

Universidade Estadual de Maringá (UEM)  
Centro de Ciências Exatas  
Departamento de Física

Ana Cláudia Sabino

**Placa Automatizada para Medições de Tensão e  
Corrente em Circuitos Elétricos (Multi-Circuito).**

Maringá - PR  
2017

Universidade Estadual de Maringá  
Centro de Ciências Exatas  
Departamento de Física

Ana Claudia Sabino

**Placa Automatizada para Medições de Tensão e  
Corrente em Circuitos Elétricos (Multi-Circuito).**

Monografia apresentada ao curso de  
Física para obtenção do Grau de  
Licenciado em Física.

Orientado por: Breno Ferraz de Oliveira.

Maringá - PR  
2017

Universidade Estadual de Maringá (UEM)  
Centro de Ciências Exatas (CCE)  
Departamento de Física (DFI)

Ana Claudia Sabino

**Placa Automatizada para Medições de Tensão e  
Corrente em Circuitos Elétricos (Multi-Circuito).**

Esta monografia foi julgada adequada para a obtenção do Grau de Licenciado em Física, e aprovado na sua forma final pela Universidade Estadual de Maringá.

Data: 09 / 12 / 2017

Nota: \_\_\_\_\_

---

Prof. Dr. Breno Ferraz de Oliveira  
Orientador - UEM

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Maria Estela Gozzi  
Avaliador - UEM

---

Prof. Dr. Maurício Custódio de Melo  
Avaliador - UEM

## RESUMO

No ensino médio, muitos alunos costumam queixar-se das aulas de física, porém esses mesmos estudantes demonstram muito interesse pelas mais diversas tecnologias disponíveis. Diante dessa dicotomia, a presença de atividades experimentais nas aulas de física é de grande importância para motivar os estudantes, além de promover a contextualização dos conteúdos trabalhados em sala de aula e no cotidiano. O estudo do eletromagnetismo e da eletricidade aplicados na disciplina de física, são de grande importância, também considerado principais assuntos a ser trabalhado no ensino médio, segundo documentos oficiais. Neste trabalho, será apresentado o desenvolvimento e teste de um equipamento polivalente, chamado Multi-Circuito, cuja finalidade é auxiliar as aulas experimentais de física, no estudo de circuitos elétricos, por meio de medições automatizadas de tensão e corrente elétrica. O aparelho permite reduzir significativamente o tempo de montagem experimental, além de possibilitar diversas configurações de circuitos. A montagem didática do Multi-Circuito apresentado pode ser dividida em quatro partes: o Arduino Nano, sensores de tensão e corrente, mostrador gráfico LCD com tela sensível e chaveador de Tensão. A programação do Arduino Nano foi realizada utilizando o ambiente de desenvolvimento integrado fornecido gratuitamente pela organização Arduino e a listagem completa do programa encontra-se disponível em apêndice do trabalho. Para integrar os componentes da montagem foi utilizada uma placa de circuito impresso, que foi presa a uma prancheta de acrílico. A prancheta foi cortada e perfurada para acomodar os LCD e os conectores do tipo “banana fêmea”. O equipamento é alimentado através do conector USB do Arduino Nano, por um *power bank* recarregável, mas a alimentação também pode ser feita utilizando um computador. Após a montagem e programação do equipamento, foram realizados testes de funcionamento e ajustes necessários, utilizando três resistores em uma associação em série. Por fim, foram realizadas simulações envolvendo diversas configurações de circuitos elétricos, que resultaram na confecção de gabaritos, disponibilizados também em apêndices do trabalho.

Palavras-chave: Ensino de física, Circuitos Elétricos Didáticos, Arduino.

Maringá

Janeiro de 2017

## Sumário

Capítulo 1. INTRODUÇÃO .....	1
Capítulo 2. EXPERIMENTAÇÃO DIDÁTICA EM ELETRICIDADE BÁSICA .....	3
2.1. Introdução .....	3
2.2. Experimentos Didáticos de Eletricidade Básica.....	3
Capítulo 3. MONTAGEM DIDÁTICA DO MULTI-CIRCUITO.....	6
3.1. Introdução .....	6
3.2. Arduino Nano .....	6
3.3. Sensores de Tensão e Corrente (INA219) .....	9
3.3.1. Comunicação I <sup>2</sup> C (Inter-Integrated Circuit).....	11
3.4. Display de LCD sensível ao toque ( <i>TouchScreen</i> ).....	13
3.5. Chaveador de Tensão.....	19
3.6. Circuito Eletrônico Completo.....	20
3.7. Programação do Arduino.....	22
3.8. Circuito Impresso .....	23
3.8. Montagem do Multi-Circuito .....	23
3.9. Teste do Multi-Circuito .....	25
Capítulo 4. TESTE DO MULTI-CIRCUITO.....	27
4.1. Introdução .....	27
4.2. Circuito com Resistores em Série.....	28
4.3. Circuito com Resistores em Paralelo.....	29
4.4. Circuito com Resistores em Associação Mista.....	30
4.5. Circuito com LEDs .....	31
Capítulo 5. APLICAÇÃO DO MULTI-CIRCUITO .....	33
5.1. Introdução.....	33
5.2. Aplicação no Estágio Supervisionado .....	33
5.3. Modelo de roteiro para a aplicação do Multi-Circuito .....	34
5.4. Considerações sobre a aplicação do Multi-Circuito .....	37
5.5. Mudanças realizadas no Multi-Circuito para a aplicação.....	38
Capítulo 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	39
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	40
APÊNDICE A - LISTAGEM DO PROGRAMA ARDUINO .....	41
APÊNDICE B - GABARITO RESISTORES EM SÉRIE .....	45
APÊNDICE C - GABARITO RESISTORES EM PARALELO .....	46
APÊNDICE D - GABARITO RESISTORES MISTA .....	47
APÊNDICE E - GABARITO LEDs .....	48

# Capítulo 1.

## INTRODUÇÃO

Dois fenômenos notáveis atualmente são: o desinteresse da maioria dos alunos pela escola, especialmente por disciplinas como a Física; e o fascínio de estudantes pela tecnologia digital. Essa dicotomia pode criar uma geração de usuários tecnológicos e analfabetos científicos. Para minimizar esta situação, pode-se utilizar a tecnologia disponível para realizar experimentos e demonstrações de leis e fenômenos físicos. Experimentos e demonstrações são importantes ferramentas didáticas, segundo Villatorre (2009):

O laboratório ou experimento torna-se importante, como um instrumento gerador de observações e de dados para as reflexões, ampliando a argumentação dos alunos. No experimento, tem-se o objeto em que ocorre manipulação do concreto, pelo qual o aluno interage através do tato, da visão e da audição, contribuindo para as deduções e as considerações abstratas sobre o fenômeno observado.

Apesar da importância das atividades experimentais, nas escolas tais atividades são raras, devido a fatores que vão desde a falta de equipamentos e o tempo disponível e dificuldades profissionais dos professores.

O principal motor da revolução tecnológica foi o domínio da eletricidade. Atualmente quase todos dispositivos presentes no cotidiano são dependentes da eletricidade. Por isso os conceitos de tensão, corrente, resistência e potência elétrica deveriam ser enfatizados no ensino de Física. Estudar esses conceitos e suas aplicações, em circuito, pode ajudar a entender a conta mensal de luz, o carregador do celular, as vantagens da lâmpada LED, a necessidade da bateria no carro, etc.

A própria Base Nacional Comum Curricular (BNCC) (BRASIL, 2017) enfatiza o conteúdo de eletromagnetismo e da eletricidade aplicada na disciplina de Física do Ensino Médio. Para tanto ela apresenta a Unidade Curricular Eletromagnetismo - Material e Equipamento, que tem como objetivos:

*“- Compreender e explicar o funcionamento de circuitos elétricos simples de equipamentos do cotidiano, como chuveiros, aquecedores e lâmpadas, a partir de princípios gerais e modelos simples, associando suas tensões, resistências e potências.*

- *Estabelecer as relações entre campos elétricos e magnéticos, em suas variações no tempo e no espaço, identificando os princípios de funcionamento de equipamentos e sistemas, tais como eletroímãs, motores, geradores, transformadores, microfones, alto-falantes.*
- *Compreender a relação entre o desenvolvimento do eletromagnetismo e a Segunda Revolução Industrial, assim como avaliar seus impactos ambientais, sociais e culturais.*
- *Construir equipamentos simples de sentido prático ou lúdico, a partir de componentes de fácil acesso, explicitando os fenômenos elétricos e magnéticos envolvidos em cada parte do seu arranjo.*
- *Analisar o funcionamento de usinas elétricas, comparando as de fonte hídrica, térmica ou de diferentes coletores solares; estudar a distribuição e o consumo de energia elétrica, com seu alcance econômico e seus impactos ambientais e sociais.*
- *Interpretar e relacionar propriedades elétricas, magnéticas e óticas, como condutibilidade, magnetização, opacidade ou transparência, de materiais como metais, dielétricos e semicondutores interpretando-as a partir de modelos da mobilidade eletrônica.*
- *Descrever e explicar dispositivos semicondutores e lasers, em termos dos princípios físicos que presidem sua operação, e revelar suas propriedades funcionais para uso em equipamentos e sistemas.*
- *Interpretar ou produzir textos de caráter prático, com informações em gráficos, diagramas, ilustrações e tabelas, fazendo uso de símbolos e códigos, para identificar grandezas elétricas, magnéticas e suas variações". (BRASIL, 2017)*

Assim, percebemos que montagens e mensurações de circuitos elétricos costumam ser utilizadas para o ensino de conceitos de eletricidade, mas a manipulação de multímetros, fontes, resistores e fios costumam demandar um certo tempo, que é um dos recursos mais escassos na disciplina de física.

Nesse trabalho é apresentado o desenvolvimento e o teste de um equipamento polivalente, chamado Multi-Circuito, para estudar de circuitos elétricos com medições automatizadas de tensões e corrente elétricas.

## Capítulo 2.

### EXPERIMENTAÇÃO DIDÁTICA EM ELETRICIDADE BÁSICA

#### 2.1. Introdução

Cursos de ensino superior das áreas exatas e tecnológicas têm disciplinas de laboratórios didáticos de Física, nos quais estudam experimentalmente mecânica, termodinâmica, eletromagnetismo e óptica. No eletromagnetismo normalmente são abordados tópicos de eletricidade básica e aplicada (MATEUS, 2010), tais como unidades de medidas elétricas (tensão, corrente, resistência), leis de Ohms e de Kirchhof, associação de resistores, elementos não lineares (semicondutores).

Muitas escolas do ensino médio possuem laboratórios básicos de física, com multímetros (voltímetros, amperímetros, ohmímetros), resistores, pilhas e fios. Com esse material é possível realizar interessantes demonstrações sobre eletricidade básica.

#### 2.2. Experimentos Didáticos de Eletricidade Básica

Normalmente as atividades experimentais de eletricidade básica, no ensino superior e médio, consistem em fazer arranjos com os componentes (resistores, capacitores, indutores, semicondutores), as fontes de tensão (corrente contínua ou alternada) e medidores elétricos (multímetros, osciloscópio). Para conectar tudo são utilizados cabos elétricos (fios), muitas vezes com o auxílio de placas conectoras ou *protoboards* (IRAMINA, 2017). Dependendo do circuito, essa fiação pode ser tornar muito complexa e confusa, possibilitando erros de ligação que podem ocasionar medidas incorretas ou mesmo danos em componentes e equipamentos.

Somente após a montagem de todo o arranjo é possível realizar o experimento, que muitas vezes consiste apenas na leitura dos valores nos mostradores de multímetros.

Na Figura 2.1 é apresentada, como exemplo, uma montagem experimental para medir a corrente e as tensões elétricas, numa associação de apenas dois resistores em série. Nessa montagem é possível notar, além dos dois resistores na placa conectora, a fonte de alimentação, os três multímetros (um como amperímetro e dois como voltmímetro) e oito cabos conectores.



Figura 2.1 - Montagem básica para estudar a corrente e as tensões elétricas numa associação de dois resistores em série.

A montagem e verificação de todos esses fios demanda boa parte do tempo das aulas de disciplinas experimentais, sendo comum a necessidade da repetição de montagem por erros de ligação.

A ligação de cada fio ajuda a entender o circuito completo, sendo muito interessante nas primeiras montagens, mas torna-se rapidamente repetitiva e tediosa, gastando um precioso tempo que poderia ser utilizado em outras configurações / medidas do circuito.

No Ensino Médio são geralmente 2ha/semana para a disciplina de Física. Por isso qualquer atividade experimental ou demonstrativa, deve ser muito bem ponderada com a carga horária disponível.

O equipamento desenvolvido neste trabalho (Multi-Circuito) possibilita diminuir consideravelmente o tempo para montagem e leitura, possibilitando seu uso nas aulas de Eletromagnetismo, no Ensino Médio, sem comprometer a escassa carga horária.

Ele também permite uma maior flexibilidade na montagem, possibilitando que o tempo economizado, na montagem, seja utilizado para estudar novas configurações de circuitos, enriquecendo as aulas de Física Experimental no Ensino Médio.

## Capítulo 3.

### MONTAGEM DIDÁTICA DO MULTI-CIRCUITO

#### 3.1. Introdução

A montagem didática (Multi-Circuito) apresentada neste trabalho pode ser dividida em quatro partes: o Arduino Nano, os Sensores de Tensão e Corrente (INA219), o Display LCD gráfico com tela sensível e o Chaveador da Tensão.

#### 3.2. Arduino Nano

Os Arduinos são plataformas de prototipagem eletrônicas, com *hardware* livre geralmente em placa única. Começaram a ser desenvolvidos em 2005 na cidade de Ivrea (Itália) com o objetivo de serem utilizadas em projetos de baixo orçamento. Existem inúmeros sites e comunidades dedicadas aos interessados em utilizar os arduinos, sendo a página oficial: [www.arduino.cc](http://www.arduino.cc). Atualmente, possuem diversos modelos disponíveis, sendo o mais popular o Arduino Uno que utiliza o microprocessador de 8 bits ATmega328 numa placa de 68.6 x 53.4 mm. Segundo CAVALCANTE (2011):

A possibilidade de escrever e ler em portas digitais do Arduino abre uma infinidade de aplicações para a experimentação em física e consideramos que sua inserção em sala de aula representa um passo importante para maior apropriação da tecnologia na construção do conhecimento.

Nesta montagem é utilizado um Arduino Nano, que usa o mesmo microprocessador do Arduino Uno, mas numa placa muito menor 18 x 45 mm. Na Figura 3.1 é mostrado o tamanho comparativo entre os Arduinos Uno e Nano e uma moeda de R\$ 1,00.



Na Figura 3.3 são mostradas a pinagem do Arduino Nano, com as portas de entrada e saída de dados / sinais.

