João Alexandre da Silveira

ARDUINO

Cartilha para Programação em C

Para Interfaces Simples
de Hardware - Edição 1.0

Pinos Digitais
usados para deteção ou transmissão de controles digitais

Funções em C:
pinMode( )
digitalRead( )
digitalWrite( )
analogWrite( )
attachInterrupt( )
pulseIn( )

Porta USB - usada para comunicação serial com um computador

Funções em C:
begin( )
end( )
available( )
read( )
print( )
println( )

Pinos de Alimentação
usados para alimentação de circuitos externos e reset do Arduino

Pinos analógicos
usados para leitura de sinais de sensores

Função em C:
analogRead( )

www.revistadoarduino.com.br

Cartilha de Programação em C para o ARDUINO
Escrita e produzida por João Alexandre da Silveira

Com informações e inspirações tomadas de:

"Arduino Programming Notebook" - Brian W. Evans
"Experimentos com o ARDUINO" - João Alexandre da Silveira
"Programming Interactivity" - Josua Noble
"The C Programming Language" - Kernighan and Ritche
"Let Us C" - Yashavant Kanetkar
"C for Engineers and Scientists" - Gary Bronson

www.arduino.cc
www.revistadoarduino.com.br

Edição 1.0 - janeiro de 2012

e-mail do autor: planctum@yahoo.com

PREFÁCIO

Este livreto de pouco mais de 20 páginas é um guia de consulta rápida para os iniciantes em programação do ARDUINO para criação de interfaces simples de hardware. Ele resume em tabelas, imagens e gráficos de fácil compreensão a função das portas físicas de entrada e de saída do ARDUINO e os principais comandos da sua linguagem de programação. A idéia foi reunir em um pequeno guia de bancada a descrição de cada pino do ARDUINO e as funções na sua linguagem de programação relativas a esses pinos. Tambem estão incluídas as funções para comunicação serial.

O texto foi dividido em duas partes: uma que trata da estrutura da linguagem de programação, e uma que trata do hardware controlado por essa programação. Nessa primeira parte é apresentada a estrutura básica da linguagem com as suas duas principais funções; a seguir uma breve introdução sobre constantes, variáveis, matrizes, funções de matemática e tempo e, por fim, as funções de controle de fluxo herdadas da linguagem C/C++. Na segunda parte as portas de entrada e saída (pinos) digitais, as portas analógicas e a porta serial do ARDUINO são descritas junto com as suas funções de controle.

Para aqueles leitores interessados em se aprofundar mais no mundo do ARDUINO e na linguagem C sugerimos os livros e sites web que aparecem na página II deste livreto. Sugestões, críticas e comentários sobre esse trabalho podem ser enviadas diretamente para o autor pelo site www.revistadoarduino.com.br; onde o leitor poderá tambem cadastrar seu e-mail para ser notificado sobre uma nova edição desta Cartilha.

João Alexandre da Silveira
janeiro de 2012

ÍNDICE

MAPA DAS ENTRADAS E SAÍDAS DO ARDUINO 2

A - A ESTRUTURA DA LINGUAGEM DO ARDUINO 3
- A Estrutura Básica
- Funções
- Declaração de funções
- setup( )
- loop( )
- Os símbolos
  - { }
  - ;
  - //
  - /*...*/

A.1 - CONSTANTES E VARIÁVEIS 4
- TRUE/FALSE
- HIGH/LOW
- INPUT/OUPUT
- Escopo da Variável
- Declaração da Variável
- Tipos de variáveis

A.2 - MATRIZES 5
- Declaração de uma Matriz
- Escrever/Ler uma Matriz

A.3 - LÓGICA E ARITMÉTICA 6
- Símbolos compostos
- Operadores de comparação
- Operadores lógicos

A.4 - FUNÇÕES MATEMÁTICAS E DE TEMPO 7
- delay( )
- delayMicroseconds( )
- millis( )
- random( )
- abs( )
- map( )

A.5 - FUNÇÕES PARA CONTROLE DE FLUXO 8
- if
- if...else
- if...else...if

while
do...while
for
switch...case
operador ternário '?'

B- AS PORTAS DE E/S DO ARDUINO E SUAS FUNÇÕES EM C 13

B.1 - OS PINOS DIGITAIS 13
pinMode( )
digitalRead( )
digitalWrite( )
analogWrite( )
attachInterrupt( )
pulseIn( )

B.2 - OS PINOS ANALÓGICOS 15
analogRead( )

B.3 - A PORTA SERIAL DO ARDUINO 16
Serial.begin( )
Serial.end( )
Serial.available( )
Serial.read( )
Serial.print( )
Serial.println( )

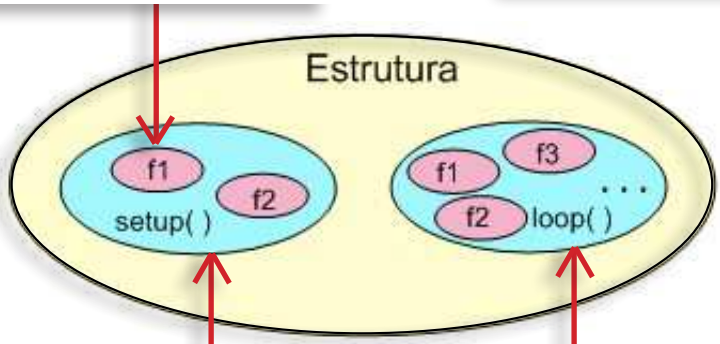
B.4 - OS PINOS DE ALIMENTAÇÃO 17

A - A ESTRUTURA DA LINGUAGEM DO ARDUINO

A estrutura básica da linguagem de programação do Arduino é bastante simples; ela é formada por dois blocos de funções que carregam outros blocos de funções escritas em linguagem C/C++. O primeiro bloco de funções forma a função **setup( )**; o segundo, a função **loop( )**.

