

Relatório Final

Projeto: OXPORT – Oxímetro Portátil

Data: 11/05/2021

Aluno: Gustavo Gino Scotton

Matrícula: 15201974

Descrição resumida

Aparelho para realizar oximetria (medir quanto oxigênio o sangue está transportando) com fins de utilização na área fitness. O aparelho será um apetrecho complementar ao atleta, onde poderá verificar por meio de um aplicativo mobile por conexão Bluetooth o relatório dos níveis de saturação do oxigênio e frequência cardíaca.

Visão geral

O oxigênio entra nos pulmões e depois é passado para o sangue. O sangue transporta oxigênio para os vários órgãos do nosso corpo. O principal meio pelo qual o oxigênio é transportado em nosso sangue é por meio da hemoglobina. Durante uma leitura de oximetria, um pequeno dispositivo semelhante a um prendedor de roupas é colocado no dedo.

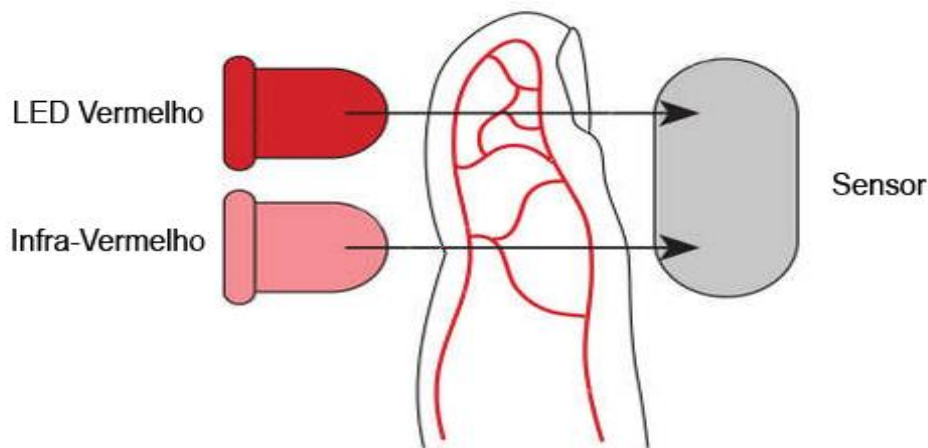


Para realizar a coleta destes dados, o sensor MAX30100 foi utilizado, ele é capaz de além de medir a oximetria, também pode medir os batimentos cardíacos.



O sensor possui dois LEDs, um fotodetector, óptica otimizada e processamento de sinal analógico de baixo ruído para detectar sinais de pulso e frequência cardíaca. Ele opera com fontes de alimentação de 1,8 V e 3,3 V, para alimentar o sensor e os leds respectivamente.

Quando o coração bombeia sangue, há um aumento de hemoglobinas como resultado de ter mais sangue. À medida que o coração relaxa, o volume de sangue oxigenado também diminui. Conhecendo o tempo entre o aumento e a diminuição do sangue oxigenado, a taxa de batimentos cardíacos é determinada.



A ciência percebeu que o sangue oxigenado absorve mais luz infravermelha e passa mais luz vermelha, enquanto o sangue desoxigenado absorve a luz vermelha e passa mais luz infravermelha.

Esta é a principal função do MAX30100: ele lê os níveis de absorção de ambas as fontes de luz e os armazena em um buffer que pode ser lido via I2C pelo nosso microcontrolador.



A família STM32 de microcontroladores de 32 bits com base no processador Arm Cortex M foi projetada para oferecer liberdade aos usuários de MCU.

Ele oferece soluções que combinam desempenho muito alto, recursos em tempo real, processamento de sinal digital, operação de baixa potência/baixa tensão e conectividade, enquanto mantém integração total e facilidade de desenvolvimento por possuir ferramentas que facilitam a vida do desenvolvedor.



O HM-10 é um módulo Bluetooth 4.0 compatível com telefones Android e iOS. Além disso, possui um consumo baixo de energia por se tratar de um dispositivo BLE (Bluetooth Low Energy). Este módulo HM-10 pode ser configurado tanto como mestre, quanto com escravo, também necessita de nenhum circuito adicional para divisão de tensão nos pinos TX (transmissão de dados) e RX (recepção de dados), que operam em 3,3V.



