

Sistemas Microcontrolados - Professor Frank Helbert

Alan Lima Marques	RA: 1511335
Breno Farias da Silva	RA: 2300516
Felipe Archanjo da Cunha Mendes	RA: 2252740
Giorgio Artur Garcia Braz	RA: 1889311
Jonathan de Gaspari Lauber	RA: 1858300
Pamella Lissa Sato Tamura	RA: 2254107
Thaynara Ribeiro Falcao dos Santos	RA: 2254140

Atividade: Solução de problemas (SP) - atividade semestral incremental - e atividade de complementação de carga horária

Título: Programando uma panificadora automática para personalização de receitas

Objetivos: Desenvolver um programa para microcontrolador capaz de produzir pães em mini panificadoras caseiras com maior liberdade de configuração.

Contexto: Estamos tentando personalizar a forma como uma mini panificadora produz seus pães. Para isto, é necessário programar as diversas fases da produção do pão. Estas fases incluem pelo menos duas sovas em momentos diferentes, a remoção do excesso de ar da massa e sua assadura. Para isso, temos que controlar o motor ligado ao batedor e a resistência elétrica utilizada para assar a massa. Temos, por último, que estimar a temperatura da assadura para seu controle em tempo real.

Hardware disponível: Panificadora Multi Pane Britânia. A panificadora possui um único motor e uma resistência para aquecimento. A estimativa da temperatura é feita com um sensor NTC e um divisor de voltagem que alimentam um conversor analógico-digital. Este sensor foi substituído por um sensor do tipo K e um amplificador operacional.

Tabela 1: Pinagem de controle da máquina:

Header máquina	Função	Pino Arduino	Detalhes
1 OUT	Temperatura	N/C	**
2 OUT	Temperatura	N/C	**
3 IN	Resistência	2	0: desligado, 5V: ligado
4 IN	Motor	3	0: desligado, 5V: ligado
5 IN	Buzzer / Ref. A/D	A1	Quando ligado a uma onda quadrada produz som.
6 PWD	10V	N/C	Op Amp.
7 PWD	VCC 5V	5V	Alimentação
8 PWD	GND	GND	Alimentação

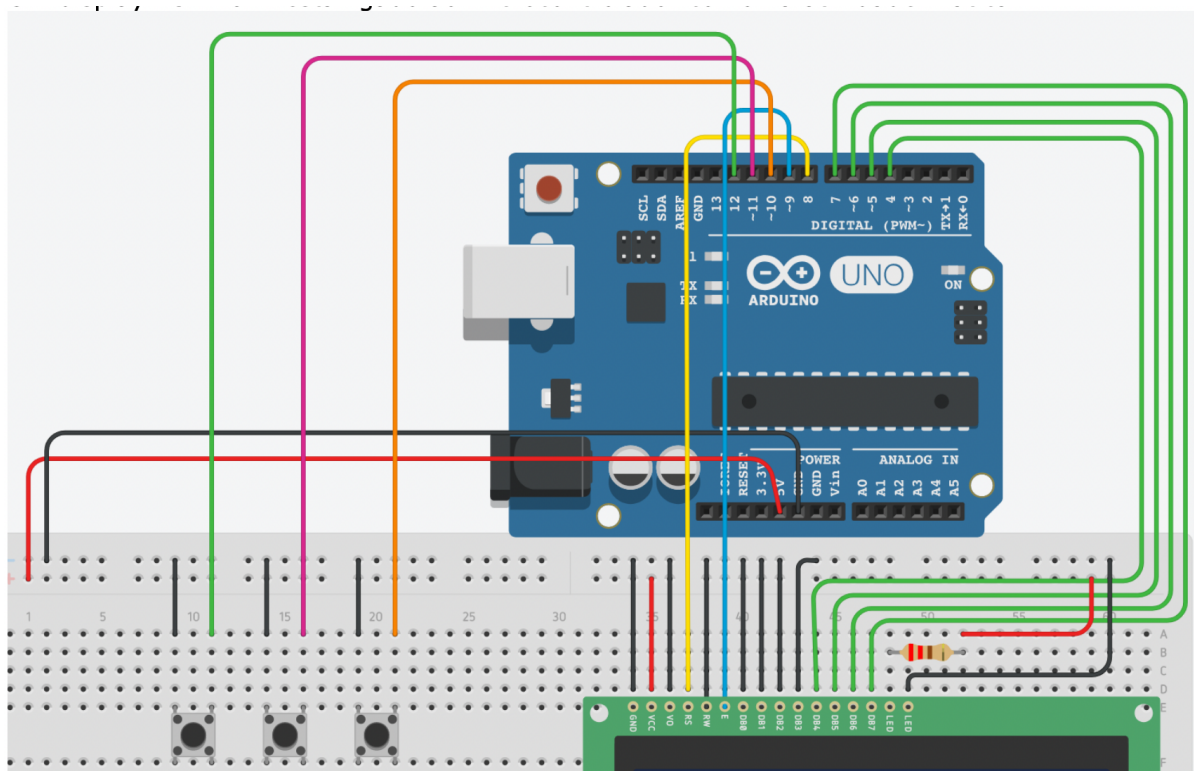
* IN: entrada, OUT: saída, PWD: alimentação

