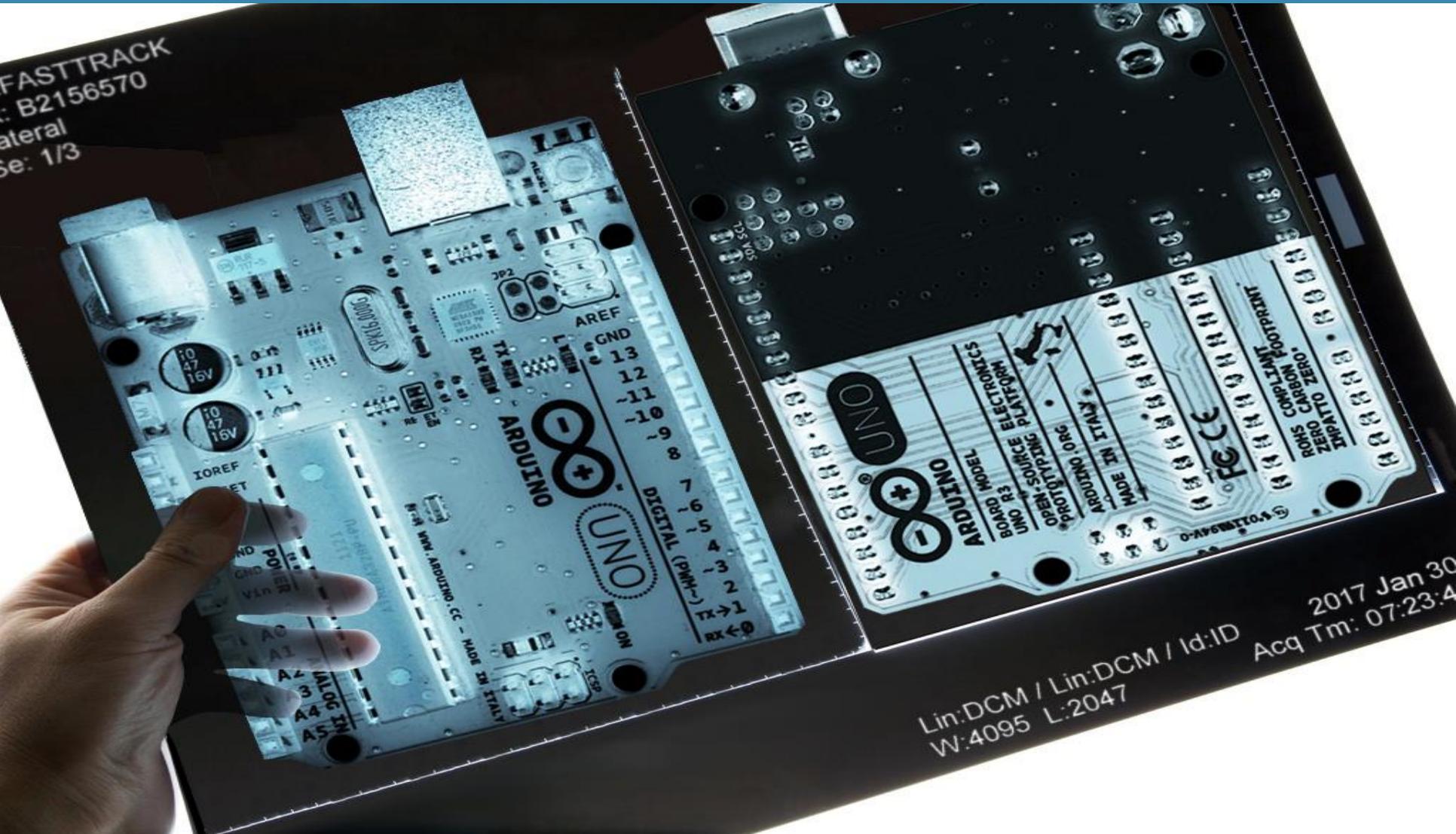
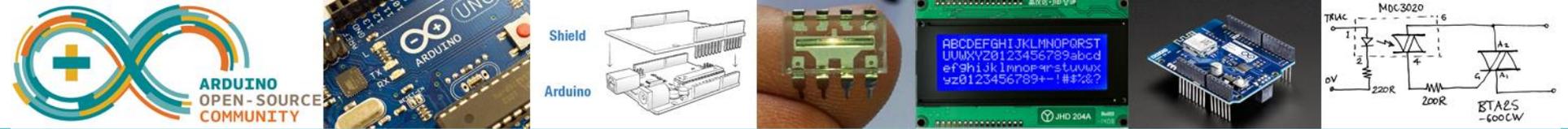


# Eletrônica e Arduino na Instrumentação

Professor: Gustavo de Andrade Barreto

e-mail: gabarreto@usp.br





## Prof. Dr. Gustavo de Andrade Barreto

Email: [gabarreto@usp.br](mailto:gabarreto@usp.br)

Formação: Eletro-eletrônica, Telecom e TI

- Mestrado e Doutorado em Energia Elétrica e GD pelo Instituto de Eletrotécnica e Energia da USP
- Especialização em Energias Renováveis, Geração Distribuída e Eficiência Energética pela Escola Politécnica da USP

Atuação no Mercado de trabalho:

Assessoria, consultoria e desenvolvimento de tecnologia desde 1996;

Telecomunicações e Energia em:

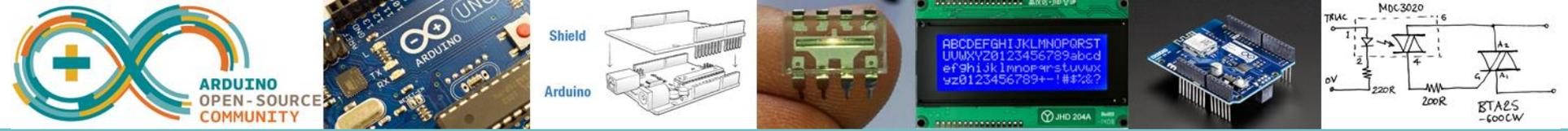
Italcable Spa (Itália/Arábia Saudita, 91-95)

British Telecom (Inglaterra/Arábia Saudita, 90-91)

Siemens (Brasil/Alemanha/EUA/Áustria/Arábia Saudita, 87-90)

Embratel (Brasil, 84-87)

"Docendo discimus." (Sêneca)



## Tópico 01 - Conceitos Iniciais

### Introdução aos Microcontroladores

**8051** – Criado pela Intel, o núcleo 8051 foi um dos mais populares microcontroladores de 8 bits. Teve muitos modelos derivados, melhorias extras e suporte da comunidade. Foi desenvolvido nos anos 1980 mas ainda é ensinado em colégios técnicos.

**PIC** – Estes são fabricados pela Microchip. São simples e robustos mas tem enfrentado a concorrência de novas características implementadas por outros fabricantes. Também tem bastante suporte da comunidade.

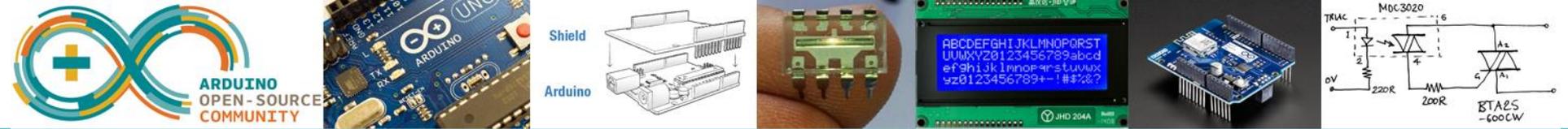
**AVR** – A Atmel é a principal concorrente dos PICs. Teve impulso em popularidade com a criação do Arduino. Também tem bastante suporte da comunidade.

**MSP** – Fabricados pela Texas Instruments (TI), parecem competidores menos fortes que os anteriores, porém são muito utilizados em aplicações de baixa energia. As versões nano-amp rodam por anos abastecidos por pilhas comuns.

**ARM** – A empresa inglesa ARM projetou e licenciou a arquitetura para diversos fabricantes. São considerados mais complexos, mas de desempenho exagerado para aplicações comuns. Alguns são utilizados como processadores de celulares. Estão se tornando muito populares.

(1) 0,5k usado pelo Bootloader. Auto-programável.  
Ciclos Escrita/Leitura: 10,000 Flash / 100,000 EEPROM  
Retenção de Dados: 20 anos @ 85°C/100 anos @ 25°C

Fontes: Intel, 1979; Atmel, 2016.



## Tópico 01 - Conceitos Iniciais

### Breve história do Arduino

O Arduino consiste em uma plataforma de prototipagem em eletrônica para pessoas sem experiência prévia com eletrônica ou programação.

Aproveitando da característica de auto-programação do ATmega, os educadores Massimo Banzi e David Cuartielles criaram o conceito Arduino, em 2005 na Itália, com o objetivo facilitar o desenvolvimento de projetos, desde os mais simples aos mais complexos.

A plataforma Arduino é aberta e conta com licenças Creative Commons para o hardware e GPL/LGPL para software (apenas o nome Arduino, o logotipo e o design gráfico de suas placas são registrados e protegidos).

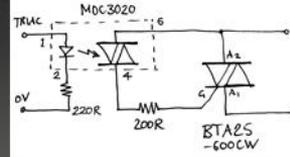
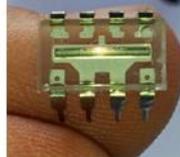
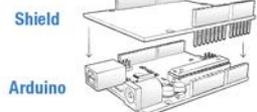
Site oficial: <http://www.arduino.cc/>

Fórum: <https://forum.arduino.cc/>

Downloads: <https://www.arduino.cc/en/Main/Software>



ARDUINO  
OPEN - SOURCE  
COMMUNITY



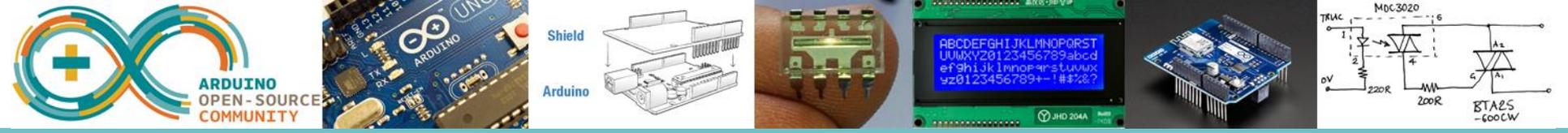
# Tópico 01 - Conceitos Iniciais

## Modelos de Placas: Uno / Mega / Nano / Pro Mini / Lilypad

ENTRY LEVEL	<span>UNO</span> <span>LEONARDO</span> <span>101</span> <span>ROBOT</span> <span>ESPLORA</span> <span>MICRO</span> <span>NANO</span> <span>MINI</span>
	<span>MKR2UNO ADAPTER</span> <span>STARTER KIT</span> <span>BASIC KIT</span> <span>LCD SCREEN</span>
ENHANCED FEATURES	<span>MEGA</span> <span>ZERO</span> <span>DUE</span> <span>MEGA ADK</span> <span>PRO</span> <span>MO</span> <span>MO PRO</span> <span>MKRZERO</span> <span>PRO MINI</span>
	<span>MOTOR SHIELD</span> <span>USB HOST SHIELD</span> <span>PROTO SHIELD</span> <span>MKR PROTO SHIELD</span>
	<span>MKR PROTO LARGE SHIELD</span> <span>4 RELAYS SHIELD</span> <span>MEGA PROTO SHIELD</span> <span>MKR SD PROTO SHIELD</span> <span>ISP</span>
	<span>USB2SERIAL MICRO</span> <span>USB2SERIAL CONVERTER</span>
INTERNET OF THINGS	<span>YÚN</span> <span>ETHERNET</span> <span>TIAN</span> <span>INDUSTRIAL 101</span> <span>LEONARDO ETH</span> <span>MKR1000</span> <span>YUN MINI</span>
	<span>WIFI SHIELD</span> <span>WIFI 101 SHIELD</span> <span>YÚN SHIELD</span> <span>WIRELESS SD SHIELD</span> <span>WIRELESS PROTO SHIELD</span>
	<span>ETHERNET SHIELD V2</span> <span>GSM SHIELD V2</span> <span>MKR1000 BUNDLE</span>
WEARABLE	<span>GEMMA</span> <span>LILYPAD ARDUINO USB</span> <span>LILYPAD ARDUINO MAIN BOARD</span> <span>LILYPAD ARDUINO SIMPLE</span>
	<span>LILYPAD ARDUINO SIMPLE SNAP</span>
3D PRINTING	<span>MATERIA 101</span>

