

# Monitor de Batimentos Cardíacos

Renata Mota Martins(201521382), Thalyson Rocha Matos(201520290)  
Emails : reh03503@gmail.com, rochathalyson@gmail.com

## Resumo—

Neste projeto optou-se pela criação de um protótipo capaz de mensurar a frequência cardíaca de forma não-invasiva além de mostrar-se mais acessível, por apresentar um custo menor em relação aos cardiofrequencímetros disponíveis no mercado. O princípio do sensor utilizado baseia-se em um método óptico que mede as alterações ocorridas no fluxo sanguíneo. O seguinte artigo, portanto, demonstra o planejamento e as etapas de concepção do dispositivo desenvolvido.

**Palavras - chave :** protótipo; acessível; frequência cardíaca.

**Universidade Federal de Rondônia - UNIR**  
**Departamento de Engenharia Elétrica**  
**Núcleo de Tecnologia**  
**Orientador:** Ciro José Egoavil Montero.  
**Disciplina:** Eletrônica I

invasiva do funcionamento do sistema nervoso autônomo (SNA), que age como um mecanismo de ajuste cardiovascular. Porém é importante ressaltar que a frequência cardíaca (FC) apresenta variações uma vez que o coração não possui a regularidade de um relógio.

## OBJETIVO GERAL

Implementar um monitor de batimentos cardíacos de baixo custo.

## OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Aprender sobre o funcionamento de sensores de batimentos cardíacos
- Realizar o levantamento dos dispositivos utilizados;
- Adquirir conhecimento sobre a montagem de equipamentos eletrônicos;
- Aprender sobre o funcionamento dos componentes utilizados;
- Elaborar relatórios sobre o desenvolvimento do projeto;
- Montar o projeto e realizar testes;
- Elaborar o site do projeto e realizar a apresentação;

## INTRODUÇÃO

A variabilidade da frequência cardíaca caracteriza-se como uma eficiente forma de análise não-

“[...] alterações na FC, definidas como variabilidade da frequência cardíaca (VFC), são normais e esperadas e indicam a habilidade do coração em responder aos múltiplos estímulos fisiológicos e ambientais, dentre eles, respiração, exercício físico, estresse mental, alterações hemodinâmicas e metabólicas, sono e ortostatismo, bem como em compensar desordens induzidas por doenças[...]” (VANDERLEI et. al., 2009)

Na década de 1980, criaram-se os primeiros monitores de frequência cardíaca (MFC) para uso durante o exercício que, posteriormente, foram validados com intuito de monitorar a intensidade da atividade aeróbia. (PIMENTEL et al., 2010). Os cardiofrequencímetros apresentam uma grande aplicabilidade em situações externas ao ambiente laboratorial e por serem mais acessíveis em relação ao seu custo, características essas que são opostas às apresentadas pelo eletrocardiograma (ECG) e pelos conversores analógicos digitais.

Nos últimos anos tem surgido um interesse cada vez maior pela tecnologia de sensores de Fotopletismografia (MARTINS, 2010, p.23)

A Fotopletismografia consiste na medição das alterações do fluxo sanguíneo utilizando um método óptico. A frequência cardíaca pode ser estimada através de sensores baseados nesse método capazes de medir a quantidade de luz infravermelha absorvida ou refletida pelo sangue, as alterações de volume que são provocadas por variações da pressão sanguínea nos vasos e que ocorrem ao longo do ciclo cardíaco.

Dada a relação existente entre o volume dos vasos, a pressão sanguínea e a quantidade de luz absorvida ou refletida, é possível observar a variação de volume com base na luz detectada pelo sensor. (MARTINS, 2010, p.14)

O princípio da Fotopletismografia fundamentou a realização desse projeto, justificando a implementação de um dispositivo que atendesse as características e funcionalidades de um frequencímetro por suas diversas formas de aplicabilidade e capacidade de proporcionar uma contribuição efetiva a um grande número de potenciais usuários desse protótipo.

## RELAÇÃO DE ATIVIDADES

**Reconhecimento das características dos medidores cardíacos:** Nesta etapa foi realizado um estudo aprofundado sobre as características dos medidores cardíacos e do sensor utilizado no projeto.

