

# Display de *Leds* Rotativo Controlado por Microprocessadores

*Microprocessor Controlled Rotary LEDs Display*

**Gustavo Ávila Ferreira<sup>1</sup>, Lucas Ferreira Faria<sup>2</sup>, Marco Antônio Durço<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais/Campus Araxá - CEFETMG/ARAXÁ  
Departamento de Eletromecânica - Aluno do curso de Engenharia de Automação Industrial  
gustavo\_33mais@hotmail.com

<sup>2</sup> Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais/Campus Araxá - CEFETMG/ARAXÁ  
Departamento de Eletromecânica - Aluno do curso de Engenharia de Automação Industrial  
lucas\_ferreira\_f@hotmail.com

<sup>3</sup> Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais/Campus Araxá - CEFETMG/ARAXÁ  
Departamento de Eletromecânica - Professor Doutor do curso de Engenharia de Automação Industrial  
marcodurco@araxa.cefetmg.br

**Resumo.** O presente artigo apresenta um sistema eletro-mecânico micro controlado, desenvolvido pelos alunos do 7º período de Engenharia de Automação Industrial do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais - Campus Araxá (CEFETMG). O sistema utiliza diodos emissores de luz (*leds*), que com os movimentos rotativos controlado por microcontrolador, criam ilusão de ótica, projetando um relógio digital em um círculo no espaço. O sistema é programado para que, em cada volta de um motor elétrico, uma barra de *leds* seja atualizada, criando um relógio digital com horas, minutos e segundos.

**Palavras-chave:** ilusão de ótica, temporizadores, microcontrolador.

**Abstract.** *The present article presents a micro-controlled electro-mechanical system, developed by the students of the 7th period of Industrial Automation Engineering of the Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais - Campus Araxá (CEFETMG). The system uses light-emitting diodes (leds), which with rotating movements controlled by micro controller, create optical illusion by projecting the digital clock into a circle in space. The system is programmed so that at each turn of an electric motor the led bar is updated, creating a digital clock with hours, minutes and seconds.*

**Key words:** *optical illusion, Timers, microcontroller.*

**Iniciação - Revista de Iniciação Científica, Tecnológica e Artística  
Edição Temática em Tecnologia Aplicada**

Vol. 7 nº 4 – outubro de 2018, São Paulo: Centro Universitário Senac  
ISSN 2179-474X

Portal da revista: <http://www1.sp.senac.br/hotsites/blogs/revistainiciacao/>  
E-mail: [revistaic@sp.senac.br](mailto:revistaic@sp.senac.br)

Esta obra está licenciada com uma Licença [Creative Commons Atribuição-Não Comercial-Sem Derivações 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/) 

## 1. Introdução

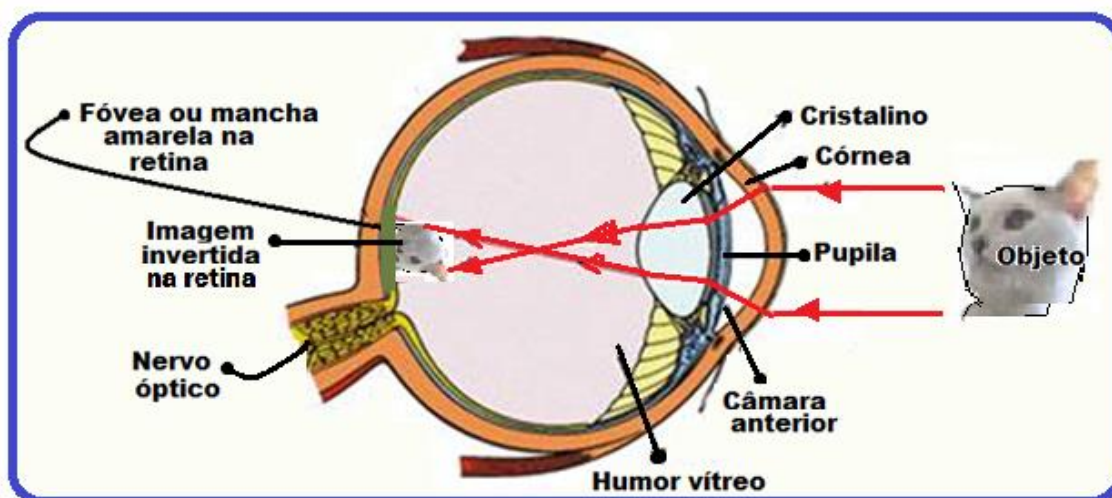
A ideia do projeto é fazer com que uma barra de *leds* verticalmente dispostos entre em movimento circular de alta velocidade e crie a ilusão de ótica de um relógio digital pairando no ar. Para que isso ocorra, foi desenvolvido um sistema utilizando motor de ventilador reciclado, com velocidade de rotação de 600 RPM (rotações por minuto), e um microcontrolador da família PIC (MICROCHIP, 1998). A cada volta completa realizada pelo motor, será acionado o microcontrolador PIC, que irá determinar a seqüência de acionamento da barra de *leds*, apresentando as horas, minutos e segundos. O microcontrolador faz com que os *leds* da barra sejam acesos de forma sincronizada e alternada para criar o relógio digital. Para ajustar a hora é utilizado um controle remoto que se comunica com o microcontrolador através de sinais infravermelho.

