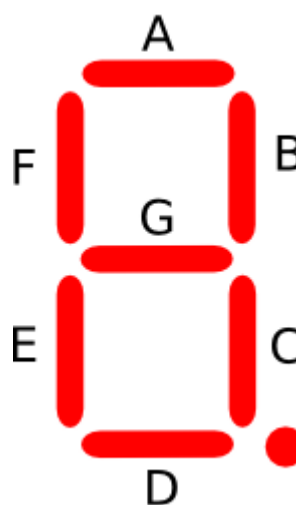


Figura 1 – Estrutura do display

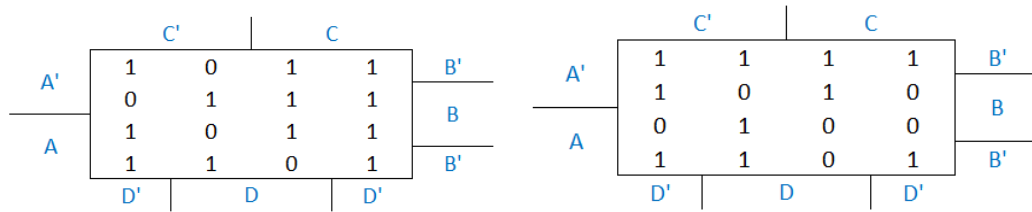
O circuito deverá realizar a contagem de 0 a F (representa o 15), logo, teremos de colocar em suas entradas, 16 combinações possíveis de bits, onde para cada número em decimal, teremos uma determinada combinação das componentes do display ativa com o objetivo de se formar um número ou letra. A tabela com as respectivas entradas e saídas é mostrada abaixo.

A	B	C	D	a	b	c	d	e	f	g
0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0
0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0
0	0	1	0	1	1	1	0	1	1	0
0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0
0	1	0	0	0	1	1	1	0	0	1
0	1	0	1	1	1	0	1	1	0	1
0	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1
0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0
1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
1	0	0	1	1	1	1	1	0	0	1
1	0	1	0	1	1	1	1	0	1	1
1	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1
1	1	0	0	1	0	0	1	1	1	0
1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	0
1	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1
1	1	1	1	0	1	0	0	1	1	1
1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1

Figura 2 – Tabela verdade.

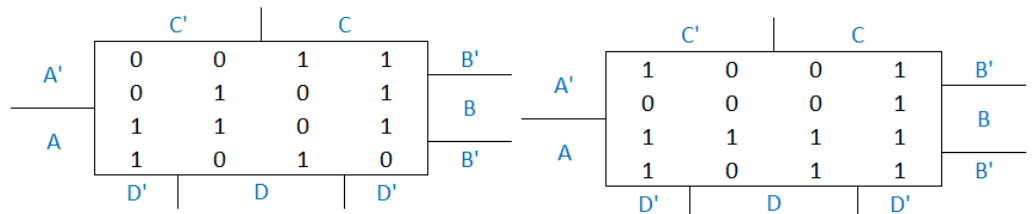
2.2. EXPRESSÕES LÓGICAS DO CIRCUITO

Aplicando os valores da tabela aos mapas de karnaugh, obteve-se as seguintes expressões:



$$a = \bar{A} * C + C * \bar{D} + C * B + \bar{B} * \bar{D} + A * \bar{D} + A * \bar{C} * \bar{B} + \bar{A} * B * D$$

$$b = \bar{A} * \bar{B} + \bar{B} * \bar{D} + A * \bar{C} * D + \bar{A} * C * D + \bar{A} * \bar{C} * \bar{D}$$



$$d = A * \bar{C} * \bar{D} + A * \bar{C} * B + \bar{B} * C * D + B * \bar{C} * D + B * C * \bar{D} + \bar{A} * \bar{B} * C + \bar{A} * \bar{B} * \bar{C} * \bar{D}$$