Funções em linguagens de programação são como sub-rotinas ou procedimentos; são pequenos blocos de programas usados para montar o programa principal. Elas são escritas pelo programador para realizar tarefas repetitivas, ou podem ser importadas prontas para o programa em forma de bibliotecas.

Declaração da Função toda função deve ser declarada antes de ser chamada atribuindo-lhe um tipo e um nome seguido de parênteses, onde serão colocados os parâmetros de passagem da função. Depois do nome são definidos entre as chaves '**{**'e '**}**'os procedimentos que a função vai executar.



setup( ): Essa é a primeira função a ser chamada quando o programa inicia. E é executada apenas nessa primeira vez. Esta é uma função de preparação: ela dita o comportamento dos pinos do Arduino e inicializa a porta serial.

loop( ): A função **loop( )** é chamada logo a seguir e todas as funções embarcadas nela são repetidamente executadas. Ela fica lendo os pinos de entrada do Arduino e comandando os pinos de saída e a porta serial.

Os Símbolos usados na construção de funções são os seguintes:

{ } - Dentro das **chaves** vão os procedimentos (statements) que a função deve executar;

; - O **ponto-e-vírgula** é usado para marcar o final de um procedimento;

// - **comentário de uma linha:** qualquer caracter depois das duas barras é ignorado pelo programa;

/*...*/ - **comentário em várias linhas:** qualquer texto colocado entre esses simbolos tambem é ignorado pelo programa.

Exemplo:

```
/*
Nesse código a função setup( ) ativa a porta serial em 9600 bits/s e a função loop( ) fica transmitindo a frase 'Hello World!' pela porta serial a cada 2 segundos.
*/

void setup( )    {
        Serial.begin(9600);                    // inicializa a porta serial
}
void loop( )     {
        Serial.println(" Hello World! ");      // transmite frase
        delay(2000);
}
```

A.1 - CONSTANTES E VARIÁVEIS

CONSTANTES são valores predefinidos que nunca podem ser alterados. Na linguagem C do Arduino são 3 os grupos de constantes; os dois componentes de cada grupo sempre podem ser representados pelos números binários 1 e 0.	**TRUE/FALSE** são constantes booleanas que definem estados lógicos. Verdadeiro é qualquer valor que não seja zero. Falso é sempre o valor zero.
	HIGH/LOW essas constantes definem as tensões nos pinos digitais do Arduino. Alto é uma tensão de 5 volts; baixo o terra (ou 0 volt).
	INPUT/OUPUT são constantes programadas pela função **pinMode( )** para os pinos do Arduino; eles podem ser entradas (de sensores) ou podem ser saídas (de controle).

VARIÁVEIS são posições na memória de programa do Arduino marcadas com um nome e o tipo de informação que irão guardar. Essas posições podem estar vazias ou podem receber um valor inicial. Os valores das variáveis podem ser alterados pelo programa.	**Escopo da Variável** é o limite ou abrangência da variável. Uma variável pode ser declarada em qualquer parte do programa. Se for declarada logo no início, antes da função **setup( )**, ela tem o escopo de **Variável Global**, e porisso ela pode ser vista e usada por qualquer função no programa. Se declarada dentro de uma função ela tem o escopo de **Variável Local**, e só pode ser usada por essa função.
	Declaração da Variável como as funções, toda variável deve ser declarada antes de ser chamada. Essa declaração consiste em atribuir previamente um tipo e um nome à variável.
	Tipos de variáveis: **byte** - esse tipo armazena 8 bits (0-255); **int** - armazena números inteiros de até 16 bits; **long** - armazena números inteiros de até 32 bits; **float** - variáveis deste tipo podem armazenar números fracionários de até 32 bits.

Exemplo:

```
/* Esse programa escrito em C do Arduino aumenta e diminui gradativamente o brilho de um LED
conectado no pino PWM 10 do Arduino. */

int i=0;                                  // declaração da variável global inteira i iniciada com 0
void ledOn( );                            // declaração da função criada ledOn do tipo void
void setup( )  {
        pinMode(10,OUTPUT); // aqui 2 parâmetros são passados à função pinMode( )
}
void loop( )    {
        for (i=0; i <= 255; i++) ledOn( );          // aumenta o brilho do led
        for (i=255; i >= 0; i--) ledOn( );          // diminui o brilho do led
}
void ledOn( ) {                                     // função que acende o led
        analogWrite (10, i);      // o nº do pino e o valor de i são passados à função analogWrite( )
        delay (10);
}
```

A.2 - MATRIZES

MATRIZES são coleções de variáveis do mesmo tipo, portanto são posições na memória de programa, com endereços que podem ser acessados por meio de um identificador, chamado de **índice**. A primeira posição de uma matriz é sempre a de índice 0.

Declaração de uma Matriz I As matrizes, como as variáveis e as funções, devem ser declaradas com um tipo e um nome seguido de colchetes; e podem também ser inicializadas com os valores entre as chaves. Exemplo:

```
int nomeMatriz [ ] = { 16,32,64,128, ... };
```

Declaração de uma Matriz II Pode-se tambem declarar somente o tipo, o nome e o tamanho da matriz, deixando para o programa o armazenamento de variáveis nas posições, ou índices, da matriz.

```
int nomeMatriz [ 10 ] ;        //nomeMatriz com dez 10
                               //posições para variáveis inteiras
```

Escrever/Ler uma Matriz Para guardar o inteiro 16 na 4ª posição da matriz **nomeMatriz**, usa-se:

```
nomeMatriz [3] = 16;
```

Para atribuir o valor armazenado na 5ª posição de nomeMatriz à variável **x**:

```
int x = nomeMatriz[4];
```

A.3 - LÓGICA E ARITMÉTICA

Operações Aritméticas e lógicas as 4 operações aritméticas, divisão, multiplicação, adição e subtração, são representadas pelos símbolos: /, *, + e -, respectivamente, separando os operandos. E são 3 os operadores lógicos na linguagem do Arduino que são usados para comparar duas expressões e retornar a constante TRUE/FALSE.