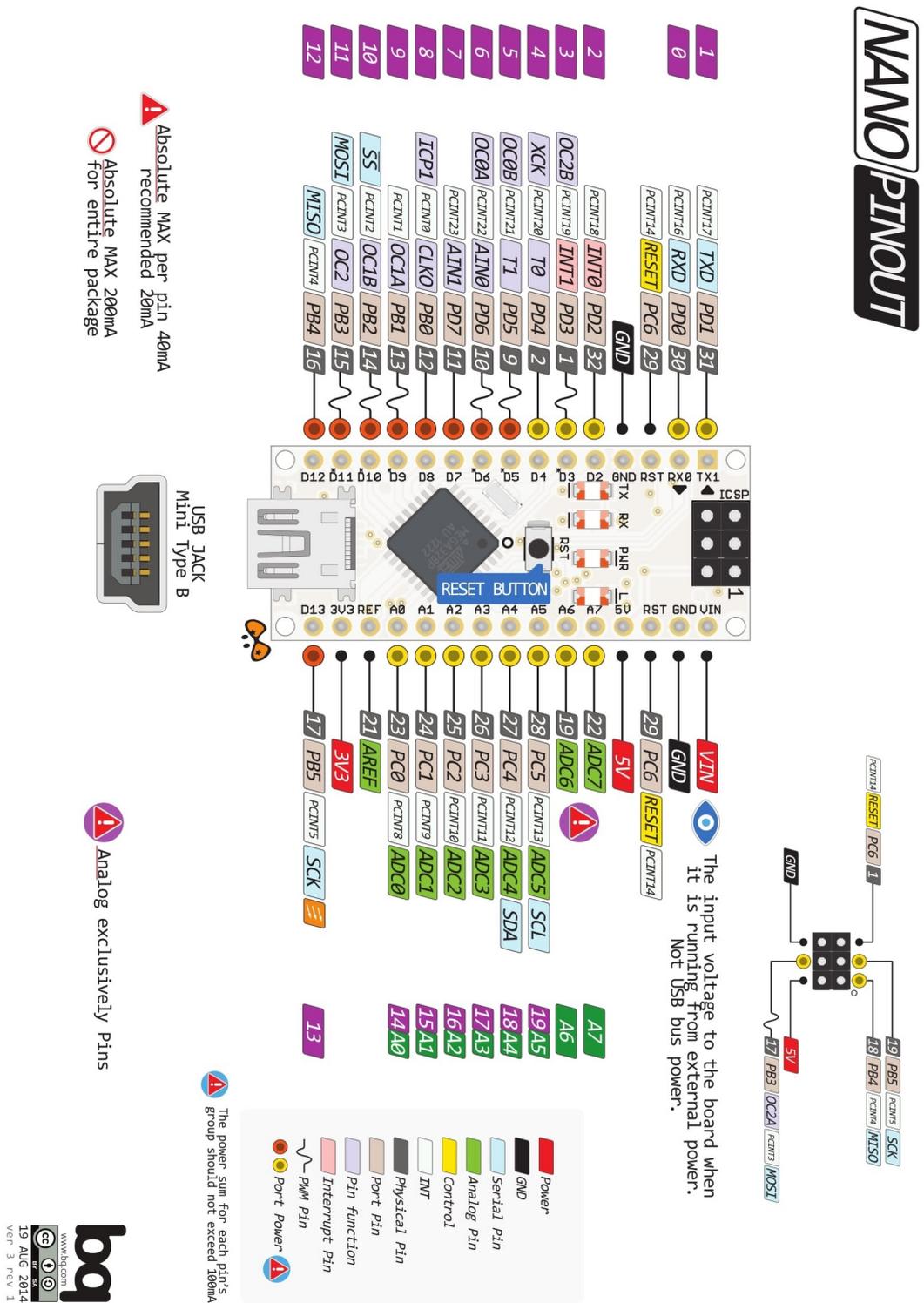


Figura 3.3 - Mapa de pinagem do Arduino Nano.  
Fonte: www.bq.com

### 3.3. Sensores de Tensão e Corrente (INA219)

Nesse trabalho, são utilizados como sensores de tensão e corrente os circuitos integrados de 8 pinos INA219, desenvolvido pela Texas Instruments. Ele possui entrada unipolar para mediar tensões de até 26V em relação ao  $G_{ND}$  e entradas bipolares ( $V_{IN+}$  e  $V_{IN-}$ ) para medir corrente através de um resistor externo. A comunicação com o Arduino Nano é realizada por meio do protocolo  $I^2C$ , através dos pinos de Dados (SDA) e Sincronismo (SCL). Um diagrama simplificado do INA219 é apresentado na Figura 3.4.

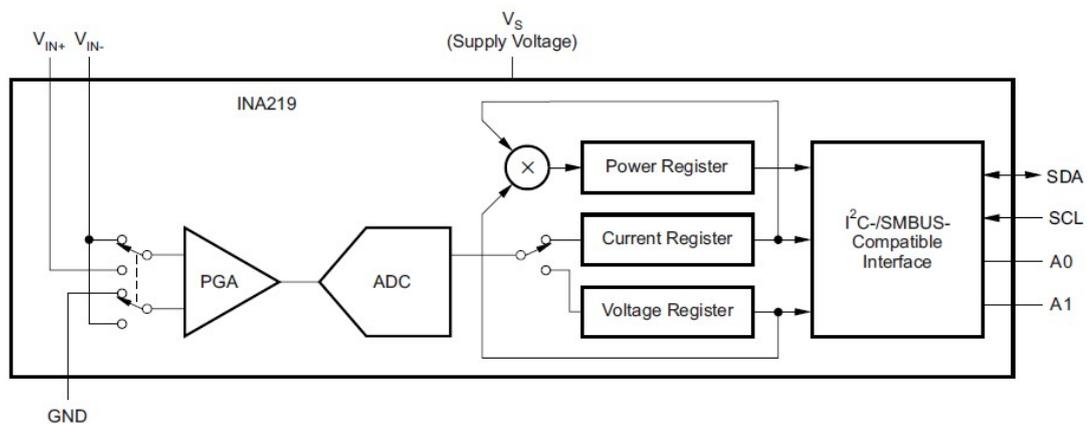


Figura 3.4. Diagrama Simplificado do INA219  
Fonte: Texas Instruments (INA219, 2017)

Através dos pinos de endereço A0 e A1, até 16 circuitos INA219 podem ser ligados em uma rede de comunicação  $I^2C$ , cada qual com seu endereço próprio. Para isso é necessário apenas conectar A0 e A1 nos pinos  $G_{ND}$ ,  $V_S$ , SDA ou SCL. Na Tabela 3.1 são mostrados os endereços dos INA219, conforme os pinos de endereçamento A0 e A1.

Tabela 3.1 - Endereços do INA219 conforme conexão dos pinos A0 e A1  
Fonte: [www.ti.com/lit/ds/symlink/ina219.pdf](http://www.ti.com/lit/ds/symlink/ina219.pdf)

A1	A0	Endereço
$G_{ND}$	$G_{ND}$	64 ( $40_{hex}$ )
$G_{ND}$	$V_S$	65 ( $41_{hex}$ )
$G_{ND}$	SDA	66 ( $42_{hex}$ )

G <sub>ND</sub>	SCL	67 (43 <sub>hex</sub> )
V <sub>S</sub>	G <sub>ND</sub>	68 (44 <sub>hex</sub> )
V <sub>S</sub>	V <sub>S</sub>	69 (45 <sub>hex</sub> )
V <sub>S</sub>	SDA	70 (46 <sub>hex</sub> )
V <sub>S</sub>	SCL	71 (47 <sub>hex</sub> )
SDA	G <sub>ND</sub>	72 (48 <sub>hex</sub> )
SDA	V <sub>S</sub>	73 (49 <sub>hex</sub> )
SDA	SDA	74 (4A <sub>hex</sub> )
SDA	SCL	75 (4B <sub>hex</sub> )
SCL	G <sub>ND</sub>	76 (4C <sub>hex</sub> )
SCL	V <sub>S</sub>	77 (4D <sub>hex</sub> )
SCL	SDA	78 (4E <sub>hex</sub> )
SCL	SCL	79 (4F <sub>hex</sub> )

Os controles e dados do INA219 são armazenados internamente na forma de registradores de 16 bits. Conforme mostrado na Tabela 3.2.

Tabela 3.2 - Registradores (16 bits) do INA219  
Fonte: [www.ti.com/lit/ds/symlink/ina219.pdf](http://www.ti.com/lit/ds/symlink/ina219.pdf)

Registrador	Nome	Descrição	Valor
00	Configuration	Configurações de Funcionamento	-
01	Shunt Voltage	Tensão entre V <sub>IN+</sub> e V <sub>IN-</sub>	$\delta V$
02	Bus Voltage	Tensão entre V <sub>IN+</sub> e G <sub>ND</sub>	V
03	Power	Potência elétrica (Calculada)	$P = V * I$
04	Current	Corrente elétrica (Calibrada)	$I = \delta V * cal$
05	Calibration	Fator de Calibração	cal

A programação básica de um INA219 consiste configurar seus parâmetros de funcionamento (Configuration), ajustar o Fator de Calibração (Calibration) e ler a Tensão (Bus Voltage), Corrente (Current) e, se houver interesse, a Potência (Power).

Para simplificar e facilitar a montagem foram utilizadas placas prontas com o circuito integrado INA219, como a mostrada na Figura 3.5. Além do INA219 (assinalado como B219), essas placas possuem resistores de referência de precisão

de  $0,100\Omega$  (assinalado como R100), conexão para medir tensão e corrente ( $V_{IN+}$  e  $V_{IN-}$ ), de alimentação ( $V_{cc}$  e  $Gnd$ ), de comunicação ( $Sda$  e  $Scl$ ) e de Endereçamento ( $A0$  e  $A1$ ).

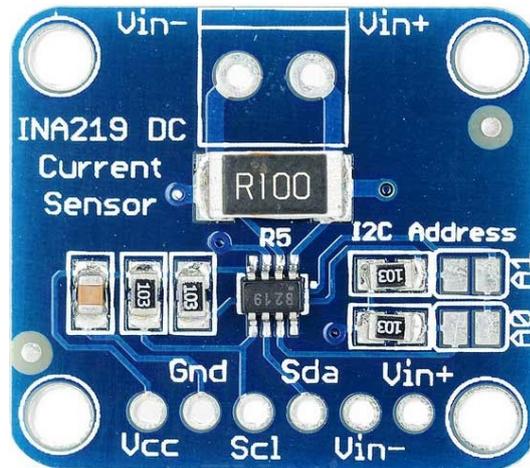


Figura 3.5 - Imagem de uma Placa com o INA219

### 3.3.1. Comunicação I<sup>2</sup>C (Inter-Integrated Circuit)

A comunicação I<sup>2</sup>C foi projetada pela Philips no início dos anos 80 para permitir uma comunicação fácil entre componentes numa mesma placa de circuito digital. A Philips Semiconductors migrou para a NXP em 2006. A velocidade de comunicação original foi definida com um máximo de 100 kbit/s, suficiente muitas aplicações. Atualmente existem modos rápidos de I<sup>2</sup>C de 400 kbit/s e 3,4 Mbit/s.

Esse protocolo de comunicação é muito utilizado, mas requer um complexo sincronismo entre os sinais SDA e SCL. Na Figura 3.6 é mostrada, como exemplo, a sequência temporal necessária para enviar um dado de 16 bits para um INA219.

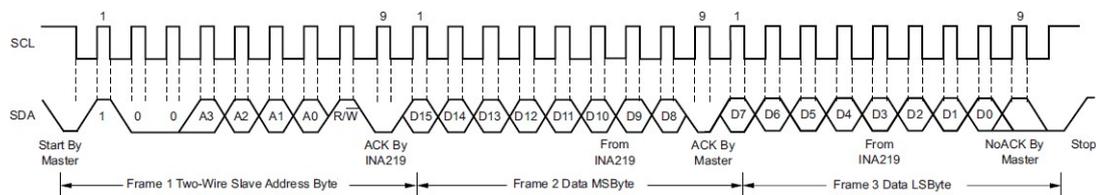


Figura 3.6- Transmissão I<sup>2</sup>C de dado de 16 bits para o INA219.

Um aspecto positivo, a ser considerado, é que o microprocessador (ATmega328) do Arduino Nano tem um controlador dedicado para comunicação I<sup>2</sup>C,

com portas próprias: A4 para SDA e A5 para SCL. Para facilitar o uso desse recurso, existe uma biblioteca Arduino (wire.h) com funções internas específica para a comunicação I<sup>2</sup>C (begin, beginTransmission, endTransmission, read, write, requestFrom). Utilizando-se dessas funções internas foi possível criar as funções para escrita (write\_INA219) e leitura (read\_INA219) nos registradores do INA219, mostradas a seguir:

```
// Escrita no endereço iAddr, registrador iReg, valor iValor
void write_INA219(byte iAddr, byte iReg, uint16_t iValor){
    Wire.beginTransmission(iAddr);
    Wire.write(iReg);
    Wire.write(iValor>>8);
    Wire.write(iValor);
    Wire.endTransmission();
    delay(1);
}
```

```
// Ler no endereço iAddr, o valor do registrador iReg
uint16_t read_INA219(byte iAddr, byte iReg){
    const byte nBytes = 2;
    Wire.beginTransmission(iAddr);
    Wire.write(iReg);
    Wire.endTransmission();
    delay(1);
    Wire.requestFrom(iAddr, nBytes);
    return (Wire.read()<<8) + Wire.read();
}
```

Na montagem apresentada nesse trabalho, foram utilizados 12 sensores INA219, aninhados em 4 linhas por 3 colunas. A função getData\_INA219s realiza as medidas das tensões e correntes desses INA219, fazendo a medida da média somada das tensões na linha:

```
// Leitura de Tensões Médias e Correntes dos INA219
void getData_INA219s(int iVoltage[4], int iCorrent[4][3]) {
    const uint8_t nBytes = 2;
    for (byte iLine = 0; iLine < 4; ++iLine) {
```

```

iVoltage[iLine]=0;
for (byte iCol = 0; iCol < 3; ++iCol) {
    byte iAddr=0x40+iLine*3+iCol;
    iVoltage[iLine]+=read_INA219(iAddr,0x02)>>3;
    iCorrent[iLine][iCol]=read_INA219(iAddr,0x04);
    if (abs(iCorrent[iLine][iCol])>32000)
        iCorrent[iLine][iCol]=0;
    }
}
}
}

```

Os valores medidos das correntes nos INA219 devem ser calibrados, reduzindo os erros devidos aos resistores de referências e dos conversores analógicos digitais internos. Essa calibração é realizada escrevendo-se valores de ajuste nos registradores Calibration dos INA219, conforme a função `calibration_INA219s`, apresentada em seguida:

```

// Calibracao os Valores de Corrente dos INA219
const uint16_t iCalibration[] =
    {4000, 4150, 3970, 4000, 4070, 4150,
     3970, 4150, 4100, 4150, 4150, 4200};
void calibration_INA219s() {
    for (byte b = 0; b < 12; ++b) {
        write_INA219(b+0x40,0x00,0x07FF);
        write_INA219(b+0x40,0x05,iCalibration[b]);
    }
}
}

```

Os valores de calibração (`iCalibration[]`) são conseguidos empiricamente, passando uma corrente (100mA) conhecida pelos INA219.