$$e = C * \bar{D} + A * B + \bar{B} * \bar{D} + A * C$$

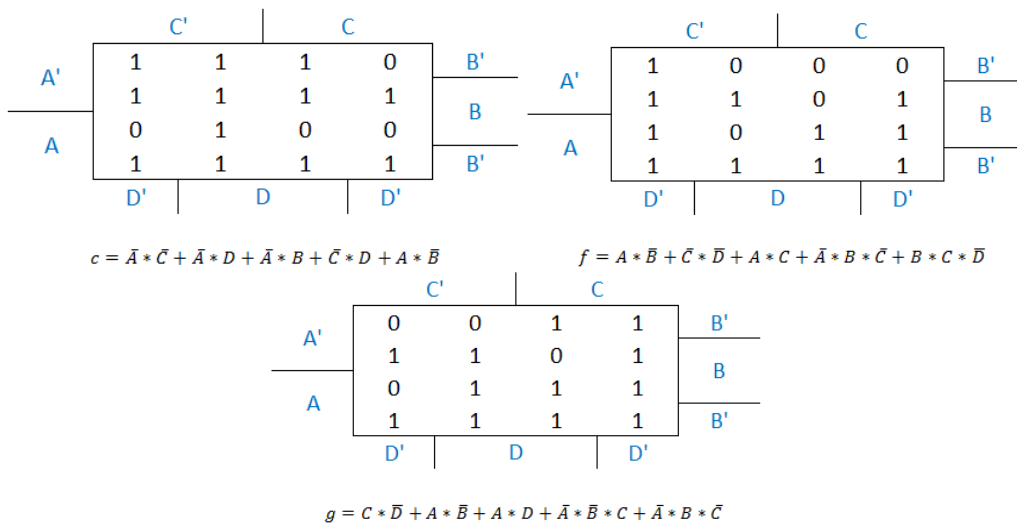


Figura 3 – Mapas de Karnaugh correspondente a cada saída do display de 7 segmentos

O circuito abaixo foi montado no software Logisim com intuito de verificarmos o funcionamento do circuito antes de montá-lo. Foram inseridas as 16 combinações do código BCD e foram exibidos no display os números de 0 a 9 e

os hexadecimais de A a F. O circuito possui 50 portas NOT; 38 portas AND, sendo uma de 4 entradas, 15 de três entradas e 22 de duas entradas; e por fim, 7 portas OR, sendo quatro de 5 entradas, uma de 4 entradas e duas de 7 entradas.