O sistema do display de *leds* rotativo foi escolhido justamente pela grande vontade de se realizar um projeto impactante, um projeto no qual os espectadores ficariam deslumbrados com o poder da eletrônica e se perguntando como aquilo é possível. Para a concepção do projeto, foram fabricadas duas placas eletrônicas, suporte de fixação para o motor elétrico e uma caixa de proteção para os expectadores, uma vez que é um sistema de alta velocidade de rotação e seria possível, apesar de improvável, que componentes se solte do sistema.

## 2. Persistência da visão

A visão humana é um dos cinco sentidos que permite ao indivíduo a percepção e interação com o ambiente ao seu redor, captando e processando imagens continuamente. A estrutura ocular é responsável por esse processo, ela é complexa e bastante eficiente, possui um conjunto de estruturas que permite capturar luz e cor para reconhecer imagens estáticas ou em movimento. No reconhecimento dessas imagens, os raios de luz refletidos pelos objetos, passam pela córnea, uma película protetora do olho, pela pupila, que regula a quantidade luz incidente, pelo cristalino, que foca a imagem e humor vítreo, que projeta a imagem invertida e redimensionada na retina com mais de 100 milhões de células fotorreceptoras, que transformam a luz em impulsos eletroquímicos (Figura 1). Através do nervo óptico, a informação projetada na retina é, então, passada ao cérebro para processamento e interpretação (PASSOS, NETO e LEMAIRE, 2008).

Figura 1. Partes do globo ocular



Fonte: <http://fisica vestibular.com.br/novo/optica/optica-fisiologica/olho-humano-globo-ocular-defeitos-da-visao/>

Olho e cérebro juntos possibilitam que o indivíduo tenha um conjunto de respostas motoras e relacionais, percebendo os objetos quanto à sua forma, cor, se se encontram em movimento ou estacionários e sua posição espacial.

Durante muitos anos existiu a idéia equivocada de que a retina retina a imagem em si projetada por algumas dezenas de milissegundos, com a sucessão de imagens e persistência, se criava a ilusão do movimento. Essa idéia foi apresentada por Peter Mark Roget, em seu trabalho "*Explicação da ilusão óptica na aparência dos raios de uma roda quando vistos através de aberturas verticais*" em 1824.

No entanto, muitos trabalhos surgiram posteriormente e apresentaram como se dá o processo de criação das imagens no olho e cérebro (GUERRERO, 2012). Para a criação das imagens estáticas ou em movimento, o cérebro, através do córtex visual, processa a imagem projetada na retina e as conecta seqüencialmente em poucos milissegundos (ANDERSON e FISHER, 1978). Especificamente para as imagens em movimento, esse processo permite a fusão de diversas imagens no cérebro, apresentando a ilusão de movimento.

O projeto apresentado nesse artigo utilizou esse princípio de formação e fusão das imagens no cérebro. Com velocidade de rotação adequada de uma única barra de *leds*, foi possível se criar o efeito de ilusão de ótica do relógio digital suspenso no ar.

Muitos outros projetos que utilizam a rotação de *Leds* para criar a ilusão de movimento já foram apresentados, como por exemplo, "*Desenvolvimento de um Display Esférico Rotativo com Atualização Mecânica*", de Igor Guerrero, Universidade de São Paulo, uma placa circular com *leds*, que ao se movimentar, apresenta imagens que são previamente definidas pelo usuário. Todo o sistema é controlado por software que se comunica com a placa do circuito através do canal serial de um microcomputador (GUERRERO, 2012).

Outro trabalho é o "*Projeto de um Display Holográfico Rotativo*", de Eduardo Augusto Lieberknecht, Centro Universitário UNIVATES, com um arranjo de múltiplas linhas de *Leds*, que, com o movimento circular, apresenta imagens tridimensionais no ar. O sistema é controlado pelo microcontrolador micro controlador ARM Cortex-M3 (LIEBERKNECHT, 2015).