### 3.4. Display de LCD sensível ao toque (*TouchScreen*)

Na montagem foi utilizada uma tela LCD (*Liquid Crystal Display*), com tecnologia TFT (Thin Film Transistor), com 2,4 polegadas de diagonal, resolução de 320 x 240 pixels com 65535 cores. Esse display está numa placa de circuito impresso, feita para encaixar no Arduino Uno, formando um escudo (*shield*). Na Figura 3.7 é mostrada a frente e o verso da placa com o LCD.

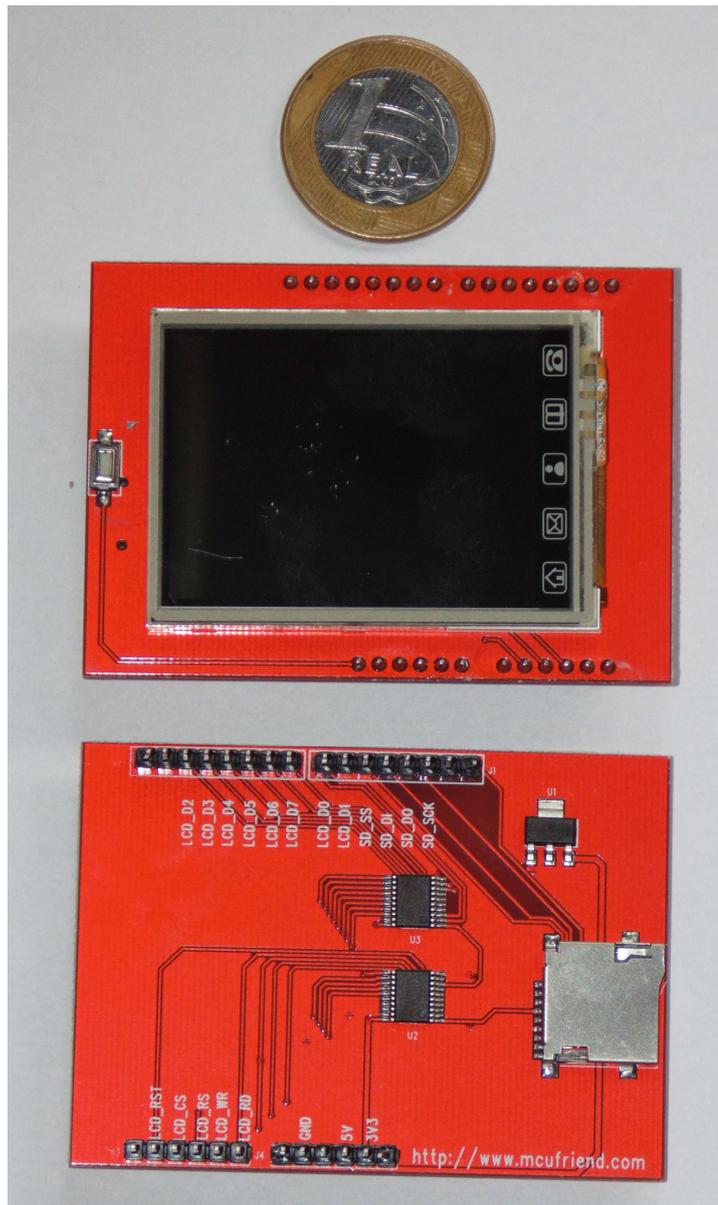


Figura 3.7 - Frente e Verso Placa com o Display

Além do display, essa placa (*Shield*) tem um sensor de toque (*Touch Screen*) e uma entrada para cartões de memória (*Memory Card*). O sensor de toque é utilizado no Controlador de Tensão. A entrada para cartões de memória não é utilizada.

Para a comunicação com o LCD são necessárias oito Linhas de Dados (LCD\_D0 ... LCD\_D7) e cinco linhas de controle (LCD\_CS, LCD\_RS, LCD\_WR, LCD\_RD e LCD\_RST). Para o sensor de toque são necessários quatro linhas (X+, Y+, X-, Y-) de controle (TOUCH\_XP, TOUCH\_YP, TOUCH\_XM e TOUCH\_YM). Como não será acessado o LCD enquanto estiver sendo lido o

sensor de toque e vice-versa, esses dispositivos pode utilizar as mesmas portas, desde que sejam tomados os cuidados para evitar conflito de dados. A seguir é apresentada as definições das portas no programa do Arduino Nano utilizadas pela placa de display e sensor de toque:

```
#define LCD_D0      8    // D0 no Digital8
#define LCD_D1      9    // D1 no Digital9
#define LCD_D2      2    // D2 no Digital2
#define LCD_D3      3    // D3 no Digital3
#define LCD_D4      4    // D4 no Digital4
#define LCD_D5      5    // D5 no Digital5
#define LCD_D6      6    // D6 no Digital6
#define LCD_D7      7    // D7 no Digital7
#define LCD_CS     A3    // CS no Analog3
#define LCD_RS     A2    // RS no Analog2
#define LCD_WR     A1    // WR no Analog1
#define LCD_RD     A0    // RD no Analog0
#define LCD_RST    10    // Reset no Digital10
#define TOUCH_XP   6    // X+ no Digital6
#define TOUCH_YP   A2    // Y+ no Analog2
#define TOUCH_XM   A1    // X- no Analog1
#define TOUCH_YM   7    // Y- no Digital7
```

O controle desta placa é relativamente complexo, mas existem bibliotecas que facilitam a programação. Neste trabalho foram utilizadas as bibliotecas escritas pela empresa Adafruit ([www.adafruit.com](http://www.adafruit.com)). Para utilizá-las devem ser incluídas no programa e criados dois objetos (Lcd e Touch), como segue:

```
#include "Adafruit_GFX.h"
#include "Adafruit_TFTLCD.h"
#include "TouchScreen.h"

TouchScreen Touch(TOUCH_XP, TOUCH_YP, TOUCH_XM, TOUCH_YM, 100);
Adafruit_TFTLCD Lcd(LCD_RD, LCD_WR, LCD_RS, LCD_CS, LCD_RST);
```

O LCD é colorido, com resolução de 16 bits. Nesse equipamento serão utilizadas apenas as cores básicas (branco, preto, vermelho, verde e azul) definidas como:

```
//Definicao de cores
#define BLACK          0x0000
#define BLUE           0x001F
#define RED             0xF800
#define GREEN          0x07E0
#define WHITE          0xFFFF
```

Para iniciar o LCD e desenhar os quadros e as linhas foi criada a função `inicia_Lcd`, conforme segue:

```
// Inicializa o LCD e Desenha Linhas
void inicia_Lcd() {
    Lcd.reset();
    Lcd.begin(0x9325);
    Lcd.fillRect(BLACK);
    Lcd.setRotation(1);
    Lcd.setTextSize(3);
    Lcd.drawRoundRect(0, 0, 319, 239, 5, WHITE);
    Lcd.drawRoundRect(1, 1, 317, 237, 5, WHITE);
    Lcd.drawFastHLine(0, 60, 319, WHITE);
    Lcd.drawFastHLine(0, 120, 319, WHITE);
    Lcd.drawFastHLine(0, 180, 319, WHITE);
}
```

A função `print_V`, escreve o valor da tensão medida (`iVal`) numa determinada posição (`x, y`) do LCD, seguido pela unidade de tensão (`v`). Valor da tensão é expresso em centésimos de Volts, por isso precisa ser multiplicada por 0,01. Para facilitar a leitura os dígitos 0 são substituídos pela letra O. A função `Lcd.fillRect` apaga a escrita anterior.

```
// Escreve a Tensão na posição x,y
```

```

void print_V(int x, int y, int iVal) {
    String sTemp = String (0.01*iVal);
    byte iTemp = sTemp.length();
    Lcd.fillRect(x, y, 110, 21, BLACK);
    if (iTemp < 6) {
        sTemp.replace('0', 'O');
        iTemp = (5 - iTemp) * 19;
        Lcd.setCursor(x + iTemp, y);
        Lcd.print(sTemp);
        Lcd.print('v');
    }
}

```

A função `print_mA`, escreve o valor da corrente medida (`iVal`) numa determinada posição (`x, y`) do LCD, seguido pela unidade de tensão (mA). Se a corrente for positiva o valor será precedida pelo sinal +, se for negativa pelo sinal -, e se for nula não terá nenhum sinal. Para economizar espaço do LCD a unidade mA e os sinais é escrita em tamanho menor, com `setTextSize(2)`. A função `Lcd.fillRect` apaga a escrita anterior.

```

// Escreve a Corrente na posição x,y
void print_mA(int x, int y, int iVal) {
    String sTemp = String (abs(iVal));
    byte iTemp = sTemp.length();
    Lcd.fillRect(x, y, 70, 21, BLACK);
    for (byte i = 0; i < iTemp; ++i)
        if (sTemp[i] == '0') sTemp[i] = 'O';
    iTemp = (3 - iTemp) * 19;
    Lcd.setCursor(x + iTemp, y + 4);
    Lcd.setTextSize(2);
    if (iVal == 0) Lcd.print(" ");
    else if (iVal > 0) Lcd.print("-");
    else Lcd.print("+");
    iTemp += 14;
    Lcd.setCursor(x + iTemp, y);
    Lcd.setTextSize(3);
}

```

```

    Lcd.print(sTemp);
    Lcd.setCursor(x + 70, y + 7);
    Lcd.setTextSize(2);
    Lcd.print("mA");
    Lcd.setTextSize(3);
}

```

Por fim, a função `print_Line` escreve todos os dados de uma linha: título (`sTitle`), a tensão média (`iVoltage`) e três correntes (`iCorrent[3]`) numa dada cor (`color`):

```

// Escreve uma Linha de Medidas a partir da posição x,y
void print_Line(int x, int y, uint16_t color,
    String sTitle, int iVoltage, int iCorrent[3]) {
    Lcd.setTextColor(color);
    Lcd.setCursor(x, y);
    Lcd.print(sTitle);
    print_V(x + 160, y, 4*iVoltage/30);
    print_mA(x, y + 30, iCorrent[0]/10);
    print_mA(x + 100, y + 30, iCorrent[1]/10);
    print_mA(x + 200, y + 30, iCorrent[2]/10);
}

```

Para utilizar o sensor de toque, a única função utilizadas da biblioteca *TouchScreen* foi a `getPoint()`, que retorna os dados se algum ponto da tela foi tocado. É importante, após a função `getPoint` reconfigurar as portas utilizadas pelo *TouchScreen* ao seu *status* OUTPUT para poder ser utilizadas pela comunicação com o LCD. A função `touch_Press` verifica se está ocorrendo toque na tela:

```

// Verifica se Ocorre Toque na Tela
boolean touch_Press(){
    #define TOUCH_MINZ 10
    #define TOUCH_MAXZ 1000
    TSPoint point = Touch.getPoint();
    delay(100);
}

```

```

pinMode(TOUCH_XM, OUTPUT); digitalWrite(TOUCH_XM, LOW);
pinMode(TOUCH_YP, OUTPUT); digitalWrite(TOUCH_YP, HIGH);
pinMode(TOUCH_YM, OUTPUT); digitalWrite(TOUCH_YM, LOW);
pinMode(TOUCH_XP, OUTPUT); digitalWrite(TOUCH_XP, HIGH);
return (point.z > TOUCH_MINZ && point.z < TOUCH_MAXZ);
}

```

### 3.5. Chaveador de Tensão

Para a alimentação do Arduino, dos Sensores de Tensão / Corrente e do LCD / *TouchScreen* é necessária uma tensão de 5V através da entrada USB. O Chaveador de Tensão permite que esta tensão possa ser utilizada para alimentar o circuito elétrico estudado. O Chaveador é baseado num transistor dipolar PNP, modelo BD140, que quando existir uma corrente ( $I_B$ ) de passando pela base (B) é conduzida uma corrente ( $I_C$ ) entre o emissor (E) e coletor (C), conforme mostrada na parte esquerda da Figura 3.8.

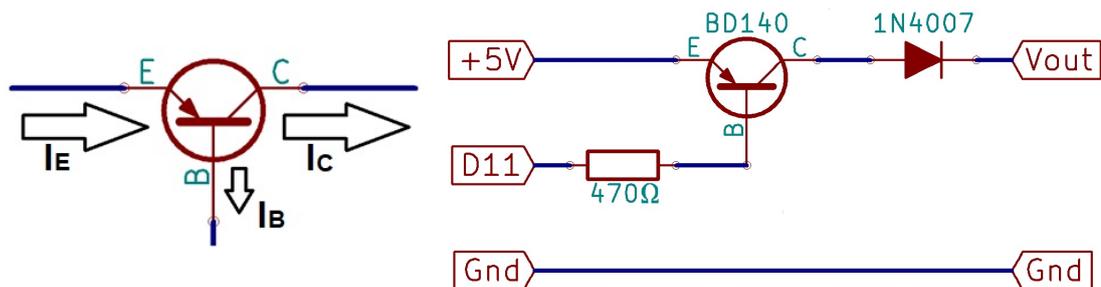


Figura 3.8 - Condução num Transistor PNP e o Circuito do Chaveador de Tensão

Para acionar o Chaveador é necessário aplicar um nível de tensão baixo (Gnd) na base do BD140 através de um resistor limitador ( $470\Omega$ ). A porta do Arduino Nano escolhida para comandar o Chaveador é a digital 11 (D11). Quando o nível do D11 for baixo (LOW) o Chaveador permite tensão no circuito testado. Quando o nível do D11 for alto (HIGH) o Chaveador corta a tensão para o circuito testado. Um diodo (1N4007) previne que tensões externas retornem para o Arduino. Como existe uma queda ( $\sim 0,6V$ ) na tensão ao atravessar-se um transistor ou um diodo, a tensão disponibilizada pelo chaveador é de aproximadamente  $3,8V$ , ou seja,  $5,0V$  da alimentação menos  $1,2V$  devido à passagem pelo transistor (BD140) e pelo diodo (1N4007).

### 3.6. Circuito Eletrônico Completo

O circuito completo é mostrado na Figura 3.9.