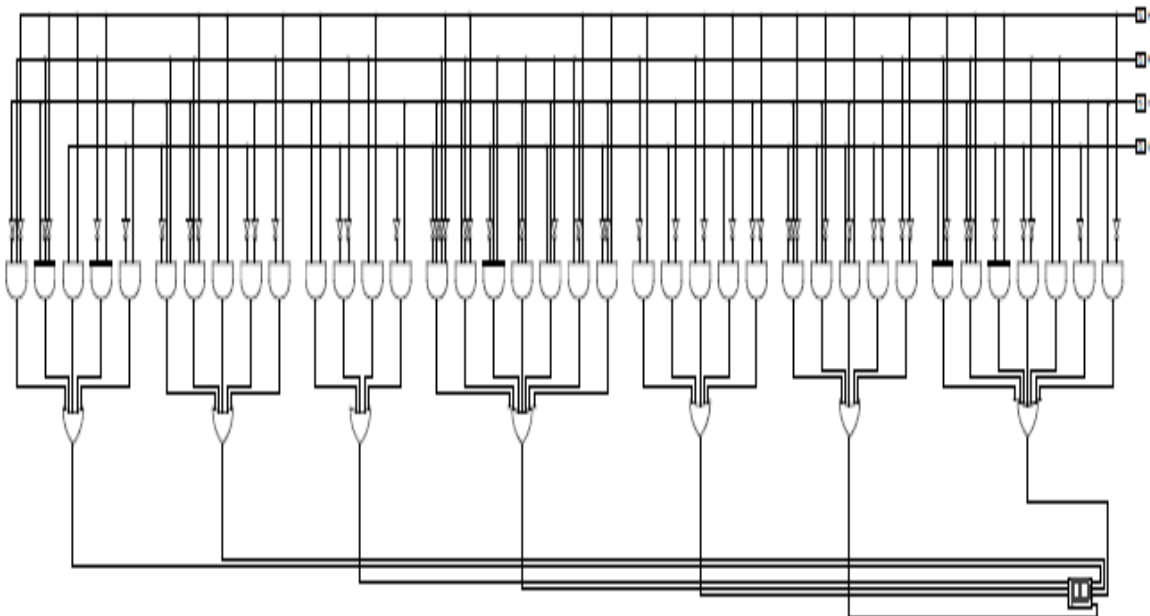


Figura 4 – Circuito com portas lógicas

2.3. CIRCUITO PROJETADO UTILIZANDO MOSFETS NO SOFTWARE PROTEUS 8

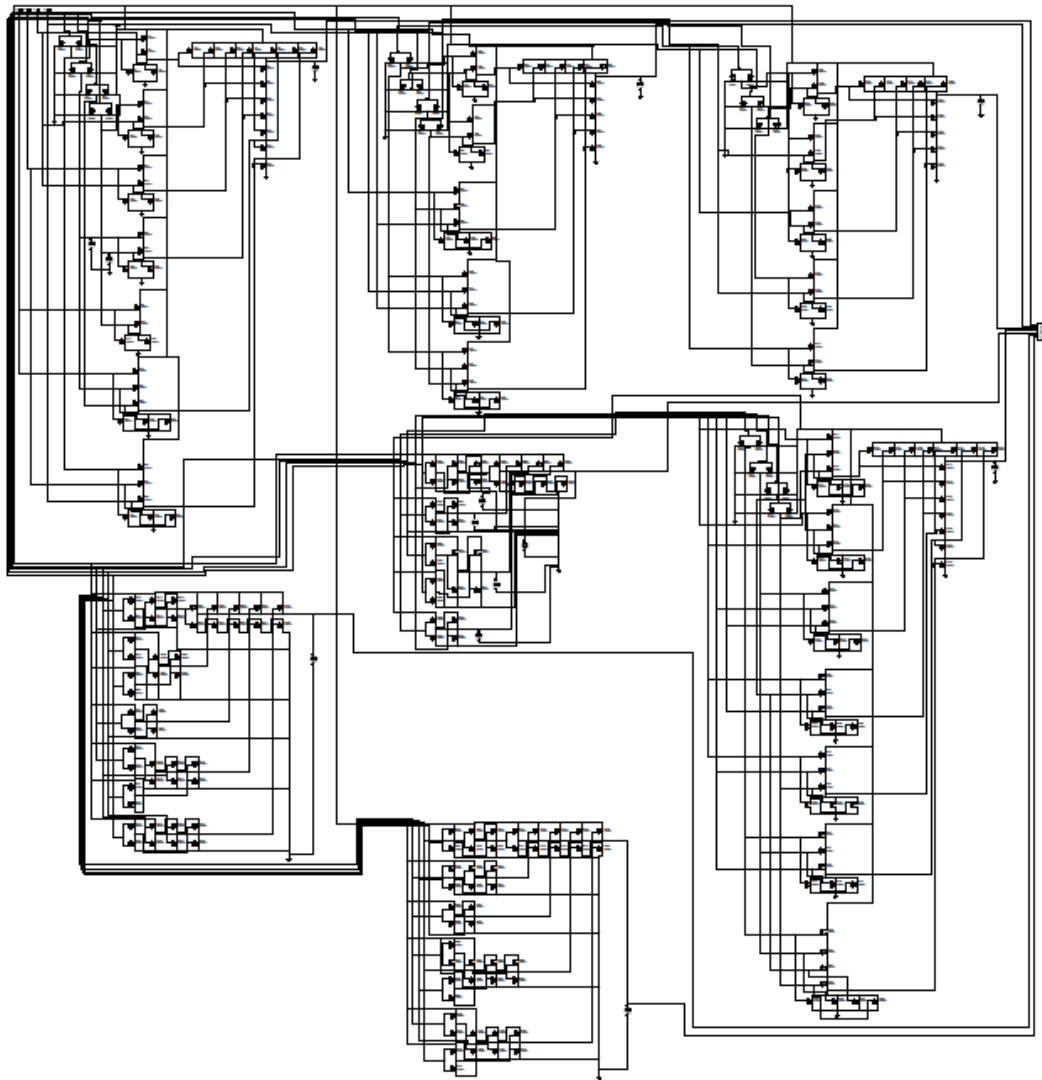


Figura 5 – Circuito com mosfet's no Proteus

Após verificado o funcionamento do circuito, o convertimos para MOS utilizando os esquemáticos de portas lógicas obtidos com base na teoria de transistores. Foram utilizados 322 transistores para a confecção do circuito, sendo metade tipo N, e outra tipo P.

Em um primeiro momento, o circuito não funcionou como esperado, então variamos parâmetros como a tensão da fonte, tensão do display, o próprio esquemático e etc. Após um longo tempo

de verificação, constatou-se que os PMOS estavam todos invertidos, e após a correção dos mesmos o circuito funcionou exatamente como o circuito no Logisim.