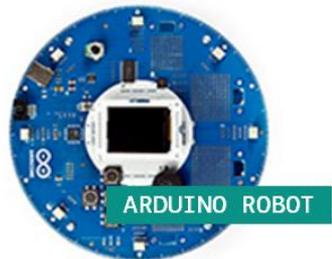
■ BOARDS  
 ■ MODULES  
 ■ SHIELDS  
 ■ KITS  
 ■ ACCESSORIES  
  COMING NEXT

Fonte: Arduino.cc, 2017 (30/01/2017).

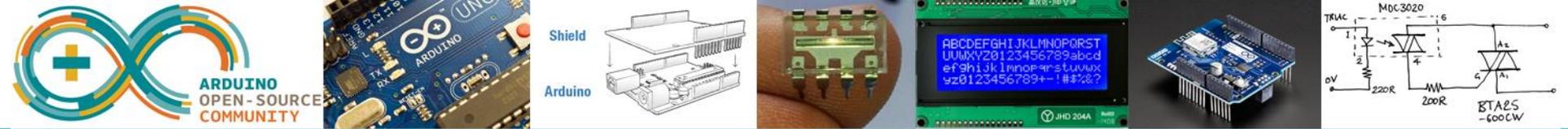


# Tópico 01 - Conceitos Iniciais

Modelos de Placas: Uno / Mega / Nano / Pro Mini / Lilypad



Fonte: Arduino.cc, 2017 (30/01/2017).



## Tópico 01 - Conceitos Iniciais

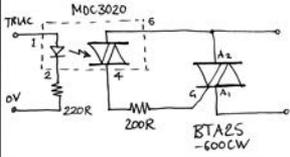
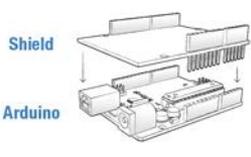
### Concorrentes do Arduíno

As iniciativas a seguir, além de outras menos populares, tem em comum o fato de tornar mais simples e acessível a prototipagem com microcontroladores.

- Basic Stamp (Parallax )
- BX-24 (Netmedia)
- Phidgets (Phidgets Inc)
- Handyboard (MIT)

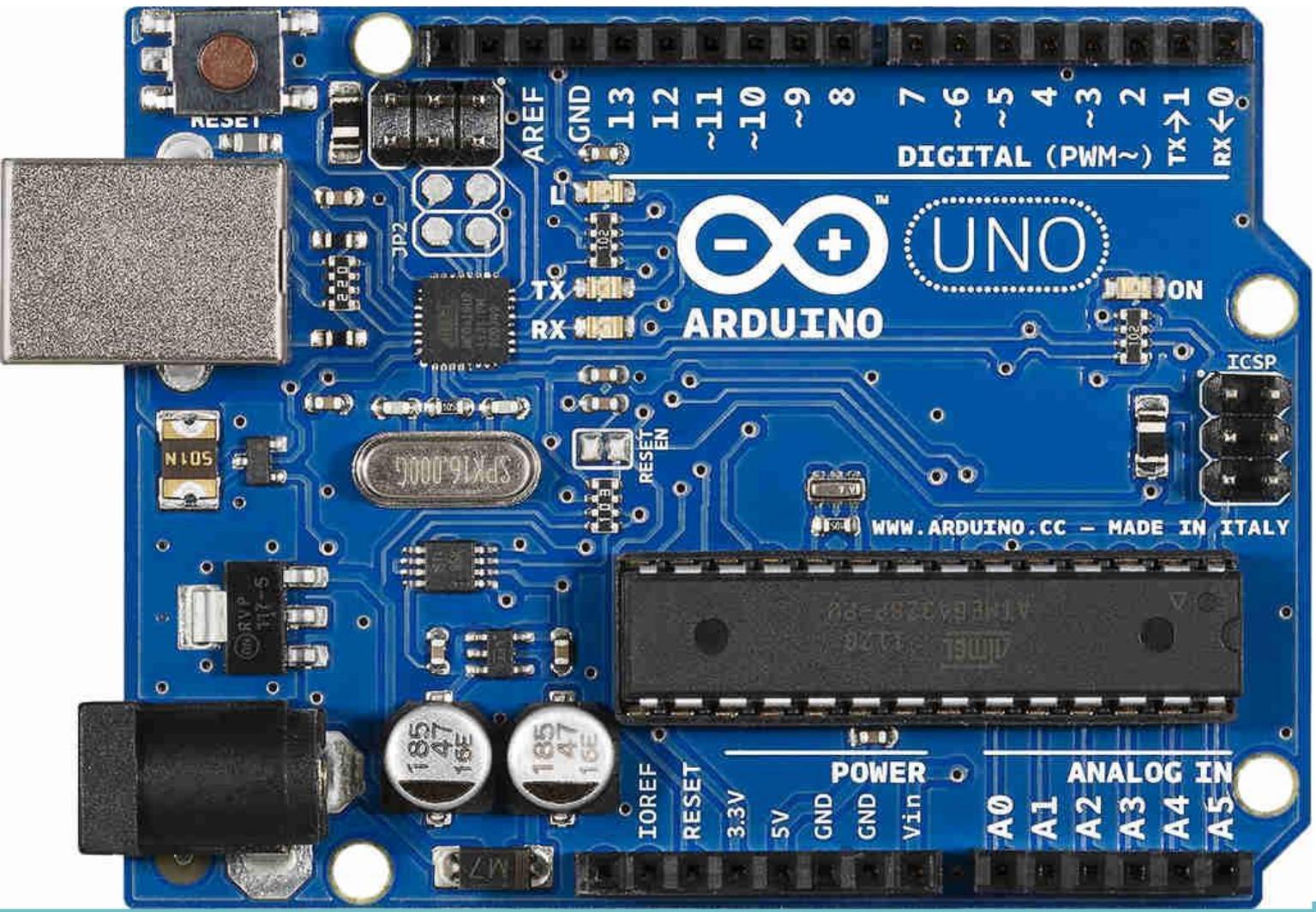


ARDUINO  
OPEN-SOURCE  
COMMUNITY



# Tópico 01 - Conceitos Iniciais

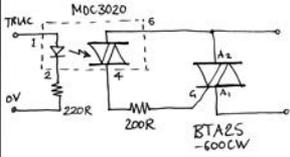
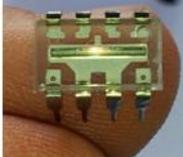
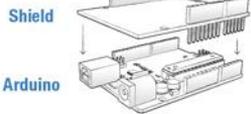
## Componentes da Placa do Uno



Fonte: arduino.cc, 2017.



ARDUINO  
OPEN - SOURCE  
COMMUNITY



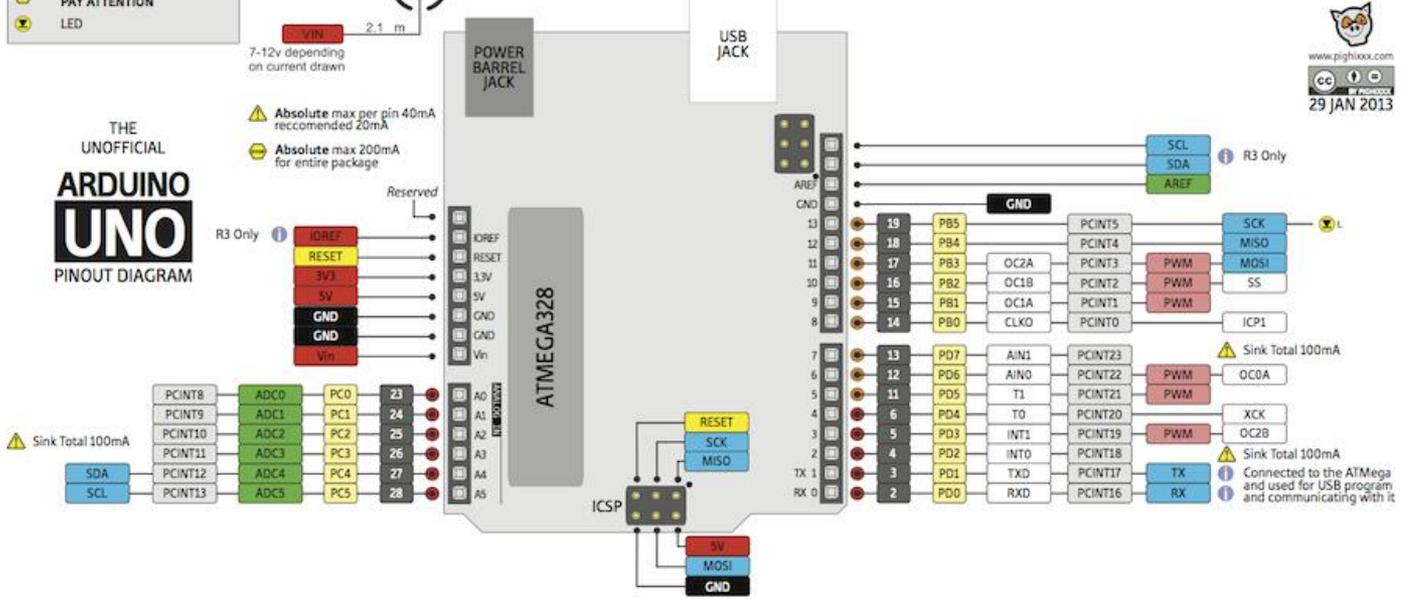
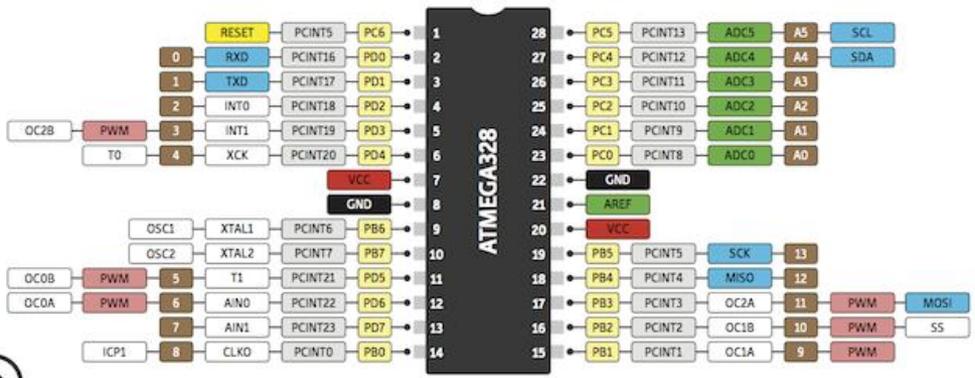
# Tópico 01 - Conceitos Iniciais