** Os pinos 1 e 2 da máquina não serão utilizados, no lugar, serão utilizados os pinos de um amplificador operacional. A saída da temperatura é conectada ao pino A0 e a sua alimentação, 3.30V, ligada a referência do conversor A/D do microcontrolador.

Tabela 2: ** Tabela de voltagens versus temperatura com o sensor tipo K adicionado. A saída do conversor A/D também está disponível.

Temperatura (°C)	Voltagem (V)	Saída A/D 10 bits
11	0.02	7
29	0.49	154
120	1.89	585
138	2.17	670
160	2.49	771
190	2.95	912
212	3.26	1011

Um display LCD 16x2 está ligado ao microcontrolador como na atividade Prática 4.



Ciclos programados na máquina de fazer pão:

Tabela 3: Ciclos disponíveis no hardware disponibilizado (original)

TABELA DOS CICLOS	MISTURA	DESCANSA	MISTURA	DESCANSA	MISTURA	DESCANSA	ASSA	TEMPO TOTAL
01 - PÃO NORMAL Pães de 450g ou 600g	0:09 Min.	0:20 Min.	0:14 Min.	0:25 Min.	30 Seg.	0:45 Min.	1:00 hr.	2:53 hr.
01 - PÃO NORMAL Pães de 900g ou 1200g	0:10 Min.	0:20 Min.	0:15 Min.	0:25 Min.	30 Seg.	0:45 Min.	1:05 Min.	3:00 hr.
02 - PÃO FRANCÊS Pães de 450g ou 600g	0:16 Min.	0:16 Min.	0:40 Min.	0:19 Min.	30 Seg.	0:30 Min.	0:50 Min.	3:40 hr.
02 - PÃO FRANCÊS Pães de 900g ou 1200g	0:18 Min.	0:40 Min.	0:22 Min.	0:30 Min.	30 Seg.	0:50 Min.	1:10 hr.	3:50 hr.
03 - PÃO INTEGRAL Pães de 450g ou 600g	0:09 Min.	0:25 Min.	0:18 Min.	0:35 Min.		1:10 hr.	0:55 Min.	3:32 hr.
03 - PÃO INTEGRAL Pães de 900g ou 1200g	0:10 Min.	0:25 Min.	0:20 Min.	0:35 Min.		1:10 hr.	1:00 hr.	3:40 hr.
04 - PÃO RÁPIDO	0:07 Min.	0:05 Min.	0:08 Min.	0:00 Min.			1:20 Min.	1:40 hr.
05 - PÃO DOCE Pães de 450g ou 600g	0:10 Min.	0:05 Min.	0:20 Min.	0:30 Min.	30 Seg.	0:55 Min.	0:50 Min.	2:50 hr.
05 - PÃO DOCE Pães de 900g ou 1200g	0:10 Min.	0:05 Min.	0:20 Min.	0:30 Min.	30 Seg.	0:55 Min.	0:55 Min.	2:55 hr.
06 - ULTRA RÁPIDO I	0:12 Min.					0:11 Min.	0:35 Min.	0:58 Min.
07 - ULTRA RÁPIDO II	0:09 Min.					0:09 Min.	0:40 Min.	0:58 Min.
08 - MASSA	0:20 Min.		0:00 Min.	0:30 Min.		0:40 Min.		1:30 hr.
09 - GELÉIA		0:15 Min.	0:45 Min.				0:20 Min.	1:20 hr.
10 - BOLO	0:10 Min.	0:05 Min.	0:20 Min.	0:30 Min.		0:35 Min.	1:10 hr.	2:50 hr.
10 - PÃO SANDUICHE Pães de 450g ou 600g	0:15 Min.	0:40 Min.	0:05 Min.	0:25 Min.	30 Seg.	0:40 Min.	0:50 Min.	2:55 hr.
11 - PÃO SANDUICHE Pães de 900g ou 1200g	0:15 Min.	0:40 Min.	0:05 Min.	0:25 Min.	30 Seg.	0:40 Min.	0:55 Min.	3:00 hr.
12 - ASSAR							1:00 hr.	1:00 hr.

