



## **Estudo e desenvolvimento de um circuito de um relógio digital utilizando fundamentalmente conhecimentos em circuitos lógicos**

**Marcos Cavalcante Meira<sup>1</sup>, José Diniz Neto<sup>2</sup>, Cláudio Galeno Queiroga Oliveira Lima<sup>2</sup>, Walmeran José Trindade Júnior<sup>1</sup>, José Artur Alves Dias<sup>1</sup>, Ilton Luiz Barbacena<sup>1</sup>.**

<sup>1</sup> Professores de Engenharia Elétrica– IFPB. e-mail: mcmeira2006@gmail.com

<sup>2</sup> Graduandos de Engenharia Elétrica -IFPB. Bolsistas do CNPq. e-mail: josediniz@ieee.org, claudiogaleno1@gmail.com.

**Resumo:** Pretende-se neste artigo abordar os princípios básicos de circuitos lógicos com a finalidade de elaborar o circuito de um relógio digital que utiliza portas OR, NOT, AND, NAND e NOR, e circuitos integrados dedicados de contadores e decodificadores BCD para 7 segmentos. Os resultados do sistema do relógio digital são obtidos a partir da simulação utilizando o software Multisim 11.0®.

**Palavras-chave:** Circuitos lógicos, portas lógicas, relógio digital

### **1. INTRODUÇÃO**

O homem, através dos tempos, sentiu a necessidade da utilização de sistemas numéricos. Existem vários sistemas numéricos, dentre os quais se destacam o sistema decimal, o binário, o octal e o hexadecimal (IDOETA, 2008).

O sistema decimal, utilizado diariamente pela sociedade, é composto por dez algarismos que possibilitam a formação de infinitos números conforme a lei da formação. Os sistemas binário e hexadecimal são de grande importância para as áreas relacionadas à computação, entre outras áreas que também utilizam técnicas digitais.

No sistema binário há apenas dois símbolos ou valores possíveis para os dígitos 0 e 1. Esse sistema de base 2 também pode ser usado para representar qualquer quantidade que possa ser representada em decimal ou em qualquer outro sistema de numeração (TOCCI, 2011).

O embasamento teórico e prático são importantes tanto para os estudantes de cursos superiores quanto para os profissionais que já trabalham a certo tempo na área. O sistema do relógio digital é fundamentalmente projetado a partir de elementos de eletrônica digital. Para elaboração do relógio digital proposto é necessário conhecimento de circuitos lógicos.

O desenvolvimento do circuito de um relógio digital fundamentalmente projetado a partir de elementos de eletrônica digital parte deste princípio, uma vez que para a elaboração deste projeto é necessário o estudo de diversos conceitos de circuitos lógicos, possibilitando diversas aplicações na área acadêmica. Possibilitando muitas práticas em sala de aula futuramente para alunos.

### **2. MATERIAIS E MÉTODOS**

Buscas em livros, revistas científicas e folhas de informação sobre os circuitos integrados utilizados constituem a metodologia utilizada no desenvolvimento do circuito do relógio digital proposto.

Para o desenvolvimento do circuito do relógio proposto são utilizados folhas de dados (*datasheets*) disponibilizados por diversos fabricantes e encontrados facilmente na rede mundial de computadores. Como plataforma de simulação foi utilizado o software Multisim 11.0®.

A tecnologia dos dispositivos utilizados na simulação do relógio é da família *CMOS* (Complementary Metal Oxide Semiconductor). A escolha de tal tecnologia é motivada em função da facilidade de serem encontrados no mercado, de apresentarem flexibilidade no valor da tensão de alimentação, que varia, tipicamente, entre 3V e 18V, apresentarem tamanho reduzido, consumirem baixa quantidade de energia e menor dissipação de calor em relação a outras tecnologias.



### 3. LÓGICA BINÁRIA, TRANSISTORES E DISPOSITIVOS DE ELETRÔNICA DIGITAL

Um sistema digital é uma combinação de dispositivos projetados para manipular informação lógica ou quantidades físicas que são representadas no formato digital, ou seja, podem assumir apenas valores discretos (TOCCI, 2011).