## Portas dos Arduinos Uno

**LEGEND**

- GND**
- POWER**
- CONTROL**
- PHYSICAL PIN**
- PORT PIN**
- ATMEGA328 PIN FUNC**
- DIGITAL PIN**
- ANALOG-RELATED PIN**
- PWM PIN**
- SERIAL PIN**
- ARDUINO PIN**

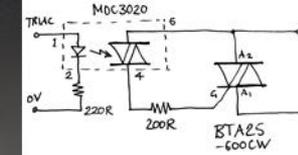
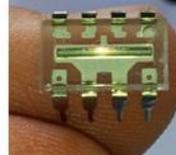
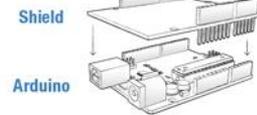
Source Total 150mA  
Source Total 150mA  
General Information  
Pay Attention  
No Really PAY ATTENTION  
LED



Fonte: arduino.cc



ARDUINO  
OPEN-SOURCE  
COMMUNITY



## Tópico 01 - Conceitos Iniciais

### Portas dos Arduinos Uno

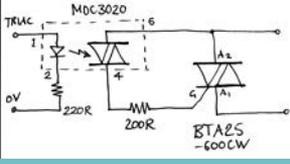
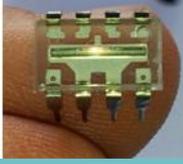
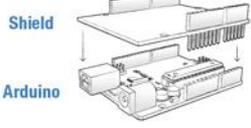
Microcontroller	<a href="#">ATmega328P</a>
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-12V
Input Voltage (limit)	6-20V
Digital I/O Pins	14 (of which 6 provide PWM output)
PWM Digital I/O Pins	6
Analog Input Pins	6
DC Current per I/O Pin	20 mA
DC Current for 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	32 KB (ATmega328P) (1)
SRAM	2 KB (ATmega328P)
EEPROM	1 KB (ATmega328P)
Clock Speed	16 MHz
LED_BUILTIN	13
Length	68.6 mm
Width	53.4 mm
Weight	25 g

(1) 0,5k usado pelo Bootloader. Auto-programável. Ciclos Escrita/Leitura: 10,000 Flash / 100,000 EEPROM. Retenção de Dados: 20 anos @ 85°C/100 anos @ 25°C

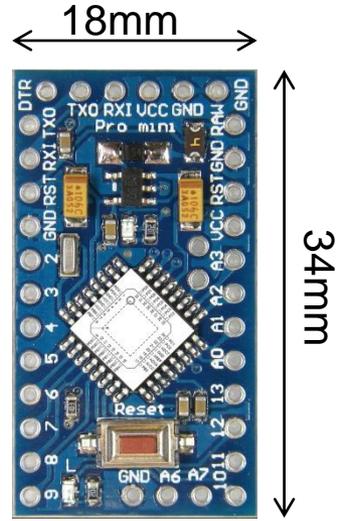
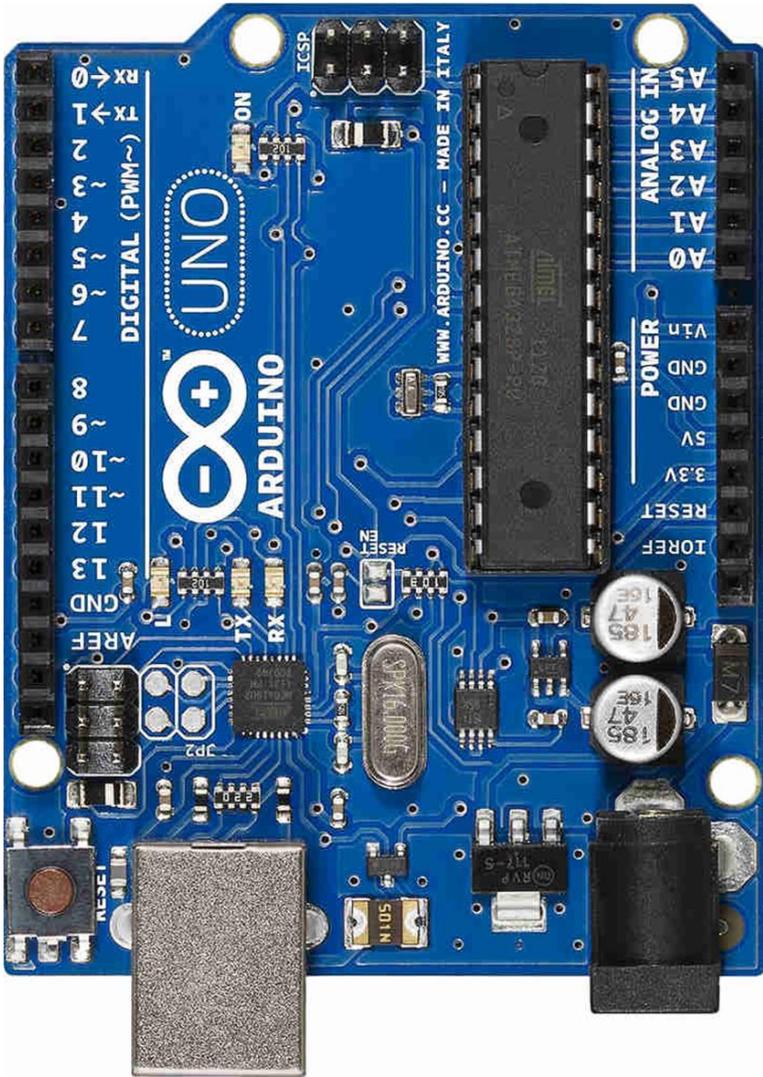
Fonte: arduino.cc



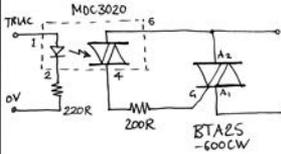
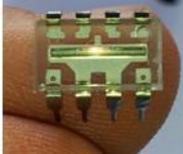
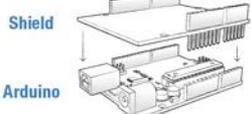
ARDUINO  
OPEN-SOURCE  
COMMUNITY



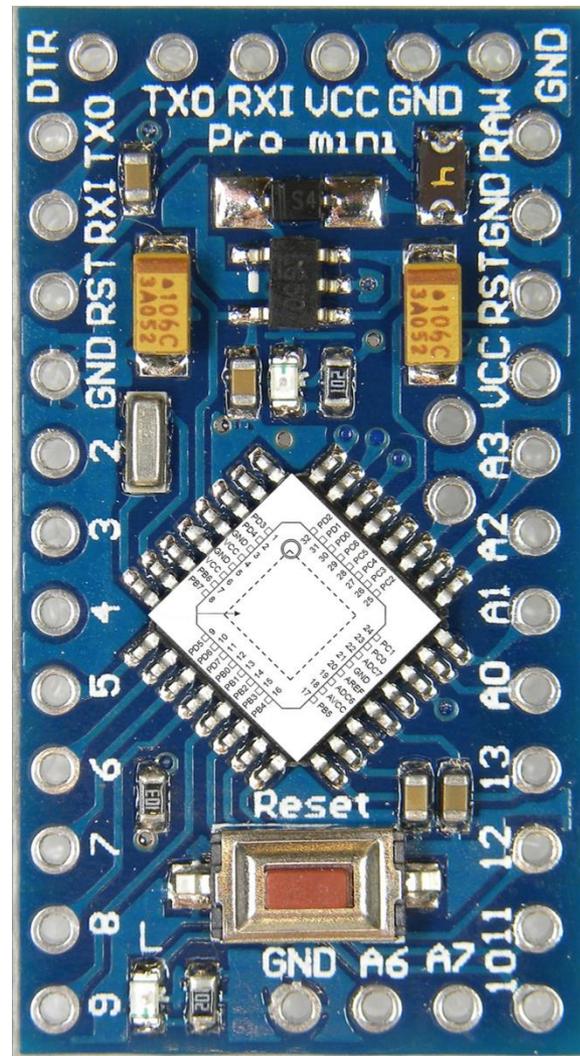
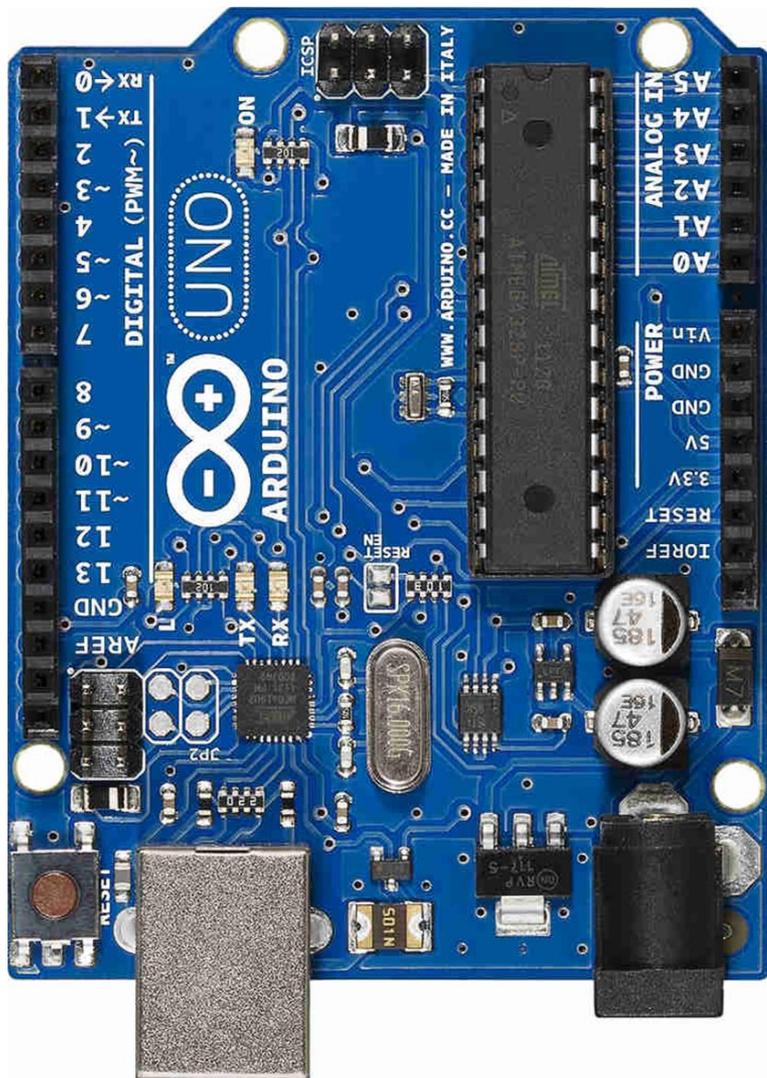
# Tópico 01 - Conceitos Iniciais – Comparação da Placas Uno e MiniPro



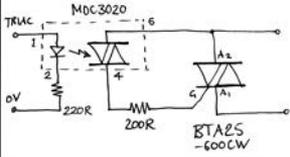
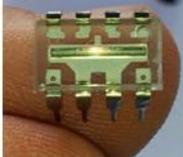
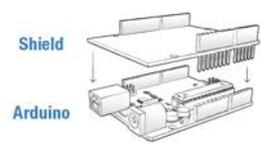
Fonte: arduino.cc, 2017.