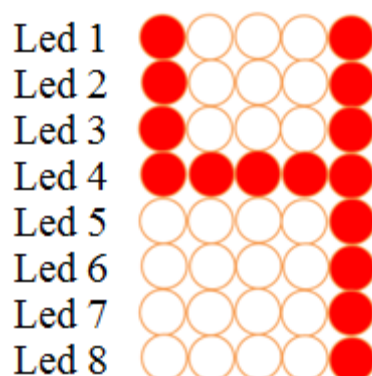
### **3. Princípio de funcionamento**

A cada volta completa do motor, um sensor ótico (BOYLSTAD e NASHELSKY, 2009) é acionado e envia um sinal de comando ao PIC que, através do acionamento da interrupção, inicia o processo de escrita dos dígitos através da barra de *leds*, coluna por coluna, com intervalos de tempo pré-determinados via programação.

O processo de escrita de cada número é feito por uma matriz 8x5, ou seja, 8 linhas por 5 colunas, os *leds* são identificados de cima para baixo de 1 a 8. Assim, para cada número apresentado são necessárias 5 voltas da barra de *leds* (ROGOWSKI e RODRIGUES, 2009). As Figuras 2 e 3 mostram os números 4 e 2, respectivamente.

Para o número 4, mostrado na Figura 2, no primeiro acionamento do sensor ótico (1ª rotação do motor), os *leds* 1 a 4 são acesos, no segundo, terceiro e quarto acionamentos (da 2ª à 5ª rotação do motor), acende-se apenas o *led* 4 e no quinto acionamento (5ª rotação do motor) todos os *leds* são acesos, formando assim, o número 4.

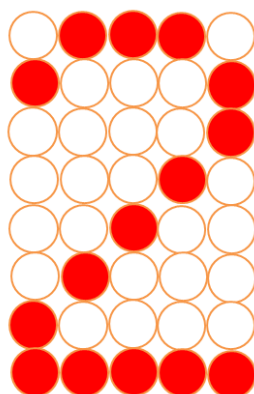
**Figura 2. Identificação dos leds e número 4 formado na matriz.**



**Fonte: autores**

O mesmo processo de 5 rotações de motor acontece para a formação de todos os números. Então, para o número 2, mostrado acima na Figura 3, na primeira coluna são acesos os *leds* 2, 7 e 8, na segunda coluna, os *leds* 1, 6 e 8, na terceira os *leds* 1, 5 e 8, na quarta os *leds* 1, 4 e 8, e na última coluna os *leds* 2, 3 e 8.

**Figura 3. Número 2 formado na matriz.**



**Fonte: autores**

O ajuste das horas é realizado através de controle remoto infravermelho, no caso foi usado um controle remoto de aparelho de TV. Quando pressionado qualquer botão do controle, por 3 segundos, o sinal infravermelho emitido pelo controle é detectado pelo sensor infravermelho passivo instalado na placa do circuito e então o modo de ajuste é iniciado. O modo de ajuste se inicia pela alteração das horas, enquanto o controle permanecer pressionando acontece o incremento as horas, pressionando novamente o botão, é passado para a casa dos minutos e da mesma forma para a casa dos segundos, com a configuração pronta, basta pressionar novamente por 3 segundos para finalizar o modo de ajuste. Quando um valor está sendo alterado, o mesmo pisca a fim de mostrar ao usuário o que está sendo alterado no momento. O início e final do processo de ajuste são indicados ao usuário por um *buzzer* instalado na placa.

#### 4. Materiais e Métodos

O projeto foi desenvolvido no laboratório de eletrônica do CEFET - MG Campus IV/Araxá. Foi utilizado o PIC 16F826A (PEREIRA, 2002), cujas especificações de memória, frequência de operação, quantidade de *Timer's*, entre outras características, atenderam a necessidade do projeto. Os softwares usados para simulação dos circuitos foram o Proteus 8 e o MPLAB X IDE v3.55. Para a gravação do microcontrolador foi usado o gravador de PIC PICKIT2. Para o desenvolvimento do circuito do projeto, foi usado tanto o *protoboard* quanto a placa de fenolite.

Cada componente ou parte do projeto foi testado em separado para se verificar funcionalidade, segurança e eficiência. Depois as partes foram agrupadas para validação do projeto.

Para visualização do relógio digital foi utilizado um motor elétrico de um ventilador doméstico, o mesmo foi colado em uma base de madeira para uniformizar seu apoio e evitar vibrações. Foi adaptada uma barra de alumínio no lugar da hélice, para instalação do circuito de controle, a fita de *leds* vertical, a bateria de 9 volts que alimenta o circuito, o sensor ótico e os demais componentes. Esse ventilador opera com corrente alternada na tensão de 110V, o mesmo apresenta um botão liga/desliga para operação e possui uma velocidade de rotação de 600 RPM.

A operação mais relevante do PIC é o controle dos pulsos de interrupção, que trata da sincronização e operação da barra de leds. Assim, o sensor ótico é acionado a cada volta, gerando um pulso de 5V que é enviado para o microcontrolador (pedido de interrupção externa) através pino 6 (RB0/INT) do PIC.