Símbolos compostos são aqueles que combinam os símbolos aritméticos entre si e com o sinal de atribuição:

```
x ++          // x=x+1
x --          // x=x-1
x += y        // x=x+y
x -= y        // x=x-y
x *= y        // x=x*y
x /= y        // x=x/y
```

Operadores de comparação comparam uma variável com uma constante, ou variáveis entre si. São usados para testar se uma condição é verdadeira.

```
x == y        // x é igual a y
x != y        // x não é igual a y
x  < y        // x é menor que y
x  > y        // x é maior que y
x <= y        // x é menor ou igual a y
x >= y        // x é maior ou igual a y
```

Operadores lógicos são usados para comparar duas expressões, retornam 1 ou 0 (verdadeiro/falso).

&&	AND	porta lógica 'E'
||	OR	porta lógica 'OU'
!	NOT	porta lógica NÃO

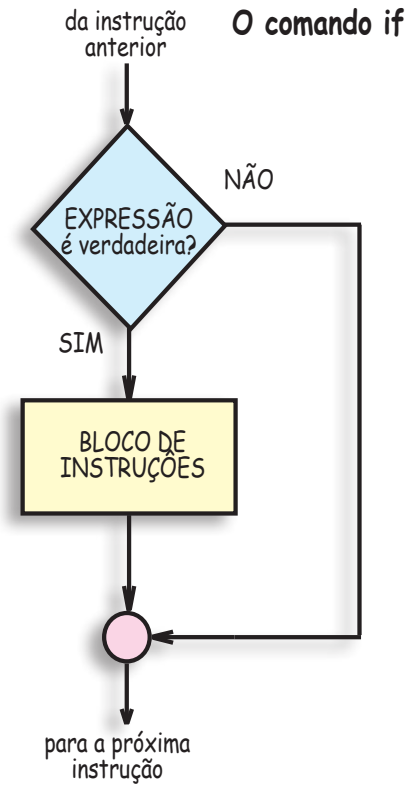
A.4 - FUNÇÕES MATEMÁTICAS E DE TEMPO

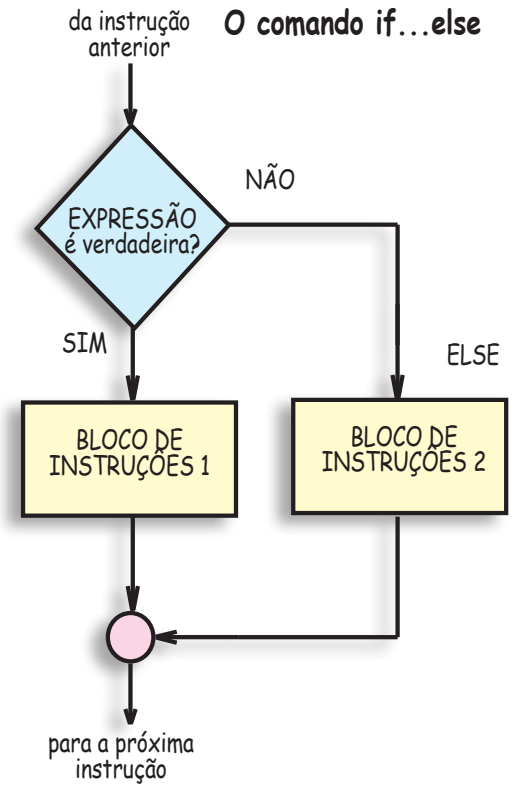
Função	Exemplo	Notas
delay(ms) Essa função pausa o programa por um período em milissegundos indicado pelo parâmetro entre parênteses.	**delay(1000);** Com esse parâmetro o programa vai pausar durante 1 segundo (1000 ms).	Durante o período em que essa função está ativa qualquer outra função no programa é suspensa; é equivalente ao HALT em Assembly. Somente as interrupções de hardware podem parar essa função.
delayMicroseconds(us) Essa função pausa o programa por um período em microssegundos indicado pelo parâmetro entre parênteses.	**delayMicroseconds(1000);** Com esse parâmetro o programa vai pausar durante 1 ms (1000 us).	As mesmas observações acima para a função **delay(ms)** são válidas aqui.
millis( ) Retorna o número de milissegundos desde que o Arduino começou a executar o programa corrente.	**long total = millis( );** Aqui a variável inteira longa (de 32 bits) 'total' vai guardar o tempo em ms desde que o Arduino foi inicializado.	Essa variável vai ser resetada depois de aproximadamente 9 horas.
random(min,max) Gera números pseudo-aleatórios entre os limites **min** e **max** especificados como parâmetros.	**int valor = random(100,400);** À variável 'valor' vai ser atribuido um número inteiro qualquer entre 100 e 400.	O parâmetro **min** é opcional e se excluído o limite mínimo é 0. No exemplo variável 'valor' poderá ser qualquer número inteiro entre 0 e 400.
abs(x) Retorna o módulo ou valor absoluto do número real passado como parâmetro.	**float valor = abs(-3.14);** À variável 'valor' vai ser atribuído o número em ponto flutuante (e sem sinal) 3.14.	
map(valor,min1,max1,min2,max2) A função **map( )** converte uma faixa de valores para outra faixa. O primeiro parâmetro 'valor' é a variável que será convertida; o segundo e o terceiro parâmetros são os valores mínimo e máximo dessa variável; o quarto e o quinto são os novos valores mínimo e máximo da variavel 'valor'.	**int valor = map(analogRead(A0),0,1023,0,255));** A variável 'valor' vai guardar a leitura do nível analógico no pino A0 convertida da faixa de 0-1023 para a faixa 0-255.	Com essa função é possível reverter uma faixa de valores, exemplo: **int valor = map(x,1,100,100,1);**

A.5 - FUNÇÕES PARA CONTROLE DE FLUXO

if é um controle de fluxo usado para selecionar uma ou mais instruções baseado no resultado de um teste de comparação. Todas as instruções entre as chaves **{** e **}** são executadas somente se o resultado desse teste for verdadeiro; se não, essas instruções não são executadas. Verdadeiro é qualquer resultado, mesmo negativo, diferente de zero. Falso é um resultado zero.

```
if (expressão) {
        bloco de instruções;   // se 'expressão' for verdadeira, 'bloco de instruções' é executado
}
```