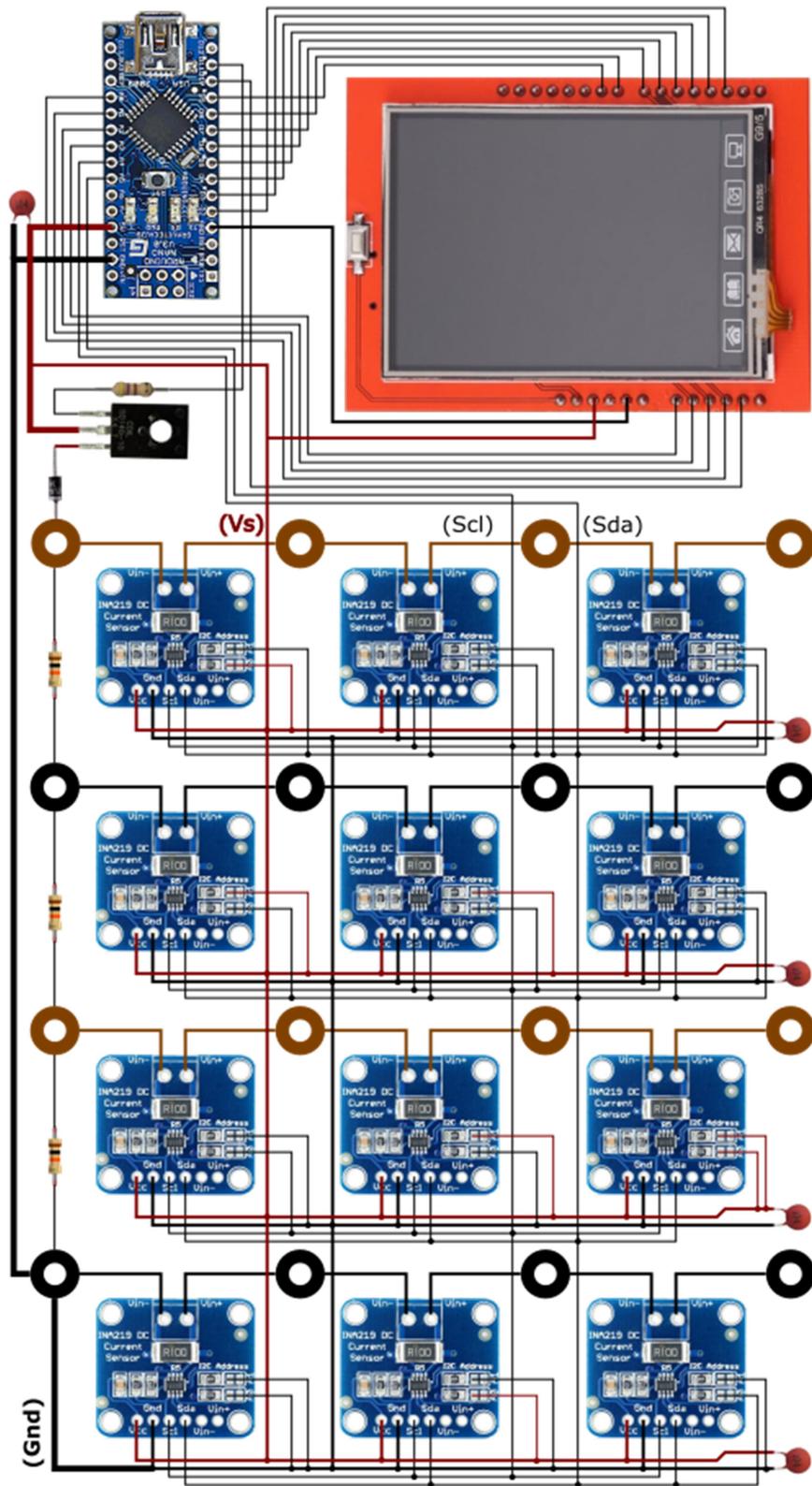


Figura 3.9 - Circuito Eletrônico Completo

Na Figura 3.10 também é mostrado o circuito completo, com seus os componentes destacados.

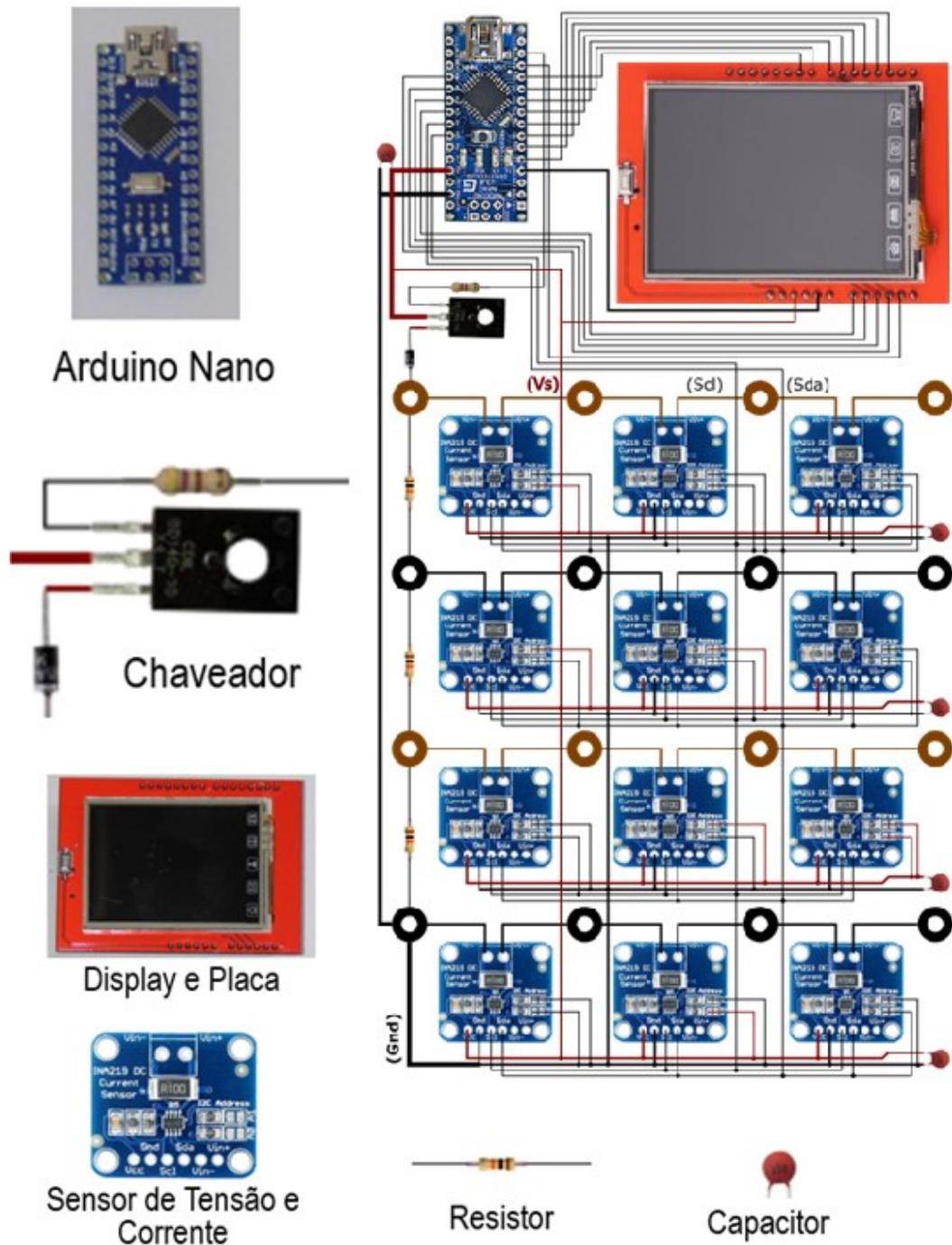
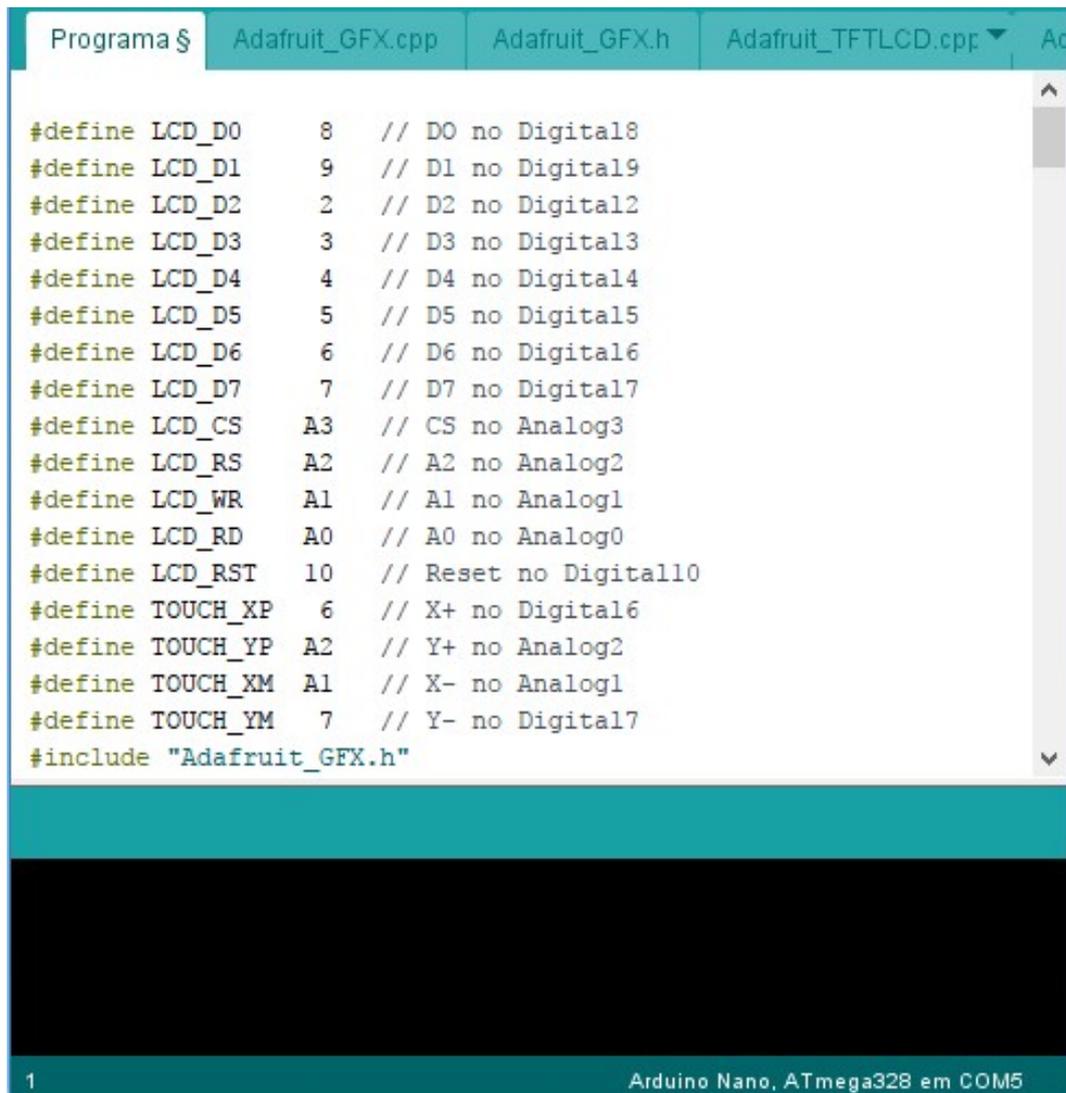


Figura 3.10 - Circuito Eletrônico Completo com Componentes Destacados.

### 3.7. Programação do Arduino

Para programar o Arduino Nano foi utilizado o ambiente de desenvolvimento integrado (*Integrated Development Environment / IDE*) fornecido gratuitamente pela organização Arduino. Este ambiente permite escrever, testar e transferir a programação para o Arduino de modo integrado, facilitando o seu desenvolvimento. Na Figura 3.11 é mostrada a tela do IDE Arduino com o programa do Multi-Circuito.

The image shows a screenshot of the Arduino IDE interface. At the top, there are tabs for 'Programa \$', 'Adafruit\_GFX.cpp', 'Adafruit\_GFX.h', and 'Adafruit\_TFTLCD.cpp'. The main window displays C++ code with several #define statements for pin configurations. The code includes comments in Portuguese explaining the pin assignments. At the bottom, the status bar shows '1' on the left and 'Arduino Nano, ATmega328 em COM5' on the right.

```
#define LCD_D0      8    // D0 no Digital8
#define LCD_D1      9    // D1 no Digital9
#define LCD_D2      2    // D2 no Digital2
#define LCD_D3      3    // D3 no Digital3
#define LCD_D4      4    // D4 no Digital4
#define LCD_D5      5    // D5 no Digital5
#define LCD_D6      6    // D6 no Digital6
#define LCD_D7      7    // D7 no Digital7
#define LCD_CS     A3    // CS no Analog3
#define LCD_RS     A2    // A2 no Analog2
#define LCD_WR     A1    // A1 no Analog1
#define LCD_RD     A0    // A0 no Analog0
#define LCD_RST    10    // Reset no Digital10
#define TOUCH_XP   6    // X+ no Digital6
#define TOUCH_YP   A2    // Y+ no Analog2
#define TOUCH_XM   A1    // X- no Analog1
#define TOUCH_YM   7    // Y- no Digital7
#include "Adafruit_GFX.h"
```

Figura 3.11 - IDE do Arduino com a Programação do Multi-Circuito.

A programação completa do Multi-Circuito com todas as funções necessárias é apresentada no Apêndice A.

### 3.8. Circuito Impresso

Para interconectar os componentes da montagem, foi desenhada uma placa de circuito impresso (PCI), utilizando o *software* livre KiCad.

A imagem da PCI, na escala correta, foi impressa num papel de transferência. Depois foi transferida para uma placa de circuito impresso nova, com a ajuda de um ferro de passar roupa. No final a PCI foi revelada por corrosão das áreas não desenhada por solução de percloroeto de ferro. Na Figura 3.12 é mostrada uma imagem da placa de circuito impresso pronta.