Para implementar um sistema computacional e aritmético, foram utilizados conjuntos de circuitos digitais, através de uma lógica pré-elaborada que efetua diversas tarefas conforme a necessidade e suas limitações.

Um circuito digital é aquele em que estão presentes somente dois valores lógicos. O normal é que um sinal entre 0 e 1 Volt represente um valor (por exemplo, 0 binário) e um sinal entre 2 e 5 Volts represente o outro valor (por exemplo, 1 binário). Não são permitidas tensões fora dessas faixas. Minúsculos dispositivos eletrônicos denominados portas (gates) podem calcular varias funções desses sinais de dois valores. Essas portas formam a base de hardware sobre a qual todos os computadores digitais são construídos (TANENBAUM, 2006).

Portas lógicas são dispositivos que implementam eletricamente as funções lógicas básicas (PATTERSON, 2007).

Através da utilização conveniente destas portas, podemos “implementar todas as expressões geradas pela álgebra de Boole, que constitui a base de uma grande variedade de projetos (IDOETA, 2008).

As portas lógicas são desenvolvidas a partir de transistores. Transistor é um dispositivo eletrônico semicondutor onde sua função mais comum é acionar um chaveamento eletrônico, conforme o sinal colocado em sua base.

Os transistores mais comumente utilizados possuem três pinos principais: base, coletor e emissor. Quando a tensão de entrada  $V_{in}$ , está abaixo de um certo valor crítico, o transistor desliga e age como uma resistência infinita. Isto faz com que a saída do circuito,  $V_{out}$ , assuma um valor próximo a  $V_{cc}$ . Quando  $V_{in}$ , excede o valor crítico, o transistor liga e age como um fio, fazendo com que  $V_{out}$ , fique conectado com a terra (TANENBAUM, 2006). É recomendado a utilização de um resistor R para limitar o valor da corrente evitando a queima do dispositivo, observe isso na figura 1.

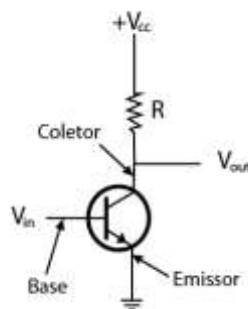


Figura 1 - Pinos e funcionamento de um transistor (TANENBAUM, 2006).

A lógica digital moderna se apoia no fato que os transistores possuem uma rápida velocidade de chaveamento, oferecendo assim uma variação de nível lógico em tempos cada vez mais curtos. Cadeias de ligações entre diversos transistores formam as portas lógicas. As principais tecnologias utilizada para a fabricação das portas lógicas são as seguintes:

- I. MOS (Metal Oxide Semiconductor) – São mais lentas que as da tecnologia TTL e ECL, porém consomem menos energia, dissipam menos calor, ocupam um menor espaço e possuem um flexibilidade em se tratando de sua tensão de alimentação;
- II. Bipolar - Os principais tipos de tecnologia bipolar são a ECL (Emitter-Coupled Logic) e TTL ( Transistor-Transistor Logic), que são há muito tempo utilizadas por possuírem uma alte velocidade, porém consomem muita energia e sua tensão de alimentação máxima é de 5V.



Observe na figura 2 as principais portas lógicas mais comuns com as suas respectivas tabelas verdade.

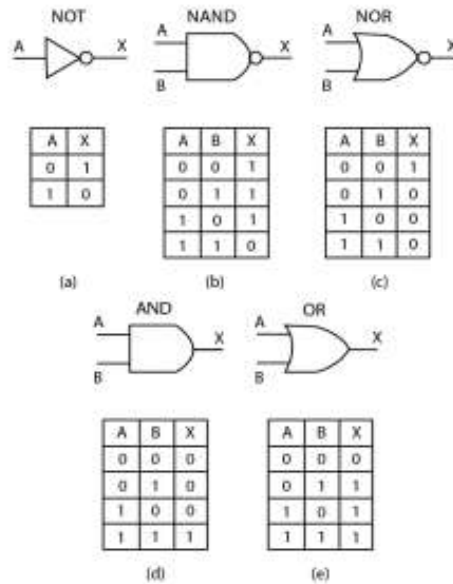


Figura 2 - Portas lógicas mais comuns e suas respectivas tabelas verdade (TANENBAUM,2006).