O dispositivo busca proporcionar total conforto ao seu utilizador durante as atividades físicas, sendo colocado em qualquer dedo da mão e tendo sua base fixo no punho, o que permite ao atleta uma maior impercepção do dispositivo.

O dispositivo é revestido de silicone, o que garante proteção contra respingos da água, fazendo com que seu utilizador possa realizar seus exercícios físicos também na de chuva.

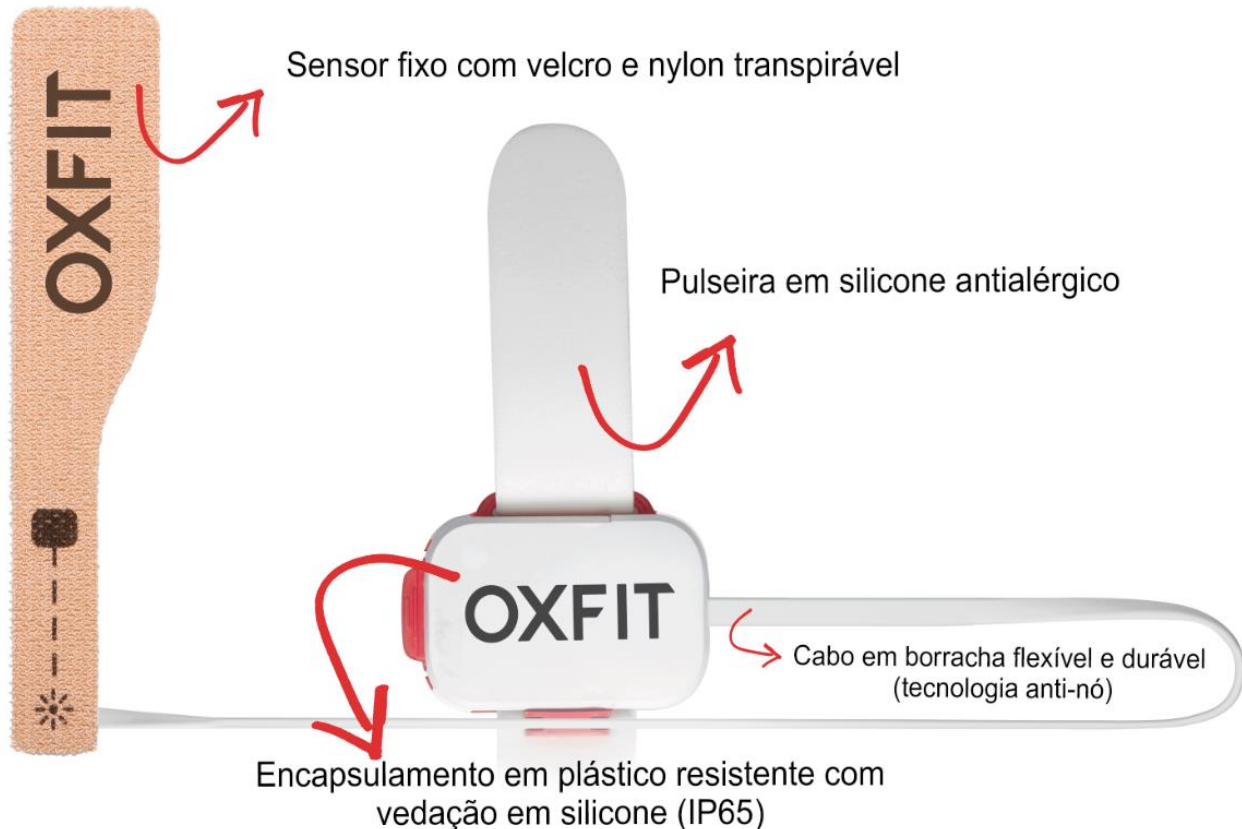
O usuário define o início da gravação e o momento de parar, ou seja, inicia sua sessão de treino e a finaliza, recebendo o relatório em tempo real diretamente no dispositivo móvel através do bluetooth.