Para fixação do motor elétrico do ventilador, barra de alumínio e circuitos, foi confeccionado um invólucro constituído de haste de metal, base de madeira e tampa acrílica. A fabricação desses componentes é detalhada a seguir.

Quando ligado o sistema, devido à alta velocidade de funcionamento do ventilador (600 RPM), poderia haver vibrações e possíveis quebras. Para evitar tais problemas foi necessário confeccionar um sistema de fixação das partes (Figura 4).

**Figura 4. Motor do ventilador utilizado adaptado à base de meta.**



Fonte: autores

O conjunto da Figura 4 foi devidamente acomodado dentro de um invólucro de madeira, bastante resistente e próprio para transporte do sistema (Figura 5).

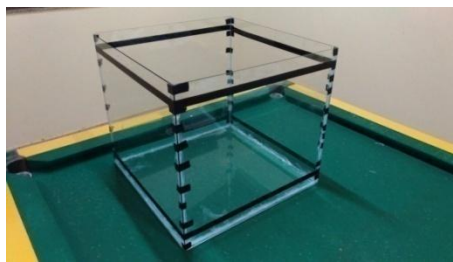
**Figura 5. Motor do ventilador e invólucro de madeira.**



**Fonte: autores**

Pensando na segurança dos espectadores , foi montada uma caixa de acrílico (Figura 6) para isolar o protótipo. O acrílico se mostrou fácil de conseguir e bastante resistente no caso de uma falha mecânica do sistema. A caixa de acrílico é um item de segurança do sistema, que atinge velocidade de rotação de 600 RPM e como os componentes ficam presos na barra de alumínio, surgiu à necessidade de fazer com que o sistema girasse dentro de algum tipo de caixa de proteção. As dimensões da caixa eram: altura de 41cm de largura, e comprimento com 45 cm. Estas dimensões são suficientes para que o sistema gire internamente com segurança, evitando, ao girar, colidir com as paredes internas da caixa, danificando-o (Figura 6).

**Figura 6. Caixa de acrílico.**



**Fonte: autores**

## **5. Desenvolvimento e ajustes**

O sistema apresenta duas etapas de desenvolvimento distintas: o *hardware* e o *software*. Essas duas partes foram simuladas, desenvolvidas separadamente e depois integradas no protótipo.

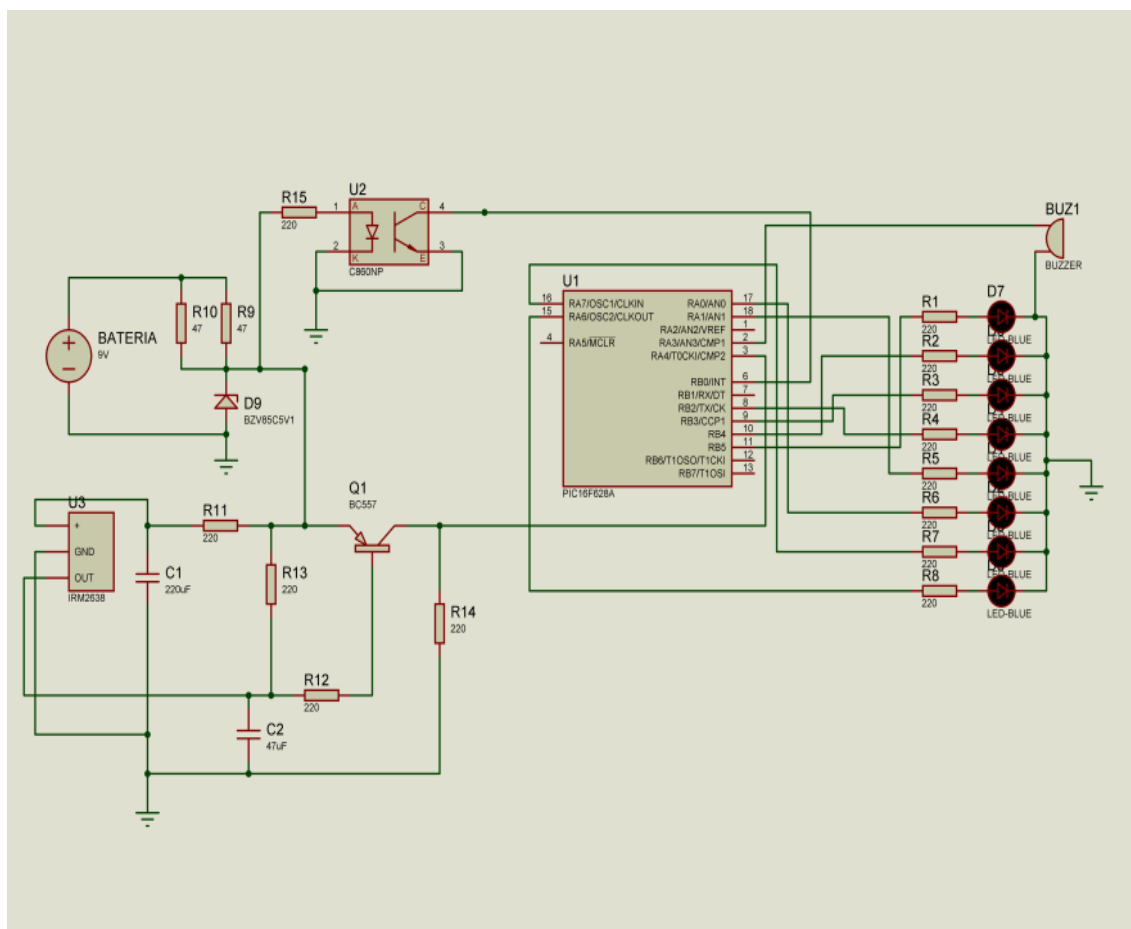
As simulações aconteceram com a utilização de duas plataformas computacionais que se integram: *Proteus 8 Professional*, desenvolvido e comercializado pela *Labcenter Electronics Ltd* e *Mplab*, desenvolvido pela *Microchip Technology Inc.*, de uso gratuito, que permitem, respectivamente, testes e ajustes de *hardware* e *software*. Todo o sistema eletrônico foi simulado antes de sua montagem física.

