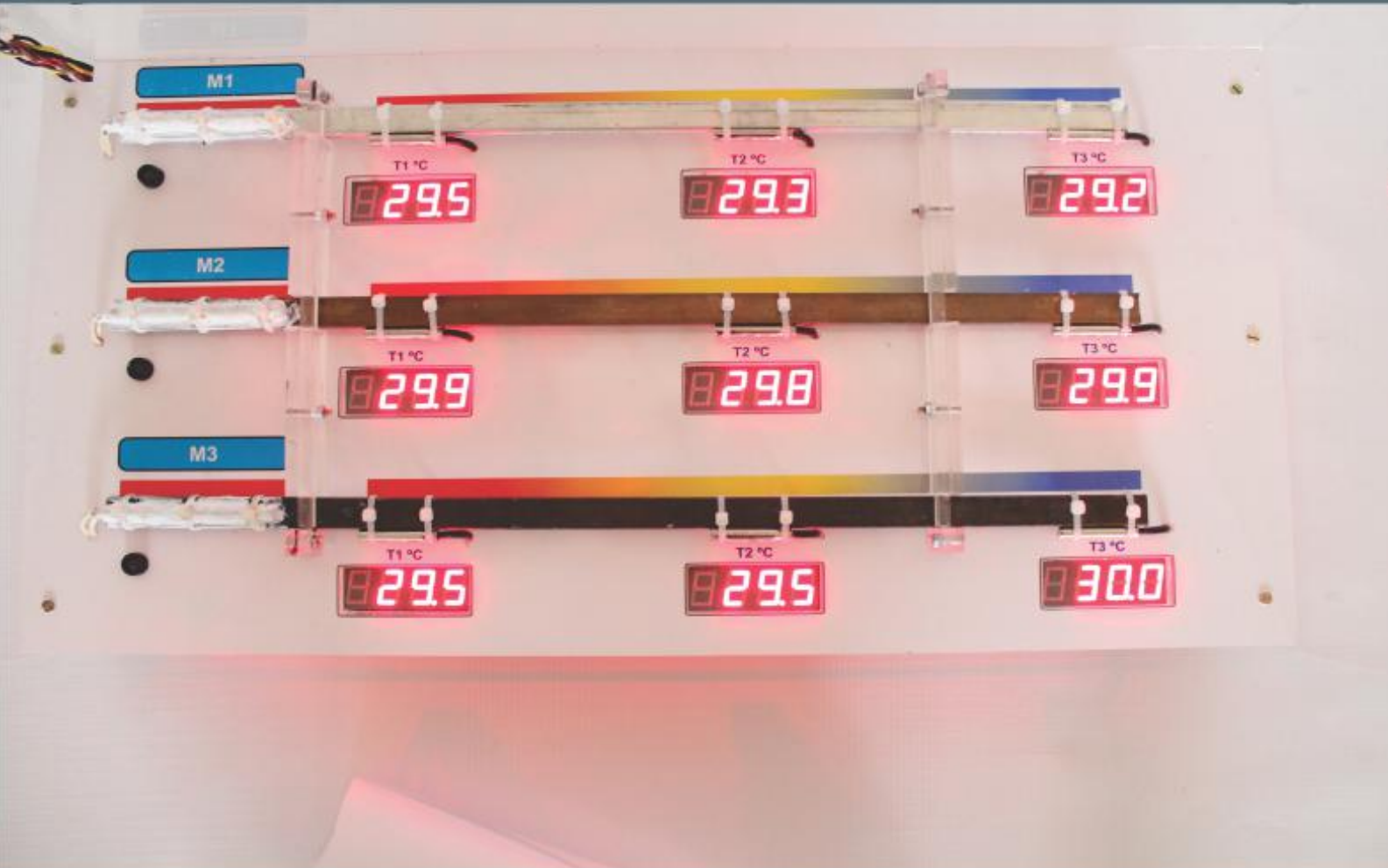


Manual Técnico

Condução de Calor em Barras Metálicas



Experimentação Remota Móvel para o Ensino Básico e Superior

Manual Técnico do Experimento Remoto Condução de Calor em Barras Metálicas:
Experimentação Remota Móvel para a Educação Básica e Superior
Este guia, cada capítulo e suas imagens estão licenciados sob a licença Creative Commons
Rua Pedro João Pereira, 150, Mato Alto – CEP 88900-000
<http://rexlab.ufsc.br/>
rexlabufsc@gmail.com

Elaboração

Juarez Bento da Silva

João Paulo Cardoso de Lima

José Pedro Schardosim Simão

Josiel Pereira

Lucas Mellos Carlos

Editoria de arte, projeto gráfico e capa

Isabela Nardi da Silva

Ilustrações

Alex Moretti

Este guia, cada capítulo e suas imagens estão licenciados sob a licença Creative Commons - Atribuição-NãoComercial-Sem Derivados 4.0 Internacional. Uma cópia desta licença pode ser visualizada em [http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/](http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

Ela define que este manual é livre para reprodução e distribuição, porém sempre deve ser citado o autor. Não deve ser usado para fins comerciais ou financeiros e não é permitido qualquer trabalho derivado. Se você quiser fazer algum dos itens citados como não permitidos, favor entrar em contato com os organizadores do manual.

O download em edição eletrônica desta obra pode ser encontrado em <http://www.rexlab.ufsc.br>.



Manual Técnico do Experimento Remoto Condução de Calor em Barras Metálicas :
Experimentação Remota Móvel para a Educação Básica e Superior / obra coletiva concebida, desenvolvida e produzida pelo Laboratório de Experimentação Remota (RExLab)

Araranguá - SC, Brasil, 2016

Experimento Condução de Calor em Barras Metálicas

Apresentação

O experimento Condução de Calor em Barras Metálicas tem como objetivo auxiliar os estudantes do Ensino Médio e do Ensino Superior a efetuar práticas relacionadas ao estudo de condução de calor em barras metálicas.

O experimento contribui para a compreensão dos conceitos aplicados em sala de aula e aproxima os estudantes do seu cotidiano.

Arquitetura

O dispositivo está implementado a partir da estrutura padrão de hardware e software básico.