Embora o aplicativo móvel não esteja incluso neste projeto, o mesmo pode se conectar com um servidor através dos dados móveis, o que poderia fornecer estes dados para a equipe técnica do atleta realizar a análise em tempo real e poder retornar um feedback mais detalhado para o atleta com base nos relatórios recebidos, como por exemplo, a necessidade de respirar melhor/oxigenar mais em subidas de ladeiras.

Esse feedback em tempo real tornaria mais vantajoso os treinos, já que o atleta não precisaria terminar a volta para que a equipe técnica informe possíveis melhorias, tornando-se assim necessárias menos voltas para que o atleta adquira o ritmo ideal da respiração do circuito.

Projeto de Hardware

O hardware foi pensado para ser o menor possível, no formato adequado, pensando em se tornar atrativo ao atleta aderir seu uso.



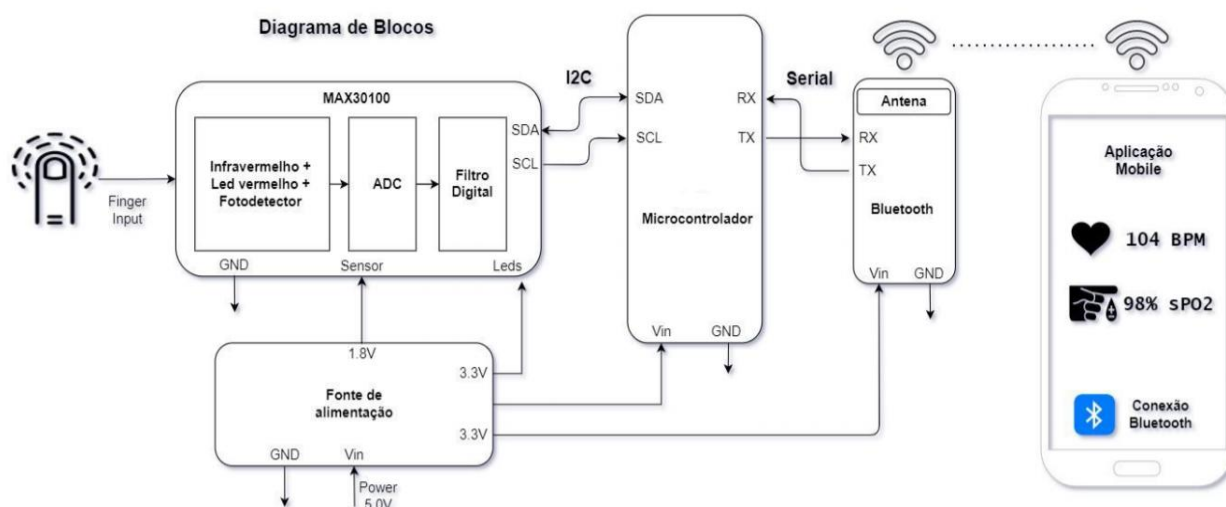
Possui o sensor fixo em uma fita de nylon e velcro, facilitando a fixação do dispositivo no dedo, e permitindo ao usuário definir o quão justo ele deseja.

Com uma pulseira em silicone antialérgico, torna-se extremamente leve, além de não segurar calor, o que impede que a região fique exposta a excesso de transpiração.

O cabo que conecta o sensor com a placa OXFIT, é em borracha extremamente resistente, seu designer retangular fornece uma maior resistência ao enrolamento involuntário do cabo, tornando-o menos propenso a ter nós no cabo.

O encapsulamento da placa OXFIT é feito de um polímero altamente resistente, com vedação em silicone, o que garante proteção contra respingos da água.

O projeto consiste em receber a entrada pelo dedo do usuário, fazendo com que o sensor MAX30100 faça a leitura dos dados de oxigenação sanguínea e frequência cardíaca e o envie para o microcontrolador através do protocolo I2C, este por sua vez, faz a leitura dos dados recebidos e envia via serial (UART) para o módulo Bluetooth que estará pareado com o celular a fim de fazer o envio dos dados e recebimento de comandos.