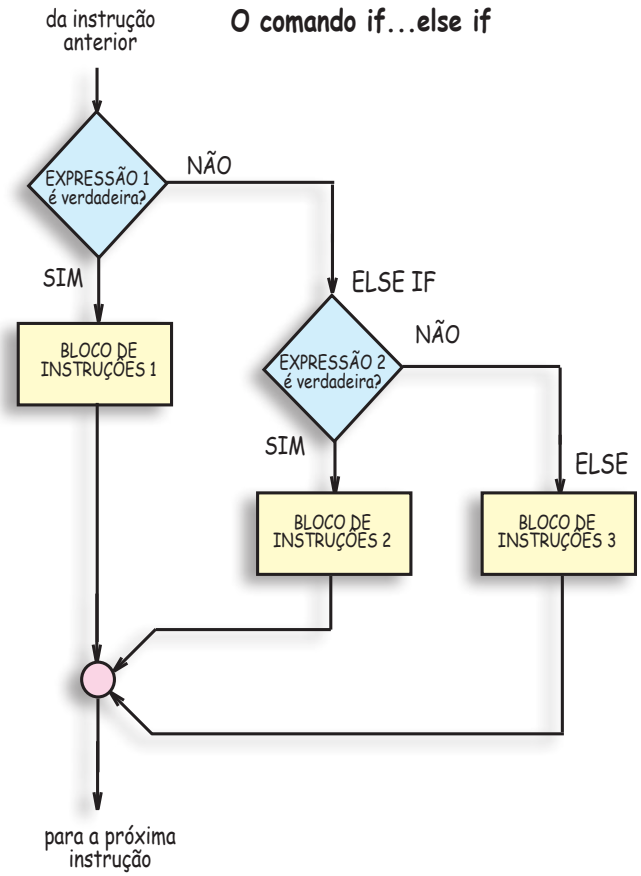


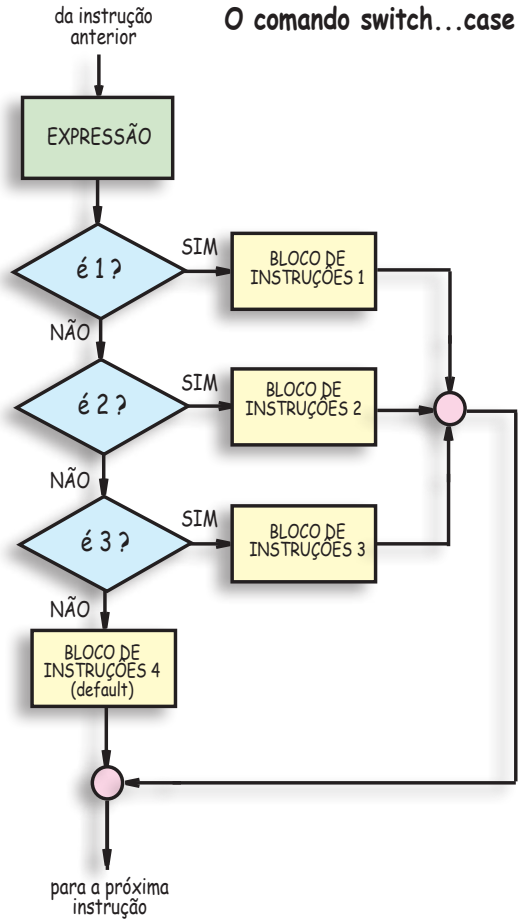


if...else Ao se acrescentar mais um **bloco de instruções** no loop do comando **if** pode-se criar o comando **if...else**, para fazer um teste novo quando o resultado da expressão for falsa.

```
if (expressão) {
        bloco de instruções1;  // se 'expressão' for verdadeira, 'bloco de instruções1' é executado
}
else {
        bloco de instruções2;  // se 'expressão' for falsa, 'bloco de instruções2' é executado
}
```

if...else if E de novo ao se acrescentar agora o comando **if...else** no loop do comando **if** pode-se criar mais um outro comando, o **if...else if**. No exemplo abaixo se '**expressão1**' for verdadeira o '**bloco de instruções1**' é executado; se '**expressão1**' for falsa mas **expressão2** for verdadeira '**bloco de instruções2**' é executado; e se '**expressão1**' e '**expressão2**' forem falsas o '**bloco de instruções3**' é executado.






```
if (expressão1) {
        bloco de comandos1;
 }

else if (expressão2) {
        bloco de instruções2;
}

else {
        bloco de comandos3;
}
```

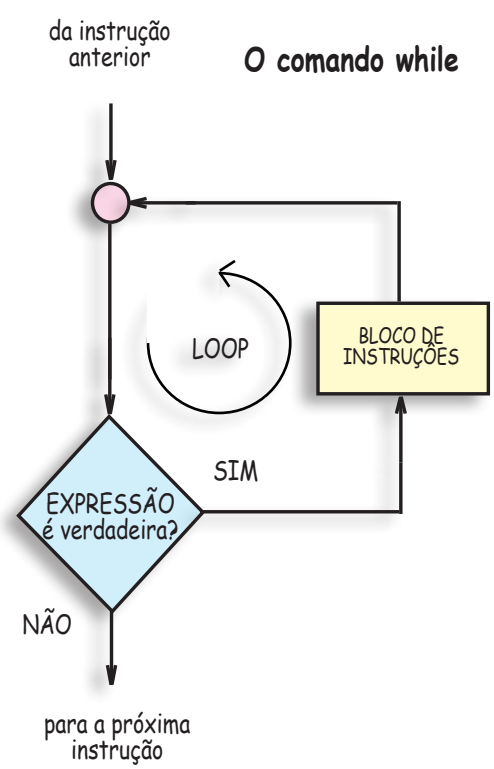
```
switch (expressão) {
        case 1:  bloco de instruções1;
break;
        case 2:  bloco de instruções2;
break;
        case 3:  bloco de instruções3;
break;
        default: bloco de instruções4;
}
```