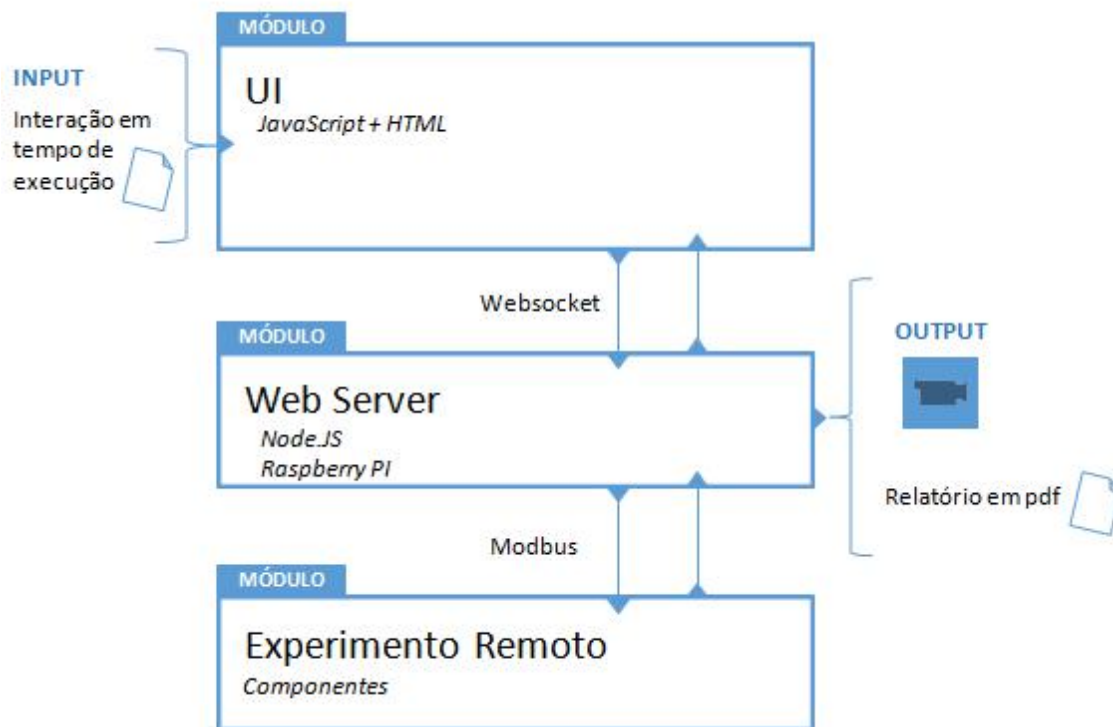


Figura 1 - Arquitetura Experimento Quadro DC

Interface de Usuário (UI)

O experimento está disponível no sistema de gerenciamento RELLE (Remote Labs Learning Environment), que provê uma série de funcionalidades necessárias para o gerenciamento de experimentos remotos.

A interface de acesso ao experimento foi desenvolvida utilizando HTML juntamente com o framework front-end Bootstrap, o mesmo traz uma série de componentes prontos para o desenvolvimento além de prover tratamento para diferentes tipos de resoluções de telas. Além de HTML e Bootstrap, é utilizada a biblioteca jQuery que traz uma série de funções JavaScript que simplificam o desenvolvimento.

A Figura 2 mostra como está disposto o experimento Condução de Calor em Barras Metálicas no RELLE.



Figura 2 - Interface do usuário no RELLE

Web Server

Atualmente, há uma ampla gama de bibliotecas e frameworks para construção de serviços web. Apesar de serviços baseados em HTTP predominarem na Internet, o uso do protocolo WebSocket é uma tendência em

aplicações corporativas de grande porte. Uma das plataformas para desenvolvimento web para construção de serviços baseados em WebSocket é o framework NodeJS.

O NodeJS permite construir aplicações de servidor e de rede facilmente escaláveis. Ele é composto por um ambiente de execução multiplataforma e de código fonte aberto que interpreta códigos de aplicações escritas em Javascript. O NodeJS usa um modelo orientado a evento, com operações de entrada e saída não bloqueantes. Por este motivo, ele é ideal para aplicações em tempo real com troca intensa de dados entre dispositivos distribuídos.

A API para acesso às funcionalidades do SmartDevice¹ contém funções vinculadas à *listeners*, comuns ao paradigma de orientação a eventos. Este módulo usa a biblioteca Socket.io e é o ponto de partida da aplicação, onde o servidor é iniciado e eventos são vinculados. O Socket.io é composto por dois componentes: servidor e cliente, ao qual usa principalmente o protocolo WebSocket, e polling HTTP como compatibilidade reversa.

A autorização de sessão no SmartDevice garante a integridade do acesso exclusivo, já que o dispositivo exposto como um serviço pode ser utilizado concorrentemente por outro cliente. Apesar de algumas funcionalidades poderem ser utilizadas no modo observador, como consultar o estado das chaves e metadados, as funcionalidades de controle necessitam de consulta ao sistema de fila.

O sistema de fila, ou mesmo agendamento, pode ser externo ou interno ao SmartDevice. O primeiro é baseado em um token de autenticação provido pelo usuário e validado pelo SmartDevice. As implementações dos experimentos de física exemplificam o uso do sistema de reserva externo (próprio do RELLE). Já o controle de acesso no próprio SmartDevice é exemplificado pela implementação do Laboratório de desenvolvimento em Arduíno, pois neste encontra-se um modelo de acesso diferente dos anteriores.

O código fonte desenvolvido para comunicação serial e gerência dos sensores e atuadores são complementos para o NodeJS escritos em C++. Estes complementos são objetos compartilhados de vínculo dinâmico que pretendem dar suporte a códigos nativos, rapidez e portabilidade. Esses objetos compõem a abstração de cada experimento físico, que é representado

¹ DOI: 10.1109/REV.2015.7087292

por métodos e atributos intrínsecos a cada um. Por exemplo, são definidos os métodos de “get” e “set” para saídas digitais, “get” para valores de sensores, “get” e “set” para calibragem e configuração dos sensores.

O dispositivo central do experimento é o servidor de laboratório, que na plataforma desenvolvida pelo GT-MRE a escolha recaiu sobre o Raspberry Pi² (Figura 3) modelo B+, que tem como principal função intermediar os acessos aos demais dispositivos de hardware dos experimentos via rede.

O servidor de laboratório (SL) tem função prover interfaceamento e gerenciamento para a conexão entre a rede (web) e a “placa de aquisição e controle” (PAC). O SL acessa a PAC para a coletar os dados dos sensores ou para enviar comandos para os atuadores, essa comunicação é feita via porta UART(Universal asynchronous Receiver/Transmitter) que se comunica via protocolo MODBUS³.

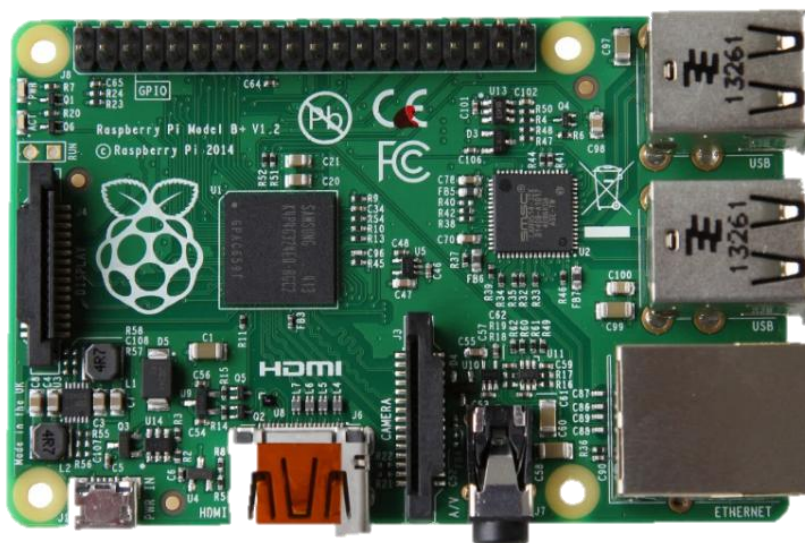


Figura 3 – Raspberry Pi, Model B+

² O Raspberry Pi é um computador baseado em um system on a chip (SoC) Broadcom BCM2835, que inclui um processador ARM1176JZFS rodando a 700 MHz, GPU VideoCore IV, e 512 MB de memória RAM em sua última revisão. O Raspberry Pi foi desenvolvido no Reino Unido pela Fundação Raspberry Pi.