### **Hardware**

Todo o circuito eletrônico (Figura 7) é controlado pelo microcontrolador PIC16F628A (MICROCHIP, 1998). Esse poderoso componente oferece um conjunto de instruções e funcionalidade bastante amplo, com tamanho reduzido, com um encapsulamento de 18 pinos DIP e custo reduzido. Possui memória *flash* de 2048 palavras para armazenamento do programa e SRAM de 224 *bytes*. Apresenta 16 pinos de I/O configuráveis por programação, 3 temporizadores, módulo CCP de captura, comparação e PWM (modulação por largura de pulso) e módulos de transmissão/recepção USART/SCI (PEREIRA, 2002).

Com essas características, se mostrou suficiente e ideal para o desenvolvimento do projeto.

**Figura 7. Hardware do projeto**



**Fonte: autores**

O circuito consiste basicamente de resistores R10 e R9 e o diodo *zener* (D9), ou diodo regulador de tensão, atuando na regulagem e manutenção da tensão para 5V, alimentando o sensor ótico C860NP (U2 no projeto), o módulo receptor de infravermelho IRM2638 (U3 no projeto) utilizado em conjunto com o controle remoto para ajuste das horas e o microcontrolador PIC 16F628A (U1 no projeto). Todo o circuito é alimentado por baterias de 9 volts.

O receptor infravermelho IRM2638, quando excitado pelo emissor infravermelho do controle remoto, é conectado ao pino RA4 do microcontrolador PIC, permitindo que a rotina de ajuste da hora seja acessada. O circuito de recepção infravermelha pode ser visualizado também no *datasheet* do componente (ELECTRONICS, 2014).

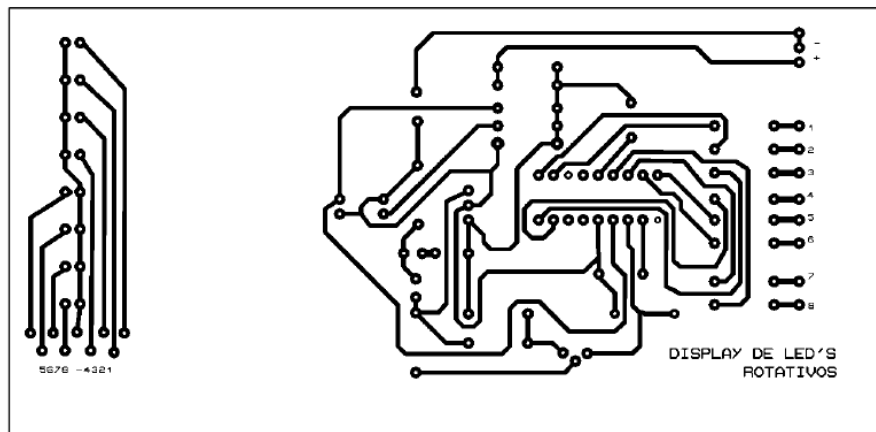
O sensor ótico C860NP é alimentada com 5 v através do diodo *zener* (D9). Quando a haste de alumínio passa entre o feixe de luz do sensor, é enviado o sinal de interrupção externa para o PIC através do pino 6 (RB0/INT), indicando ao microcontrolador que uma volta foi dada pelo motor. Os resistores R15 e R16 servem como proteção tanto para o sensor, como para o PIC.