O sistema é alimentado por uma fonte de 3.3V, podendo ser diretamente alimentado via USB ou pela bateria interna de 160mAh o que garante uma enorme eficiência ao dispositivo.

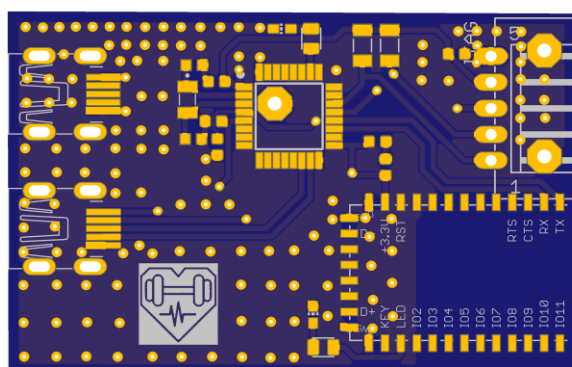
A PCB foi elaborada para evitar quaisquer tipos de ruído externo, tendo sua alimentação focada no lado BOTTOM, e os sinais no lado TOP. Grande parte da área da placa é composta por um polígono de terra com furos de passagens para criar um grande GND.

A única área onde o polígono não avança é sobre a antena bluetooth a fim de evitar diminuir a potência do sinal.

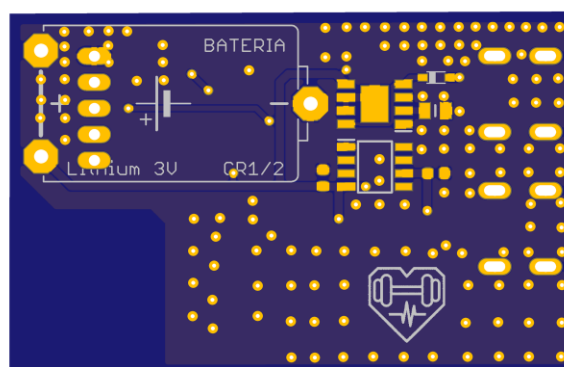
Também possui trilhas paralelas e de espessura ideal, evitando a influencia de sinal entre trilhas.

PCB - OXFIT

Lado superior



Lado inferior



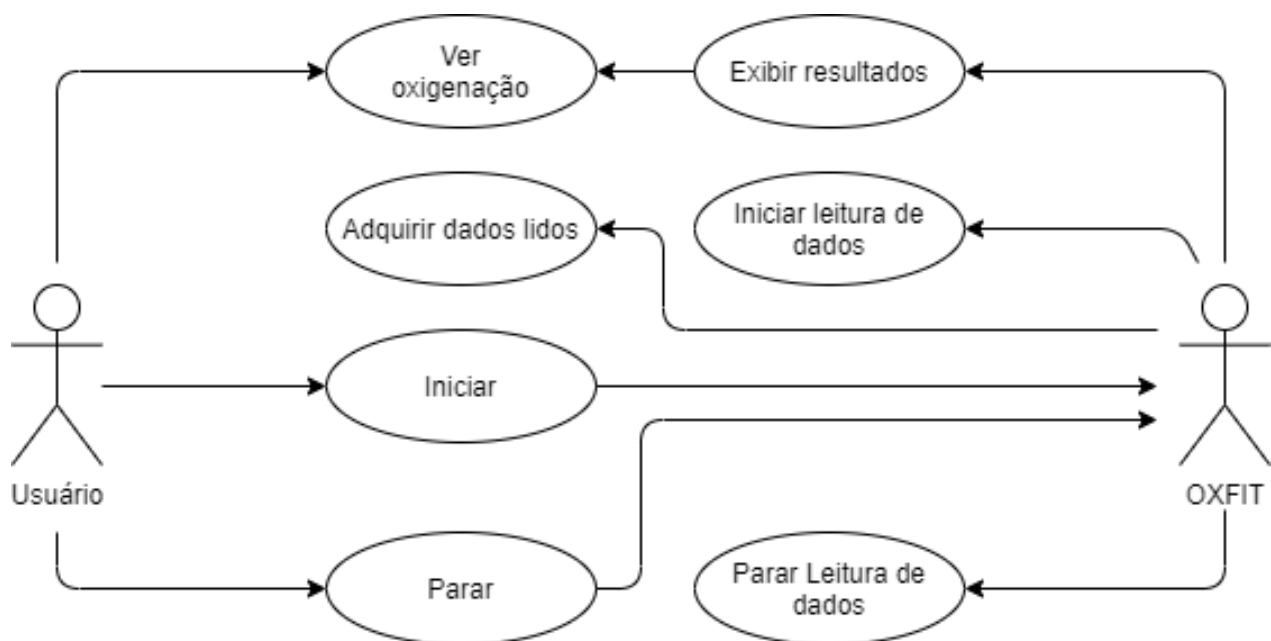
Por fim, imagem do esquema elétrico do projeto OXFIT é apresentada na próxima página. É notável que em cada pino onde existe alimentação existem também seu capacitor de desacoplamento, tornando o sistema estável a oscilações de energia.