³ Modbus é um protocolo de comunicação de dados utilizado em sistemas de automação industrial. É um dos protocolos mais utilizados em redes de Controladores lógicos programáveis (PLC) para aquisição de sinais (0 ou 1) de instrumentos e comandar atuadores. É de utilização livre e sem taxas de licenciamento.

API WebSocket

Os componentes da aplicação são suficientemente leves para serem executados por uma placa Raspberry Pi ou outro computador Linux de baixo custo. Um dos componentes, a API WebSocket, oferece uma interface aos sensores e atuadores na estrutura de um serviço web. A aplicação não requer alto uso da memória e pode ser utilizada em qualquer sistema Linux.

O resultado é uma arquitetura fracamente acoplada, adotada pelo GT-MRE, que habilita o compartilhamento dos experimentos em outras plataformas. Esse paradigma, chamado de SmartDevice já é utilizado no projeto Go-Lab⁴, no qual estão bem destacadas aplicações clientes e servidor, e fornecem interfaces bem definidas entre o usuário e o sistema.

Os tópicos seguintes apresentam com mais detalhes aspectos do serviço web utilizado no servidor de experimento, bem como as funcionalidades internas e as motivações para o uso de certos protocolos, padrões e ferramentas de desenvolvimento, conforme a Figura 4.

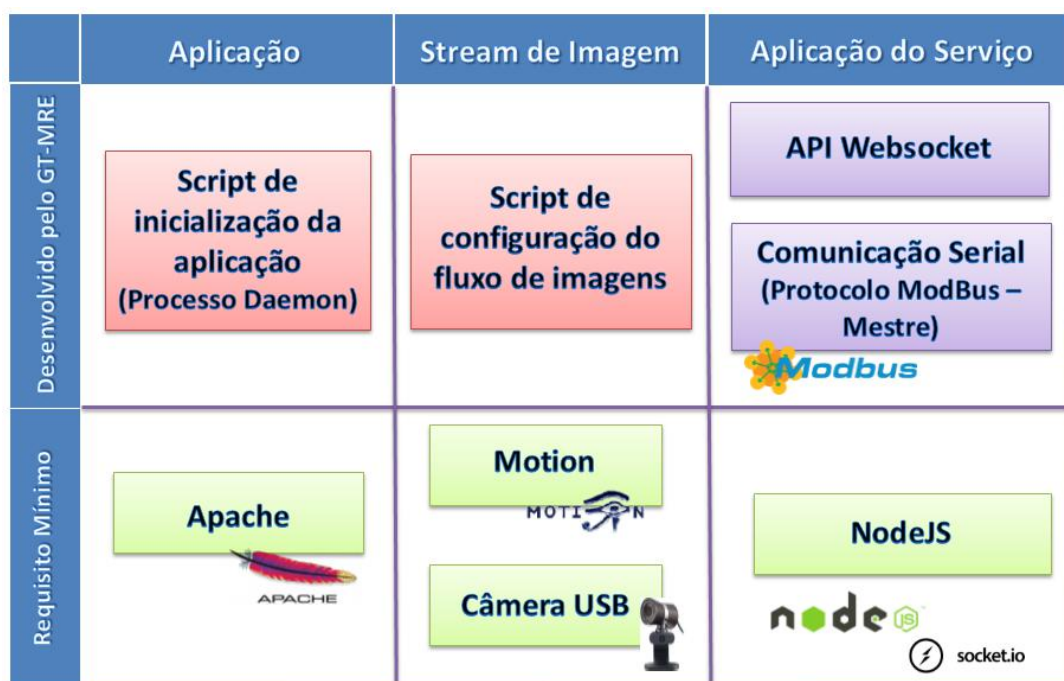


Figura 4 - Esquema de aplicação embarcada. Fonte: GT-MRE.

⁴<http://www.go-lab-project.eu/>

Controle e monitoramento do experimento

O SmartDevice é capaz de comunicar-se com sensores através do barramento serial (Porta UART). Ao invés de usar o protocolo serial em sua forma bruta, optamos por incluir o protocolo Modbus na camada de aplicação para identificação de erros, endereçamento e controle de colisão. Conectados ao mesmo barramento (rede), cada sistema embarcado, responsável por um ou mais sensores ou atuadores, é um dispositivo escravo que responde às requisições da aplicação que é executada no Raspberry Pi.

Um dos módulos desenvolvidos para aplicação é responsável pelo serviço de fila externo ou interno, sendo possível acoplar o serviço de fila provido pelo RELLE ou habilitar serviços internos. No primeiro caso, a aplicação usa a lógica necessária para validação de token de sessão enviado pelo cliente. Na segunda, todo processo realizado pela web API de fila é realizado pelo SmartDevice.

Acesso à web API pelo cliente

A Figura 5 apresenta o esquema de comunicação no uso da API desenvolvido para o serviço/protótipo.

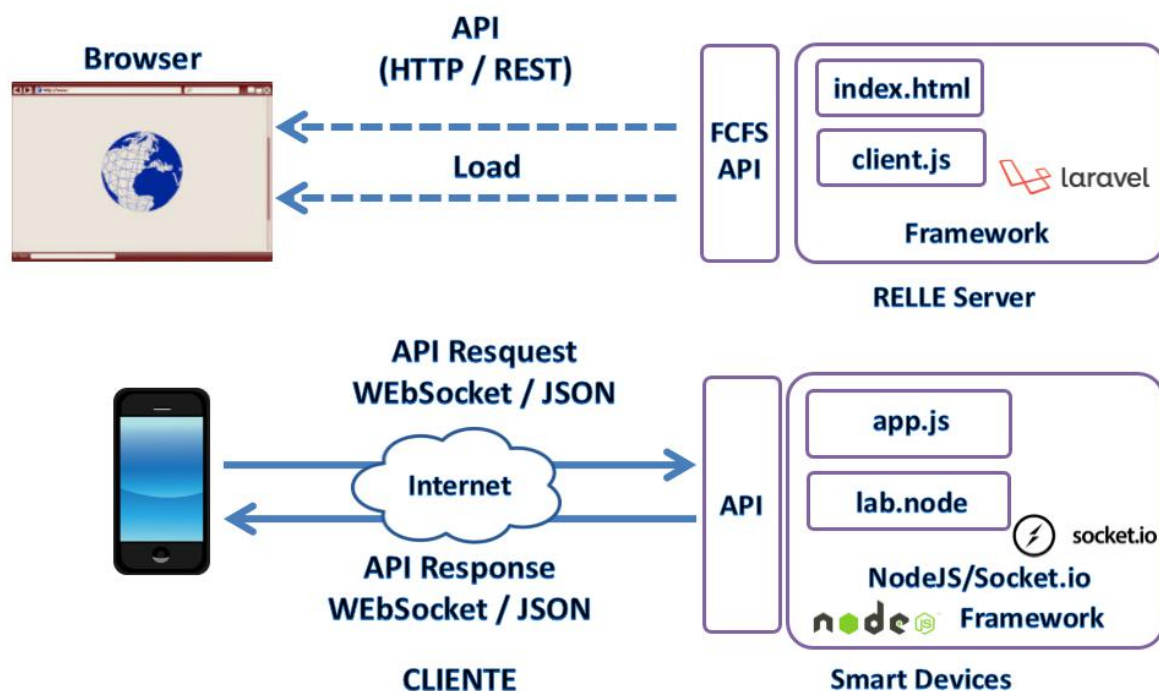


Figura 5 - Esquema de comunicação crossdomain no uso da API desenvolvida pelo GT-MRE.
Fonte: Autores.