Contadores são circuitos digitais que variam os seus estados, sob o comando de um clock, de acordo com uma sequência predeterminada. São utilizados principalmente para contagens diversas, divisão de frequência, medição de frequência e tempo, geração de formas de onda e conversão de analógico para digital (IDOETA, 2008).

O *CD4029* é um contador up/down pré-setável que realiza a contagem tanto em modo binário (de 0000 à 1111) ou década (de 0000 à 1001) dependendo do nível de tensão aplicado na entrada binário/decimal. Quando a entrada binário/decimal estiver em nível lógico 1, o contador irá contar em modo binário, caso contrário a contagem se realizará em modo de década. De maneira similar, a contagem se realizará de maneira crescente se a entrada up/down estiver em nível lógico 1, ou decrescente se esta estiver em nível lógico 0 (NATIONAL SEMICONDUTOR, 1988). Observe seus pinos na figura 3.

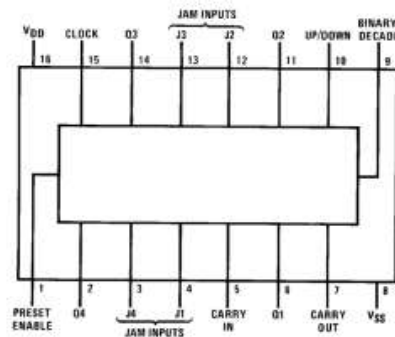


Figura 3 - Pinos do contador up/down CD4029 (NATIONAL SEMICONDUTOR, 1988).

Codificador é um circuito combinacional que torna possível a mudança de um código conhecido para um desconhecido.

Chamamos de decodificador o circuito que faz o inverso, ou, seja, passa um código desconhecido para um conhecido (IDOETA, 2008).



O relógio desenvolvido neste trabalho utiliza um decodificador de BCD para 7 segmentos, sua referência é CD4511, onde sua função é receber um código binário BCD nas suas entradas e nas suas saídas gerar um código binário equivalente para acionar LED's localizados nos displays de 7 segmentos, mostrando nestes displays o código resultante em decimal. Observe na figura 4 os pinos deste decodificador.

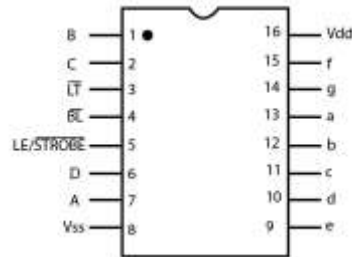


Figura 4 - Decodificador BCD para 7 segmentos ( TEXAS INSTRUMENTS, 1998).

#### 4. FUNCIONAMENTO DO CIRCUITO DO RELÓGIO

A estrutura completa do circuito do relógio encontra-se na figura 5. O funcionamento do circuito do relógio digital proposto é descrito nos subitens...