O *buzzer* (BUZ1) está conectada ao pino de saída digital RA3 do microcontrolador, atuando no sistema quando é iniciado e finalizado o ajuste das horas, via programação. Os resistores R1-R8 e os diodos emissores de luz (*leds*) D1-D7 são conectados aos pinos que foram designados no PIC como saída digital através da programação. Esses resistores têm

como função diminuir as correntes que chegam aos *leds*, evitando assim, a queima dos mesmos.

O layout da placa eletrônica foi desenvolvido através do Proteus/Ares (Figura 8).

**Figura 8. Layout da placa eletrônica.**



**Fonte: autores**

A programação em linguagem C do PIC foi transferida da plataforma MPLAB IDE, que foi o software utilizado para realizar a programação, para o gravador de pic pelo programa Pickit2.

O layout acima foi impresso em papel filme e passado para uma placa de circuito impresso de fenolite através de um aquecedor de placa eletrônica própria, equipamento do laboratório de eletrônica do CEFETMG - Campus Araxá (CEFEMG, 2004).

Após o término de todo o processo de confecção e montagem das placas de circuito do sistema, foram fixadas à haste de alumínio que será acoplada ao motor do ventilador (Figura 9).

**Figura 9. Haste de alumínio com o hardware final.**



**Fonte: autores**

Toda a haste de alumínio foi isolada para receber os circuitos, a fim de evitar curtos-circuitos no sistema, finalizando a montagem do sistema.

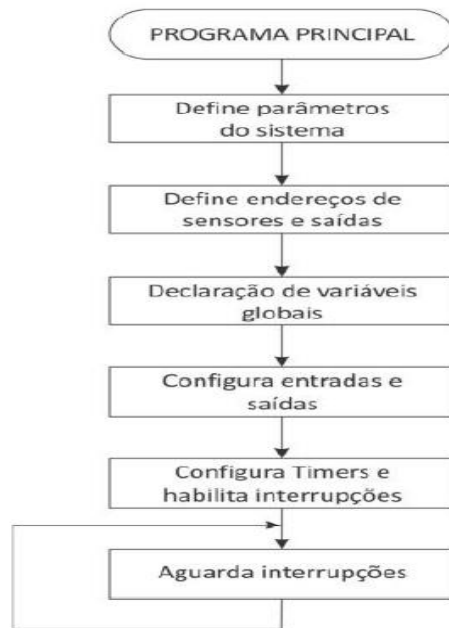
### **Software**

A parte de desenvolvimento do *software* demandou maior tempo no projeto. Todo o sistema depende dele. Durante essa fase, muitos ajustes, testes e reprogramações se fizeram necessários para que o *hardware* reagisse conforme esperado.

O fluxograma da Figura 10 apresenta o programa principal, com o detalhamento do software desenvolvido para o sistema, apresentando, o *setup* e as definições do *hardware* dos periféricos do microcontrolador PIC16F628A.

**Figura 10. Fluxograma do programa principal.**

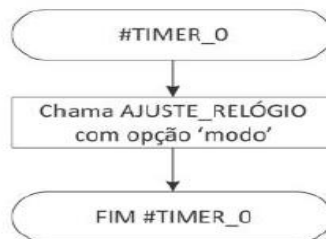




Fonte: autores

O *Timer 0* (periférico interno do PIC) trata da frequência do controle remoto utilizado no ajuste do relógio. A frequência externa utilizada pelo PIC é de 4 MHz, Pre-escaler de 1, *Timer 0* ajustado para 150, assim, o tempo de ajuste do relógio é de  $100 \mu s \left( \frac{4}{4000000} * 1 * (256 - 151) \right)$ , ou seja, a cada  $100 \mu s$  o ajuste de horas, minutos e segundos é tratado quando o controle remoto é acionado para essa função (Figura 11).

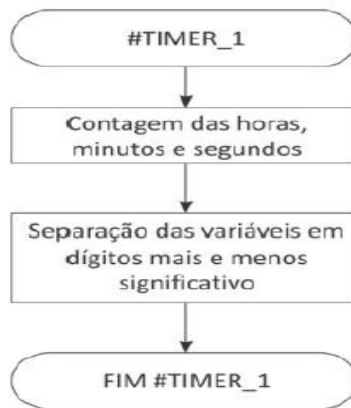
Figura 11. Fluxograma do controle remoto.