Informações:

- O Sensor MAX30100 se comunica com o microcontrolador STM32L0 pelo protocolo I2C.
- O Módulo Bluetooth se comunica serialmente com o STM32L0 através da UART.
- O Módulo Bluetooth por sua vez, envia dos dados para o dispositivo móvel conectado

Através da comunicação bluetooth o usuário pode realizar o envio de dois comandos distintos, além de receber os dados captados.

Veamos o diagrama de casos de uso:



Os comandos que podem ser enviados são:

- Iniciar captura dos dados [Código: 1]
- Parar captura dos dados [Código: 0]

Em forma descritiva, o usuário pode solicitar ao Firmware OXFIT para iniciar ou parar a leitura de dados do sensor, onde este sim, irá enviar a solicitação para que o sensor inicie a coleta dos dados, além de enviar uma espécie de ACK de confirmação para o dispositivo que fez a solicitação.

Quando o usuário realiza a operação, este sinal é enviado através do Bluetooth pela UART, desta forma então é lançada uma interrupção, nesta interrupção o microcontrolador analisa qual comando recebido (Iniciar / Parar), dependendo do comando, ações diferentes são tomadas pelo firmware.

Podemos detalhar melhor se analisarmos o diagrama de atividades, desta forma podemos ver o que cada dispositivo é responsável por fazer.