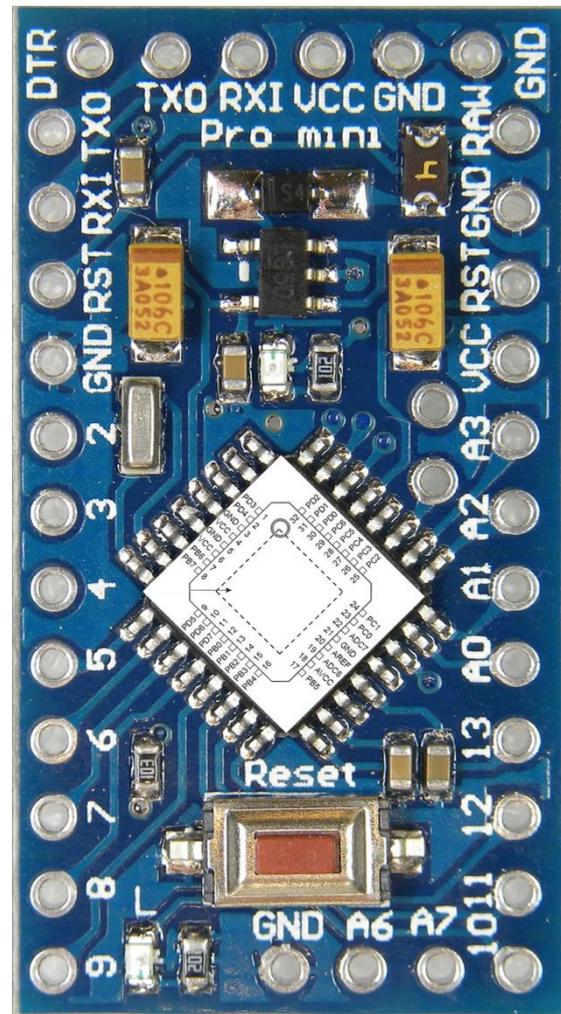
# Tópico 01 - Conceitos Iniciais – Comparação da Placas Uno e MiniPro



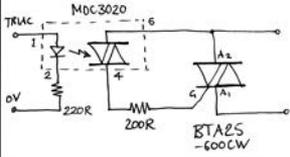
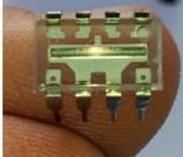
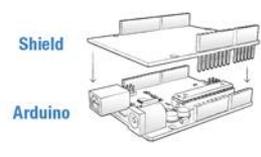
Fonte: arduino.cc, 2017.



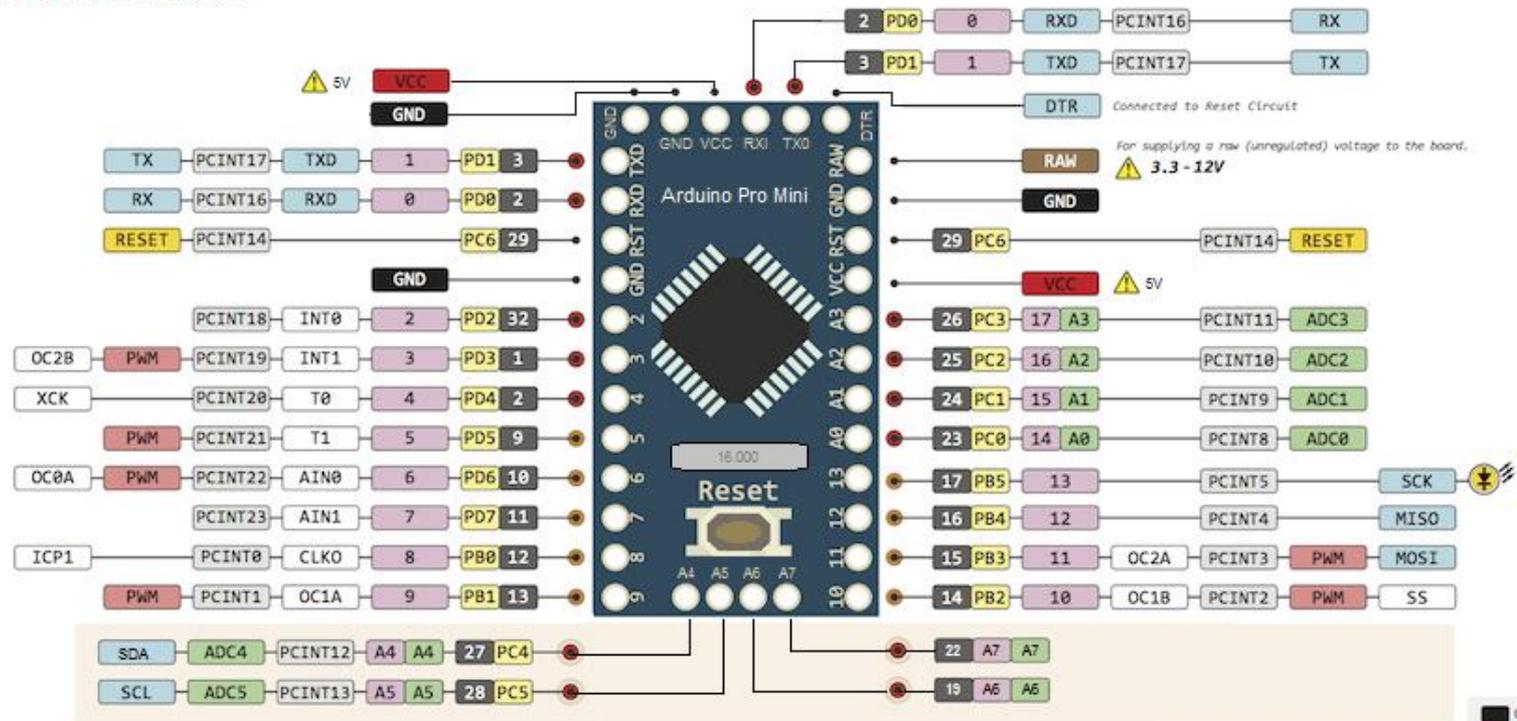
## Tópico 01 - Conceitos Iniciais – Método de gravação do MiniPro



Fonte: arduino.cc, 2017.



THE UNOFFICIAL  
**ARDUINO ProMini**  
PINOUT DIAGRAM



- GND
- Power
- Control
- Physical Pin
- Port Pin
- Pin Function
- Digital Pin
- Analog Related Pin
- PWM Pin
- Serial Pin
- IDE
- Source Total 150mA

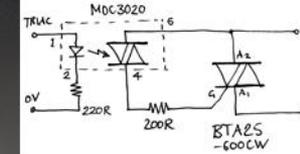
⚠ Absolute max per pin 40mA recommended 20mA

⚡ Absolute max 200mA for entire package

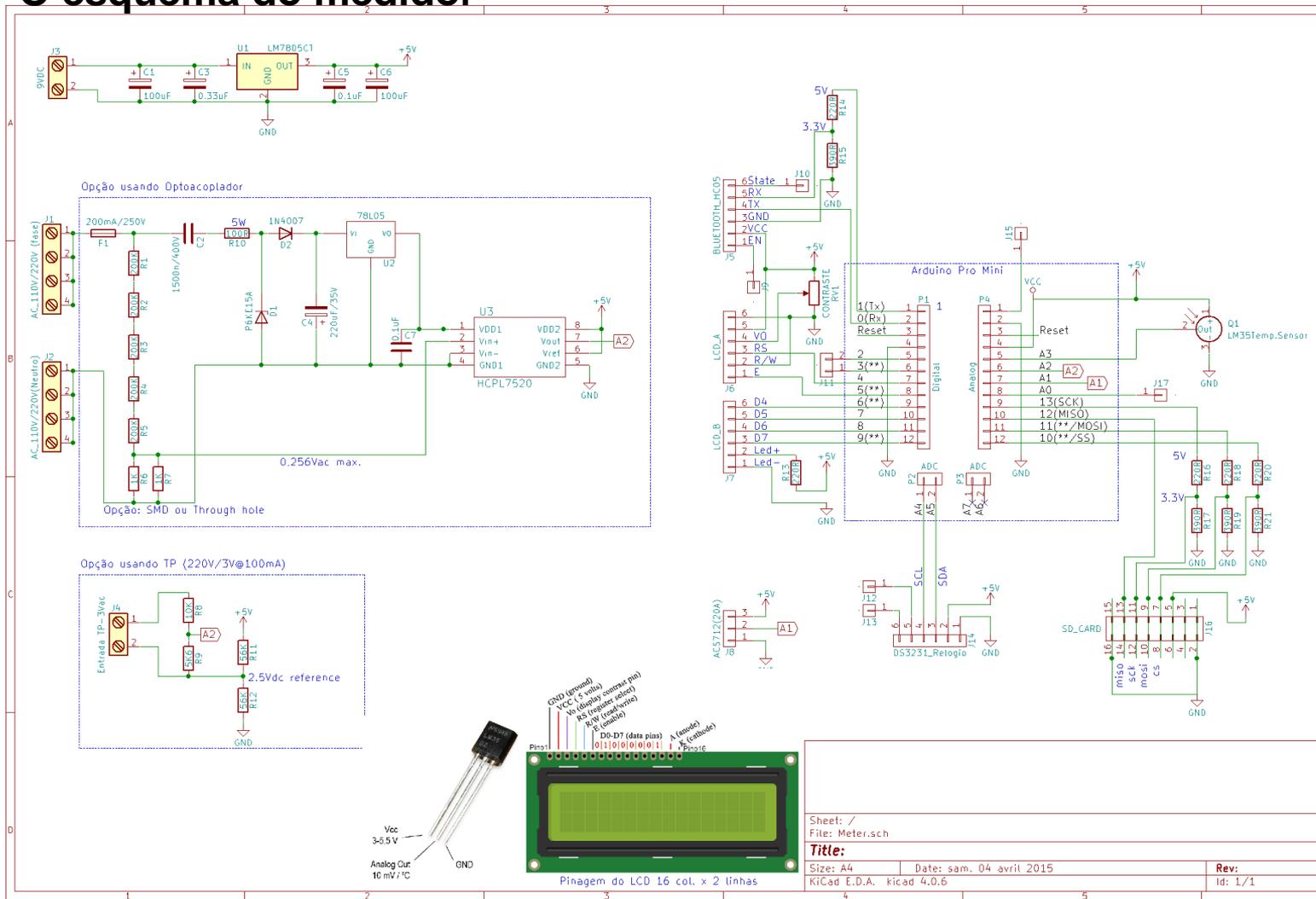




ARDUINO  
OPEN - SOURCE  
COMMUNITY



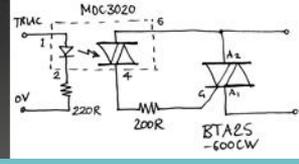
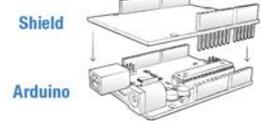
# O esquema do medidor