Tabela 4: Configurações personalizadas disponíveis na panificadora PanExpress da ConTramontina.

CONFIGURAÇÃO	TEMPO PREAQUECIMENTO	TEMPO PREAQUECIMENTO	SOVAR 1 TEMPO	SOVAR 2 TEMPO	TEMPO CRESCER	CRESCER 1 TEMPO	MODELAR	CRESCER 2 TEMPO	MODELAR	CRESCER 3 TEMPO	TEMPO ASSAR	TEMPO ASSAR	MANTER QUENTE TEMPO
NORMAL			0mins - 1:00hrs	0mins - 1:00hrs	27°C - 34°C (80°F - 93°F)	0mins - 1:40hrs	0 - 120secs	0mins - 1:40hrs	0 - 120secs	0mins - 1:40hrs	0mins - 2hrs	60°C - 150°C (140°F - 300°F)	0mins - 1:00hrs
NORMAL RÁPIDO			0mins - 1:00hrs	0mins - 1:00hrs	27°C - 34°C (80°F - 93°F)	0mins - 1:40hrs	0 - 120secs	0mins - 1:40hrs	0 - 120secs	0mins - 1:40hrs	0mins - 2hrs	60°C - 150°C (140°F - 300°F)	0mins - 1:00hrs
INTEGRAL	16°C - 25°C (61°F - 77°F)	0mins - 1:00hrs	0mins - 1:00hrs	0mins - 1:00hrs	27°C - 34°C (80°F - 93°F)	0mins - 1:40hrs	0 - 120secs	0mins - 1:40hrs	0 - 120secs	0mins - 1:40hrs	0mins - 2hrs	60°C - 150°C (140°F - 300°F)	0mins - 1:00hrs
INTEGRAL RÁPIDO	16°C - 25°C (61°F - 77°F)	0mins - 1:00hrs	0mins - 1:00hrs	0mins - 1:00hrs	27°C - 34°C (80°F - 93°F)	0mins - 1:40hrs	0 - 120secs	0mins - 1:40hrs	0 - 120secs	0mins - 1:40hrs	0mins - 2hrs	60°C - 150°C (140°F - 300°F)	0mins - 1:00hrs
SEM GLÚTEN			0mins - 1:00hrs	0mins - 1:00hrs	27°C - 34°C (80°F - 93°F)	0mins - 1:40hrs	0 - 120secs			0mins - 1:40hrs	0mins - 2hrs	60°C - 150°C (140°F - 300°F)	0mins - 1:00hrs
PÃO COM COR			0mins - 1:00hrs	0mins - 1:00hrs	27°C - 34°C (80°F - 93°F)	0mins - 1:40hrs	0 - 120secs	0mins - 1:40hrs	0 - 120secs	0mins - 1:40hrs	0mins - 2hrs	60°C - 150°C (140°F - 300°F)	0mins - 1:00hrs
DOCE			0mins - 1:00hrs	0mins - 1:00hrs	27°C - 34°C (80°F - 93°F)	0mins - 1:40hrs	0 - 120secs	0mins - 1:40hrs	0 - 120secs	0mins - 1:40hrs	0mins - 2hrs	60°C - 150°C (140°F - 300°F)	0mins - 1:00hrs
SEM FERMENTO			10mins - 30mins								0mins - 2hrs	60°C - 150°C (140°F - 300°F)	0mins - 1:00hrs
MASSA - PÃO			0mins - 1:00hrs	0mins - 1:00hrs	27°C - 34°C (80°F - 93°F)	0mins - 1:40hrs							
MASSA - PIZZA			0mins - 1:00hrs	0mins - 1:00hrs	27°C - 34°C (80°F - 93°F)	0mins - 1:40hrs							
MASSA - MACARRÃO			10mins - 30mins										
APENAS ASSAR											0mins - 2hrs	60°C - 150°C (140°F - 300°F)	
GELÉIA	60°C - 70°C (140°F - 158°F)	0mins - 1:00hrs									0mins - 2hrs	60°C - 150°C (140°F - 300°F)	

Atividade:

1. Descreva pelo menos **três formas** de medir a temperatura. Com **formas** entenda tecnologias/princípios diferentes e/ou materiais. Ex. Resistores NTC e PTC, sensores tipo K,

PT100 e PT1000, e circuitos integrados LM35, LM75, DS18B20, etc. Qual a interface de cada um? I.e. Como o valor medido é lido pelo microcontrolador?