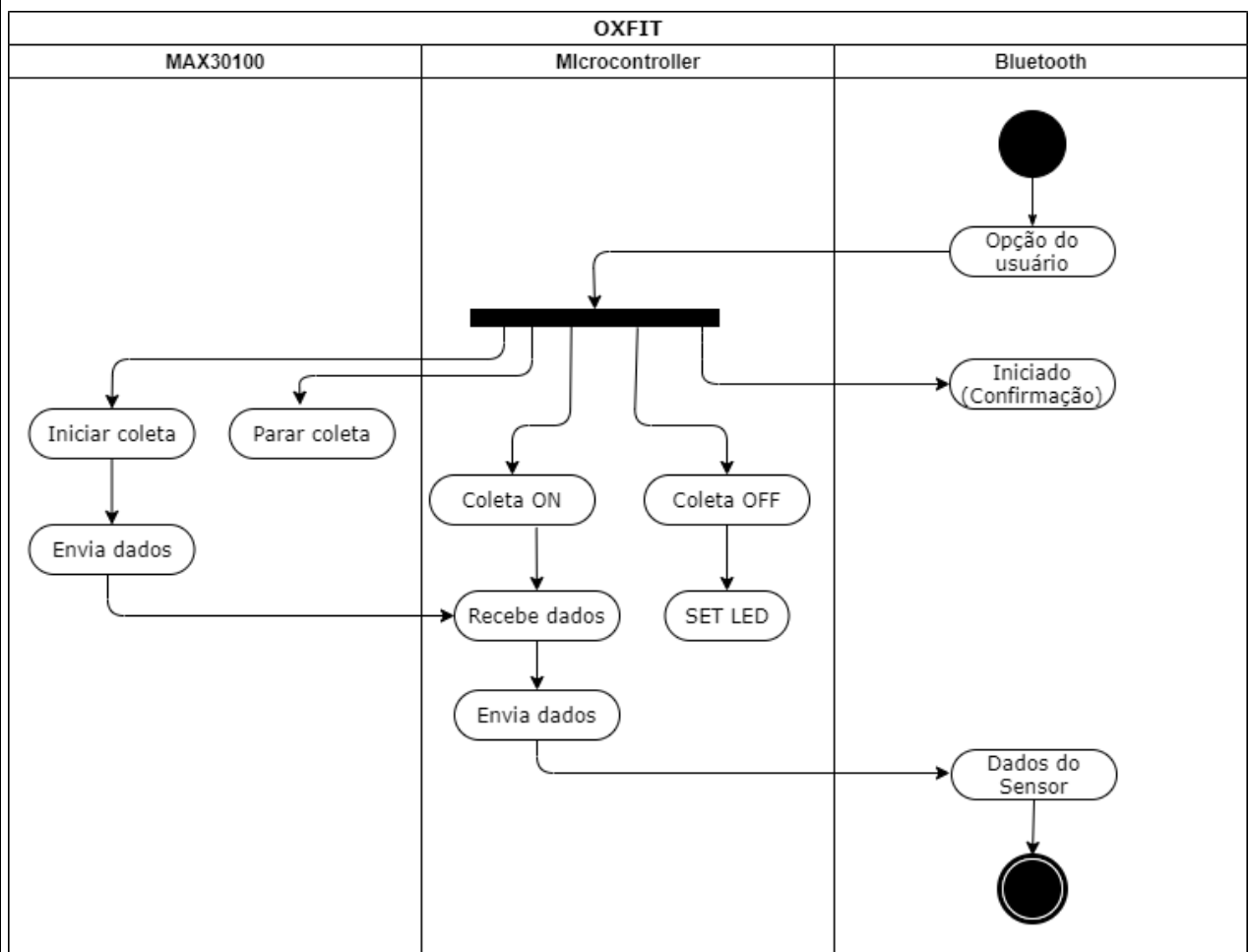
Neste diagrama de atividades, podemos ver quando o usuário envia seu sinal pelo dispositivo móvel e é recebido pelo Bluetooth que envia esta opção via UART para o microcontrolador.

O microcontrolador então analisa qual é a operação a ser seguida, sendo as seguintes duas possibilidades:

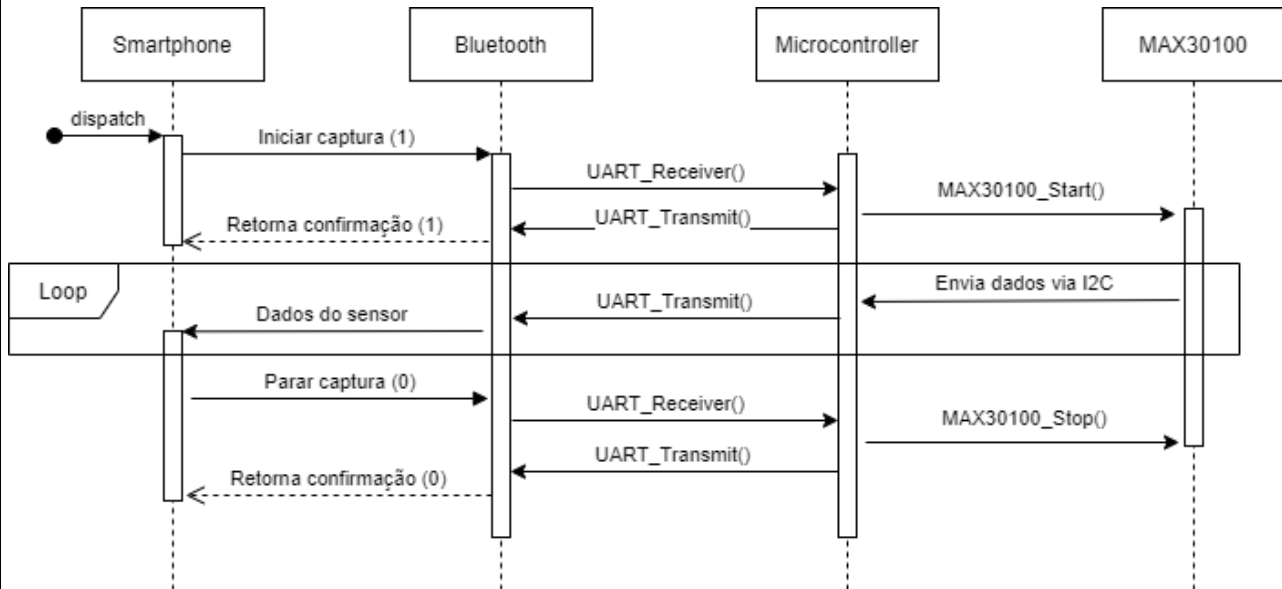
1. O sinal é para iniciar a coleta.
2. O sinal é para parar a coleta.