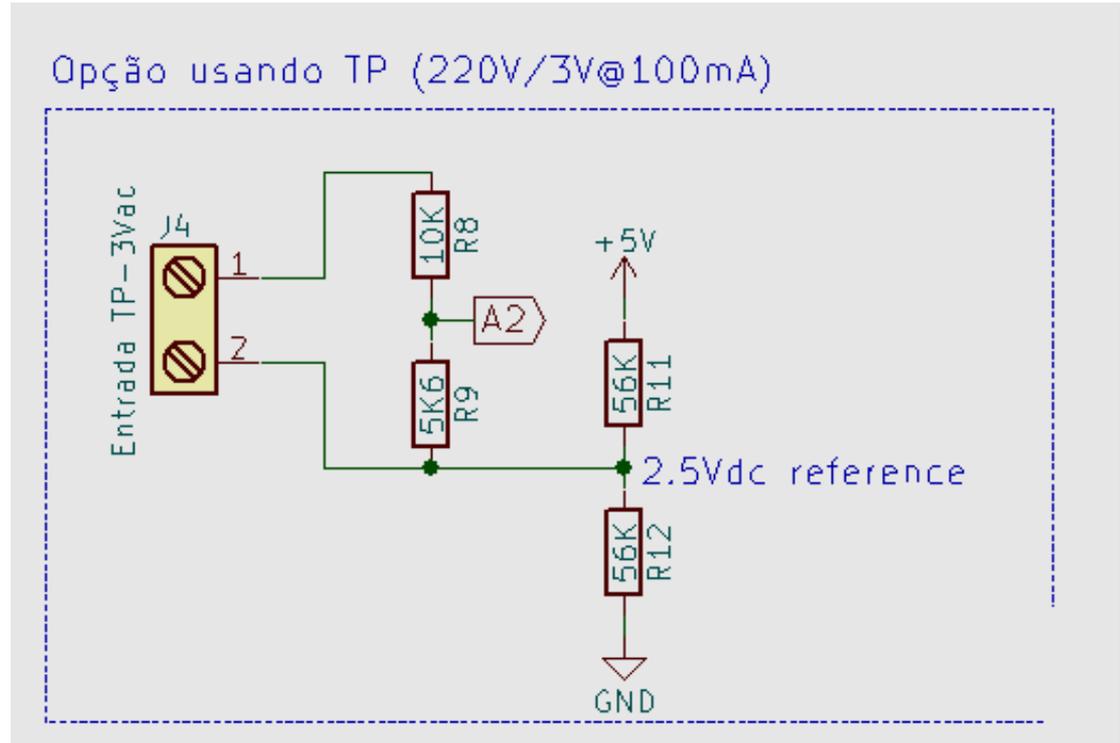
Fonte: arduino.cc, 2017.



ARDUINO  
OPEN-SOURCE  
COMMUNITY



# O esquema do medidor Seção de entrada de tensão via transformador isolado 220V/3V



## Tensão de entrada:

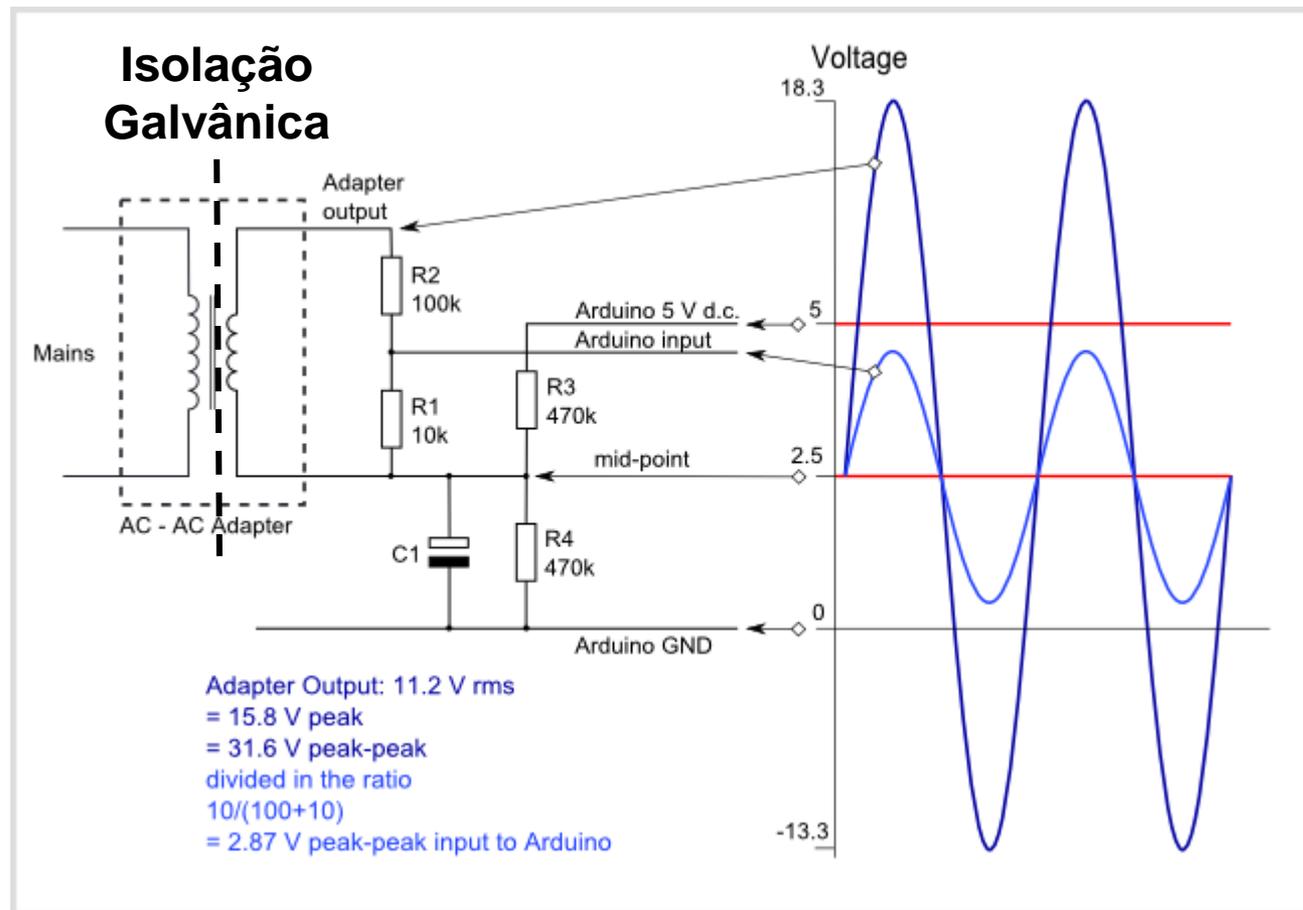
*Pode-se abaixar a tensão de entrada com o uso de um transformador isolador.*

*Neste exemplo, de 220V para 12V.*

$$V_{max} = 12V_{rms}$$

$$V_{pico} = V_{rms} * \sqrt{2}$$

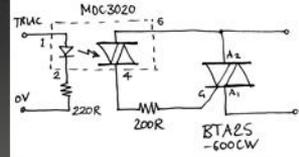
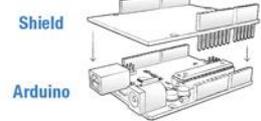
$$V_{pico} = 16,97V$$



Fonte: evolutio,2017.

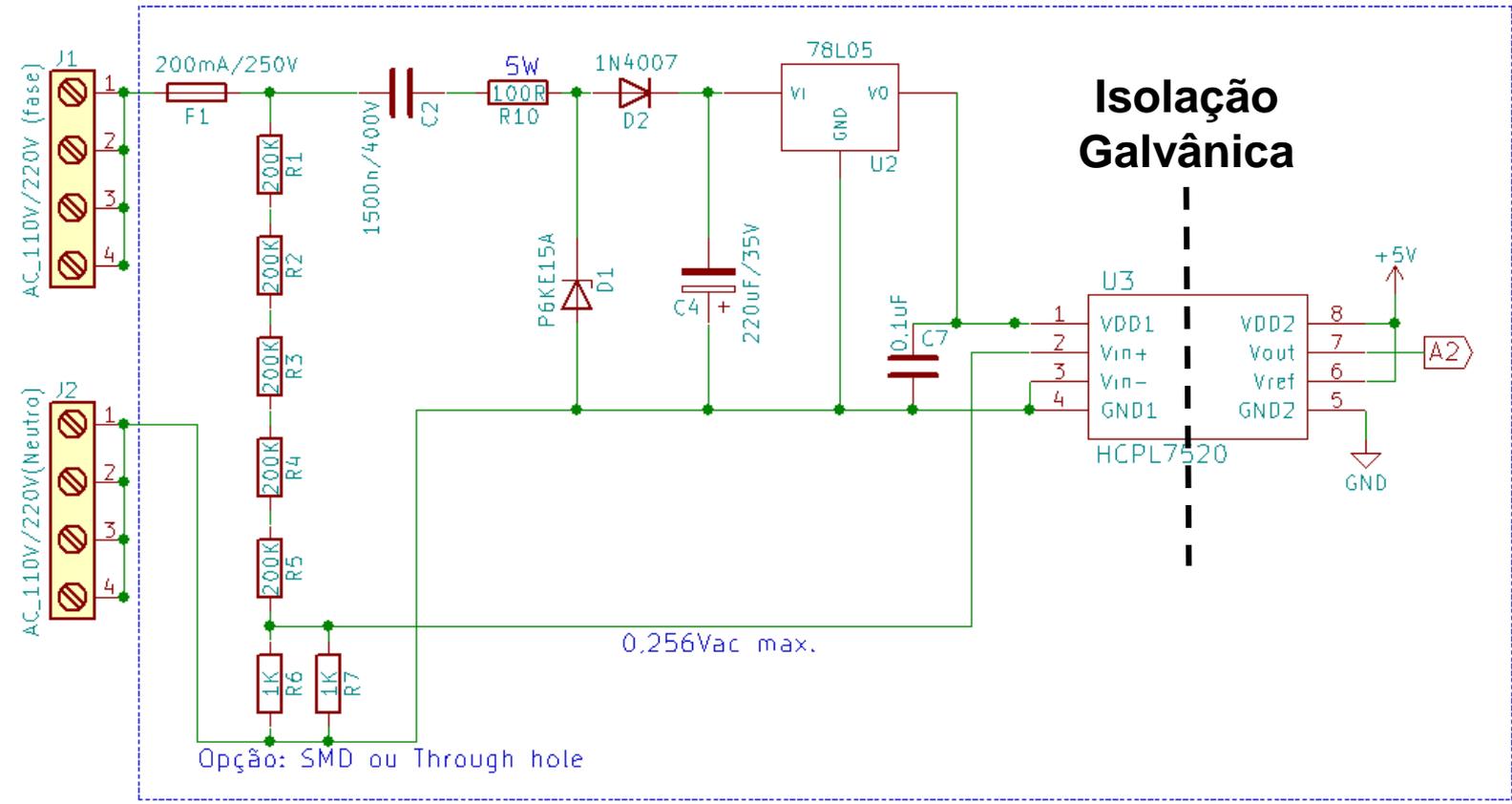


ARDUINO  
OPEN-SOURCE  
COMMUNITY



# O esquema do medidor – seção de entrada de tensão via optoacoplador

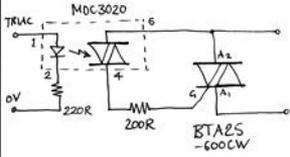
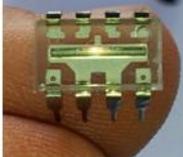
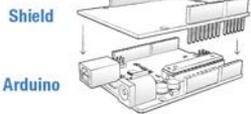
Opção usando Optoacoplador



Fonte: evolutio,2017.