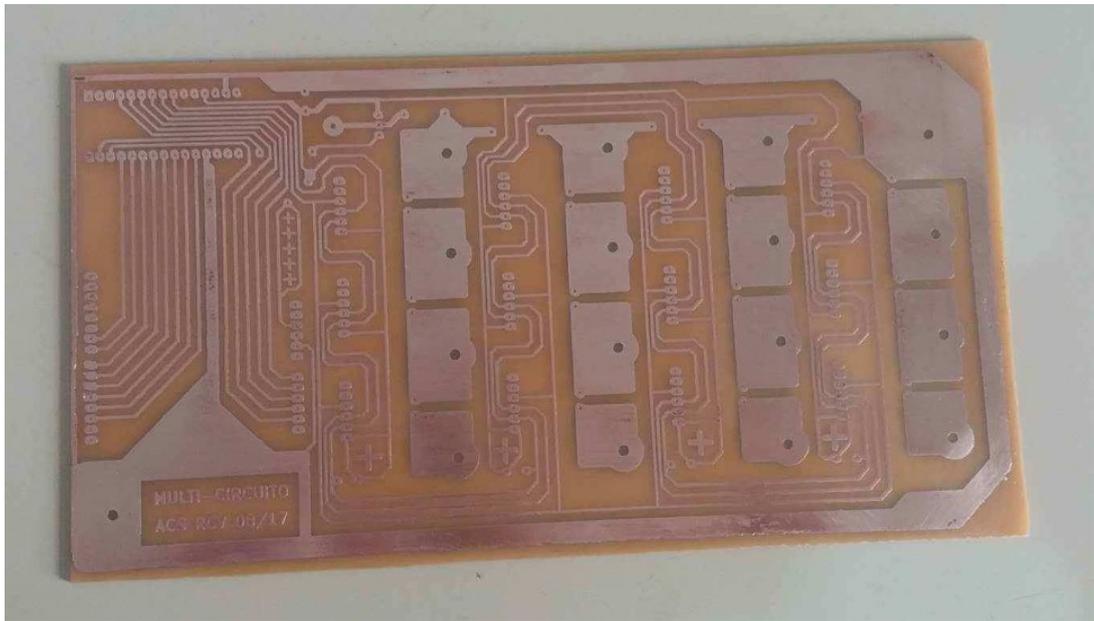


Figura 3.12 - Placa Circuito Impresso para o Multi-Circuito.

### 3.8. Montagem do Multi-Circuito

A montagem final da placa do Multi-Circuito é mostrada na Figura 3.13. Os fios brancos soldados nas placas azuis do INA219 são responsáveis pela seleção dos endereços I<sup>2</sup>C de cada sensor de tensão e corrente. Os furos maiores são usados para encaixar e parafusar bornes do tipo banana fêmea.

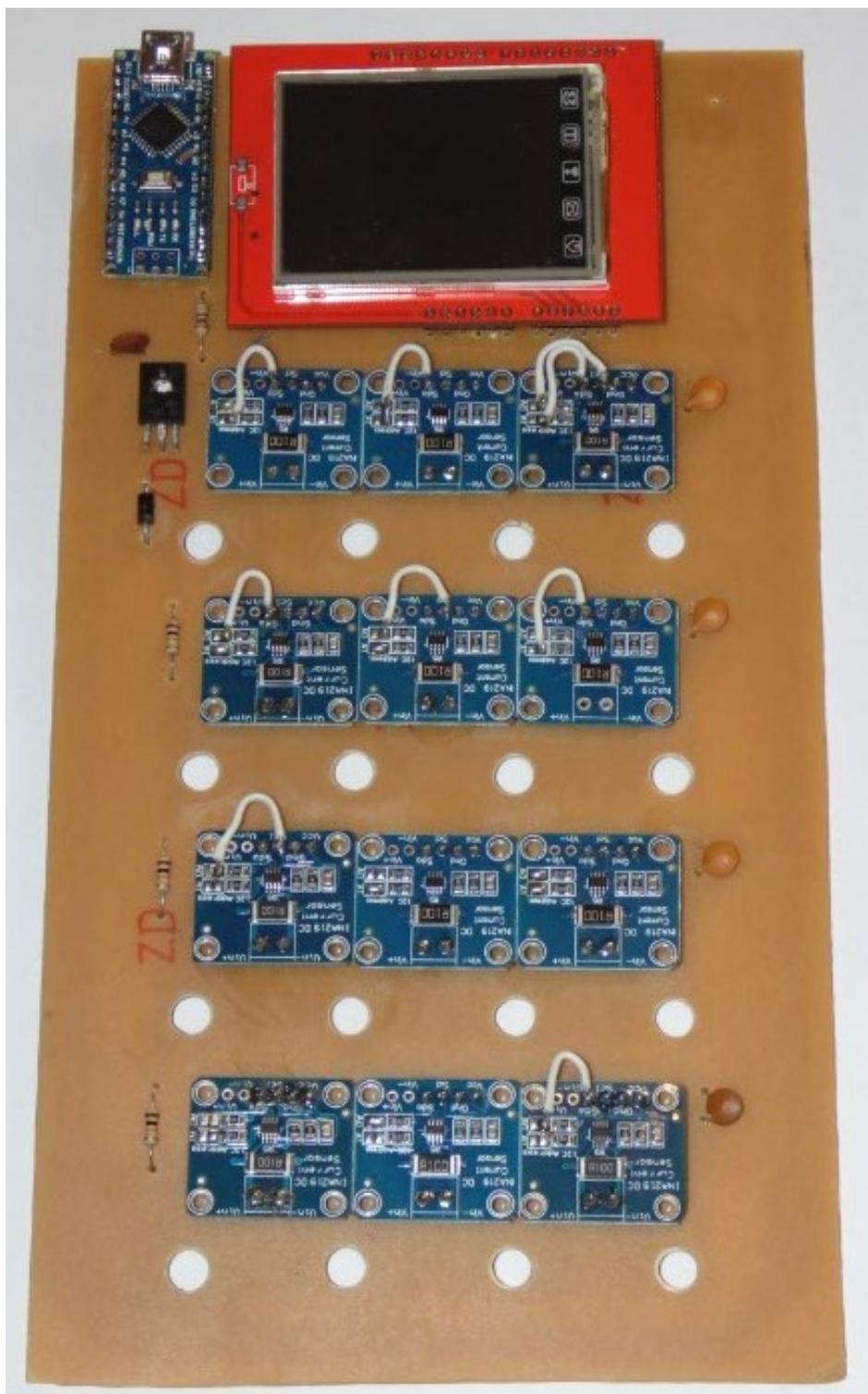


Figura 3.13 - Montagem final da placa Multi-Circuito.

A placa montada foi presa numa prancheta de acrílico, com corte para o display e furos para os conectores banana fêmea, conforme mostrado na Figura 3.14. O circuito foi alimentado através do conector USB do Arduino Nano por um *Power Bank* recarregável de 5V.

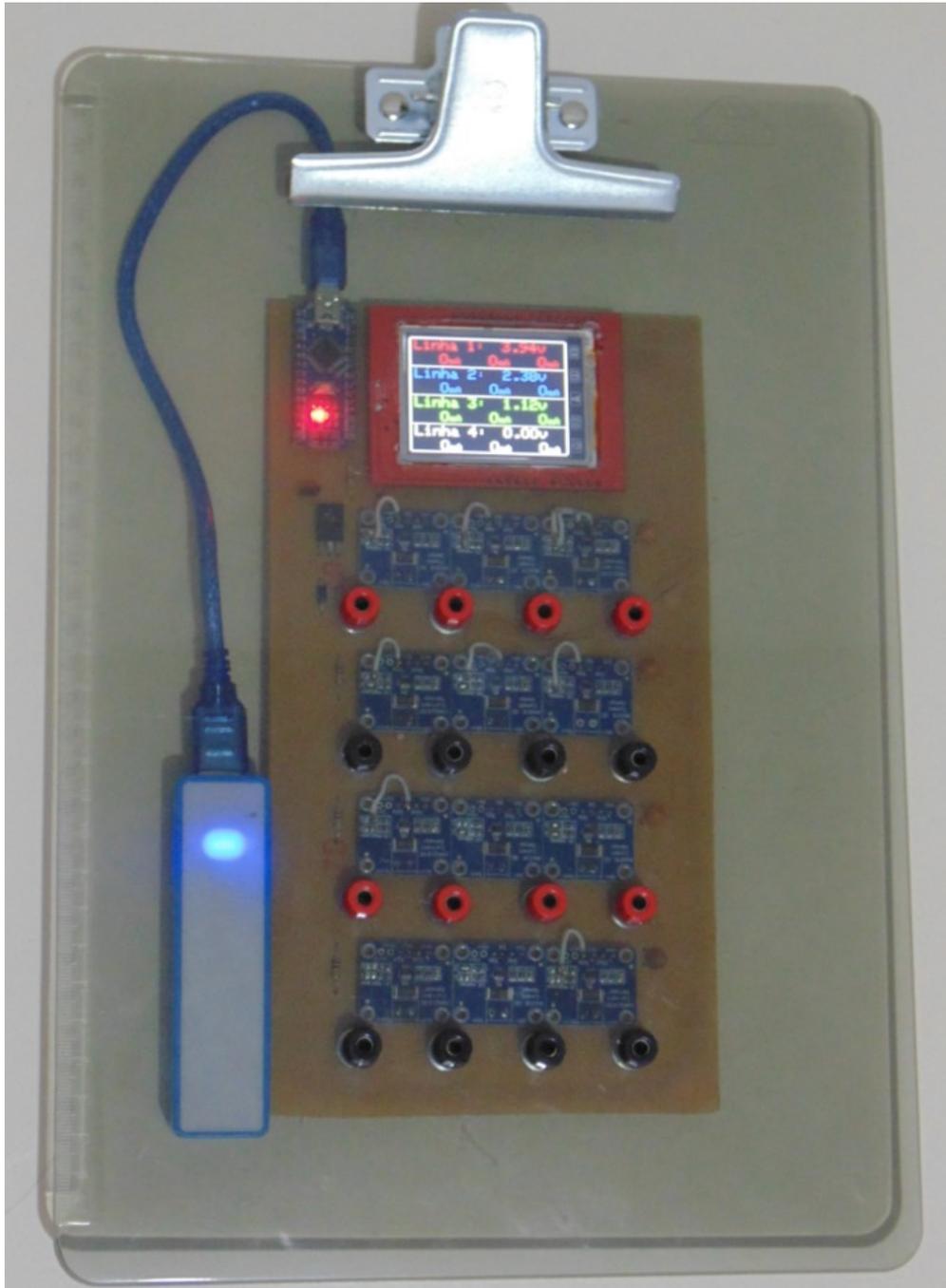


Figura 3.14 - Multi-Circuito numa Prancheta de Acrílico, alimentado por um *Power Bank*.

### 3.9. Teste do Multi-Circuito

Para testar o Multi-Circuito foram utilizados três resistores ( $10\Omega$ ,  $15\Omega$  e  $33\Omega$ ), colocados nas laterais alternadas, formando uma ligação em série e possibilitando a corrente elétrica passar por todos os sensores. Na Figura 3.15 é mostrado o teste realizado.

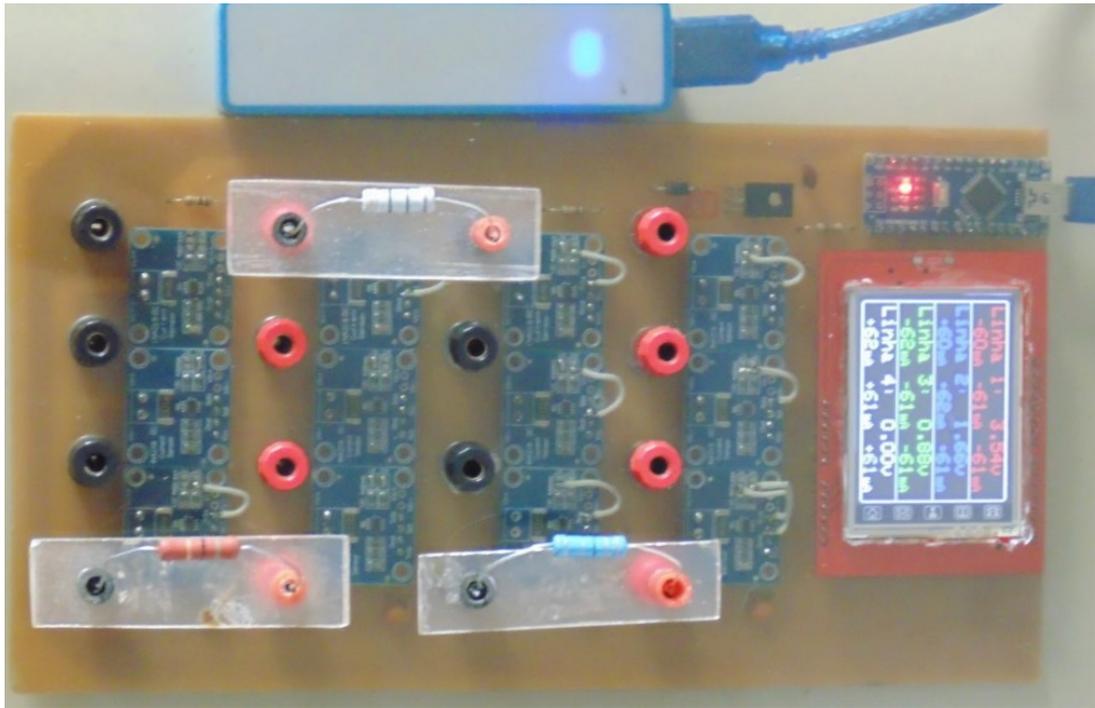


Figura 3.15 - Teste do Multi-Circuito com três resistores em série ( $10\Omega$ ,  $15\Omega$  e  $33\Omega$ ).

## Capítulo 4.

### TESTE DO MULTI-CIRCUITO

#### 4.1. Introdução

Neste capítulo são sugeridos, como exemplo, circuitos elétricos com resistores e LEDs (*Light Emitting Diode*). Os resistores utilizados têm valores entre  $10\Omega$  e  $100\Omega$  e potências de dissipação de 3W ou mais. Os LEDs são de tamanho grande (10mm), transparentes e de cores diversas (vermelho, laranja, verde e azul). São utilizados fios condutores (resistência desprezível). Esses componentes são soldados em pinos bananas machos e presos em pequenas placas de acrílico, conforme mostrado na Figura 4.1, para facilitar a colocação e retirada dos mesmos na prancheta do Multi-Circuito.

Com esses circuitos é possível verificar a lei de Ohms e de Kirchhoff, os valores de resistência equivalente ( $R_{eq}$ ) em associações de resistores em série, em paralelo ou em configuração mista. Utilizando LEDs pode-se verificar duas importantes características dos semicondutores de junção: a condução em sentido único e a queda de potencial na junção.

Para cada circuito sugerido foi confeccionado um gabarito que pode ser preso na prancheta do Multi-Circuito, orientando a montagem dos elementos do circuito. Esses gabaritos, em tamanho real, são apresentados nos apêndices B, C, D e E.