O cliente web disponibilizado pelo sistema RELLE é composto por um arquivo html, css e javascript diferentes para cada experimento. O RELLE provê uma página comum para cada experimento onde carrega os dados que foram inseridos no momento da publicação do experimento (armazenados numa base de dados). Por exemplo, o experimento de ID 1 é acessível pela URL “relle.ufsc.br/labs/1” pelo método GET e contém suas informações dentro do layout padrão do sistema. A partir do botão “Acessar” é possível disparar um evento para comunicação com a Web API FCFS (first-come first-served).

Ao obter a permissão no navegador, o cliente navegador poderá carregar os arquivos (html, css e js), pois a API já tem o seu token de sessão como usuário sendo servido. Após carregar o cliente para o SmartDevice (client.js), uma conexão WebSocket com este dispositivo é estabelecida.

Streaming de imagens

No GT-MRE foi optado pelo uso de câmeras web com conexão USB devido ao baixo custo e a facilidade de aquisição. O mesmo computador embarcado utilizado para controle do experimento também é o responsável pelo gerenciamento e disponibilização do streaming no formato MJPEG (Motion JPEG). O MJPEG é um formato de compressão de vídeo na qual cada frame de vídeo é comprimido separadamente como uma imagem JPEG.

Visto que existem muitos servidores de streaming de código aberto, optou-se pelo Motion⁵ para explorar aspectos de leveza (utilização de poucos recursos) e configuração flexível. O Motion é um software escrito em C para sistemas Linux que usa a API de vídeo Linux, e é capaz de detectar se uma parte significativa da imagem tem mudado. Algumas variáveis são ajustadas através de seu arquivo de configuração principal para adequar-se aos requisitos de nossa aplicação.

Atualmente, os principais navegadores do mercado como Firefox, Google Chrome e Safari já possuem o suporte nativo para o streaming MJPEG. Para clientes Android existem bibliotecas de código fonte aberto para incluir um visualizador MJPEG em aplicações de código nativo.

⁵<http://www.lavrsen.dk/foswiki/bin/view/Motion/WebHome>

Experimento Remoto

O dispositivo está implementado a partir da estrutura padrão de hardware e software básico. A Figura 6 apresenta o experimento construído.

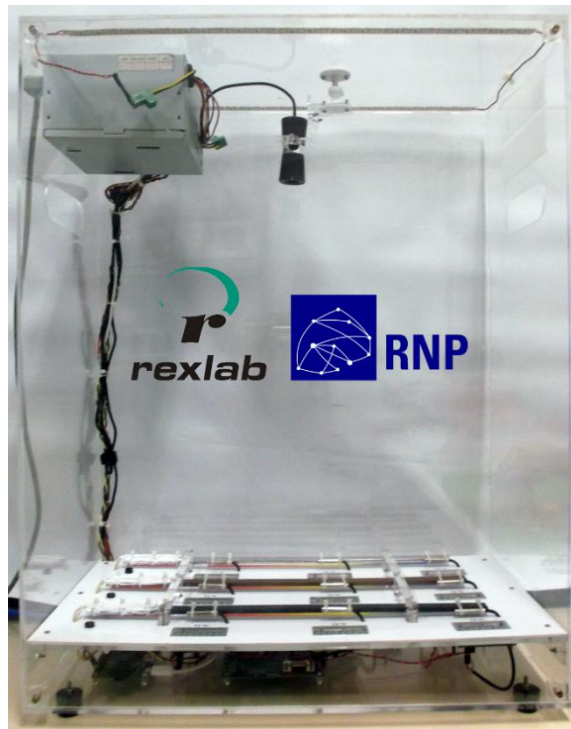


Figura 6 - Visão geral do experimento "Condução de calor"

O objetivo do experimento é provar que diferentes metais não reagem da mesma maneira a propagação de calor, e vamos provar isto através do tempo de propagação de calor sobre os metais com o mesmo tipo de fonte de calor.

Nesse experimento há três tipos de barras de metais de mesmo tamanho: uma de ferro, uma de alumínio e outra de cobre. Cada barra contém três termômetros colocado em locais estratégicos de medição de calor sobre a barra, esses locais são os mesmo em todas as barras. Também cada barra contém sua própria fonte de calor.

Dado início a experimentação, as três fontes de calor são ligadas ao mesmo tempo, e a cada segundo são coletados os valores de temperaturas de todos os termômetros. Ao fim do experimento, os registros de temperatura são lidos para montar uma estatística da propagação do calor nos metais. Para controlar o experimento o sistema contém os seguintes módulos:

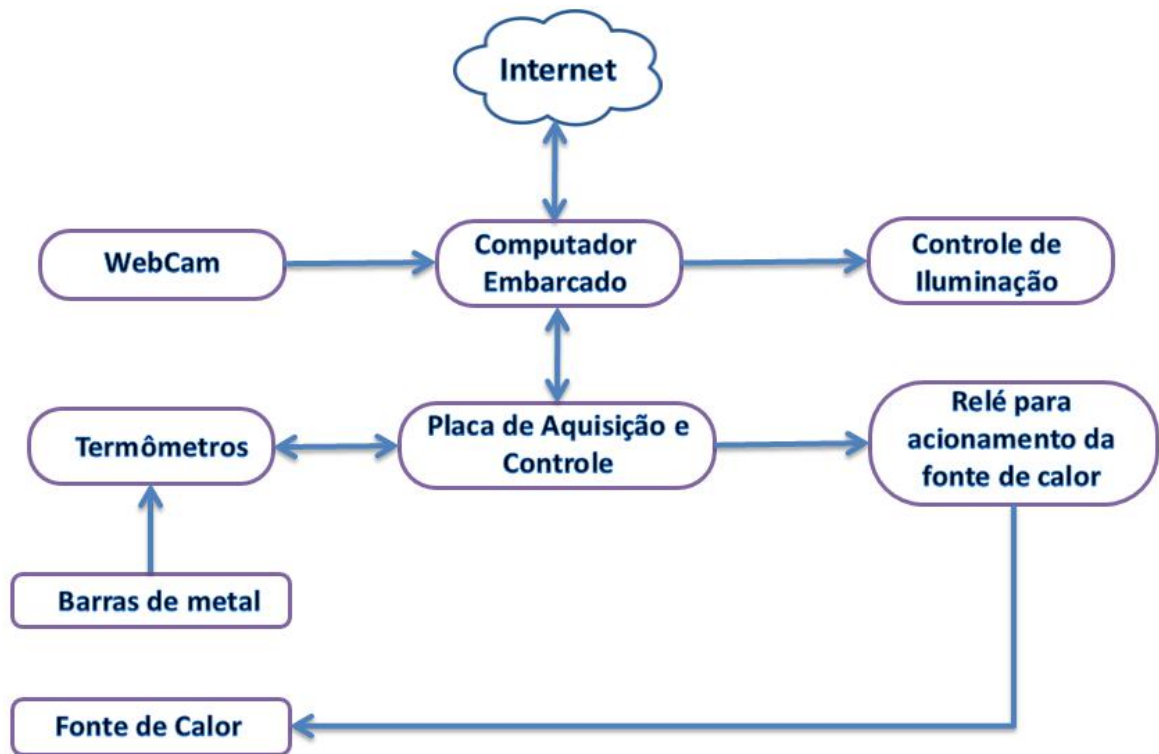


Figura 7 - Diagrama de blocos do experimento

Linux Embarcado: Um computador embarcado rodando Linux que vai conter um conjunto de aplicativos e ferramentas para que os usuários possam se conectar ao experimento via WEB e enviar comandos de experimentação. Outro serviço oferecido pelo computador embarcado é fornecer vídeo do quadro DC com ajuste de iluminação adequada para que os usuários possam ver os experimentos em tempo real.

Recurso de Hardware: é formado por um sistema embarcado dedicado ao controle preciso de variáveis do experimento, tais como: leituras de sensores e drivers dos atuadores.

Durante o tempo de experimentação, o recurso de hardware coleta os valores de temperaturas de todos os metais em determinado período, montando um histórico da propagação de calor.

Reles para Acionamento das Fontes de Calor: São um conjunto de reles para ligar ou desligar a fonte de calor das respectivas barras de metais.

Termômetros: São medidores de temperatura que podem ser acessados via MODBUS para coleta de dados. Estes termômetros são dotados de displays para fornecer o valor da temperatura atual.

Fonte de Calor: São resistências elétricas de 12VDC para aquecer as barras de metais.

O experimento é constituído de três fontes de calor, de xxW, uma para cada barra metálica e três barras metálicas horizontais (Alumínio, Cobre e Ferro) de 12,70mm x 4,76mm. Cada uma das barras metálicas conta com três sensores de temperatura espaçados a cada 10 cm e três displays, que proporciona a leitura de temperatura em cada sensor ao longo das barras. A Figura 9 apresenta o painel frontal do experimento.

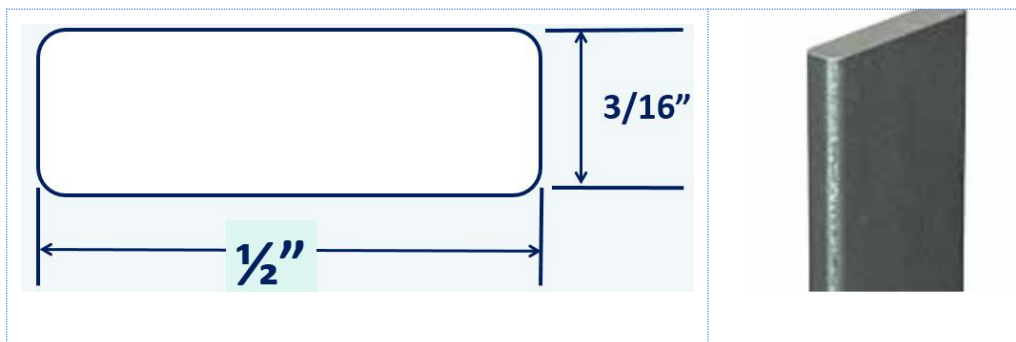


Figura 8 - Barras metálicas utilizadas

$$l = \frac{1}{2}'' = 12,70\text{mm}$$

$$e = \frac{3}{16}'' = 4,76\text{mm}$$

Tamanho da barra de 40 cm;

10 cm para fixar o sensor e 30 cm para propagação do calor;

Para fins de cálculo de aquecimento, a partir do limite da resistência = em torno de 32 cm.

Substância	Condutividade térmica (W/m °C)
Metais (a 25 °C)	
Alumínio	238
Cobre	397
Ferro	79,5
Aço	79

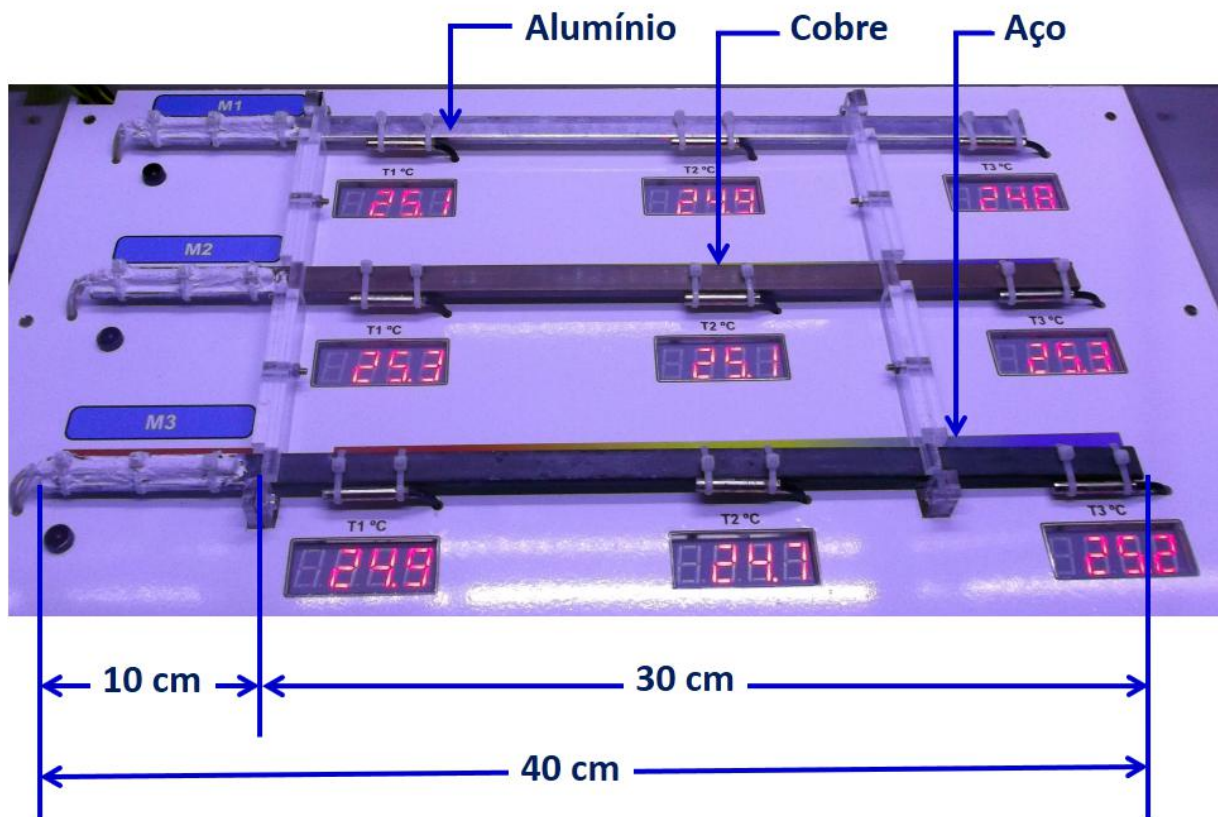


Figura 9 - Condução de calor


Recurso de Hardware Condução de Metais

O recurso de hardware controla o aquecimento de três barras de diferentes materiais, e coleta as variações de temperaturas em três posições equidistantes de cada barra. A coleta de temperatura é feita a cada segundo. O experimento é finalizado pelas seguintes situações:

- Quando pelo menos um dos termômetros alcançou a temperatura máxima (TEMP MAX);
- Quando pelo menos um dos termômetros se comunicou, ou mediou temperatura fora da faixa de trabalho, ou houve algum erro de medição;
- Estourou o tempo da experiência. O tempo máximo é de 10 minutos, ou 600 amostras por termômetro. Isto porque o micro controlador tem pouca memória SRAM, caso deseje utilizar um tempo maior é preciso de um outro micro controlador, ou mudar a estratégia de captura de

informações pelo MSIP, ou aumentar o tempo de amostragem. O tempo médio para que a barra sai de 18°C para 60°C é de 5 minutos em uma temperatura ambiente de 20°C;

- Cancelamento pelo usuário.

	TEMP MAX de 65°C
	As duas primeiras medidas de cancelamento se deve para que o experimento não seja danificado por alto aquecimento, em caso de alguma falha no equipamento.

Termômetro

A entrada de alimentação do termômetro é de 5VDC e o mesmo consome em média 90mA. O termômetro foi projetado para ler temperaturas entre -30 a 70°C. O sensor utilizado é do tipo NTC de bulbo aço inox 10k/25°C cabo PP 2x26awg com Beta (B) = 3435.

Devido as tolerâncias dos sensores e componentes passivos do termômetro, os valores de temperaturas entre eles podem variar em décimos de graus. Poderíamos compensar isto, onde é um procedimento muito comum quando utilizamos cabos de sensores muito longos, isto porque quando mais comprido for o cabo, maior é a sua resistência, que é somado com a resistência do sensor alterando o valor da leitura.

Entretanto, não foi implementado essa compensação para simplificar o projeto e para destacar aos alunos que todos os aparelhos que medem temperaturas existem essa diferença no mundo real.

Montagem e materiais utilizados

Materiais Utilizados:

- Articulador para câmera. É um articulador usado nos sensores de presença e pode ser adquirido nas casas especializadas em alarmes residenciais;

- Parafusos com cabeça cilíndrica 3x16 para os furos de 3.6mm (Tipo A);
- Parafusos com cabeça cilíndrica 3x12 para os furos de 3.6mm (Tipo B);
- Parafusos com cabeça chata 4x16 para os furos de 4.5mm (Tipo C);
- 40 cm de barra de cobre;
- 40 cm de barra de alumínio;
- 40 cm de barra de ferro;
- Cola para acrílico Sinteglas S-320;
- Seringa com agulha mais fina para passar cola no acrílico;
- Fita embalagem grossa para dar suporte a montagem do acrílico;
- Fonte de PC;
- Espaguete termo retrátil de 3 mm e 10 mm;
- Conectores fêmea e macho para fonte;
- Três resistências de estação de solda;
- Três LEDs de 5mm com soquetes;
- Pacote de cinta plástica com lacre de 25mm x 100mm;
- Presilha alto colante para a cinta plástica.

Sempre utilize o modelo do SketchUp para orientação de colagem e montagem

Começaremos a montagem do case pelo painel do experimento.

Montagem do Painel Condução de Calor por Metais

Cole o adesivo ao painel do adesivo.

Monte os termômetros digitais no painel de componentes.

1. Coloque todos os parafusos tipo A, e com uma tira de fita crepe prenda estes no painel;
2. Vire o painel e coloque as buchas de 4mm nos parafusos;
3. Coloque os termômetros digitais em seus lugares na ordem do ModBus ID, onde o valores ID 1,2 e 3 para M1 T1, T2 e T3; valores ID 4,5 e 6 para M2 T1, T2 e T3; valores ID 7,8 e 9 para M3 T1, T2 e T3;
4. Coloque as porcas;
5. Retire as fitas crepes e aperte os parafusos.

Una os suportes do painel A com o B com cola.

Una com parafusos tipo B os painéis e o suporte do painel;

Furar as barras de metais para encaixes

- Fazer dois furos rasos não mais que de 3mm de profundidade nas hastes, para encaixar nos suportes. Este furo evita que as hastes escorreguem dos suportes. Os furos devem ser centro da haste a 76mm da borda, e 248mm espaçamento de um furo para outro;
 - Lime as rebarbas;
 - Coloque as barras de metais sobre o suporte A, M1 será o alumínio, M2 o cobre e M3 o ferro;
 - Prenda as barras como o suporte B. Uni com os parafusos tipo B. Tanto o suporte B como as porcas dos parafusos devem ficar virados para dentro do painel. Ainda não aperte os parafusos. Isto para deixar a estrutura flexível para fixação no painel;
- Uni com o painel o suporte das barras usando o suporte C das barras

Montagem do Case

Comece a montagem do case pelos lados externos: lateral esquerdo; lateral direito, parte de cima e parte de baixo. Monte tudo no sentido horizontal e em um local plano, e ainda não use cola, somente una tudo com fita grossa. Isto porque todo o case ainda não está no esquadro. Faremos o alinhamento quando montarmos os demais elementos do case.

Fixe o painel do experimento ao case utilizando parafusos B e aperte bem as porcas. Fixamos o painel antes para quando o case ficar alinhado dentro do esquadro os alinhamentos dos furos do suporte do painel com o case fiquem corretos.

Coloque a tampa traseira no case e prenda com fitas. Coloque as fitas bem próximas das outras e coloque-as de forma que as partes do case fiquem bem unidas, assim deixamos a tampa pronta para colagem. A tampa traseira vai deixar todo o case dentro do esquadro, mas ainda não é momento de aplicar cola.

Passe uma fita contínua em volta do case puxando com força para que todos os lados do case fiquem bem unidos entre si.

Mantendo a case em uma superfície plana, para não sair do esquadro, cole a parte de cima e as metades superiores das laterais na tampa traseira. Comece colando a tampa traseira com os lados adjacentes, espere a cola secar, vire o case de cabeça para baixo e cole a parte de cima com as laterais.

Uma vez que a cola esteja seca, retire o painel de experimentos, e cole a parte de baixo e as metades inferiores das laterais na tampa traseira. Comece colando a tampa traseira com os lados adjacentes, espere a cola secar, coloque o case em pé e cole a parte de baixo com as laterais.