Fonte: autores

O *Timer 1* é utilizado para a contagem do tempo do relógio, incrementando-se os segundos, depois os minutos e, por fim, as horas. O PIC entra em sua interrupção a cada 0,5 segundo. Esse tempo foi produzido com os seguintes parâmetros ajustados no *Timer 1*: frequência interna de operação do PIC de 1MHz, Pre-escaler = 8; *Timer 1* = 3036,  $\left( \frac{4}{4000000} * 8 * (65536 - 3036) \right)$ . Com esses parâmetros teremos um pedido de interrupção a cada 1 segundo, assim, a cada dois pedidos de interrupção o relógio é atualizado (Figura 12).

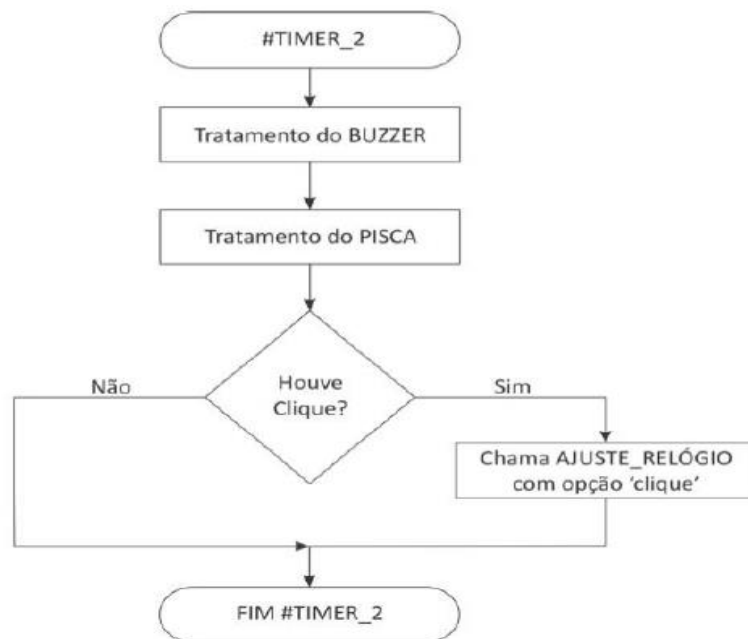
**Figura 12. Fluxograma das horas, minutos e segundos**



**Fonte: autores**

O *Timer 2* faz com que o valor que está sendo ajustado, horas, minutos ou segundos, pulse enquanto ocorre o ajuste. Ele também serve como base de tempo para o *Buzzer*, gerando a frequência de acionamento. Nesse periférico, tem-se um ajuste de 100ms (Figura 13).

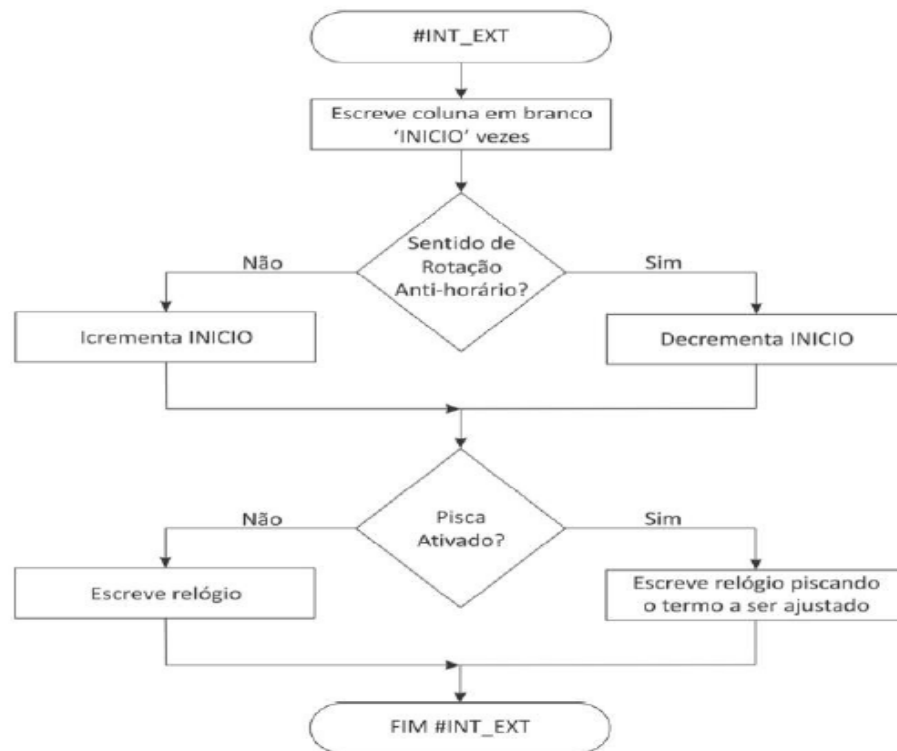
**Figura 13. Fluxograma de ajuste do relógio e Buzzer.**



**Fonte: autores**

A interrupção externa é acionada pelo fotossensor (sensor infravermelho) a cada volta da haste com os circuitos e, então, é produzida e renovada a matriz de escrita nos *Leds*. Essa interrupção é responsável pelo movimento dos caracteres, criando a ilusão de ótica para os números do relógio (Figura 14).