ARDUINO  
OPEN-SOURCE  
COMMUNITY



## Tensão de entrada:

$$V_{max} = 252V_{rms}$$

$$V_{pico} = V_{rms} * \sqrt{2}$$

$$V_{pico} = 356,4V$$

**Informação de tensão máxima na sua casa.**

**AES Eletropaulo**  
por onde a vida acontece

**Nota fiscal / Conta de energia elétrica**

**Eletropaulo Metropolitana Eletricidade de São Paulo S.A.**  
Av. Dr. Marcos Penteados de Ulhôa Rodrigues, 939, Loja 1 e 2,  
Térreo, 1º ao 7º andar - Torre II - Bairro Sítio Tamboré - Barueri/SP - CEP.: 06460-040  
CNPJ nº 61.695.227/0001-93 - **Inscrição Estadual:** 206.165.226.110  
Regime Especial Proc. Nº 1000635-686924/2005

Nº da instalação	Conta referente a	Data de emissão	Vencimento
	MAR 2017	20 MAR 2017	27 MAR 2017

GUSTAVO DE ANDRADE BARRETO  
SAO PAULO - SP

Reservado ao fisco: 76C1.4285.30A7.85CB.F02D.BA4B.29F8.60FA

Nº Nota Fiscal	Série	Base de cálculo	Alíquota	ICMS	Nº do cliente
004933737	B	316.73	25,00%	79.18	

CPF/CNPJ: .INSC.EST.ISENTO

Discriminação da operação:	Quantidade	Valor Unitário	Valor Total
Energia	521.00	0.63381958	330.22
Dedução	0.00	0.00000000	0.00
Outros não tributáveis	0.00	0.00000000	0.00

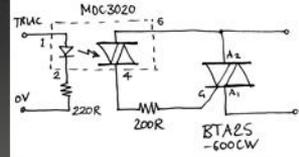
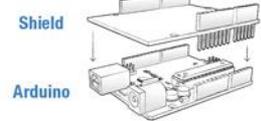
Dados técnicos da instalação					Composição do Fornecimento		
Medidor	Fator Multiplicador	Classe/Subclasse	Faturamento	Tipo de Tarifa	Energia	104.11	
13639140	1	Resid/Resid	Trifásico	B1_RESID	Distribuição	48.88	
Tensão Nominal(V)		Tensão Mínima(V)	Tensão Máxima(V)		Transmissão	9.14	
120/240 (BT) V		110/221 V	126/252 V		Encargos	55.08	
Dados de leitura do medidor						Tributos	99.52
Anterior	Leitura	Atual	Leitura	Próxima	Entrega		
16 FEV	22147	20 MAR	22668	19 ABR	18 MAR		

Descrição de faturamento

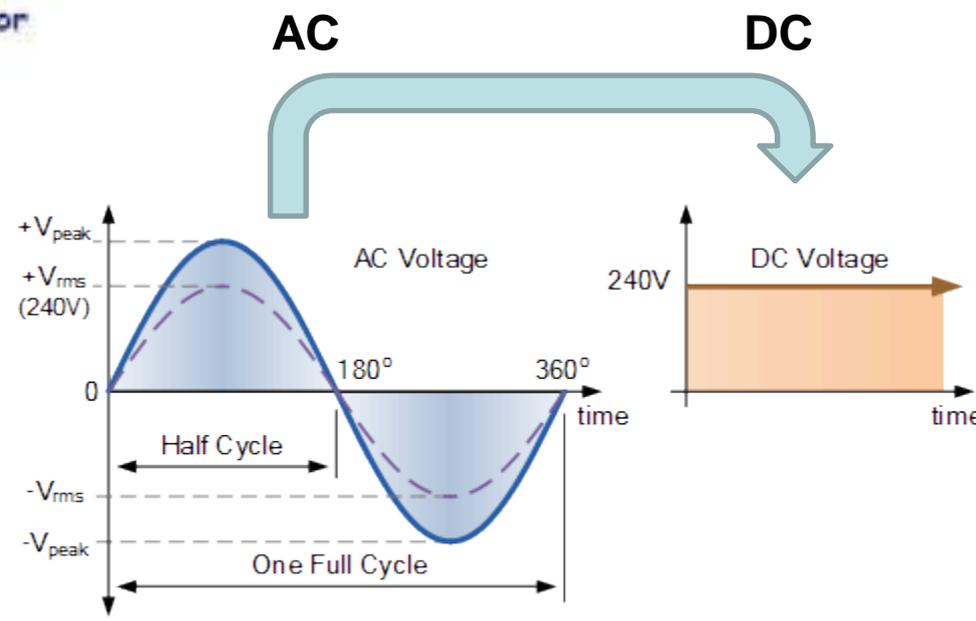
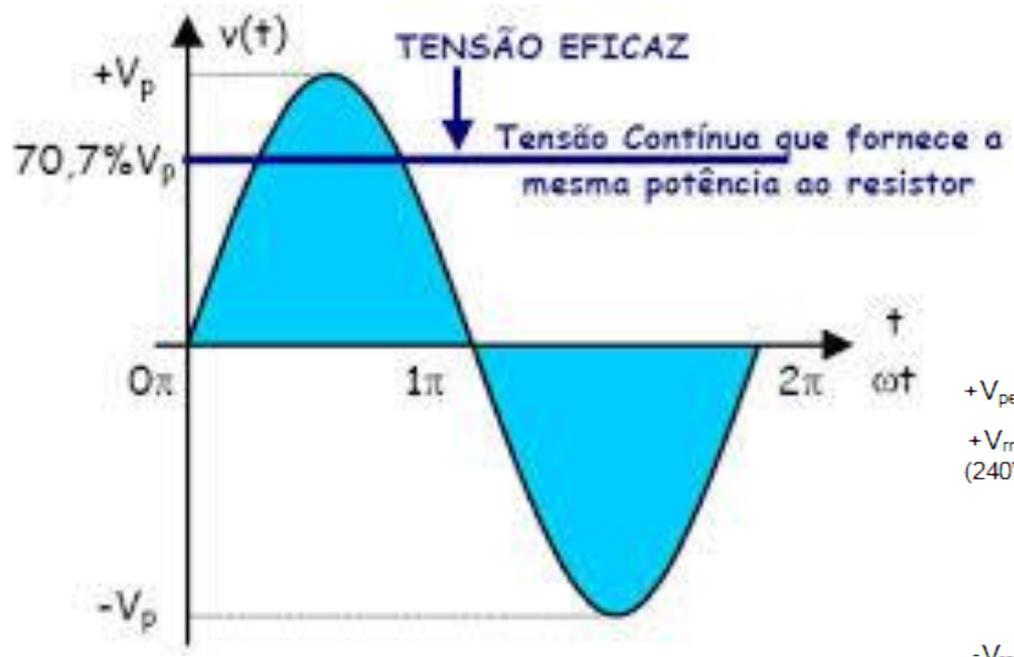
Histórico de Consumo



ARDUINO  
OPEN-SOURCE  
COMMUNITY



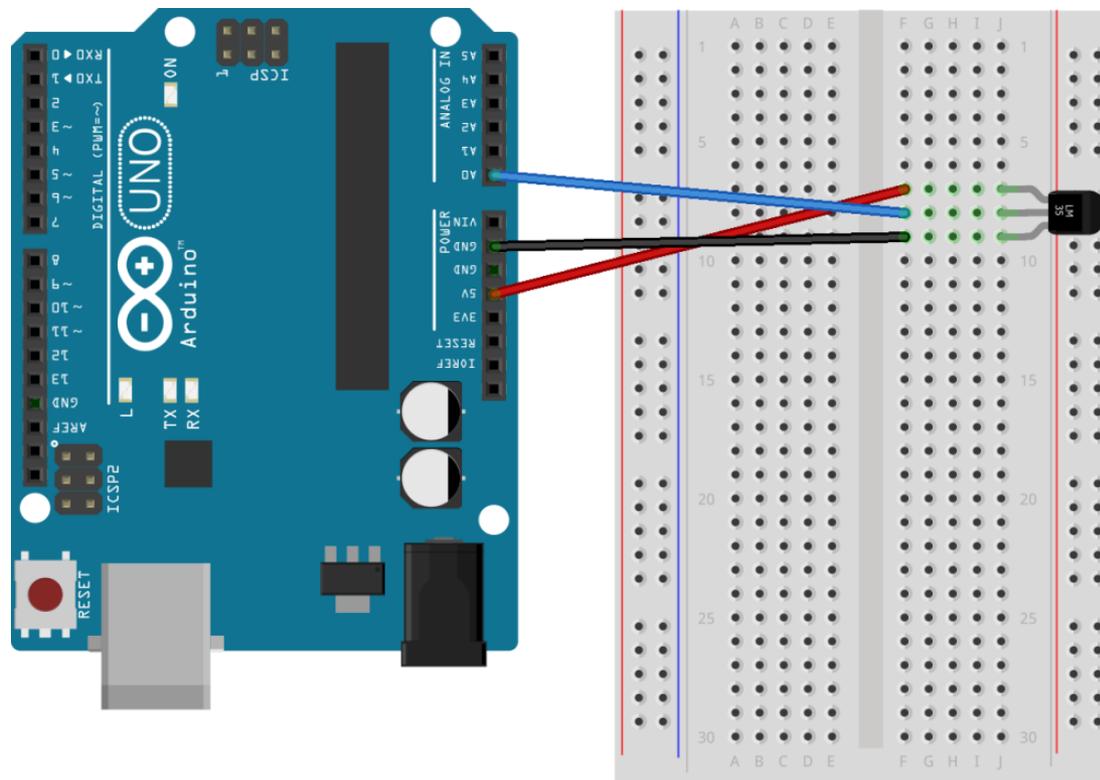
# Calculo da energia consumida



RMS (do inglês *root mean square*) é a raiz do valor quadrático médio ou valor eficaz. Equivale a aplicar a uma carga resistiva uma potência em corrente contínua com o valor da tensão RMS.