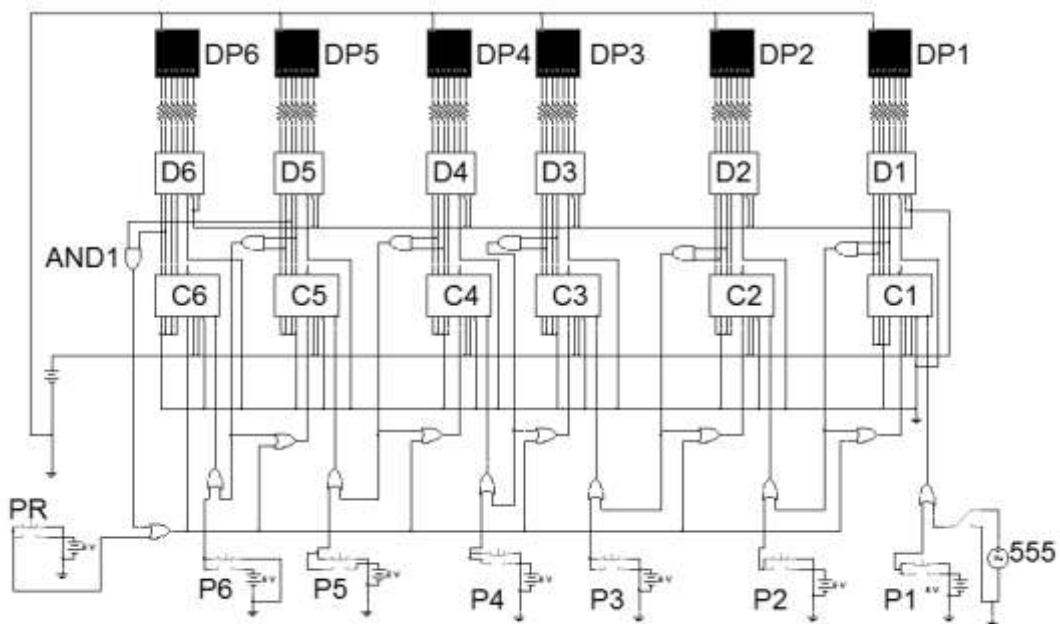


Figura 5 – Circuito do relógio Digital desenvolvido no Multisim 11.0®

##### 4.1. ESTRUTURA DO CIRCUITO GERADOR DE CLOCK

A estrutura do relógio conta com um gerador de clock em configuração astável, com razão cíclica de 50%, obtido a partir do pino 3 do circuito integrado LM555, conforme aponta a figura 6.

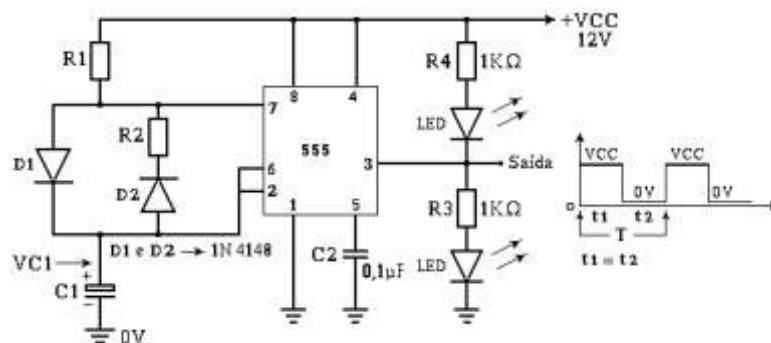


Figura 6 – Circuito gerador de pulso com razão cíclica de 50% (SOUZA, 2011).

#### 4.2 ESTRUTURA DE CONTAGEM DE SEGUNDOS

A cada clock aplicado no contador de segundos C1 ocorrerá um incremento no display de unidades de segundos DP1. Na passagem da contagem binária 1001 (9 em decimal) para 1010 (10 em decimal) o contador C1 envia um clock para o contador de dezenas de segundos C2 e ao mesmo tempo reinicia a sua contagem.

A sequencia de clocks recebida pelo contador de segundos C2 é incrementada no display de dezenas de segundos DP2. Na contagem Binária em 0101 (5 em decimal) para 0110 (6 em decimal) o contador C2 envia um clock para o contador de minutos C3 e simultaneamente reinicia a sua contagem.

#### 4.3 ESTRUTURA DE CONTAGEM DE MINUTOS

A sequencia de pulsos aplicada no contador de minutos C3 incrementa a contagem no display de unidades de minutos DP3. Na contagem Binária em 1001 (9 em decimal) para 1010 (10 em decimal) o contador C3 envia um clock para o contador de minutos C4 e ao mesmo tempo reinicia a sua contagem.

Os clock's enviados ao contador de minutos C4 atualizam a contagem no display de dezenas de minutos DP4. Na contagem Binária em 0101 (5 em decimal) para 0110 (6 em decimal) o contador C4 envia um clock para o contador de unidade de horas C5 e simultaneamente reinicia a sua contagem.

#### 4.4 ESTRUTURA DE CONTAGEM DE HORAS

Os pulsos de clocks aplicados no contador de horas C5 incrementam a contagem binária no display de unidades de horas DP5. Em seus dois primeiros ciclos, quando a contagem binária for alterada de 1001 (9 em decimal) para 1010 (10 em decimal) o contador C5 envia um pulso para o contador de horas C6 e simultaneamente reinicia a sua contagem. Porém quando o contador C5 registrar seu terceiro ciclo de contagem binária, isto é, de 0100 (4 em decimal) para 0101 (5 em decimal) lançará um pulso para uma das entradas da porta lógica *AND1*, que ao produzir nível lógico 1 em sua saída reinicia toda a contagem a partir do 0000(zero em decimal).