Resistores NTC e PTC:

Os sensores de temperatura NTC e PTC são sensores cuja relação entre resistência e temperatura são conhecidas e calculadas, possuindo, além disso, uma grande precisão. Devido a essa relação entre a temperatura e pressão, esses tipos de sensores também são conhecidos como termistores. Os termistores utilizam misturas semicondutoras, como o manganésio, o níquel, o cobalto, o cobre, o ferro, o titânio, etc.

Os termistores NTC e PTC além de serem muito parecidos possuem uma sutil diferença. Os termistores do tipo PTC obtêm uma variação de resistência de forma diretamente proporcional, onde a resistência elétrica eleva a medida que se eleva a temperatura. Por outro lado os termistores do tipo NTC obtêm uma variação de resistência de forma inversamente proporcional, onde a resistência elétrica irá diminuir à medida que se eleva a temperatura.

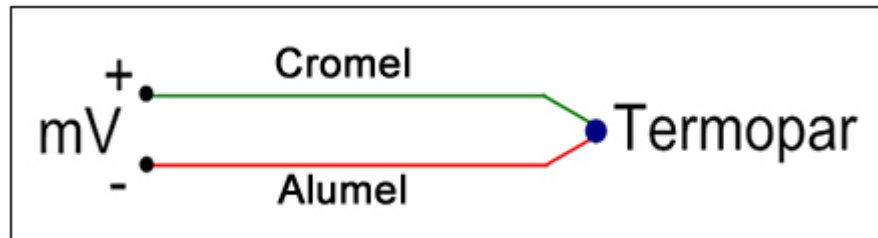
A faixa de temperatura compreendida que os sensores do tipo NTC e PTC operam está entre -200°C a $+1000^{\circ}\text{C}$, enquanto que, especificamente para os NTC, sua faixa estável compreende entre -50°C até 150°C . Em relação a corrente necessária para esses tipos de termistores começarem a atuar é na ordem de 100mA, representando uma dissipação de potência de aproximadamente $2\text{mW}/^{\circ}\text{C}$.

Sensores tipo K:

Um termopar consiste em dois metais diferentes cujas extremidades são unidas para formar um circuito fechado. Os termopares geram uma força eletromotriz desta forma e quando conectados a um instrumento de leitura (multímetro) podem ler a temperatura.

O Sensor de Medição de Temperatura ou Termopar tipo K é formado por termoelementos positivos e negativos. Como positivo, temos o fio de Cromel (90% Níquel e 10% Cromo), e como negativo, Alumel (95% Níquel e 5% Alumínio). Quando aliado ao Módulo MAX6675 é possível interagir facilmente com microcontroladores, Arduino ou Raspberry, pois o módulo MAX6675 mede a tensão no termopar e disponibiliza os dados obtidos para uma saída 12 bits compatível com SPI. Este conversor tem resolução de $0,25^{\circ}\text{C}$ e permite leituras de até 1024°C dependendo da capacidade do Termopar utilizado. O tipo K possui uma sensibilidade de em torno de $41\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$, sendo adequado para medições constantes entre -50°C e $\sim 750^{\circ}\text{C}$. Além disso, possui revestimento de tranças de fio de Amianto, material

este que além de ser extremamente flexível apresenta resistência química, térmica e à tração. Também conta com um conector tipo flecha macho, bastante utilizado em multímetros vendidos no mercado. Ele é um instrumento de uso genérico, usado tanto por técnicos quanto profissionais no monitoramento de temperatura, seja no processo de Reballing em chips BGA, SMD ou na indústria em geral, devido a sua excelente resistência à oxidação em altas temperaturas e à corrosão em baixas temperaturas.



Sensores tipo PT100 e PT1000:

O sensor de temperatura PT100 pode ser usado em conjunto com Arduino ou outros modelos de microcontroladores, e sua resistência muda proporcionalmente à temperatura que está sendo medida (a zero graus, a resistência de saída é de 100 ohms). Para facilidade de uso e instalação, vem com um cabo de 1 metro que o mantém afastado do microcontrolador, agregando à sua funcionalidade prática.