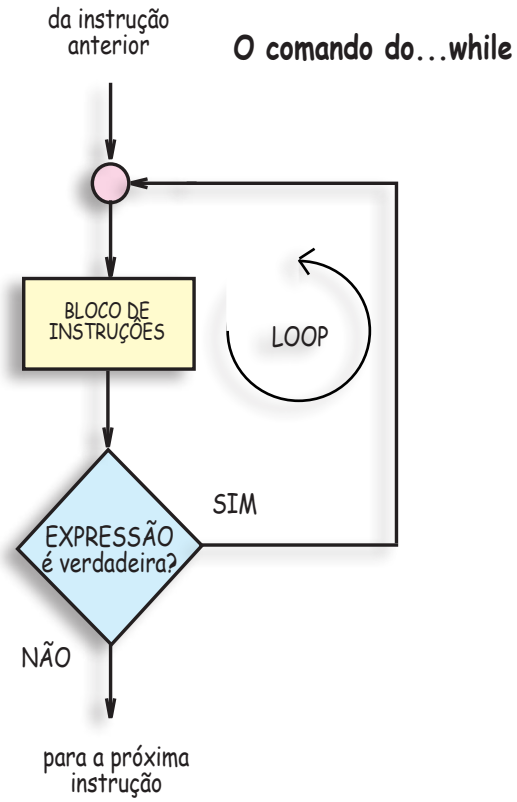
switch...case É possível ir inserindo comandos **if...else** na posição do segundo bloco de instruções de outro comando **if...else** e assim criar uma cadeia de comandos para testar dezenas de expressões até encontrar uma que retorne um resultado verdadeiro e executar um dos blocos de instruções; mas existe um comando próprio que simplifica bastante essa seleção, é o comando **switch...case**. Esse comando permite comparar uma mesma variável inteira, ou uma expressão que retorne um inteiro, com vários valores possíveis.

while Uma das operações mais frequentes que os programas executam é repetir um grupo de instruções até que uma condição inicialmente verdadeira se torne falsa. É para isso que serve o comando **while**. A sua sintaxe é a seguinte:

```
while (expressão) {
        bloco de instruções;
}
```

O **bloco de instruções** será executado enquanto o parâmetro **expressão** for verdadeiro.





do...while Para que o bloco de instruções seja executado ao menos uma vez, ele é deslocado para a entrada da caixa de decisões, antes do teste de validade:

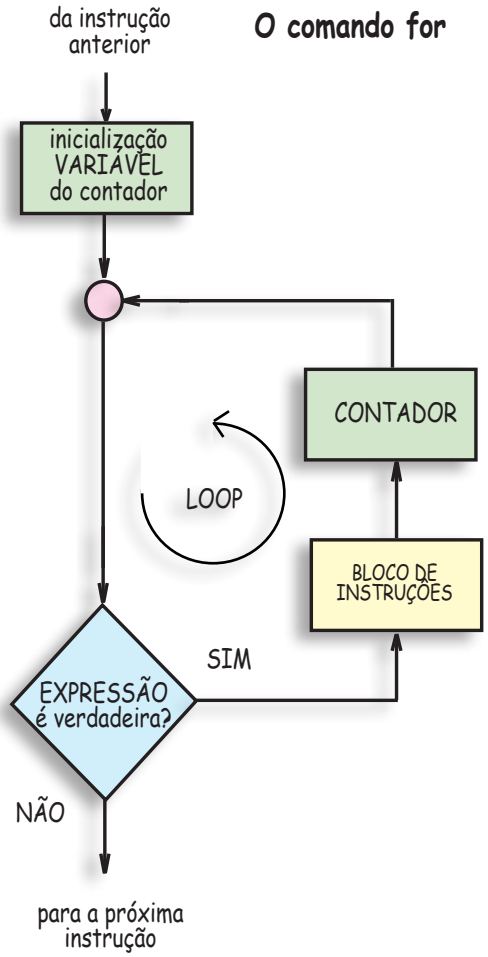
```
do {
        bloco de instruções;
}
while (expressão);
```

Aqui o 'bloco de instruções' será executado primeiro e só então o parâmetro 'expressão' é avaliado.

for Inserindo-se no loop do comando **while** um contador que registre cada execução do **bloco de instruções** cria-se o comando **for**. Esse contador deve ter uma variável de controle que deve ser previamente inicializada com um tipo e um valor. A sua sintaxe é a seguinte:

```
for (variável; expressão;incremento) {
      bloco de instruções;
}
```

A **variável** é inicializada normalmente com 0 ou 1; o parâmetro **expressão** deve conter o valor máximo (ou mínimo) que o contador deve alcançar; e **incremento** é o valor que será incrementado (ou decrementado) da variável cada vez que o bloco de instruções é executado. Observe que cada parâmetro entre parênteses é separado por ponto e vírgula.



Exemplo:

```
for (int i = 0; i <= 10; i++) {
     println (contador);
     delay(1000);
}
```

Nesse exemplo a variável de controle **i** do contador é inicializada com 0; o contador é testado e se o valor nele acumulado for menor que 10 seu valor é enviado para o Terminal, e depois de 1 segundo, o contador é incrementado e seu novo valor é testado novamente.