Montagem do suporte de tampa:

1. Coloque o parafuso C com porca no suporte A. Somente encoste a porca.
2. Aplique a cola no suporte A e cole no suporte B, alinhando tanto a porca dentro do suporte B como o suporte A com o suporte B;
3. Aplique cola no suporte B e cole no outro suporte A;
4. Coloque uma porca extraem encoste no suporte A, e mantém um aperto para deixar todos os componentes unidos;
5. Alinhe tudo e espere a cola secar.

Cole os suportes da tampa frontal e utilize um guia de afastamento da extremidade.

Retire todas as fitas de apoio.

Apêndices

Mapa dos Registradores ModBus

Mapa dos Registradores ModBus do Recurso de Hardware. Todos os registradores são de 16 bits e os endereçamentos mostrados neste documento são em hexadecimais. Não é permitido ler ou escrever mais que 120 registradores em uma só transação, devido ao erro relativo da taxa do baudrate do aparelho.

Registradores de Identificação		
Endereço	Tipo de Acesso	Descrição
0x0	Leitura	Identificador do modelo do aparelho. Valor em ASCII
0x1	Leitura	Versão do modelo do aparelho. Valor em ASCII
0x2	Leitura	Versão do firmware. Valor em ASCII. O formato da versão é x.y, porém o será enviado sem o ponto decimal. Exemplo: versão 1.0 será transmitido 10.

Registradores de Trabalho		
Endereço	Tipo de Acesso	Descrição
0x10	Leitura	Quantidade de termômetros gerenciados pelo recurso de hardware.
0x11	Leitura	Ação do recurso de hardware. Sinaliza um ação que o recurso de hardware está fazendo no momento. Uma ação pode ser um experimento em andamento, ou uma configuração nos termômetros. O recurso de hardware somente faz uma ação por vez, logo esse registrador deve

		<p>ser consultado antes de emitir uma nova ação.</p> <ul style="list-style-type: none"> • 0: O recurso de hardware não está fazendo nada; • 1: O recurso de hardware está fazendo um experimento ou uma configuração nos termômetros.
0x12	Leitura	<p>Status do experimento.</p> <ul style="list-style-type: none"> • 0: Sinaliza que o experimento ou processo de configuração dos termômetros foi feito com sucesso; • 1: Não foi possível se comunicar pelo menos com um termômetro; • 2: Pelo menos um dos termômetros deu erro de leitura de temperatura, ou a mesma ficou fora dos limites de trabalho.
0x13	Leitura	<p>Quantidade de amostras de temperatura coletadas durante o experimento. São no máximo 600 amostras, correspondendo a 10 minutos de experimento.</p>
0x14	Escrita	<p>Comando para configurar os termômetros a usarem grandezas de temperaturas em graus Celsius ou em graus Fahrenheit. Valor a ser enviado:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 0: O tipo de grandeza será determinado pelo jumper do termômetro; • 1: O tipo de grandeza será em graus Celsius; • 2: O tipo de grandeza será em graus Fahrenheit.
0x15	Escrita	<p>Comando para dar início ao experimento. O valor enviado é irrelevante, por padrão envie o valor 0.</p>
0x16	Escrita	<p>Comando para parar experimento. O valor enviado é irrelevante, por padrão envie o valor 0.</p>
0x17	Escrita	<p>Comando para limpar as estatísticas de temperatura mínimas e máximas dos termômetros. O valor enviado é irrelevante, por padrão envie o valor 0.</p>

Registradores dos Termômetros		
Endereço	Tipo de Acesso	Descrição
0x400	Leitura	<p>Status de Comunicação</p> <ul style="list-style-type: none"> • 0: Sem comunicação com o termômetro. O mesmo não está conectado, ou está desligado, ou não há dispositivo neste endereço. • 1: O termômetro recebeu uma função que não foi implementada; • 2: Foi acessado a um endereço de registrador inexistente; • 3: Foi tentado gravar um valor inválido no registrador do termômetro; • 4: Um irrecoverável erro ocorreu enquanto o termômetro estava tentando executar a ação solicitada; • 5: Comunicação estabelecida com sucesso.
0x401	Leitura	<p>Status do termômetro</p> <p>Bit[4]: Em que grandeza o termômetro está trabalhando:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 0: Graus Celsius; • 1: Graus Fahrenheit. <p>Bits[3:0]: Status do sensor:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 0: Sinaliza que o termômetro está lendo pela primeira vez o sensor. Isto somente acontece no momento que o termômetro é ligado. • 1: O termômetro já contém o valor convertido; • 2: Sinaliza um erro, indica que o valor está abaixo da escala permitida pelo termômetro; • 3: Sinaliza um erro, indica que o valor está acima da escala permitida pelo termômetro;
0x402	Leitura	Valor em graus, dependo da grandeza selecionada, valor multiplicado por 10
0x403	Leitura	Valor mínimo em graus alcançado a partir do reinício

		da estatística, valor multiplicado por 10
0x404	Leitura	Valor máximo em graus alcançado a partir do reinício da estatística, valor multiplicado por 10

O endereço de 0x400 a 0x404 acessam o primeiro termômetro, e os endereços:

- 0x404 = 0x400, porém acessa o segundo termômetro
- 0x405 = 0x401, porém acessa o segundo termômetro
- 0x406 = 0x402, porém acessa o segundo termômetro
- 0x407 = 0x403, porém acessa o segundo termômetro
- 0x408 = 0x404, porém acessa o segundo termômetro
- E assim sucessivamente até o último termômetro

Registadores dos Resultados dos experimentos		
Endereço	Tipo de Acesso	Descrição
0x1000	Leitura	Endereço inicial dos valores das temperaturas do primeiro termômetro. Os valores estão multiplicados por 10. Os demais valores estão na sequência de endereço a partir desse endereço. Ver o registrador modbus de endereço 0x13 para saber a quantidade de valores a serem lidos
0x2000	Leitura	Idem ao endereço 0x1000, porém para o segundo termômetro.
0x3000	Leitura	Idem ao endereço 0x2000, porém para o terceiro termômetro.

Para os demais termômetros segue na sequência de endereço saltando sempre de 0x1000. Para saber a quantidade de termômetros a serem lidos consulte o registrador modbus de endereço 0x10.



Terminal

O Recurso de Hardware oferece um terminal para emitir comandos semelhantes ao prompt do DOS. Este terminal é acessado via porta UART a 115200 bps.

Mapa dos Registradores ModBus do termômetro

Todos os registradores são de 16 bits e os endereços mostrados neste documento são em hexadecimais. Recomendação de não ler ou escrever mais que 120 registradores em uma só transação por causa do erro relativo da taxa do baudrate do aparelho.

Registradores de Identificação		
Endereço	Tipo de Acesso	Descrição
0x0	Leitura	Identificador do modelo do aparelho. Valor em ASCII
0x1	Leitura	Versão do modelo do aparelho. Valor em ASCII
0x2	Leitura	Versão do firmware. Valor em ASCII. O formato da versão é x.y, porém o será enviado sem o ponto decimal. Exemplo: versão 1.0 será transmitido 10.