O contador de horas C6 registra dois ciclos de contagem no display de dezenas de horas DP6, ao tender para o terceiro ciclo de contagem o mesmo contador C6 transmite um pulso para a outra entrada da porta *AND1*, que juntamente com o pulso enviado pelo contador C5, são responsáveis pela reinicialização de todo o relógio.

### 5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A sequencia da contagem está indicada nas figuras 7 à 14.

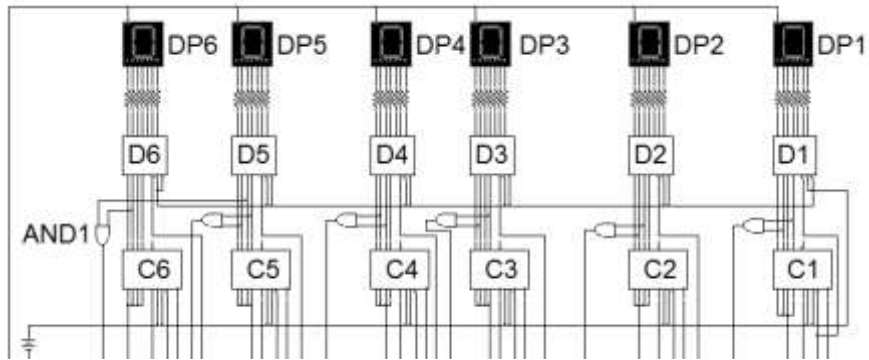


Figura 7 – Relógio em início de contagem.

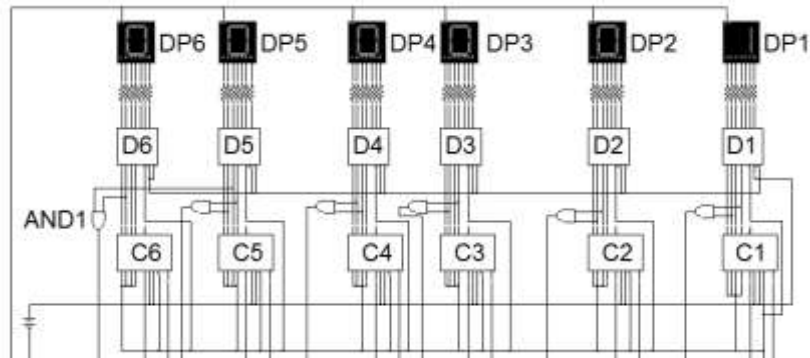


Figura 8 – Relógio indicando a primeira contagem de segundos.

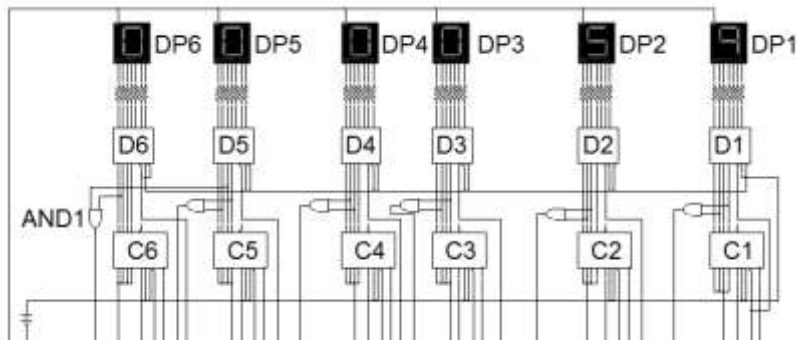


Figura 9 – Relógio indicando contagem de 59 segundos.