O operador ternário '?' É possível simplificar códigos com comandos **if...else** em C/C++ com o operador condicional '?', tambem chamado de operador ternário. Esse operador avalia uma expressão e se esta for vardadeira uma instrução é executada, se a expressão for falsa uma outra expressão é executada. A sua sintaxe é a seguinte:

```
(expressão) ? instrução1 : instrução2;
```

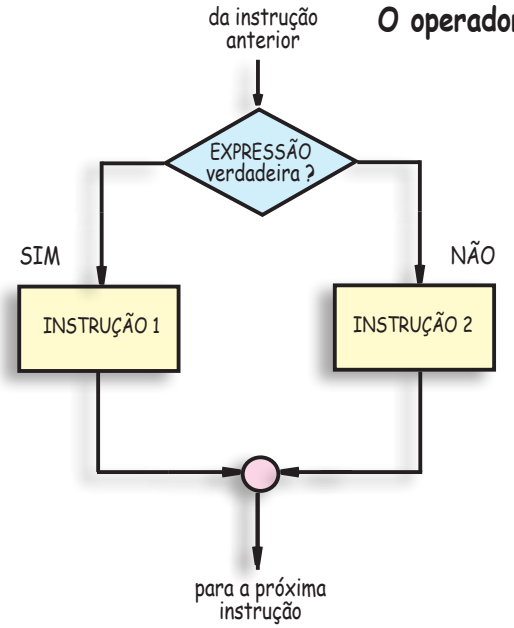
Note o uso e a posição entre as duas instruções de dois pontos na sintaxe desse operador.

Exemplo:

```
int x = 8;
y = (x > 10) ? 15 : 20;
```

Aqui o valor de **y** vai depender da avaliação da expressão do operador ternário; como o valor de **x** vale 8, a expressão (x>10) é falsa, porisso o inteiro 20 será atribuido a **y**; se o valor atribuido a **x** fosse maior que 10, **y** seria 15. Essa mesma expressão com o comando **if...else** ficaria assim:

```
int x = 8;
if (x > 10) {
y = 15;
}
else
y = 20;
```



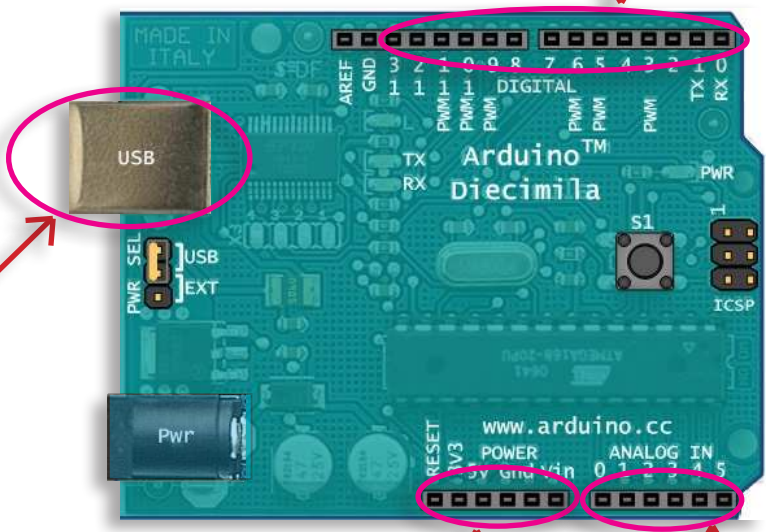
O operador ternário

MAPA DAS ENTRADAS E SAÍDAS DO ARDUINO

[E suas Funções na linguagem do Arduino]

Pinos Digitais
usados para deteção ou transmissão de controles digitais

Funções em C:
pinMode( )
digitalRead( )
digitalWrite( )
analogWrite( )
attachInterrupt( )
pulseIn( )



Porta USB - usada para comunicação serial com um computador

Funções em C:
begin( )
end( )
available( )
read( )
print( )
println( )

Pinos de Alimentação
usados para alimentação de circuitos externos e reset do Arduino

Pinos analógicos
usados para leitura de sinais de sensores

Função em C:
analogRead( )

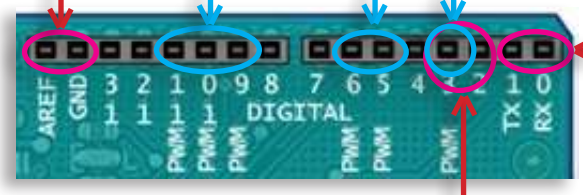
B - AS PORTAS DE E/S DO ARDUINO E SUAS FUNÇÕES

B.1 - OS PINOS DIGITAIS

São 14 pinos marcados com o nome **DIGITAL** logo abaixo de duas barras de 8 pinos. São numerados de 0 a 13 da direita para a esquerda e podem ser configurados pela função **pinMode( )** para detetarem ou transmitirem níveis lógicos digitais (verdadeiro/falso, 1/0 ou HIGH/LOW).

Pinos AREF e GND: o pino AREF é a entrada de tensão de referência para o conversor A/D do Arduino; o pino GND é o terra, comum a todos os outros pinos.

Pinos 3, 5 e 6 e 9 a11 (PWM): 6 pinos dos 14 pinos digitais podem ser usados para gerar sinais analógicos com a função **analogWrite( )** utilizando a técnica de Modulação por Largura de Pulso (PWM).



Pinos 0 e 1: os dois primeiros pinos digitais são conectados a USART do microcontrolador do Arduino para comunicação serial com um computador.

Pinos 2 e 3: pinos que chamam uma ISR (Interrupt Service Routine) para tratar uma interrupção com a função **attachInterrupt( )** nesses pinos.

Função	Exemplo	Notas
pinMode(pino,modo) Serve para estabelecer a direção do fluxo de informações em qualquer dos 14 pinos digitais. Dois parâmetros devem ser passados à função: o primeiro indica qual pino vai ser usado; o segundo, se esse pino vai ser entrada ou se vai ser saída dessas informações.	**pinMode(2,OUTPUT);** Aqui o pino 2 é selecionado para transmitir informações do Arduino para um circuito externo qualquer. Para configurar esse pino como entrada, o segundo parâmetro dessa função deve ser INPUT.	Essa função é sempre escrita dentro da função **setup( )**.
digitalRead(pino) Uma vez configurado um certo pino como entrada com a função **pinMode( )**, a informação presente nesse pino pode ser lida com a função **digitalRead( )** e armazenada numa variável qualquer.	**int chave = digitalRead(3);** Nesse exemplo a variável inteira 'chave' vai guardar o estado lógico (verdadeiro/falso) presente no pino digital 3.	
digitalWrite(pino,valor) Para enviar um nível lógico para qualquer pino digital do Arduino utiliza-se essa função. Dois parâmetros são requeridos: o número do pino e o estado lógico (HIGH/LOW) em que esse pino deve permanecer.	**digitalWrite(2,HIGH);** Aqui uma tensão de 5 volts é colocada no pino 2. Para enviar terra para esse pino o segundo parâmetro deverá ser LOW.	É necessário configurar previamente o pino como **saída** com a função **pinMode( )**.