Apesar do Logisim se mostrar suficiente para verificarmos o funcionamento do circuito, o montamos no Proteus para termos uma base para o desenvolvimento do diagrama de barras, visto que o circuito acima pode ser utilizado como uma espécie de planta.

2.4. DIAGRAMA DE BARRAS

O circuito abaixo corresponde apenas a uma pequena parte do diagrama de barras do circuito da figura 4; porém, o mesmo não será concluído, visto que o projeto no Microwind foi concluído antes do mesmo (devido à complexidade de montagem e ineficiência do Paint), e também devido ao tempo empregado na

tarefa, que nesse caso se torna exaustiva e desnecessária.

Desconsiderando sua inviabilidade, o diagrama possuiria trilhas verticais em metal 1 (azul claro) e horizontais em metal 2 (azul escuro); polisilício em vermelho; difusão N em verde e P em marrom.

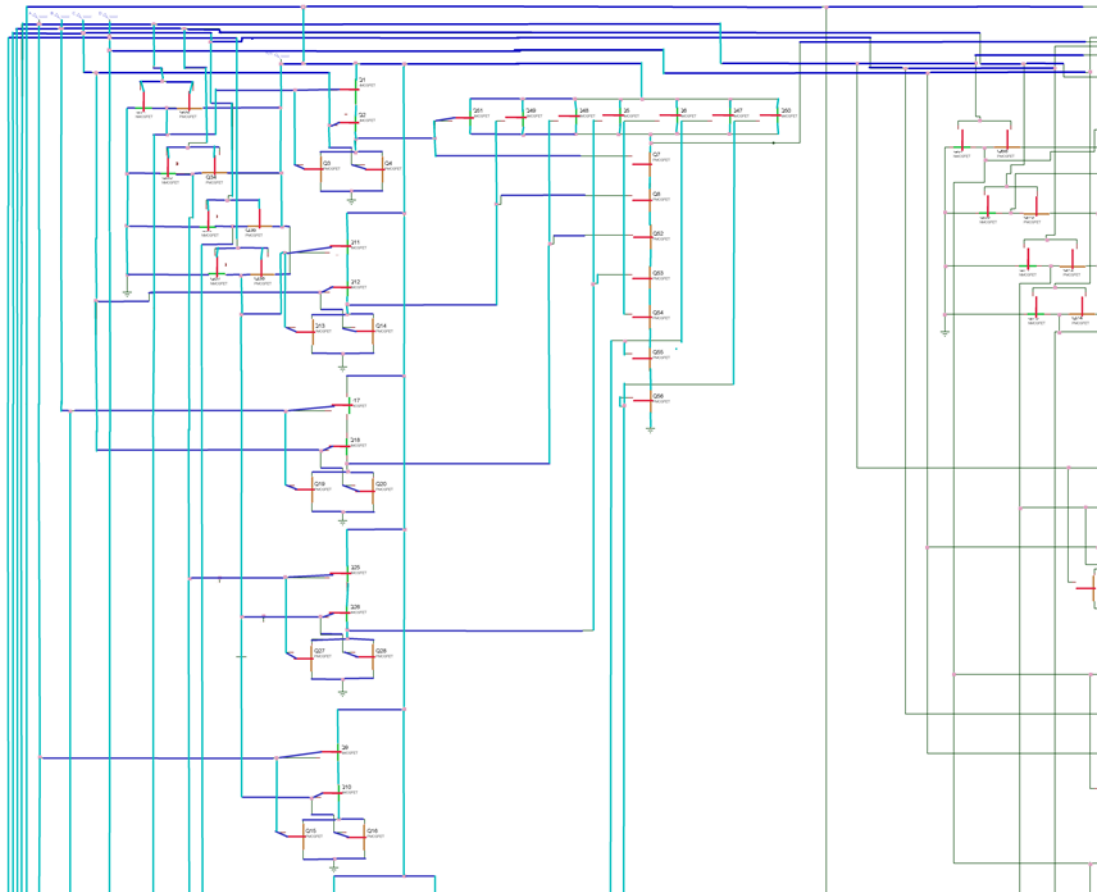


Figura 6 – Diagrama de barras

2.5. CIRCUITO NO MICROWIND

O circuito foi montado no Microwind com base na figura 3, no qual as portas lógicas foram montadas através de transistores. Os valores dos parâmetros dos transistores utilizados foram: $L=0,1$ e $W=0,2$ para tipo N e $L=0,1$ e $W=0,4$ para tipo P.