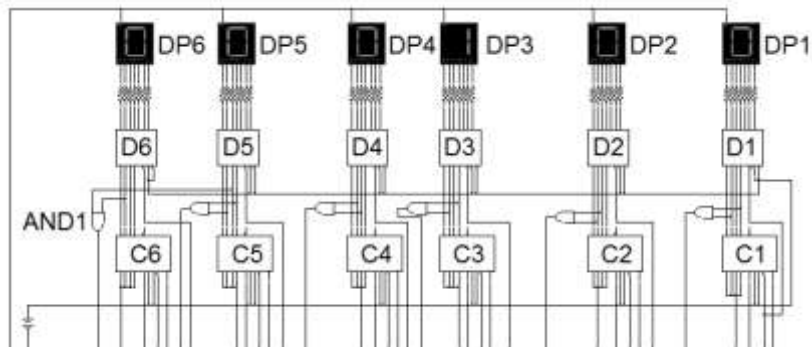


Figura 10 – Relógio indicando a passagem de contagem de segundos para minutos.

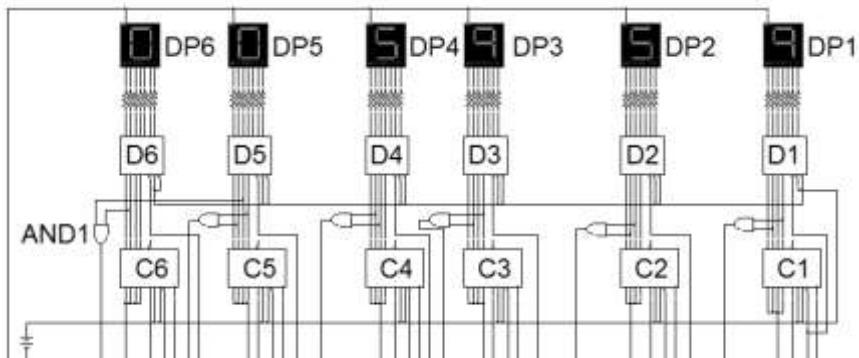


Figura 11 – Relógio indicando contagem em 59 minutos e 59 segundos.

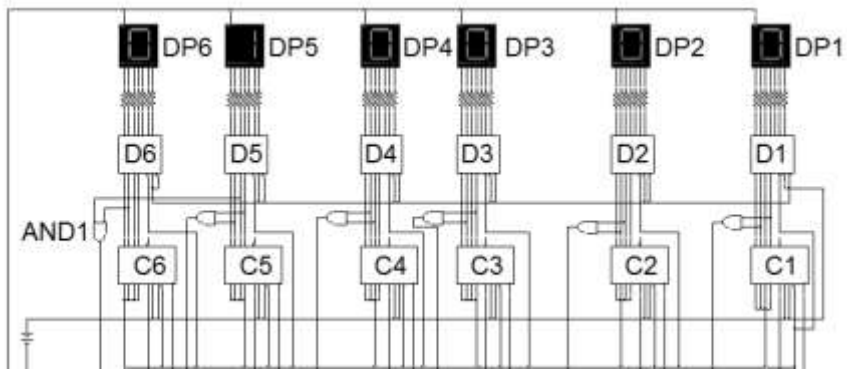


Figura 12 – Relógio indicando a passagem de contagem de minutos para horas.

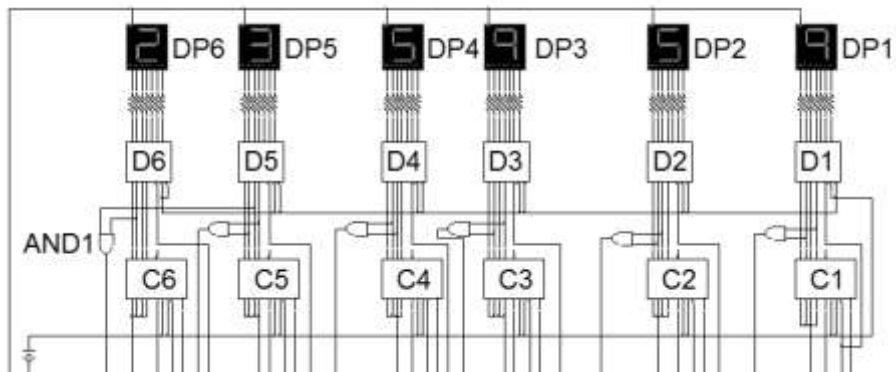


Figura 13 – Relógio indicando a contagem em 23 horas, 59 minutos e 59 segundos.