· O sensor Amped 1.5 é composto por um transmissor de LED e um receptor da quantidade de luz refletida durante a passagem de corrente sanguínea.

Esse sensor é essencialmente um fotopletismógrafo, bastante conhecido e amplamente utilizado para o monitoramento não-invasivo da frequência cardíaca.



Figura 1. Sensor

O fotopletismógrafo pode ser implementado para medir os níveis de oxigênio no sangue ou simplesmente, como no nosso caso, medir o número de batimentos cardíacos por minuto (BPM).

O sinal de pulso cardíaco que sai do sensor é uma flutuação analógica na tensão, e tem uma forma de onda previsível.

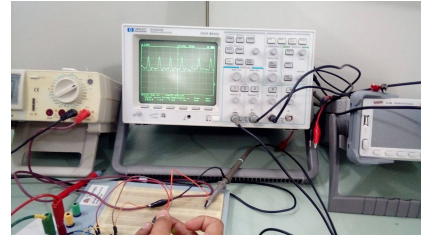


Figura 2. Forma de onda captada pelo sensor

A representação da onda do pulso é chamada de fotopletismograma ou PPG. O sensor de pulso Amped 1.5 responde a mudanças relativas na intensidade da luz. A luz do LED verde que é refletida de volta ao sensor muda durante cada pulso.

Essa luz possui um comprimento de onda bem no meio do espectro visível para apresentar uma sensibilidade maior e ter a capacidade de ser captada como mostra a imagem abaixo:

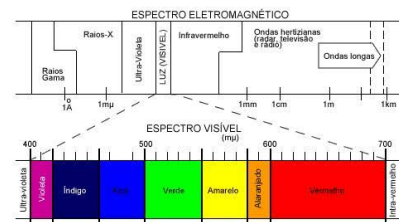


Figura 3. Espectro de luz visível

**Reconhecimento dos dispositivos eletrônicos:** Os componentes eletrônicos foram estudados com o objetivo de alcançar um profundo conhecimento sobre suas características e comportamento nos mais variados tipos de circuito, visando o êxito na implementação do projeto. Abaixo encontram-se descritos alguns dispositivos utilizados:

· *Resistor:* Dispositivo elétrico, passivo que resiste ao fluxo de corrente.



Figura 4. Resistor simples

· *Capacitor*: Dispositivo passivo formado por duas placas condutoras separadas por um isolante, projetado para armazenar energia em seu campo elétrico.

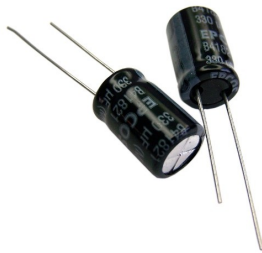


Figura 5. Capacitor eletrolítico

· *Display LCD*: Painel fino usado para exibir informações.

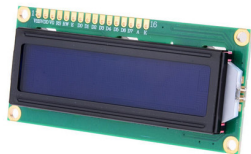


Figura 6. Display LCD

· *Arduino UNO*: É uma plataforma de prototipagem eletrônica de hardware livre e de placa única.



Figura 7. Arduino UNO

· *Diodo emissor de luz*: É usado para a emissão de luz em locais e instrumentos onde se torna mais conveniente a sua utilização no lugar de uma lâmpada.



Figura 8. Led's

**Capacitação em instrumentação eletrônica:** Os discentes passaram por um processo de aquisição de conhecimento em manusear dispositivos eletrônicos, tais como sensores, placas de impressão e diodos, além de programação utilizando Arduino;

**Montagem do projeto:** O projeto foi inicialmente montado na protoboard, onde verificou-se seu funcionamento como mostra a figura abaixo:

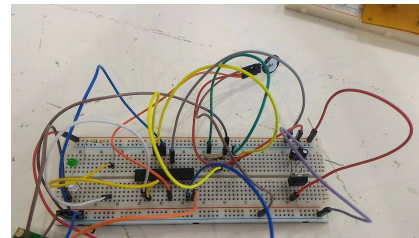


Figura 9. circuito montado protoboard

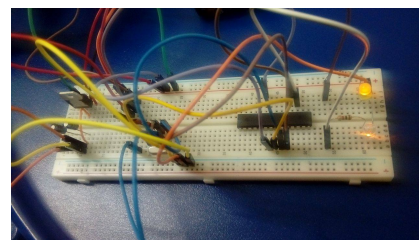


Figura 10. circuito montado protoboard com led aceso

A programação usada determina em quantos milissegundos ocorrem dois pulsos cardíacos, divide esse tempo por 120.000 milissegundos (2 minutos) e armazena esse dado em uma variável.

```

//Módulo de batimentos cardíacos
#include <Wire.h>
#include <LCD.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>

#define I2C_ADDR 0x27
#define BATT_PIN 3
#define E2 2
#define BA 0
#define DA 4
#define DS 5
#define DT 7

LiquidCrystal_I2C lcd(I2C_ADDR,En,Wr,Rs,D4,D5,D6,D7);

//Declaração de variáveis
int bat = 0;
float milleg = 0;
float med_1 = 0;
float med_2 = 0;
float med_3 = 0;
float med_4 = 0;
float med_5 = 0;
float med_6 = 0;
float summed = 0;
int ligado = 0;

void setup() {
  pinMode(DT,OUTPUT);
  pinMode(DS,OUTPUT);
  pinMode(DA,OUTPUT);
  digitalWrite(DT,HIGH);
  digitalWrite(DS,HIGH);
  digitalWrite(DA,HIGH);
  ligado=1;

  while(ligado==1) {
    sensor = analogRead(A0); //sensor que vai ler os batimentos

    if(sensor){
      digitalWrite(DT,HIGH);
      sensor = analogRead(A0);

      while(sensor){
        milleg = milleg + 1;
        sensor = analogRead(A0);
      }

      if(sensor){
        digitalWrite(DS,HIGH);
        sensor = analogRead(A0);

        while(sensor){
          milleg = milleg + 1;
          sensor = analogRead(A0);
        }

        if(sensor){
          digitalWrite(DA,HIGH);
          sensor = analogRead(A0);

          while(sensor){
            milleg = milleg + 1;
            sensor = analogRead(A0);
          }

          if(sensor){
            digitalWrite(DT,HIGH);
            sensor = analogRead(A0);

            while(sensor){
              milleg = milleg + 1;
              sensor = analogRead(A0);
            }
          }
        }

        bat = 120000/milleg;
        Serial.println(bat);
        milleg = 0;

        if(bat > 40 and bat < 135){
          if(med_1== 0 and med_2== 0 and med_3== 0 and med_4== 0 and med_5== 0 and med_6== 0){
            summed = med_1+med_2+med_3+med_4+med_5+med_6;
            med_1 = summed/6;

            Serial.println(med_1);
            Serial.println(" BPM");

            digitalWrite(DS,HIGH);
            delay(8000);
            digitalWrite(DS,HIGH);

            lcd.setCursor(0,0);
            lcd.setCursor(16,0);

            lcd.setCursor(0,1);
            lcd.setCursor(16,1);

            lcd.setCursor(0,2);
            lcd.setCursor(16,2);

            lcd.setCursor(0,3);
            lcd.setCursor(16,3);

            med_1 = 0;
            med_2 = 0;
            med_3 = 0;
            med_4 = 0;
            med_5 = 0;
            med_6 = 0;
          }

          else if(med_1== 0 and med_2== 0 and med_3== 0 and med_4== 0 and med_5== 0){
            med_5 = bat;
          }
          else if(med_1== 0 and med_2== 0 and med_3== 0 and med_4== 0){
            med_4 = bat;
          }
          else if(med_1== 0 and med_2== 0 and med_3== 0){
            med_3 = bat;
          }
          else if(med_1== 0 and med_2== 0){
            med_2 = bat;
          }
          else if(med_1== 0){
            med_1 = bat;
          }
        }
      }
    }
  }
}

void loop() {
}

```

Figura 11. Código Arduino

O processo se repete até que as seis variáveis do tipo “float” sejam preenchidas, obtendo-se uma média final dessas variáveis que por fim, é mostrada no display LCD. A comunicação do microcontrolador com o Display LCD ocorreu através da utilização do módulo Serial I2C, programado como mostra o código abaixo:

**Confecção da placa:** A implementação da placa do circuito foi feita através dos seguintes materiais:

- Placa de Fenolite;

- Percloroeto de ferro;
- 01 Recipiente
- Perfurador de solda ;
- Estanho para solda;
- Ferro de solda;
- Sockets;
- Regulador de tensão LM 7805 ;
- Chave liga e desliga;
- Oscilador de cristal de 16Mhz;
- Capacitores cerâmicos;
- Capacitores eletrolíticos;
- Atmega 328p-pu ;
- Leds.

A placa foi projetada no programa Proteus e impressa em papel fotográfico.

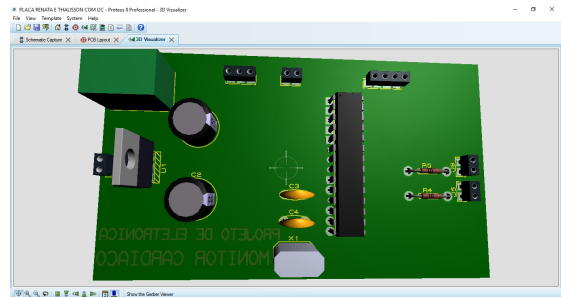


Figura 12. Placa simulada no programa Proteus

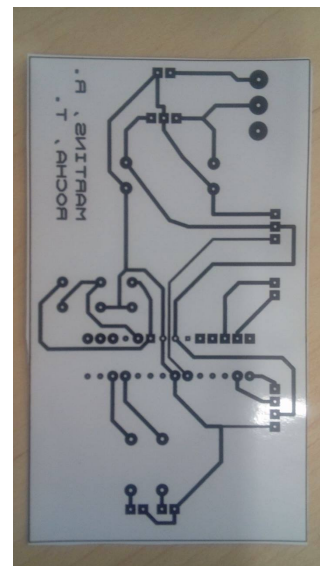


Figura 13. Placa impressa em papel fotográfico

Após a impressão, foi colado o desenho do circuito na placa utilizando um ferro de passar

roupas e posteriormente corroída com percoleto de ferro em um recipiente.

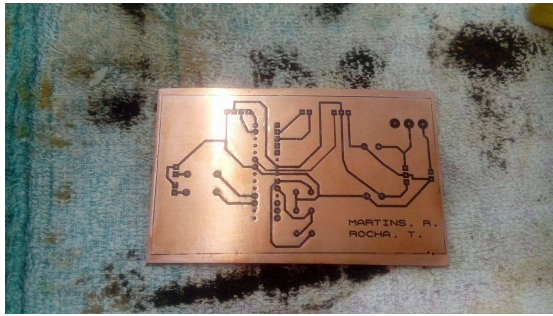


Figura 14. Circuito colado na placa com ferro de passar roupas

Para furar a mesma foi utilizado um furador de solda e logo foi soldado os componentes utilizando estanho e ferro de solda.

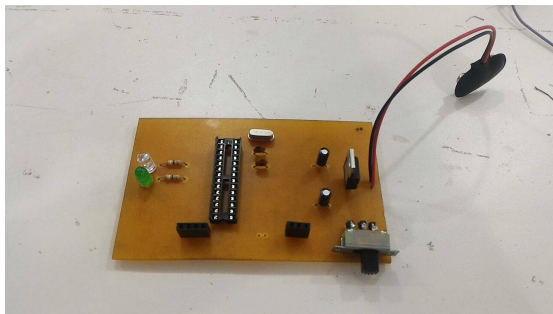


Figura 15. Placa finalizada, vista superior

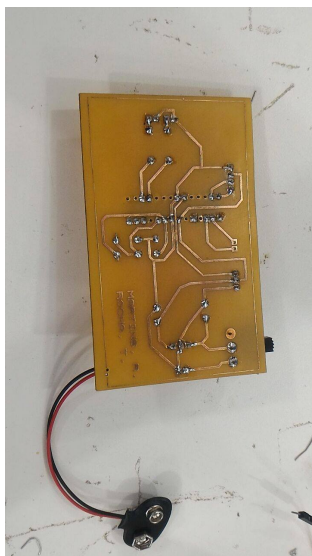


Figura 16. Placa finalizada, vista inferior

**Revisão do projeto:** Dado a realização de testes tentou-se corrigir os erros encontrados

na implementação do projeto.