Para iniciar a montagem do circuito, os transistores foram montados com os

valores de L e W , e simulado para ver a resposta. Após a determinação de qual o melhor valor para L e W , a montagem foi realizada através de replicações dos modelos já prontos e testados. As trilhas foram feitas com metal 1 (azul) e polisilício (vermelho), conforme a figura 7. Esse foi o método utilizado, e apesar de ser um circuito grande, no primeiro teste depois de montado funcionou.

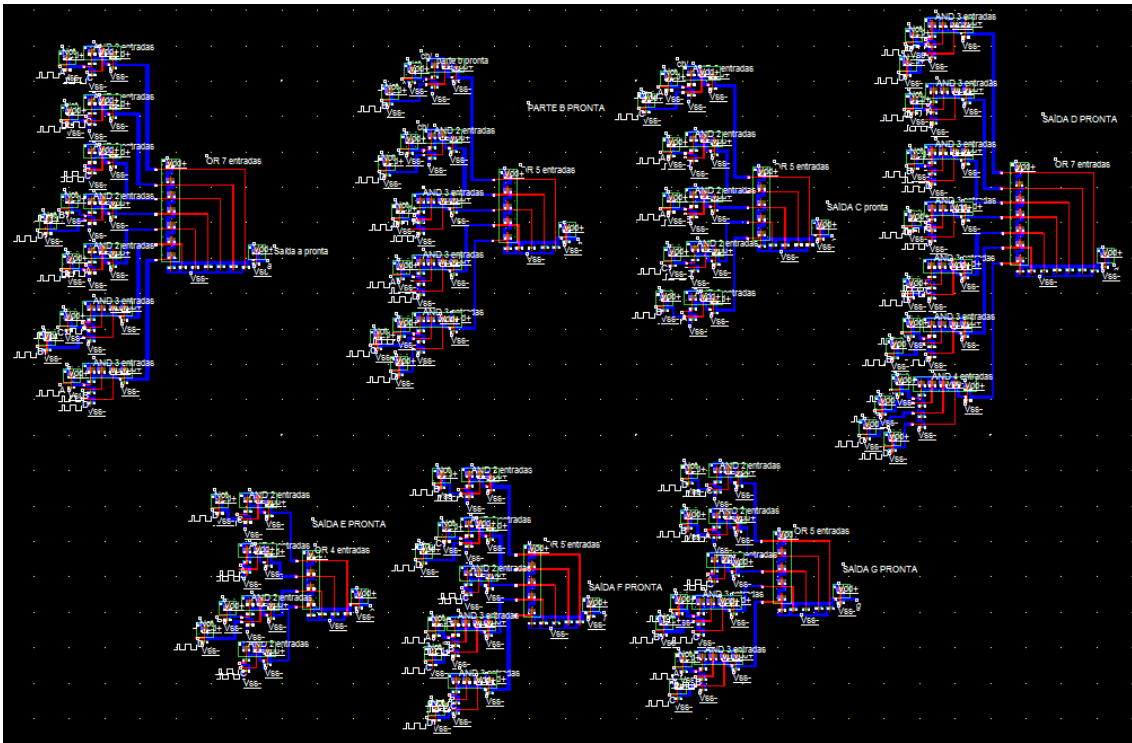


Figura 7 – Circuito no Microwind

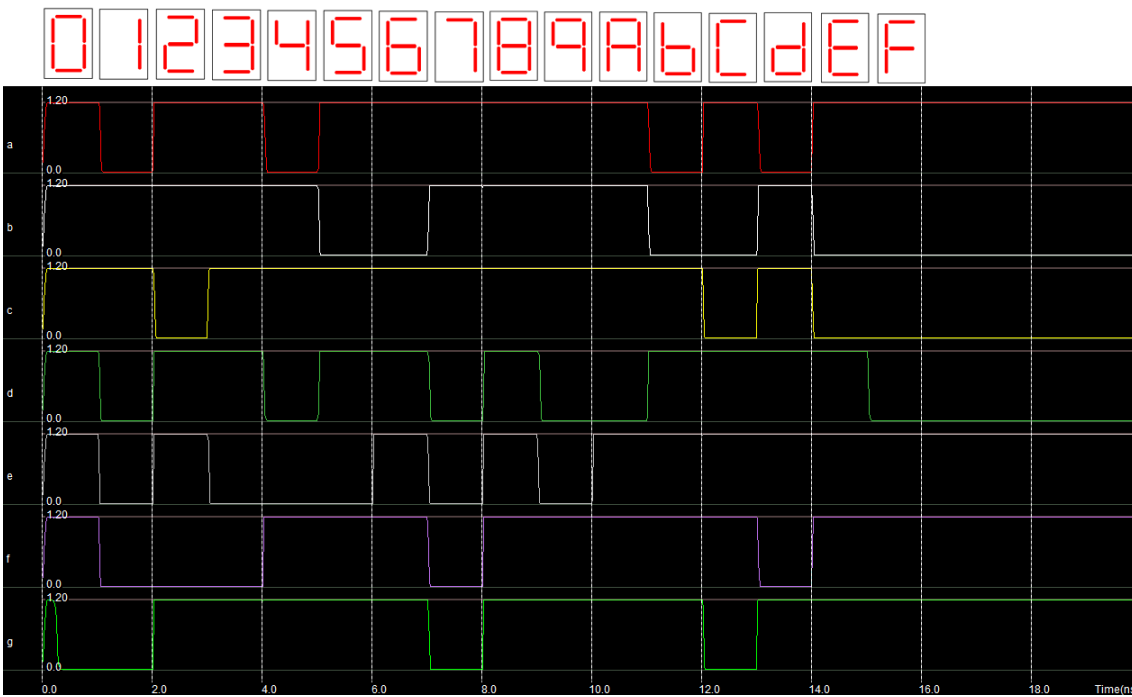


Figura 8 – Resposta do circuito.

3. CONCLUSÃO

Um dos problemas enfrentados foi a instabilidade do software, pois o mesmo

apresenta diversos bugs e possui opções de reparo (em caso de erro na construção) muito limitadas, além de perder a

configuração do PWL das entradas; mas fora esses detalhes, ele cumpre com sua proposta (existe um software alternativo que concorre com o Microwind, o mesmo chama-se Cadence Virtuoso).

O circuito foi desenvolvido para ser implementado baseando-se em portas AND, OR e NOR, porém verificamos que estas portas não funcionam de maneira adequada no Microwind, pois apresentam níveis de tensão ceifados em suas saídas. Esse problema levou-nos a implementar o circuito com portas NAND, NOR e NOT e ainda mais algumas portas NOT extras, pois como o projeto acabou sendo “invertido”, tivemos que negar todas as saídas de portas NAND e NOR para a obtenção dos níveis lógicos