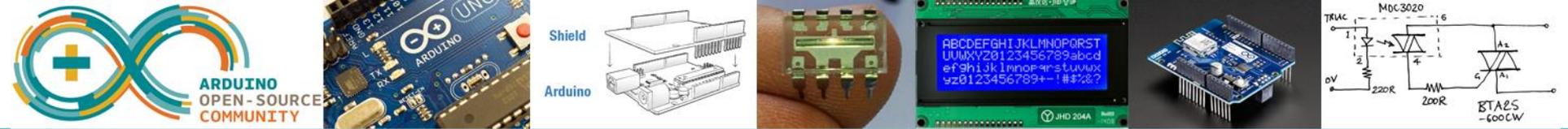
Fonte: arduino.cc, 2017.

## Uso típico de “protoboards” para montagem e testes de circuitos



fritzing

Fonte: Barreto, 2010



## Uso típico de “protoboards” para montagem e testes de circuitos

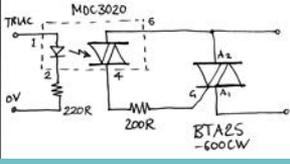
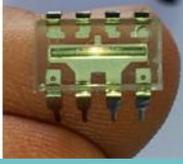
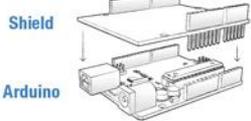


Protoboards não tem isolamento garantida para os níveis de tensão da rede ! Perigoso!

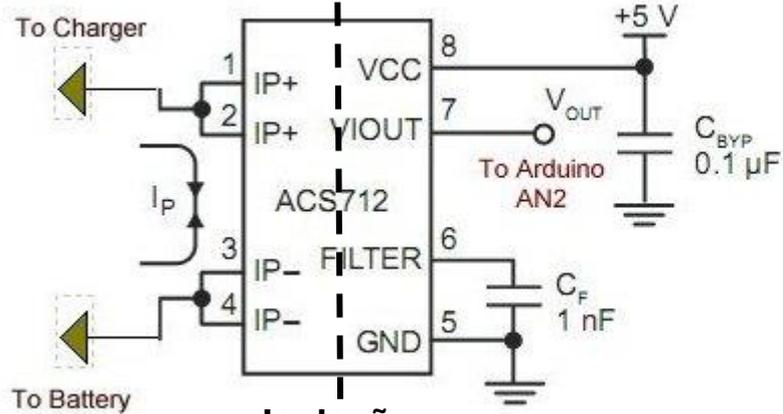
Fonte: Sparkfun, 2017



ARDUINO  
OPEN-SOURCE  
COMMUNITY



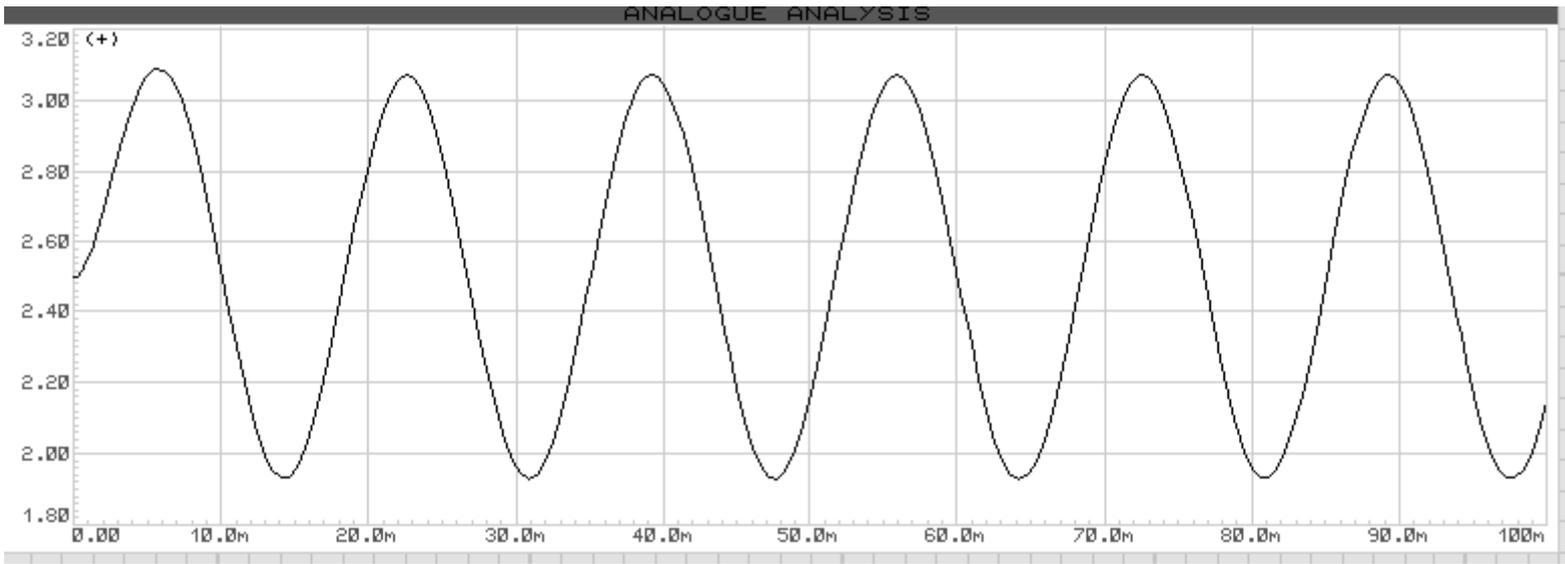
### Módulo de Efeito Hall ACS712



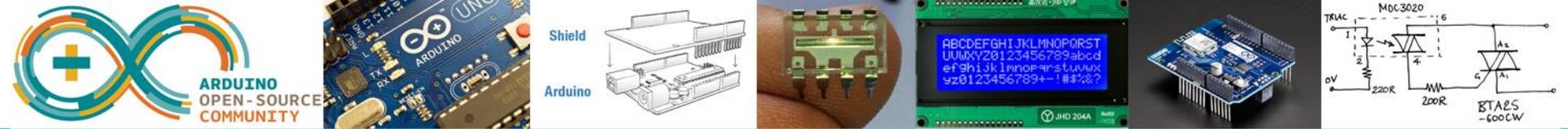
**Isolação Galvânica**



### Medição de corrente Elétrica com sensor de efeito Hall

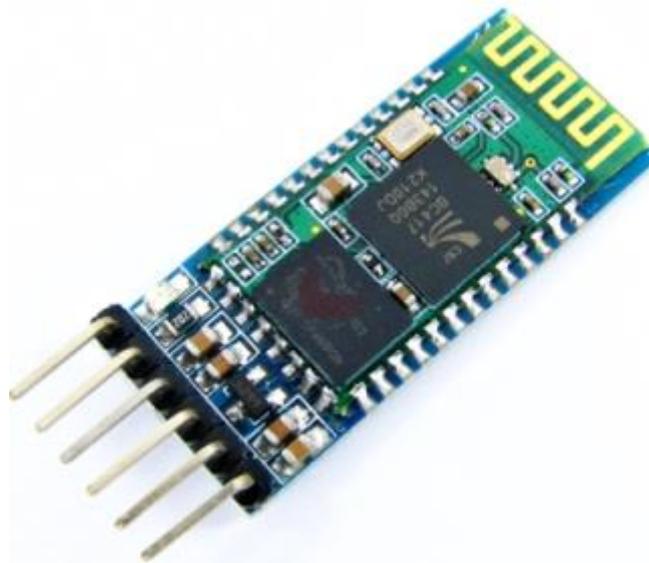






## Imagens dos módulos utilizados no projeto (existem variantes no mercado)

### Módulo Bluetooth

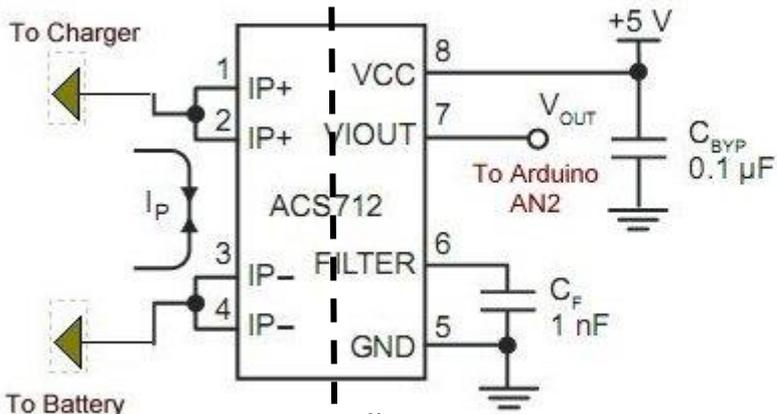


### Módulo LCD



Fonte: arduino.cc, 2017.

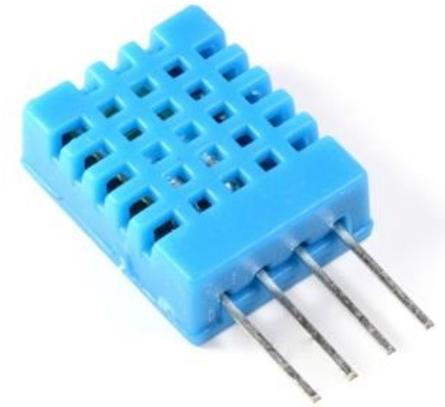
## Módulo de Efeito Hall ACS712/30 A



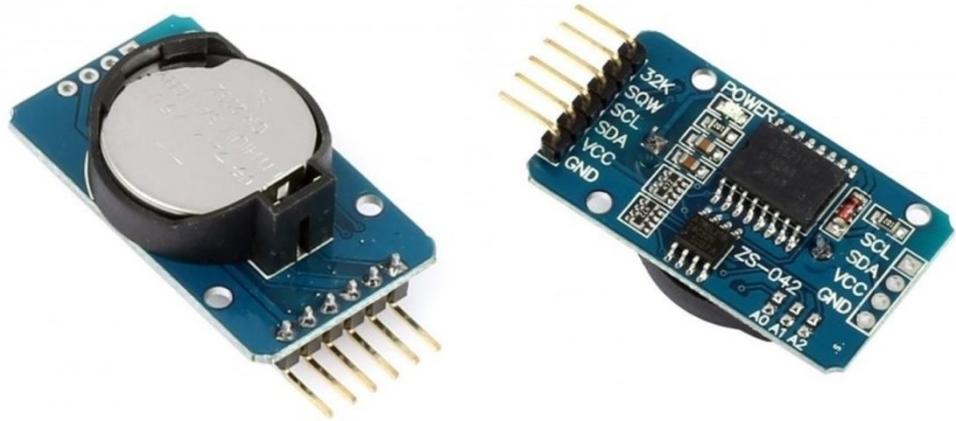
**Isolação Galvânica**



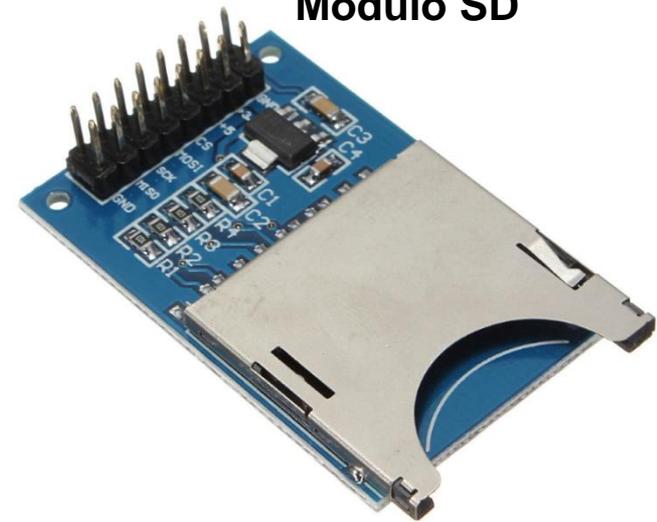
## Sensor de Temperatura e Humidade



## Módulo RTC DS3231

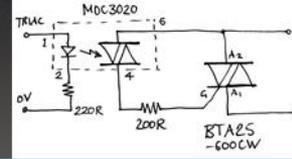
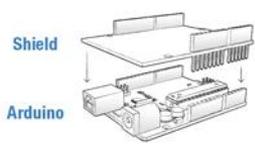


## Módulo SD





ARDUINO  
OPEN-SOURCE  
COMMUNITY



## Calculo da energia consumida

$$P = \frac{1}{T} \int u(t) \times i(t) dt \equiv U \times I \times \cos(\varphi)$$

$$P \equiv \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} u(n) \times i(n)$$

**Equação 1.** Definição de Energia Ativa.

U – Tensão eficaz (RMS).