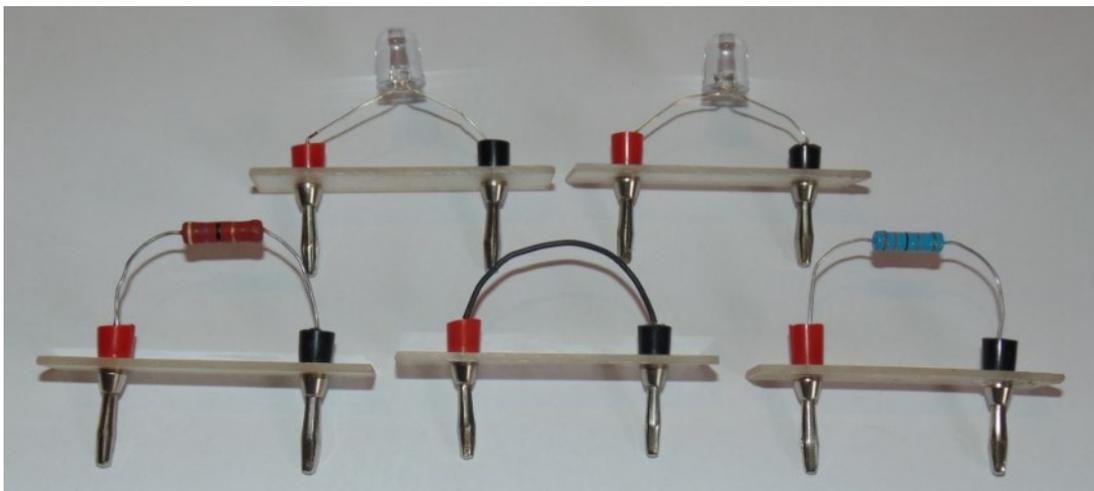


Figura 4.1 - Componentes (resistores, LEDs e Fio) para os circuitos.

## 4.2. Circuito com Resistores em Série

Este circuito é feito com três resistores associados em série (R1, R2 e R3), conforme mostra a Figura 4.2. Com ele é possível verificar a lei de Ohms ( $V = R \cdot i$ ) em cada um dos resistores e o valor da resistência equivalente ( $R_{eq}$ ) aos três resistores em série ( $R_{eq} = R1 + R2 + R3$ ).

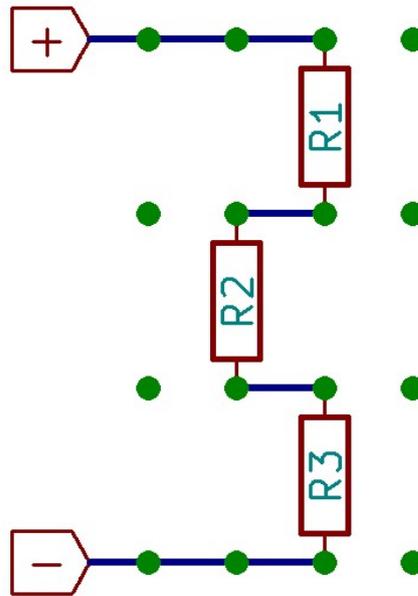


Figura 4.2 - Circuito com Resistores Associados em Série.

Na Figura 4.3 é mostrada a montagem para circuito em série, com o seu gabarito (Apêndice B).

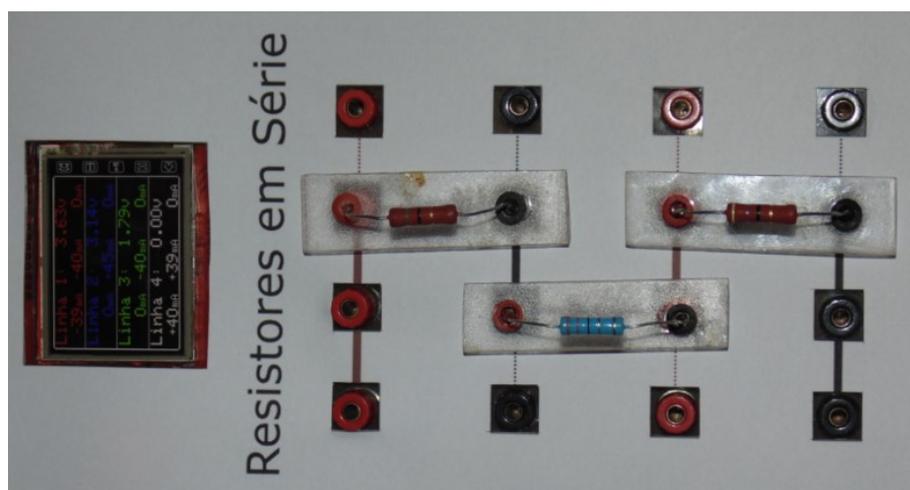


Figura 4.3 - Teste do Circuito com Resistores Associados em Série.

### 4.3. Circuito com Resistores em Paralelo

Este circuito é feito com dois conjuntos de resistores em paralelo, sendo um com dois resistores (R1 e R2) e outro com três resistores (R3, R4 e R5), conforme mostra a Figura 4.4. Com ele é possível verificar a lei de Kirchhoff e o valor da resistência equivalente ( $R_{eq}$ ) de resistores em paralelo.

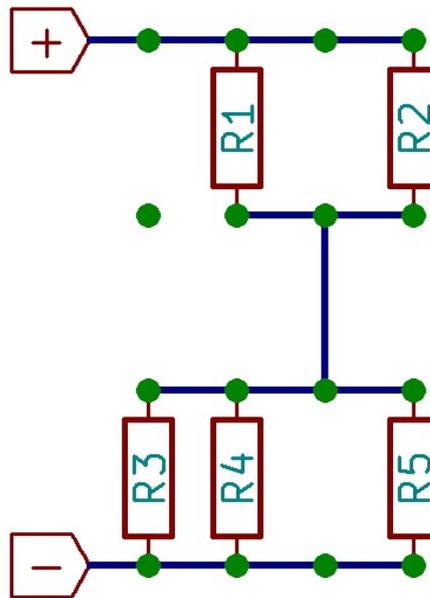


Figura 4.4 - Circuito com Resistores Associados em Paralelo.

Na Figura 4.5 é mostrada a montagem para circuito em paralelo, com o seu gabarito (Apêndice C).

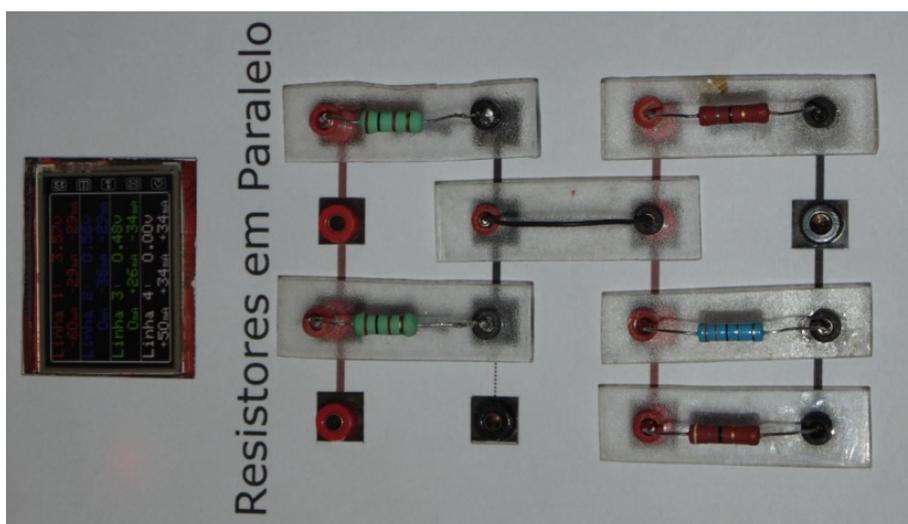


Figura 4.5 - Teste do Circuito com Resistores Associados em Paralelo.

#### 4.4. Circuito com Resistores em Associação Mista

São utilizados seis resistores para montar este circuito com associação mista de resistores (série e paralelo), conforme mostra a Figura 4.6. Com ele é possível analisar a distribuição de tensões e corrente.

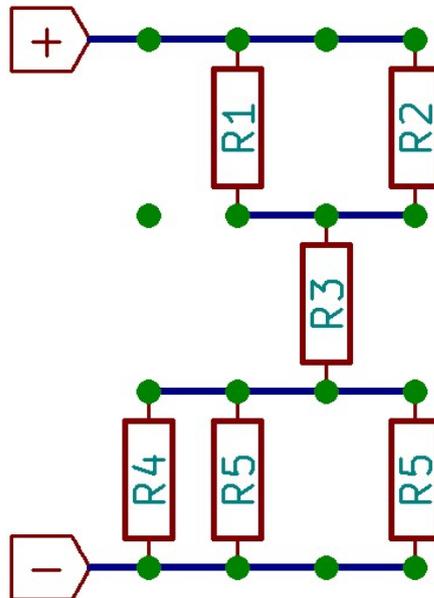


Figura 4.6 - Circuito com Resistores em Associação Mista.

Na Figura 4.7 é mostrada a montagem para circuito em série, com o seu gabarito (Apêndice D).

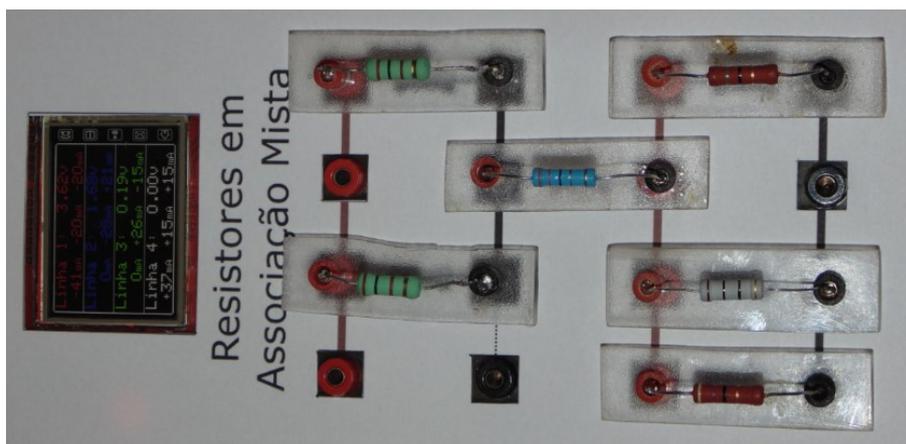


Figura 4.7 - Teste do Circuito com Resistores em Associação Mista.

## 4.5. Circuito com LEDs

Este circuito pode ser utilizada para estudar algumas características dos LEDs (semicondutor). Na Figura 4.8 é mostrado o circuito com dois LEDs de cores diferentes em paralelo e um resistor limitador (R1) em série.

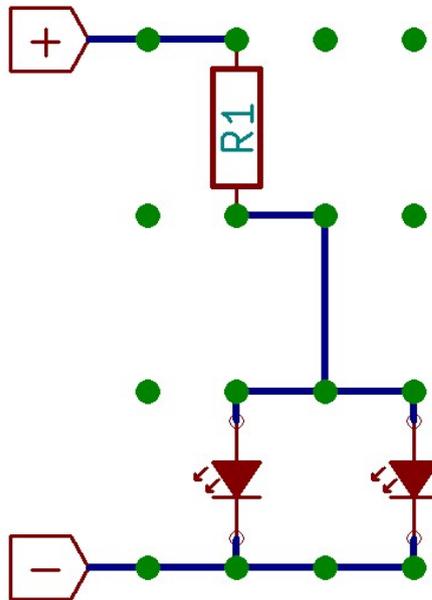


Figura 4.8 - Circuito com dois LEDs (cores diferentes).

Na Figura 4.9 é mostrada a montagem para circuito com dois LEDs (vermelho e verde), com o seu gabarito (Apêndice E). Nota-se que apenas o LED vermelho acende, por ter uma tensão de condução menor ( $\sim 1,8V$ ).

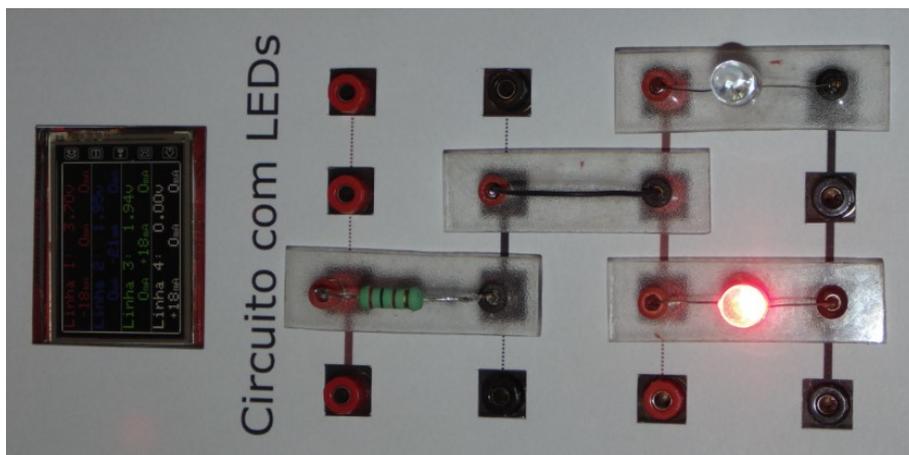


Figura 4.9 - Teste do Circuito com dois LEDs (vermelho e verde).

Na Figura 4.10 é mostrada a montagem para circuito com dois LEDs (vermelho e verde), sendo o LED vermelho com a pinagem invertida. Neste caso o LED vermelho não acende, por estar com polaridade invertida, permitindo ao LED verde acender.

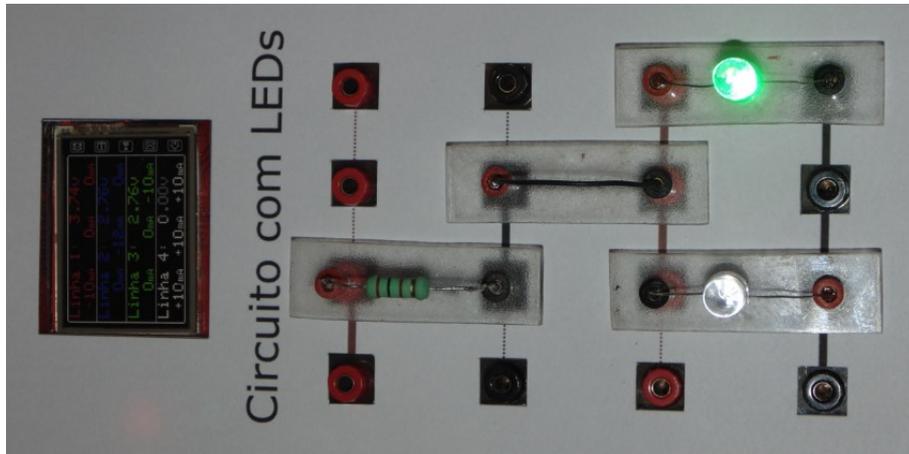


Figura 4.10 - Teste do Circuito com dois LEDs (vermelho e verde), com o LED vermelho invertido.