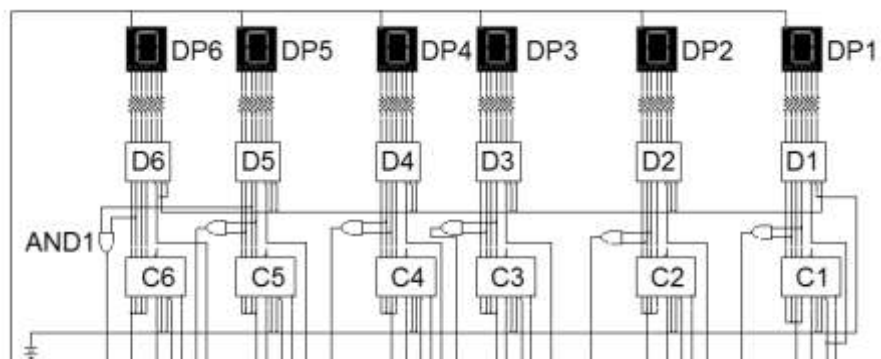


Figura 14 – Relógio indicando reinício do ciclo de contagem de segundos, minutos e horas.



## 5. CONCLUSÕES

O conhecimento de lógica digital e as pesquisas bibliográficas permitiram a produção de uma estrutura de um relógio digital, baseada em circuitos integrados dedicados cujo funcionamento foram fundamentados em dados de fabricantes (*datasheets*). Foram desenvolvidas lógicas similares para contagem e registro dos segundos e minutos que variaram de 0 a 59. Para registrar as horas foi utilizada uma lógica digital de modo que fosse realizada uma contagem de 0 a 23, reiniciando o ciclo de contagem de horas, minutos e segundos.

Foram inseridos na estrutura do relógio digital 7 chaves, sendo duas para ajuste de segundos, duas para ajustes de minutos, duas para ajustes de hora e uma para reinicialização de toda a contagem. A velocidade dos registros da contagem pode ser ajustada de acordo com a frequência do clock gerado pelo circuito integrado 555 ou circuito similar de geração de clock.

Os resultados simulados demonstraram a eficácia da lógica implementada para segundos, minutos e horas, do relógio proposto. A facilidade de uma posterior montagem, a aquisição dos componentes para a elaboração do protótipo do relógio digital proposto, o baixo custo, flexibilidade de alimentação e tamanho reduzido demonstram a viabilidade da utilização do projeto, devido à utilização da tecnologia CMOS.

## REFERÊNCIAS

- IDOETA, I. V.; CAPUANO, F. G.. **Elementos de Eletrônica Digital**. São Paulo: Érica. 40ª Edição, 2007.
- NATIONAL SEMICONDUCTOR. **CD4029 PRESETTABLE BINARY/DECADE UP/DOWN COUNTER DATASHEET**, de autoria da Texas Instruments em 1988, disponível em <[http://www.datasheetcatalog.org/datasheets/166/108968\\_DS.pdf](http://www.datasheetcatalog.org/datasheets/166/108968_DS.pdf)> Acesso em 01/06/2012.
- PATTERSON, D. A.; HENNESSY, J. L. **Computer Organization and Design: The Hardware/Software Interface**. California: Morgan Kaufmann Publishers and Elsevier. 3ª edição, 2007.
- SOUZA, I. J. **O Circuito Integrado 555**. Disponível em: <<http://ivairijs.vilabol.uol.com.br/CI-555.html>> Acesso em: 14/06/2012.
- TANENBAUM, A. S. **Structured Computer Organization**. Amsterdam: Prentice Hall. 5ª edição, 2006.
- TEXAS INSTRUMENTS. **CD4511 Cmos bcd-to-7-segment latch decoder drivers datasheet**.1998. Disponível em <<http://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/26905/TI/CD4511.html>> Acesso em 23/05/2012
- TOCCI, Ronald J.; WIDMER, N. S. **Sistemas Digitais: Princípios e Aplicações**. Rio de Janeiro: Editora LTC. 11ª edição, 2011.