corretos, resultando na inserção de mais transistores, que dão um total de 412 transistores. Para efeito de comparação, se nosso CI fosse montado em dezenas de protoboards com transistores BS170 (e seu par), seu custo seria de aproximadamente R\$360,00; mas na forma encapsulada, custaria centavos e seria vendida por menos de R\$3,00. Ainda temos a questão da área; ao utilizar o BS170, teríamos uma PCI de aproximadamente 1,70m², o que em micro ou nano escala seriam apenas alguns milímetros quadrados. Esses dados nos mostram a imensa importância e porque os circuitos integrados foram criados, pois o custo e dimensões de eletrônicos sem os mesmos, seriam completamente inviáveis.

Conforme a figura 8, vemos que o circuito se comportou da maneira esperada, fornecendo em sua saída níveis de tensão corretos (1.2V), tempo de resposta satisfatório e níveis de ruído insignificantes.

REFERÊNCIAS:

SEDRA, A. S. **Microeletrônica**. 5ª ed. São Paulo: Prentice Hall, 2007

IDOETA, I. V.; CAPUANO, F. G. **Elementos De Eletrônica Digital**. 40ª ed. São Paulo: Editora Érika LTDA, 2007

BS170 – TIGGERCOMP ELETRÔNICOS.
Disponível em: <
http://tiggercomp.com.br/novaloja/advanced_search_result.php?search_in_description=1&keywords=BC548&categories_id=&Submit=Procurar>. Acesso em: 24 jun. 2016.

4511 – TIGGERCOMP ELETRÔNICOS.
Disponível em: <
http://tiggercomp.com.br/novaloja/advanced_search_result.php?search_in_description=1&keywords=4511&categories_id=&Submit=Procurar>. Acesso em: 24 jun. 2016.