Registradores de Trabalho		
Endereço	Tipo de Acesso	Descrição
0x20	Escrita	Determina o modo de tratamento da temperatura. Se vai ser em graus Celsius ou Fahrenheit. <ul style="list-style-type: none">• 0 = Tratamento da temperatura determinada pelo jumper do termômetro;

		<ul style="list-style-type: none"> • 1 = Temperatura tratada em graus Celsius; • 2 = Temperatura tratada em graus Fahrenheit.
--	--	---

Registadores dos Conversores Analógicos para Digitais de 12Bits

Endereço	Tipo de Acesso	Descrição
0x100	Leitura	Retorna com o valor ADC da entrada do segundo sensor.

Registadores do Termômetro

Endereço	Tipo de Acesso	Descrição
0x200	Leitura	<p>Status do Termômetro</p> <p>O que está sendo mostrado no visor do multímetro:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bit[4]: <ul style="list-style-type: none"> ○ 0: Celcius; ○ 1: Fahrenheit. <p>Status do sensor:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bits [3:0]: <ul style="list-style-type: none"> ○ 0: Sinaliza que o termômetro está lendo os valores. Isto acontece somente quando o aparelho é ligado pela primeira vez, ou quando o sensor e desconectado e conectado novamente. ○ 1: O termômetro contém o valor de temperatura; ○ 2: Sinaliza um erro, indica que o valor está abaixo da escala permitida pelo multímetro; ○ 3: Sinaliza um erro, indica que o valor está acima da escala permitida pelo multímetro.
0x201	Leitura	Valor da temperatura multiplicado por 10;
0x202	Leitura	Valor da temperatura mínima multiplicado por 10;

0x203	Leitura	Valor da temperatura máxima multiplicado por 10;
--------------	---------	--

Registradores Especiais		
Endereço	Tipo de Acesso	Descrição
0xA001	Escrita	Reinicia as estatísticas ADC e Temperatura. O valor é irrelevante basta enviar um comando de escrita.

Registradores Auxiliares		
Endereço	Tipo de Acesso	Descrição
0xFFFF0 a 0xFFFF5	Escrita/Leitura	Registradores de uso gerais, funcionam como uma pequena memória RAM

Tutorial de reinicialização do experimento

Para reiniciar o experimento usa-se um terminal para conexão ssh, por exemplo o software PuTTY realiza este tipo de conexão, este pode ser baixado no seguinte link: <http://www.chiark.greenend.org.uk/~sgtatham/putty/download.html>. Utilizando o PuTTY, basta inserir o endereço IP do experimento que se deseja reinicializar.

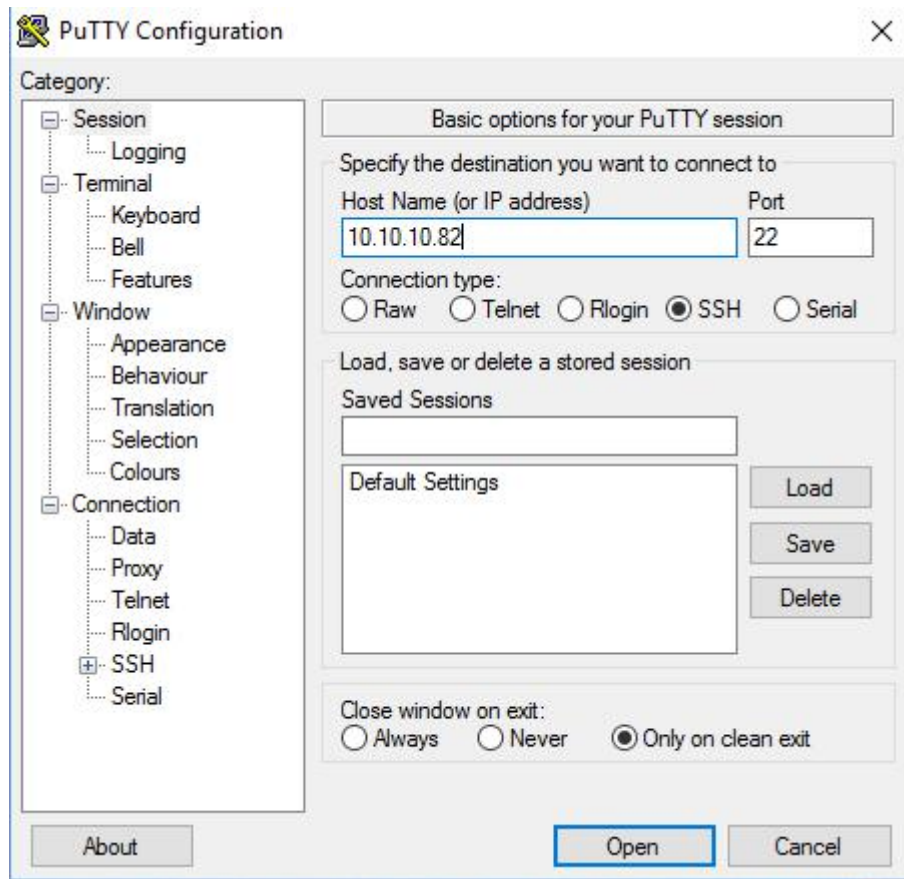


Figura 10 – PuTTY

Ao abrir a conexão será aberto um terminal (Figura 17), onde será solicitado um usuário (user) para autenticação, recomenda-se autenticar com o usuário root, logo em seguida será solicitado a senha do computador embarcado. E por fim, para reiniciar o computador embarcado, digite o comando *reboot* no terminal.



Figura 11 - Terminal SSH com experimento

Verificação e reinício do serviço

Para verificar se os serviços do laboratório remoto estão rodando, basta usar o comando `ps -aux | grep node` que irá verificar os processos rodando referente ao servidor web Node.JS responsável por executar o serviço da aplicação. Caso o serviço esteja rodando, o resultado será algo similar a Figura 12 que exibe o usuário e número do processo em execução. Neste caso o processo PID 2434.

```
[root@raspberrypi:~# ps -aux | grep node
warning: bad ps syntax, perhaps a bogus '-'?
See http://gitorious.org/procps/procps/blobs/master/Documentation/FAQ
root    2434  0.1  9.7 1182324 43412 ?        Sl   May12 102:36 /usr/local/bin/node /home/conducao_app/apps.js
root    21479 0.0  0.3  3520  1740 pts/0    S+   14:17   0:00 grep node
```

Figura 12 - Verificação do serviço

Ações de iniciar, pausar ou verificar status do serviço podem serem executadas usando os comandos `service conducaoapp start|stop|status`.

Manutenção do streaming de vídeo

O vídeo é transmitido pelo software Motion. Para instalação do software pode-se fazer seu download via repositório através do comando “*apt-get install motion*” e acessar os arquivos de configurações *motion* e *motion.conf* através de algum editor de código no diretório */etc/default/motion* definindo o parâmetro *start_motion_deamon* para o valor *yes*.

As configurações relacionadas a qualidade da imagem e a transmissão ficam disponíveis no arquivo *motion.conf* no diretório */etc/motion/*. Ainda para início da transmissão os parâmetros *daemon* e *webcam_localhost* devem ser mudados para *on* e *off*, respectivamente.