No programa abaixo essas tres funções são utilizadas para acender um led no pino 2 toda vez que uma chave normalmente aberta no pino 3 for pressionada.

```
void setup()   {
        pinMode(2,OUTPUT);          // led no pino 2 como saída
        pinMode(3,INPUT);           // chave no pino 3 como entrada
}
void loop()     {
        int chave = digitalRead(3);     // variável 'chave' guarda estado do pino 3
        digitalWrite(2,chave);          // estado de 'chave' é passado para pino 2.
}
```

O código dentro da função loop( ) acima pode ainda ser simplificado da seguinte forma:

```
void loop()     {
        digitalWrite(2,digitalRead(3)); // led (pino 2) acende se chave (pino 3) for pressionada.
}
```

Função	Exemplo	Notas
analogWrite(pino,valor) O Arduino pode gerar tensões analógicas em 6 de seus 14 pinos digitais com a função **analogWrite( )**. Dois parâmetros devem ser passados à função: o primeiro indica em qual pino será gerada a tensão; o segundo determina a amplitude dessa tensão, e deve ter valores entre 0 (para 0 volt) e 255 (para 5 volts).	**analogWrite(10,128);** Com esses parâmetros uma tensão analógica de 2,5 volts vai aparecer no pino 10. Não é necessário configurar um pino PWM como saída com a função **pinMode( )** quando se chama função **analogWrite( )**.	Modulação por Largura de Pulsos, ou PWM (Pulse Width Modulation) na lingua inglesa, é uma técnica usada para gerar tensões analógicas a partir de uma sequência de pulsos digitais.
attachInterrupt(pino,função,modo) Essa função é uma rotina de serviço de interrupção, ou ISR (Interrupt Service Routine) em inglês. Toda vez que ocorrer uma interrupção por hardware no pino digital 2 ou no 3 do Arduino uma outra função, criada pelo programador, vai ser chamada. O terceiro parâmetro, **modo**, informa como a interrupção vai ser disparada, se na borda de subida do pulso detetado no pino do Arduino, se na borda de descida, se quando o pulso for baixo ou se na mudança de nível desse pulso.	**attachInterrupt(0,contador,RISING);** Nesse exemplo a função 'contador' vai ser chamada quando o Arduino detetar uma mudança do nível LOW para o nível HIGH em seu pino 2. Nessa ISR o parâmetro 0 monitora o pino 2, o parâmetro 1 monitora o pino 3.	LOW - dispara a interrupção quando o pino está em 0; CHANGE - dispara sempre que o pino muda de estado (de 0 para 1, ou vice-versa); RISING - somente quando o pino muda de 0 para 1; FALLING - somente quando o pino muda de 1 para 0.
pulseIn(pino,valor,espera) Essa função mede a largura em microssegundos de um pulso em qualquer pino digital. O parâmetro 'valor' diz à função que tipo de pulso deve ser medido, se HIGH ou LOW. O parâmetro 'espera' (time out) é opcional e se passado à função faz com que a medida do pulso só comece após o tempo em microssegundos ali especificado.	**pulseIn(4,HIGH);** Aqui essa função vai monitorar o pino 4, e quando o nível nesse pino mudar de LOW para HIGH a sua largura vai ser medida até que seu nível volte para LOW. Se, por exemplo, for passado o valor 100 como terceiro parâmetro, a medida da largura do pulso só será disparada após 100 uS.	Uma aplicação interessante para essas duas últimas funções pode ser vista no meu livro "**Experimentos com o Arduino**", no capítulo que mostra como montar um contador de dois dígitos com mostradores de 7-segmentos.

B.2 - OS PINOS ANALÓGICOS

São 6 pinos em uma só barra com o nome **ANALOG IN**, localizada no lado oposto às barras dos pinos digitais. São numerados de 0 a 5, agora da esquerda para a direita. Esses pinos são usados para leitura de sinais analógicos de sensores conectados ao Arduino, e podem ser de quaisquer valores entre zero a 5 volts. Os pinos de entradas analógicas não precisam ser previamente configurados com a função **pinMode( )**.

Pinos 0 a 5: esses 6 pinos aceitam tensões entre zero e 5 volts CC que vão ao conversor A/D de 10 bits no microcontrolador do Arduino. O pino AREF, numa das barras de pinos digitais, é a entrada de tensão de referência para esse conversor.

Função	Exemplo	Notas
analogRead(pino) Essa função lê o nível analógico presente no pino indicado pelo parâmetro entre parênteses e, após a conversão para o seu equivalente em bits, o guarda em uma variável determinada pelo programador.	**int sensor = analogRead(A0);** Aqui a variável inteira 'sensor' vai armazenar a tensão analógica convertida para digital presente no pino A0. Essa informação vai ser um valor inteiro entre 0 (para 0 volt no pino) e 1023 (se 5 volts no pino). Uma tensão de 2,5 volts no pino A0 vai fazer a variável 'sensor' guardar o valor inteiro 512.	Os pinos analógicos são reconhecidos pela linguagem C do Arduino tanto como A0 a A5 como 14 a 19. Assim, a mesma expressão acima pode ser escrita tambem da seguinte forma: **int sensor = analogRead(14);**
Uma observação importante em relação a esses pinos analógicos é que eles podem ser configurados tambem como pinos digitais pela função **pinMode( )**, aumentando assim o número desses pinos para 20. Assim, a expressão **pinMode(14,OUTPUT);** transforma o pino analógico A0 em pino de saída digital como qualquer outro presente nas duas barras de pinos digitais.		