Figura 14. Fluxograma tratamento da barra de *Leds*



Fonte: autores

## 6. Resultados

Após testes do sistema do display de *leds* rotativo, foi verificado que o sistema funcionou como esperado, mostrando as horas, minutos e segundos de forma precisa e possibilitando ao usuário o ajuste das mesmas através do controle remoto de televisão. Porém, para tal funcionamento foram necessários diversos ajustes tanto na programação do PIC 16F628A como do sistema físico, como por exemplos:

- Reconfiguração de *leds* invertidos na matriz;
- Ajuste dos algarismos mais significativos trocados com os algarismos menos significativos;
- Implementação do ajuste do relógio via controle remoto;
- Infravermelho adicionado por *clock* externo;
- Ajuste da haste de alumínio para perfeita ativação do sensor ótico;

A Figura 15 apresenta o sistema completo, após todos os ajustes.

**Figura 15. Sistema do display rotativo com o controle remoto para ajuste, caixa de proteção de vidro, invólucro de madeira e hélice com o circuito eletrônico**



**Fonte: autores**

Os testes de funcionamento mostraram que o sistema alcançou o proposto, apresentando um visual inusitado e instigante de um relógio digital suspenso no ar. Criando uma perfeita ilusão de ótica aos espectadores (Figura 16).

**Figura 16. Projeto em funcionamento.**



**Fonte: autores**

## **7. Considerações finais**

Infere-se após a realização do trabalho que, se fosse utilizada uma maior velocidade de rotação, ou seja, um *clock* externo mais rápido, o tamanho do relógio poderia ser diminuído de 180° para 100°, facilitando a visualização lateral do relógio, que era um dos pontos chaves do projeto: uma fácil visualização e interação do sistema e espectadores .

Percebe-se, após a realização do projeto, que o mesmo apresenta grande interdisciplinaridade, não envolvendo somente disciplinas do ramo da elétrica e eletrônica,

mas também disciplinas do ramo da mecânica, uma vez que foi necessária a confecção de uma base para o motor, caixa de proteção ao espectadores e de uma haste de alumínio para interceptação no sensor óptico. Essa interdisciplinaridade, ou seja, esse tipo de projeto é de grande valia para o engenheiro, uma vez que esse deve dominar várias áreas do conhecimento técnico.

Observa-se, portanto, que após a apresentação do projeto *Display de Leds Rotativo* no CEFET-MG, que o mesmo foi capaz de incitar nos espectadores a curiosidade a respeito do mundo da eletrônica, através de diversas expressões faciais e inúmeros questionamentos sobre como o display funcionava, componentes utilizados e características físicas e eletrônicas do sistema.

## 8. Referências

ANDERSON, J.; FISHER, B. The Myth of Persistence of Vision. **Journal of University Film Association**, v. 30, n. 4, 1978.

BOYLSTAD, R. L.; NASHELSKY, L. **Dispositivos Eletrônicos e Teoria de Circuitos**. 11ª. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil Ltda, 2009.

CEFEMG. **www.araxa.cefetmg.br**, 2004. Acesso em: 3 Junho 2017.

ELECTRONICS, E. <http://www.everlight.com/file/productfile/irm-2638t.pdf>. **http://www.everlight.com**, 2014. Acesso em: 15 Maio 2017.

FÍSICA, S. B. D. <http://www1.fisica.org.br/fne/edicoes/category/7-volume-12-n-2-outubro>. **http://www.sbfisica.org.br**, 2011. Acesso em: 03 Junho 2017.

GUERRERO, I. **Desenvolvimento de um display esférico rotativo com atualização dinâmica**. Universidade de São Paulo. São Paulo. 2012.

LIEBERKNECHT, E. A. **Projeto de um Display Holográfico Rotativo**. Centro Universitário UNIVATES. Lajeado. 2015.

MICROCHIP. <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/40044G.pdf>. **www.microchip.com**, 1998. Acesso em: 02 Junho 2017.

PASSOS, E. C.; NETO, A. V. A.; LEMAIRE, T. Comportamento ótico do oho humano e suas ametropias. **Caderno de física da Universidade Federal de Feira de Santana**, Feira de Santana, 2008.

PEREIRA, F. **Microcontroladores PIC: Técnicas Avançadas**. 1º. ed. São Paulo: Érica, 2002.

ROGOWSKI, M. V. D. S.; RODRIGUES, Y. A. **Display de Varrimento Mecânico**. SENAI. Porto Alegre, p. 44. 2009.