**Criação do site do projeto:** Os discentes criaram um site, como proposto e orientado pelo Docente na plataforma online de criação e edição de sites *Wix.com* podendo ser acessado no endereço: <https://monitorcardiaco.wixsite.com/monitorcardiaco>.

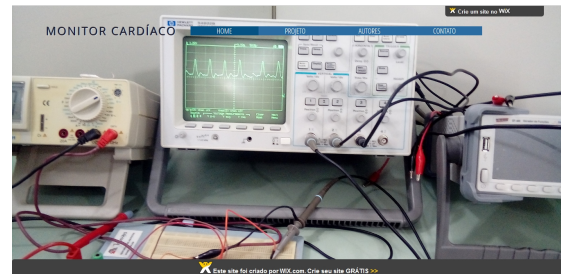


Figura 17. Página inicial do site criado na plataforma Wix.com

## METODOLOGIA

Na implementação do Monitor Cardíaco foi necessário realizar o tratamento do sinal proveniente do sensor utilizado através de uma programação no microcontrolador ATMEGA 328p-PU responsável por captar os pulsos dos batimentos cardíacos, realizar uma média e imprimir esse dado final em um display LCD. Posteriormente, foi confeccionada uma placa constituída do microcontrolador e de um oscilador de cristal de 16MHZ para que a funcionalidade do protótipo ocorresse sempre nesta frequência de operação. Para alimentarmos o circuito utilizamos uma bateria de 9V que passou a ser transformada para 5V através do Regulador de tensão LM 805, tendo por incumbência alimentar o ATMEGA 328p-PU.

## CONCLUSÃO

Na implementação do projeto verificou-se que o grau de precisão do funcionamento do monitor cardíaco varia, estando ora por volta dos 10% de margem de erro, ora 5%. Isso se deve ao fato de que o sensor utilizado é de baixa qualidade, correspondendo com pouco sucesso as expectativas. Verificou-se também que a precisão do sensor depende do ângulo em que é posicionado a ponta do dedo pois esse posicionamento interfere na quantidade de luz refletida.

Portanto, comparado a outros medidores disponíveis no mercado que apresentaram margens

de erros significantes, este sensor torna-se viável, pois é de baixo custo, além de ser possível a utilização de outros CIS (circuitos integrados) para aprimoração do mesmo.

## 1 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] BOYLESTAD, Robert e NASHELSKY, Louis.. Dispositivos Eletrônicos e Teoria de Circuitos. Prentice Hall do Brasil.

[2] MALVINO, Albert P. Eletrônica. Volume I. McGraw-Hill.

[3] ALONSO, Denise de Oliveira et al. Comportamento da frequência cardíaca e da sua variabilidade durante as diferentes fases do exercício físico progressivo máximo. Arq. bras. cardiol, v. 71, n. 6, p. 787-92, 1998.

[4] VANDERLEI, L.C.M., PASTRE, C.M., HOSSHI, R.A., CARVALHO, T.D., GODOY, M.F. Noções básicas de variabilidade da frequência cardíaca e sua aplicabilidade clínica., Rev Bras Cir Cardiovasc, vol.24, no.2, pp.205-217, 2009.

[5] PIMENTEL, Alan Santos et al. Polar S810 como recurso alternativo ao eletrocardiograma no teste de exercício de 4 segundos. Arq Bras Cardiol, v. 94, n. 5, p. 580-4, 2010.

[6] ALEXANDER, Charles K.; SADIKU, Matthew NO. Fundamentos de circuitos elétricos (5a. McGraw Hill Mexico, 2013.

[7] MARTINS, Rui Miguel Silva. Desenvolvimento de um sensor de fotopletoxiografia para monitorização cardíaca para aplicação no pulso. 2010. Dissertação de Mestrado.