Caso seja a primeira opção, a mensagem recebida via UART deve ser código "1", então o microcontrolador solicita via I2C que o sensor MAX30100 inicie a captura da oximetria e frequência cardíaca do usuário, além de definir em sua função principal a variável captura como verdadeira. Desta forma quando o sensor realizar a coleta dos dados e enviar para o microcontrolador, esta função poderá claramente enviar os dados do buffer para o dispositivo móvel através do Bluetooth, finalizando assim o ciclo de envio, obviamente que isso fica em loop, mas apenas as atividades são mostradas aqui, para vermos detalhadamente o passo a passo vamos analisar o diagrama de sequencia após a conclusão deste tópico.

Caso seja a segunda opção, o microcontrolador recebe a informação via UART com o código "0", como este comando é para desativar a coleta, ele envia esta solicitação para o dispositivo MAX30100 que é nosso sensor, fazendo com que a leitura de dados pare e assim seja poupada energia da bateria. Ao parar a coleta, o microcontrolador seta a variável de coleta como false, e define a saída de um pino GPIO que neste caso é um bluetooth. O status do led varia conforme a interrupção do timer.



Agora que já foi possível entender os protocolos de comunicação através do diagrama de blocos, entender as funcionalidades de cada agente através do diagrama de casos de uso, e entender as atividades realizadas pelo firmware OXFIT, vamos agora ver o diagrama de sequência, que mostrara mais detalhamento o funcionamento e comunicação entre os blocos.



O Smartphone envia um comando via bluetooth, neste diagrama supomos o envio dos dois comandos na seguinte ordem:

1. Iniciar captura
2. Parar captura

Ao receber essa informação via bluetooth, gera uma interrupção da UART, então o microcontrolador recebe o dado e verifica qual é o comando (neste caso, para iniciar), desta forma ele inicia a coleta de dados pelo sensor e devolve a mesma mensagem para o bluetooth afim de criar uma confirmação de recebimento.

Após os passos anteriores entramos em um Loop da função main, onde o sensor MAX30100 envia dos dados via interrupção I2C, que são recebidos num buffer do microcontrolador e posteriormente é enviado para o bluetooth através da UART, chegando então via bluetooth para o smartphone. Este ciclo se repete até que uma nova interrupção da UART aconteça, neste caso, solicitando para parar a captura, veja o caso abaixo.

Caso o usuário solicite para parar a captura de dados, uma interrupção é lançada na UART, então o microcontrolador recebe o código deste comando e verifica que é para parar a captura, enviando assim um sinal para o sensor MAX30100 para ele parar a captura, deste modo, o sensor não envia mais os dados via I2C e consequentemente não gera mais interrupções ali.

Após enviar para o sensor parar a captura, o microcontrolador faz o envio do nosso ACK de confirmação de recebimento do comando através da UART, e por fim o smartphone acaba recebendo esta confirmação pelo bluetooth.

Lembrando que durante o loop, o usuário sempre está recebendo os dados, é dever do aplicativo mobile receber estes dados por bluetooth e realizar um pré-processamento, afim de mostrar ao usuário em uma interface amigável e agradável de navegar.