Exemplo:

O código a seguir lê uma tensão CC no pino analógico A5 (pino 19) e envia esse valor digitalizado para controlar o brilho de um led no pino PWM 10:

```
void setup( )    { }                              // essa função pode ficar vazia se não há configuração
void loop( )     {
        analogWrite(10,analogRead(A5)/4);     // conversão de 0-1023 para 0-255 pela divisão por 4.
}
```

B.3 - A PORTA SERIAL DO ARDUINO E SUAS FUNÇÕES EM C

O conector USB: É por meio desse conector USB fêmea do tipo A que o Arduino se comunica atraves de um cabo a um computador ou a outros dispositivos que tenham tambem uma interface USB. É tambem por esse conector que o Arduino recebe 5 volts diretamente da fonte de alimentação do computador.

Função	Exemplo	Notas
Serial.begin(taxa) Essa função habilita a porta serial e fixa a taxa de transmissão e recepção em bits por segundo entre o computador e o Arduino.	**Serial.begin(9600);** Nesse exemplo essa função fixa a taxa de comunicação em 9600 bps. Os pinos digitais 0 e 1 não podem ser utilizados como entrada ou como saída de dados quando a porta serial é habilitada por essa função.	Essa função vai sempre dentro da função **setup( )**.
Serial.end( ) Desabilita a porta serial para permitir o uso dos pinos digitais 0 e 1 para entrada ou saída de dados.		Essa função tambem deve ser escrita dentro da função **setup( )**.
Serial.available( ) A função **Serial.available( )** retorna o número de bytes disponíveis para leitura no buffer da porta serial.	**int total = Serial.available( );** Aqui a variável inteira 'total' vai guardar o número de caracteres que estão disponíveis para leitura na porta serial.	O valor 0 é retornado quando não há nenhuma informação para ser resgatada na porta serial.
Serial.read( ) A função **Serial.read( )** lê o primeiro byte que está no buffer da porta serial.	**int valor = Serial.read( );** Aqui a variável inteira 'valor' vai guardar o primeiro byte (caracter) disponível na porta serial.	O valor -1 é retornado quando não há nenhuma informação para ser resgatada na porta serial.
Serial.print(valor,formato) Essa função envia para a porta serial um caracter ASCII, que pode ser capturado por um terminal de comunicação. O segundo parâmetro, 'formato', é opcional e especifica com quantas casas decimais ou com que base numérica vai ser o número transmitido.	**Serial.print(1.23456);** // transmite 1.23 (default) **Serial.print(1.23456,3);** // transmite 1.234 **Serial.print("Alô Mundo!");** // transmite a frase (string) **Serial.print('A');** // transmite o caracter A **Serial.print('A',BIN);** // transmite 01000001 **Serial.print('A',OCT);** // transmite o octal 101 **Serial.print('A',HEX);** // transmite o hexa 41 **Serial.print('A',DEC);** // transmite o decimal 65	
Serial.println(valor,formato) Como a anterior essa função envia para a porta serial um caracter ASCII com os mesmos parâmetros opcionais de 'formato', porem acrescenta ao final da transmissão o caracter **Carriage Return** (retorno ao início da linha) e o caracter **New Line** (mudança para a próxima linha).		

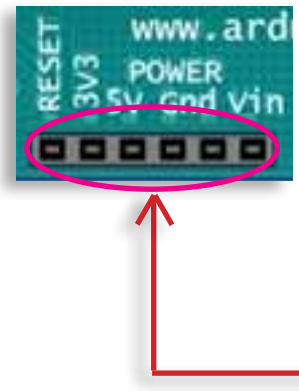
Todas essas funções em C para comunicação serial podem se testadas com o código abaixo e ativando o Terminal de Comunicação do Arduino:

```
void setup( )  {
Serial.begin(9600);                          //inicia a porta serial em 9600 bps
}
void loop( )    {
Serial.print("Retorno de 'available( )': ");  //envia frase ao terminal
Serial.println(Serial.available());          //transmite total de bytes disponíveis
delay(1000);                                 //pausa 1 seg
Serial.print("Retorno de 'read( )': ");       //envia frase
Serial.println(Serial.read( ));              //transmite primeiro byte disponível na porta
delay(1000);                                 //pausa 1 seg.
}
```

O Terminal Serial do Arduino mostrará inicialmente todo segundo o retorno da função **available( )**, que será 0, e o da função **read( )**, que será -1. Isso ocorre porque nenhum dado está disponível na porta serial do computador. Entre no Terminal do Arduino e transmita, por exemplo, as letras **ABCDE** juntas (digite no campo ao lado do botão 'Send') e observe que a função **available( )** informa inicialmente que existem 5 caracteres no buffer para ser enviados; e a função **read( )** mostra o código ASCII decimal 65 do primeiro deles, que corresponde à letra **A**. Os outros caracteres vão sendo enviados sequencialmente enquanto **available( )** vai decrementando até 0 de novo.

B.4 - OS PINOS DE ALIMENTAÇÃO

Ficam na barra com 6 pinos, marcada como **POWER**, localizada ao lado dos pinos analógicos. O primeiro pino dessa barra, **RESET**, quando forçado ao potencial de terra serve para resetar o Arduino. Do outro lado, **Vin** é um pino que tambem pode servir para alimentar o Arduino se nele for aplicada uma tensão entre 9 e 15 volts.



Pinos 3V3, 5V e Gnd: dos 6 pinos dessa barra somente os quatro do meio servem para alimentar um circuito externo conectado ao Arduino: o pino de 5V e o terra (os dois pinos Gnd entre 5V e Vin); e o pino 3V3 que disponibiliza essa tensão com uma corrente máxima de 50mA.

Do mesmo autor dessa **Cartilha de Programação em C**:

Veja no site abaixo o índice e os primeiros capítulos do livro.