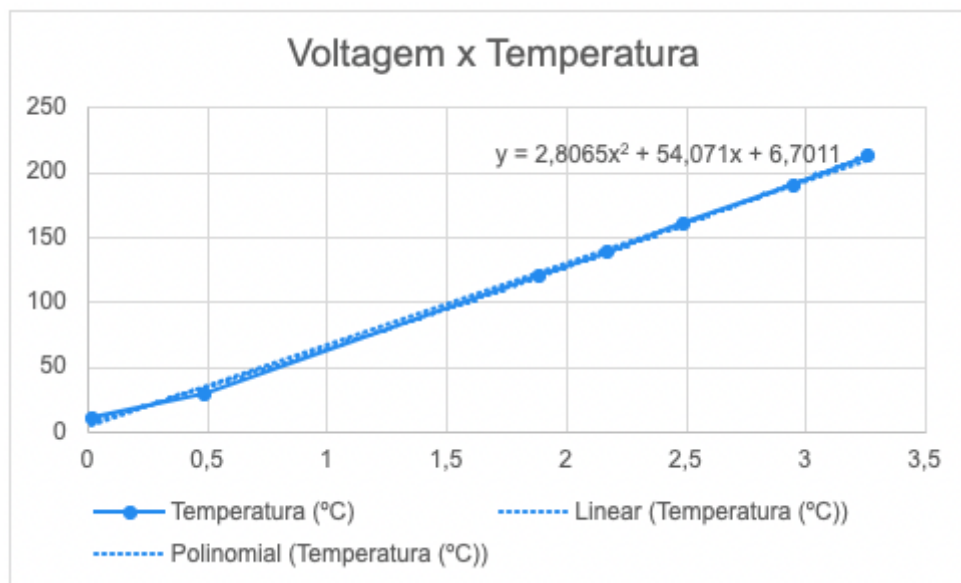
A maioria dos sensores Pt-100 consiste em resistores de fio, sendo a platina o material mais comum, encapsulada em um bulbo de cerâmica ou vidro. Por esse motivo, o sensor geralmente é considerado frágil em comparação com outros dispositivos mais robustos. Por isso, ele é colocado dentro de uma sonda embainhada para proteção. Portanto, quando um material apresenta uma mudança em seu valor de resistência, dependendo da mudança de temperatura, o dispositivo de controle pode medir essa mudança e converter esse valor em unidades de temperatura.

Basicamente, o sensor temperatura PT100 funciona por meio da variação no valor da resistência elétrica de um condutor de metal, em função da temperatura. Essa variação da resistência elétrica em função da temperatura pode ser estimada através da expressão $R(t) = R_0 (1 + at)$, onde " $R(t)$ " é a resistência elétrica na temperatura " t ", " R_0 " é a resistência elétrica quando a temperatura é 0 °C, " a " é o coeficiente de variação da resistência elétrica em função da temperatura, medido em °C e, por fim, " t " é a temperatura, também medida em °C.

Conforme a temperatura varia, o coeficiente " a " também varia, e isso deve ser considerado em um sensor temperatura PT100, principalmente para medição de valores acima de 100 °C. Existem alguns metais recomendados para uso na termometria de

resistência e, entre eles, o que se mostra melhor para uso em um sensor temperatura PT100 é a platina, por poder ser utilizada em uma larga faixa de temperaturas, variando entre -248 °C e 962 °C, além de ser resistente contra oxidação.

2. Dado a Tabela 2, descreva uma função para mapear os valores de voltagem para temperatura. Plote o gráfico obtido (pontos amostrados e curva gerada pela sua função). A resposta do sensor é linear? Qual o tipo de função que melhor aproxima a curva de temperatura da tabela? Liste os parâmetros da sua função.



Conforme observamos no gráfico de dispersão acima (Voltagem x temperatura), a resposta do sensor não é linear. Para análise, dentre as funções usadas, a polinomial se aproxima da curva de temperatura da tabela. Os parâmetros também podem ser observados no gráfico em questão.

3. Implemente utilizando o Arduino UNO disponibilizado, o ciclo personalizável **Normal** presente na **Tabela 4** (Você pode simplificar o ciclo com somente uma sova, crescimento, assadura). Não é necessário controlar a temperatura durante a sova e crescimento. Como valores iniciais, você pode utilizar 25min de sova, 1h30min de crescimento e 40min de assadura.

- Utilize o display LCD e 2 ou 3 botões para navegar pelas opções e setar os valores de cada opção. O display pode ser ligado como na prática 4 e utilizar o código lá fornecido.

RÚBRICA (nota máxima por item):

1. 15%

2. 20%

3. 65%

**3.1 → 35% implementar o básico (as três fases com valores específicos) 3.2 → 25%
botões funcionais**

3.3 → 40% permitir configurar os tempos de sova, crescimento e assadura

Esta atividade deve ser realizada em equipes de no máximo 7 alunos.

Esta atividade vale 40% da nota atribuída as atividades SP e ACCH na média.