## **Capítulo 5.**

### **APLICAÇÃO DO MULTI-CIRCUITO**

#### **5.1. Introdução**

Neste capítulo é descrita a aplicação do Multi-Circuito durante o período de regência do Estágio Supervisionado de Física, no terceiro ano do ensino médio, em uma escola pública da cidade de Goioerê (PR), que abordou conteúdo de Eletricidade.

#### **5.2. Aplicação no Estágio Supervisionado**

No decorrer do estágio, foram trabalhados circuitos simples, utilizando pilhas, lâmpadas, resistores e multímetros. Para o conteúdo referente associação de resistores e Lei de Ohm, primeiramente foram apresentadas simulações com o auxílio do simulador “Phet” e posteriormente o Multi-Circuito foi apresentado, com os seguintes objetivos:

- Proporcionar aos alunos o manuseio e a montagem de circuitos propostos nos gabaritos;
- Facilitar a observação de medidas de Tensão e Corrente nas configurações propostas;
- Verificar possíveis dificuldades em relação a utilização do equipamento.

O kit experimental fornecido aos alunos foi composto por: placa automatizada, resistores (de resistências diversas) e leds, ambos soldados em pinos bananas machos e presos em pequenas placas de acrílico (conforme sugerido anteriormente). Também foram disponibilizados os gabaritos, esquemas representativos das associações e um roteiro simplificado, confeccionado para esta aula, conforme mostrado na Figura 5.1.

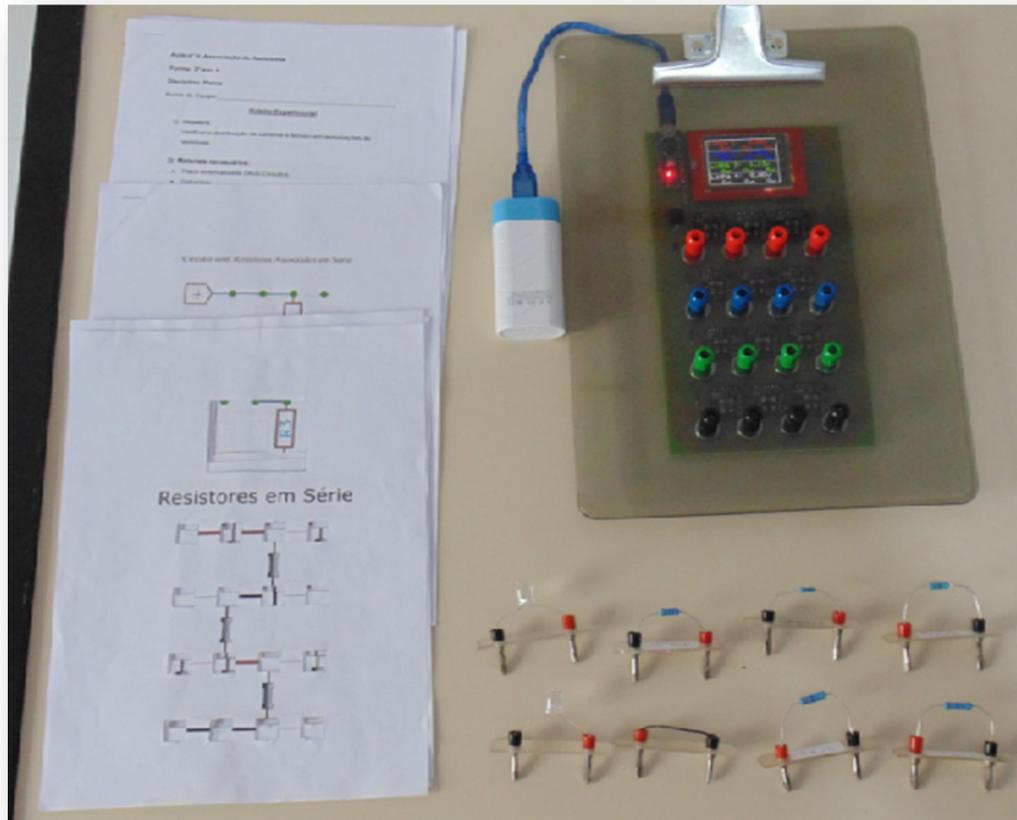


Figura 5.1 – Kit Experimental Fornecido aos Alunos.

### 5.3. Modelo de roteiro para a aplicação do Multi-Circuito

O modelo de roteiro, desenvolvido para a aplicação do Multi-Circuito no estágio de regência, foi desenvolvido de maneira simplificada, não foram solicitados cálculos, sendo priorizada a observação e leitura dos dados fornecidos. Na Figura 5.2 é apresentada a primeira página do roteiro utilizado e na Figura 5.3 a segunda página do roteiro.

## Aula nº 9: Associação de Resistores

Turma: 3º ano A

Disciplina: Física

Nome da Equipe: \_\_\_\_\_

### Roteiro Experimental

#### 1) Objetivo:

Verificar a distribuição de corrente e tensão em associações de resistores.

#### 2) Materiais necessários:

- Placa automatizada (Multi-Circuito);
- Gabaritos;
- Resistores diversos;
- Leds;
- Fonte de alimentação;
- Cabo USB

#### 3) Procedimentos

- a) Conecte a fonte de alimentação na entrada do multi-circuito;
- b) Verifique se o visor acende;
- c) Acomode um gabarito por vez na prancheta, obedecendo as sequência:
  - 1º Resistores em série;
  - 2º Resistores em paralelo;
  - 3º Resistores em associação mista;
  - 3º Circuito com led;
- d) Conecte os componentes (resistores e/ou leds) nos bornes da placa, observando as ilustrações do gabarito. O local de cada componente está representado por ilustrações dos mesmos;
- e) Anote os valores de tensão e corrente que aparecem em cada linha do visor no quadro de resultados. Cada linha está representada por uma cor.
- f) Mude o gabarito e repita os itens d-e

Figura 5.2 - Primeira Página do Roteiro.

#### 4) Resultados

##### Gabarito: Associação em Série

Nº da Linha	Tensão (V)	Corrente (mA)	Corrente (mA)	Corrente (mA)

##### Gabarito: Associação em Paralelo

Nº da Linha	Tensão (V)	Corrente (mA)	Corrente (mA)	Corrente (mA)

##### Gabarito: Associação Mista

Nº da Linha	Tensão (V)	Corrente (mA)	Corrente (mA)	Corrente (mA)

##### Gabarito: Associação com Leds

Nº da Linha	Tensão (V)	Corrente (mA)	Corrente (mA)	Corrente (mA)

Figura 5.3 - Segunda Página do Roteiro.

#### 5.4. Considerações sobre a aplicação do Multi-Circuito

A turma foi dividida em duas equipes e cada equipe recebeu um kit experimental e um roteiro. Na Figura 5.4 é apresentada fotos dos alunos utilizando os kits experimentais e os roteiros.

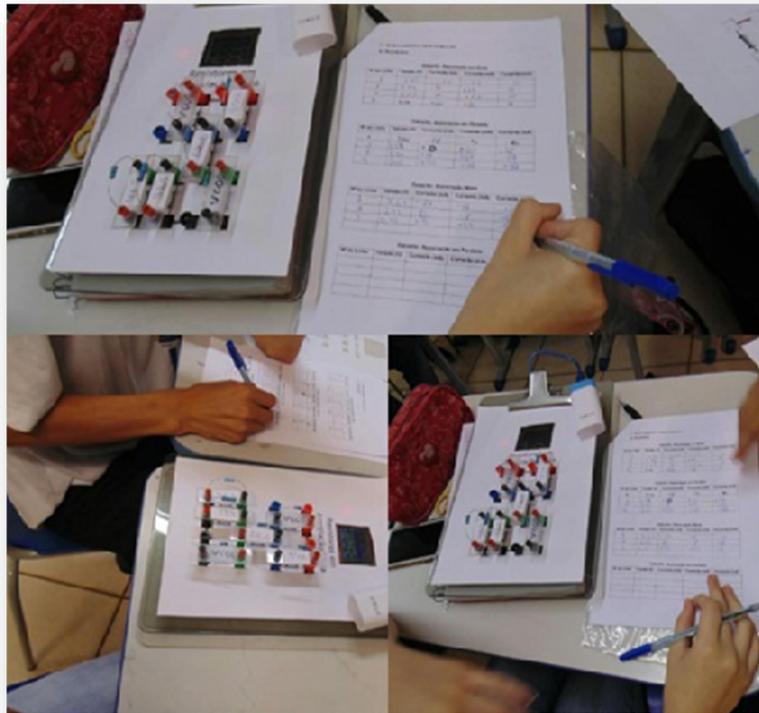


Figura 5.4 - Alunos Utilizando os Kits Experimentais e os Roteiros.

Durante a realização dos experimentos, os alunos mostraram interesse e participaram fazendo questionamentos sobre as diversas montagens. Foi possível verificar que alguns estudantes conseguiram associar a montagem e os dados obtidos, com o conteúdo ministrado, principalmente após a observação da associação em série, onde foi possível verificar que o valor da corrente nos resistores era o mesmo. Uma das alunas chegou a questionar:

- “Professora, então na associação em série a corrente que passa é a mesma?”

- “Então no circuito em paralelo a tensão é a mesma?”

Como o aparelho mostra os valores de tensão em cada linha, houve a necessidade de explicar para as equipes, que a tensão em um determinado dispositivo era o resultado da subtração das tensões das duas linhas envolvidas.

## 5.5. Mudanças realizadas no Multi-Circuito para a Aplicação

Para aplicação da Placa automatizada no estágio, foram confeccionados dois novos equipamentos. Nesses novos equipamentos algumas mudanças foram realizadas

- A confecção da placa de circuito impresso (PCI) foi realizada por uma empresa especializada, mostrada na Figura 5.5;



Figura 5.5 - Placa de Circuito Impresso (PCI) Produzido por Empresa Especializada.

- As cores dos bornes do tipo banana fêmea, passaram a acompanhar as cores mostradas nas linhas dos displays (com exceção da cor branca) e a prancheta de acrílico não apresentou corte para o display TouchScreen, conforme mostrados na Figura 5.6.

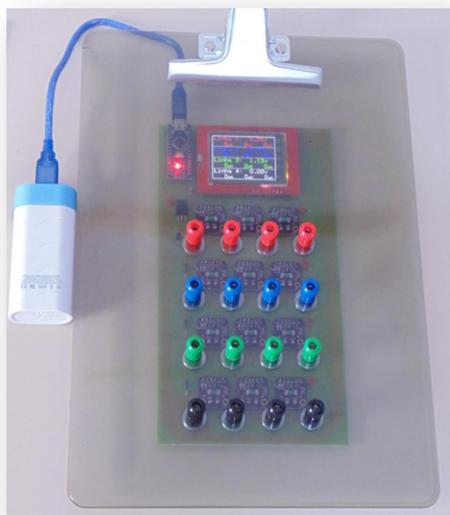


Figura 5.6 - Novo *Layout* do Multi-Circuito.

## **Capítulo 6.**

### **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Neste trabalho foi apresentado o desenvolvimento e teste do equipamento polivalente chamado Multi-Circuito. Este equipamento tem por finalidade auxiliar a realização de experimentos nas aulas de física do Ensino Médio, referentes aos conteúdos de eletromagnetismo e eletricidade aplicada. Busca promover uma redução do tempo de montagem experimental e assim possibilitar uma maior diversificação das configurações de circuitos apresentadas.

Foi pensado como uma possível ferramenta para auxiliar o professor na realização das aulas experimentais, otimizando o tempo de montagem experimental, para que mesmo possa fazer uma abordagem mais detalhada e diversificada dos conteúdos trabalhados. Também foi desenvolvida visando proporcionar ao aluno uma maior facilidade no manuseio e montagem dos circuitos, bem como facilitar a observação e medidas propostas pelos experimentos.

O equipamento apresentado foi desenvolvido levando em consideração a importância da realização de atividades experimentais no ensino de física, seja como auxiliar na construção do conhecimento ou com uma alternativa para despertar o interesse do estudante, além de levar em conta a necessidade de se adequar as atividades experimentais a carga horária disponível para a disciplina de física no Ensino Médio.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARDUINO. Home Page. Disponível em: <<http://www.arduino.cc>>. Acessado em 21 de Setembro de 2017.

BRASIL, Base Nacional Comum Curricular (BNCC), segunda versão revisada. Disponível em < <http://historiadabncc.mec.gov.br/documentos/bncc-2versao.revista.pdf> >. Acessado em 21 de Setembro de 2017.

CAVALCANTE, M.A., TAVOLARO, C.R.C.; MOLISANI, E. Física com Arduino para iniciantes. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 33, n. 4, 4503, 2011.

INA219 Zero-Drift, Bidirectional Current / Power Monitor With I<sup>2</sup>C Interface. Disponível em: < <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/ina219.pdf> >. Acessado em 21 de Setembro de 2017.

IRAMINA, A.S.; MEDINA NETO, A.; SATO, F.; DIAS, G.S.; WEINAND, W.R. Atividades para Fixação de Aprendizado dos Experimentos de Física Experimental III (UEM / abril 2017). Disponível em: < <http://site.dfi.uem.br/wp-content/uploads/2017/04/Atividades-para-Fisica-Experimental-Eletricidade-e-Magnetismo.pdf> >. Acessado em 21 de Setembro de 2017.

MATEUS, E.A.; HIBLER, I.; e DANIEL, L.W. Eletricidade e Magnetismo. Apostila UEM revidada em 2010. Disponível em < [http://site.dfi.uem.br/wp-content/uploads/2016/10/ap\\_fis\\_geralexpIII.pdf](http://site.dfi.uem.br/wp-content/uploads/2016/10/ap_fis_geralexpIII.pdf) >. Acessado em 21 de Setembro de 2017.

SOUZA, A.R.; PAIXÃO, A.C.; UZÊDA, D.D.; DIAS, M.A.; DUARTE, S.; AMORIM, H.S. A placa Arduíno: uma opção de baixo custo para experiências de física assistidas pelo PC. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 33, 1702, 2011.

VILLATORRE, A. M.; HIGA, I.; TYCHANOWIEZ, S. D. Didática e avaliação em física. São Paulo: Saraiva, 2009.

VISCOVINI, R.C.; SILVA, D.M.; AVILA, E.A.; MARTON, I.L.A.; SANTOS, M.A.; BALISCEI, M.P.; OLIVEIRA, M.A.F.; SANTOS, R.R.; SABINO, A.C.; PASSOS, M.M.; ARRUDA, S.M. Maquete didática de um sistema trifásico de corrente alternada com Arduino: ensinando sobre a rede elétrica. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 32, p. 856-869, 2015.