I – Corrente eficaz (RMS).

$\cos(\varphi)$  - Fator de potência.

$u(n)$  – Amostra da tensão  $u(t)$

$i(n)$  – Amostra da corrente  $i(t)$

N – numero de amostras.

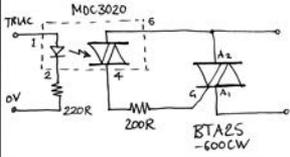
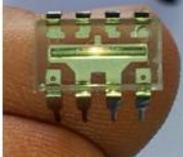
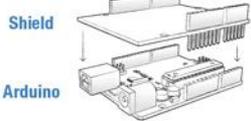
Energia Ativa é calculada como a média de vários produtos  $U \times I$  (instantâneos).

Este método é válido tanto para ondas senoidais como para ondas distorcidas.

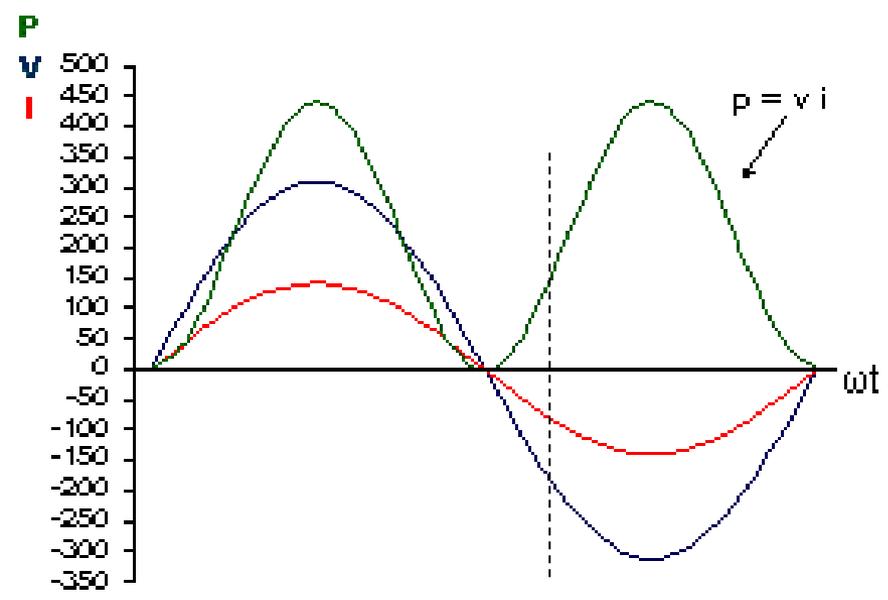
Fonte: arduino.cc, 2017.



ARDUINO  
OPEN-SOURCE  
COMMUNITY



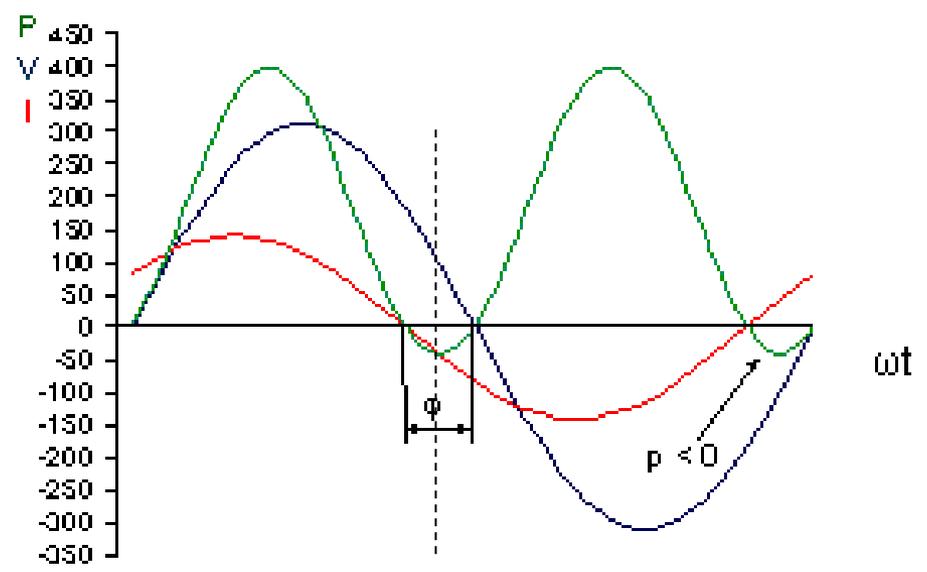
# Calculo da energia consumida – conceito de Fator de Potência



Tensão U – Azul

Corrente I – Vermelho

Potência P - Verde



Lembrando:

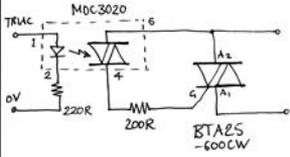
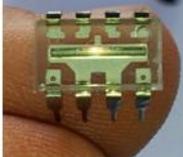
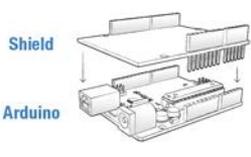
Energia Ativa é calculada como a média de vários produtos  $U \times I$  (instantâneos).

Este método é válido tanto para ondas senoidais como para ondas distorcidas.

Fonte: joseclaudio.eng.br



ARDUINO  
OPEN-SOURCE  
COMMUNITY



# Formato do arquivo no Excel

3-8.CSV - Microso

Arquivo | Página Inicial | Inserir | Layout da Página | Fórmulas | Dados | Revisão | Exibição | Desenvolvedor

Colar

Calibri 11

Fonte

Alinhamento

Quebrar Texto Automaticamente

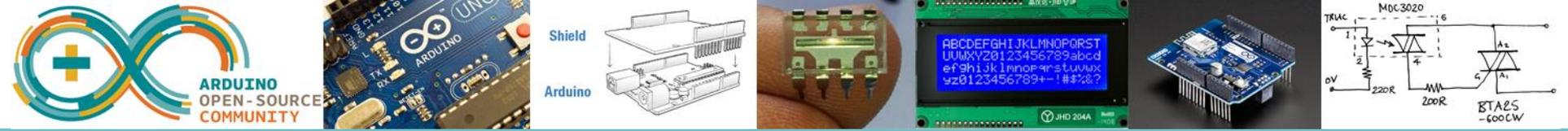
Mesclar e Centralizar

Geral

Número

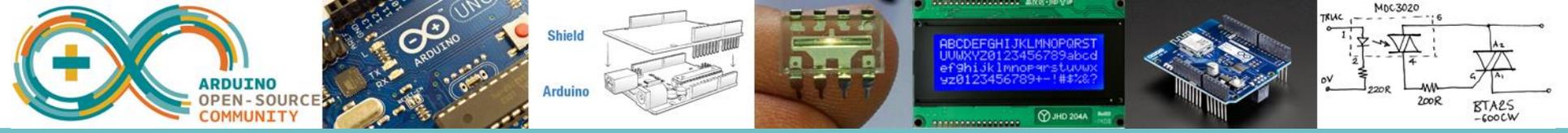
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	09:13	121.60	0.03	0.00	0.00					
2	09:14	121.42	0.25	17.73	0.58					
3										
4	Hora	Tensão	Corrente	Potencia	Fator de Potencia					
5										
6										

Fontes: Atmel ATmega328P datasheet

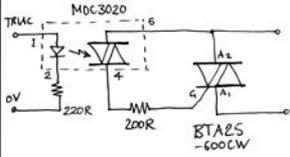
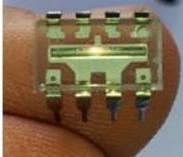
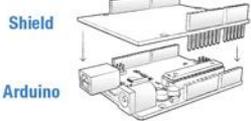


# Muito Obrigado!

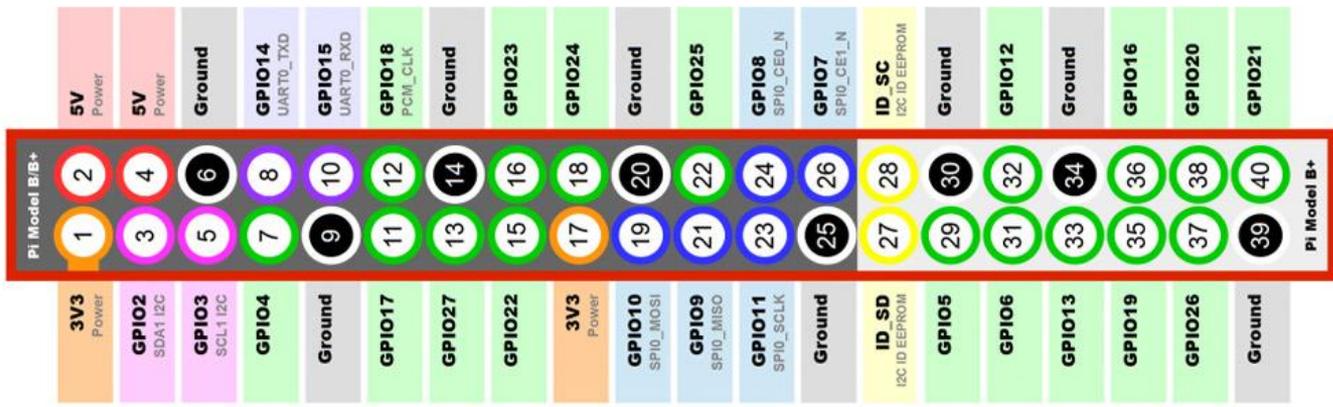
Gustavo de A. Barreto  
[gabarreto@usp.br](mailto:gabarreto@usp.br)



## O esquema do medidor



GPIO Pinout Diagram



## Raspberry Pi 3 B+

- 1.2GHz 64-bit quad-core ARMv8 CPU
- 802.11n Wireless LAN
- Bluetooth 4.1
- Bluetooth Low Energy (BLE)
- 1GB RAM
- 4 USB ports
- 40 GPIO pins
- Full HDMI port
- Ethernet port
- Combined 3.5mm audio jack and composite video
- Camera interface (CSI)
- Display interface (DSI)
- Micro SD card slot (now push-pull rather than push-push)
- VideoCore IV 3D graphics core