## APÊNDICE A - LISTAGEM DO PROGRAMA ARDUINO

```
#define LCD_DO      8    // DO no Digital8
#define LCD_D1     9    // D1 no Digital9
#define LCD_D2     2    // D2 no Digital2
#define LCD_D3     3    // D3 no Digital3
#define LCD_D4     4    // D4 no Digital4
#define LCD_D5     5    // D5 no Digital5
#define LCD_D6     6    // D6 no Digital6
#define LCD_D7     7    // D7 no Digital7
#define LCD_CS     A3   // CS no Analog3
#define LCD_RS     A2   // RS no Analog2
#define LCD_WR     A1   // WR no Analog1
#define LCD_RD     AO   // RD no Analog0
#define LCD_RST    10   // Reset no Digital10
#define TOUCH_XP   6    // X+ no Digital6
#define TOUCH_YP   A2   // Y+ no Analog2
#define TOUCH_XM   A1   // X- no Analog1
#define TOUCH_YM   7    // Y- no Digital7
#include "Adafruit_GFX.h"
#include "Adafruit_TFTLCD.h"
#include "TouchScreen.h"
TouchScreen Touch(TOUCH_XP, TOUCH_YP, TOUCH_XM, TOUCH_YM, 100);
Adafruit_TFTLCD Lcd(LCD_RD, LCD_WR, LCD_RS, LCD_CS, LCD_RST);

//Adafruit_TFTLCD Lcd(A3, A2, A1, AO, A4);

#include <Wire.h>
#define POWER 11

// Escrita no endereço iAddr, registrador iReg, valor iValor
void write_INA219(byte iAddr, byte iReg, uint16_t iValor){
  Wire.beginTransaction(iAddr);
  Wire.write(iReg);
  Wire.write(iValor>>8);
  Wire.write(iValor);
  Wire.endTransmission();
  delay(1);
}

// Leitura no endereço iAddr, o valor do registrador iReg
uint16_t read_INA219(byte iAddr, byte iReg){
  const byte nBytes = 2;
  Wire.beginTransaction(iAddr);
  Wire.write(iReg);
  Wire.endTransmission();
  delay(1);
  Wire.requestFrom(iAddr, nBytes);
  return (Wire.read()<<8) + Wire.read();
  delay(1);
}

// Calibracao os Valores de Corrente dos INA219
const uint16_t iCalibration[] =
```

```

    {4050, 4150, 3970, 4050, 4070, 4150,
      3950, 4070, 4100, 4100, 4150, 4200};
void calibration_INA219s() {
    for (byte b = 0; b < 12; ++b) {
        write_INA219(b+0x40,0x00,0x07FF);
        write_INA219(b+0x40,0x05,iCalibration[b]);
    }
}

// Leitura de Tensões Médias e Correntes dos INA219
void getData_INA219s(int iVoltage[4], int iCorrent[4][3]) {
    const uint8_t nBytes = 2;
    for (byte iLine = 0; iLine < 4; ++iLine) {
        iVoltage[iLine]=0;
        for (byte iCol = 0; iCol < 3; ++iCol) {
            byte iAddr=0x40+iLine*3+iCol;
            iVoltage[iLine]+=read_INA219(iAddr,0x02)>>3;
            iCorrent[iLine][iCol]=read_INA219(iAddr,0x04);
            if (abs(iCorrent[iLine][iCol])>32000)
                iCorrent[iLine][iCol]=0;
        }
    }
}

//Definicao de cores
#define BLACK          0x0000
#define BLUE           0x001F
#define RED             0xF800
#define GREEN          0x07E0
#define WHITE          0xFFFF

// Inicializa o LCD e Desenha Linhas
void inicia_Lcd() {
    Lcd.reset();
    Lcd.begin(0x9325);
    Lcd.fillScreen(BLACK);
    Lcd.setRotation(1);
    Lcd.setTextSize(3);
    Lcd.drawRoundRect(0, 0, 319, 239, 5, WHITE);
    Lcd.drawRoundRect(1, 1, 317, 237, 5, WHITE);
    Lcd.drawFastHLine(0, 60, 319, WHITE);
    Lcd.drawFastHLine(0, 120, 319, WHITE);
    Lcd.drawFastHLine(0, 180, 319, WHITE);
}

// Escreve a Tensão na posição x,y
void print_V(int x, int y, int iVal) {
    String sTemp = String(0.01*iVal);
    byte iTemp = sTemp.length();
    Lcd.fillRect(x, y, 110, 21, BLACK);
    if (iTemp < 6) {
        sTemp.replace('0', ' ');
        iTemp = (5 - iTemp) * 19;
        Lcd.setCursor(x + iTemp, y);
        Lcd.print(sTemp);
    }
}

```

```

        Lcd.print('v');
    }
}

// Escreve a Corrente na posição x,y
void print_mA(int x, int y, int iVal) {
    String sTemp = String (abs(iVal));
    byte iTemp = sTemp.length();
    Lcd.fillRect(x, y, 70, 21, BLACK);
    for (byte i = 0; i < iTemp; ++i)
        if (sTemp[i] == '0') sTemp[i] = 'O';
    iTemp = (3 - iTemp) * 19;
    Lcd.setCursor(x + iTemp, y + 4);
    Lcd.setTextSize(2);
    if (iVal == 0) Lcd.print(" ");
    else if (iVal > 0) Lcd.print("-");
    else Lcd.print("+");
    iTemp += 14;
    Lcd.setCursor(x + iTemp, y);
    Lcd.setTextSize(3);
    Lcd.print(sTemp);
    Lcd.setCursor(x + 70, y + 7);
    Lcd.setTextSize(2);
    Lcd.print("mA");
    Lcd.setTextSize(3);
}

// Escreve uma Linha de Medidas a partir da posição x,y
void print_Line(int x, int y, uint16_t color,
    String sTitle, int iVoltage, int iCorrent[3]) {
    Lcd.setTextColor(color);
    Lcd.setCursor(x, y);
    Lcd.print(sTitle);
    print_V(x + 160, y, 4*iVoltage/30);
    print_mA(x, y + 30, iCorrent[0]/10);
    print_mA(x + 100, y + 30, iCorrent[1]/10);
    print_mA(x + 200, y + 30, iCorrent[2]/10);
}

// Verifica se Ocorre Toque na Tela
boolean touch_Press(){
    #define TOUCH_MINZ 10
    #define TOUCH_MAXZ 1000
    TSPoint point = Touch.getPoint();
    delay(100);
    pinMode(TOUCH_XM, OUTPUT); digitalWrite(TOUCH_XM, LOW);
    pinMode(TOUCH_YP, OUTPUT); digitalWrite(TOUCH_YP, HIGH);
    pinMode(TOUCH_YM, OUTPUT); digitalWrite(TOUCH_YM, LOW);
    pinMode(TOUCH_XP, OUTPUT); digitalWrite(TOUCH_XP, HIGH);
    return (point.z > TOUCH_MINZ && point.z < TOUCH_MAXZ);
}

int iVoltage[4];
int iCorrent[4][3];

```

```

unsigned long lMilliseconds;
boolean bTouched=false;

void setup(void) {
  Wire.begin();
  inicia_Lcd();
  calibration_INA219s();
  digitalWrite(POWER, LOW);
  pinMode(POWER, OUTPUT);
  lMilliseconds=millis();
}

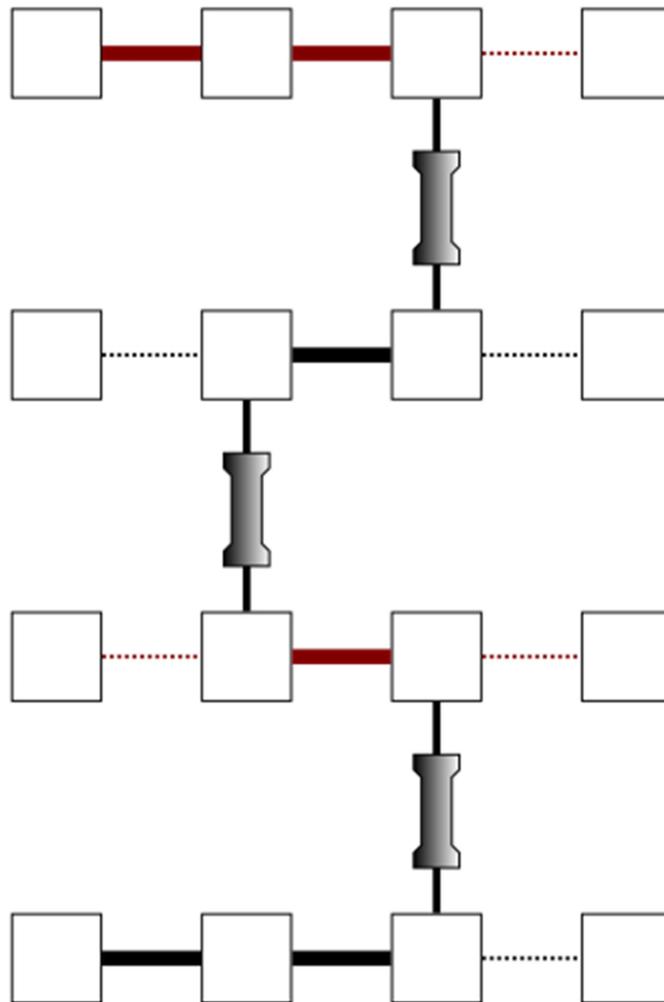
void loop() {
  if (touch_Press()) bTouched=true;
  if (millis()-lMilliseconds>1000) {
    getData_INA219s(iVoltage, iCorrent);
    print_Line(10, 4, RED, "Linha 1:",
              iVoltage[3], iCorrent[3]);
    print_Line(10, 64, BLUE, "Linha 2:",
              iVoltage[2], iCorrent[2]);
    print_Line(10, 124, GREEN, "Linha 3:",
              iVoltage[1], iCorrent[1]);
    print_Line(10, 184, WHITE, "Linha 4:",
              iVoltage[0], iCorrent[0]);
    lMilliseconds+=1000;
    if (bTouched) {
      digitalWrite(POWER, !digitalRead(POWER));
      bTouched=false;
    }
  }
}
}

```

## APÊNDICE B - GABARITO RESISTORES EM SÉRIE



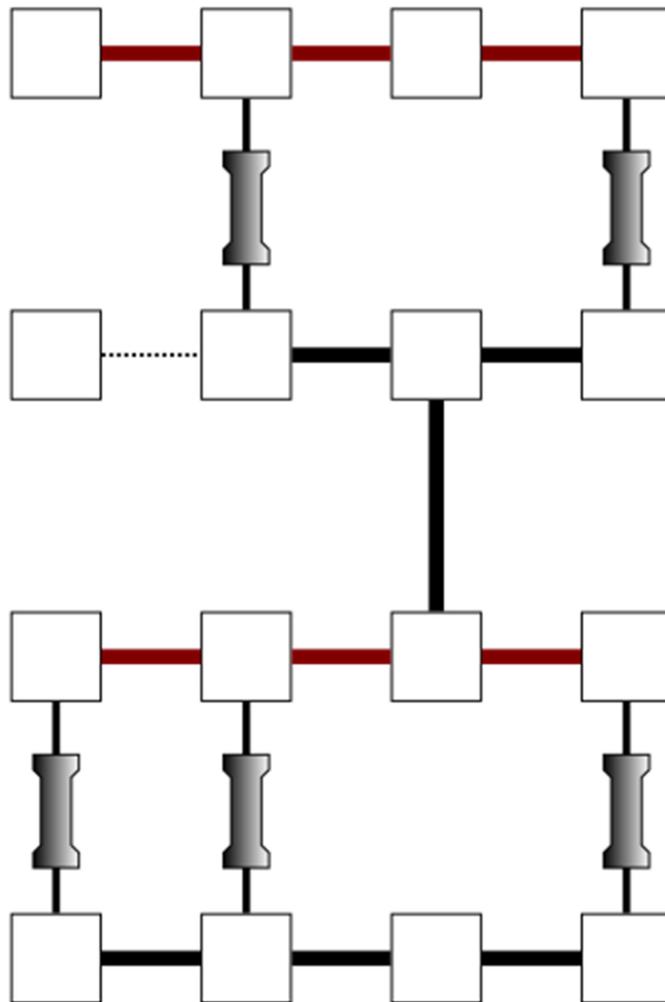
### Resistores em Série



## APÊNDICE C - GABARITO RESISTORES EM PARALELO



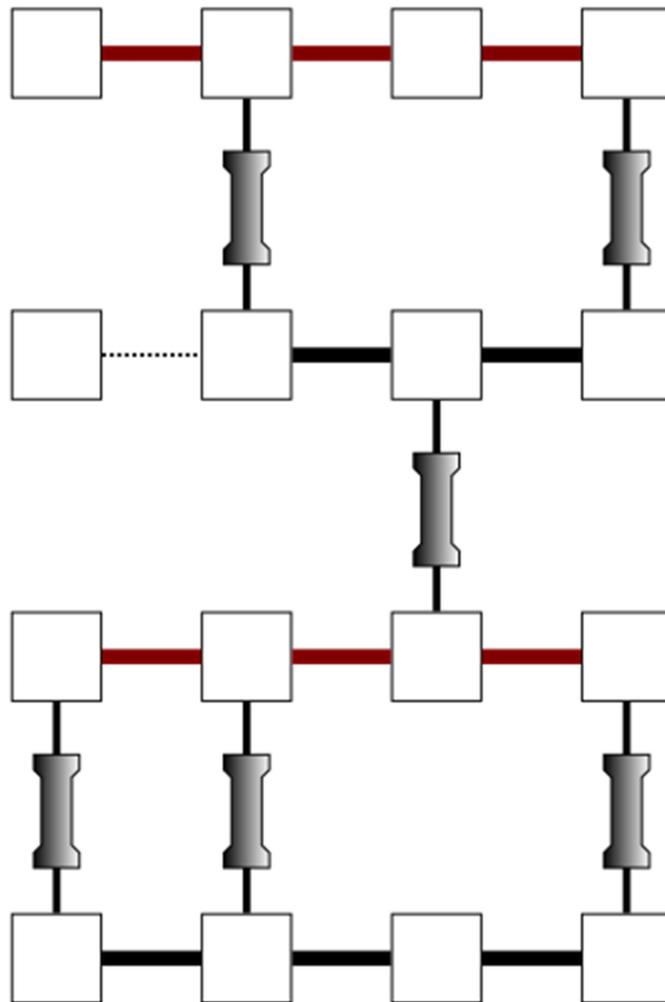
### Resistores em Paralelo



## APÊNDICE D - GABARITO RESISTORES MISTA



### Resistores em Associação Mista



## APÊNDICE E - GABARITO LEDs



### Circuito com LEDs

