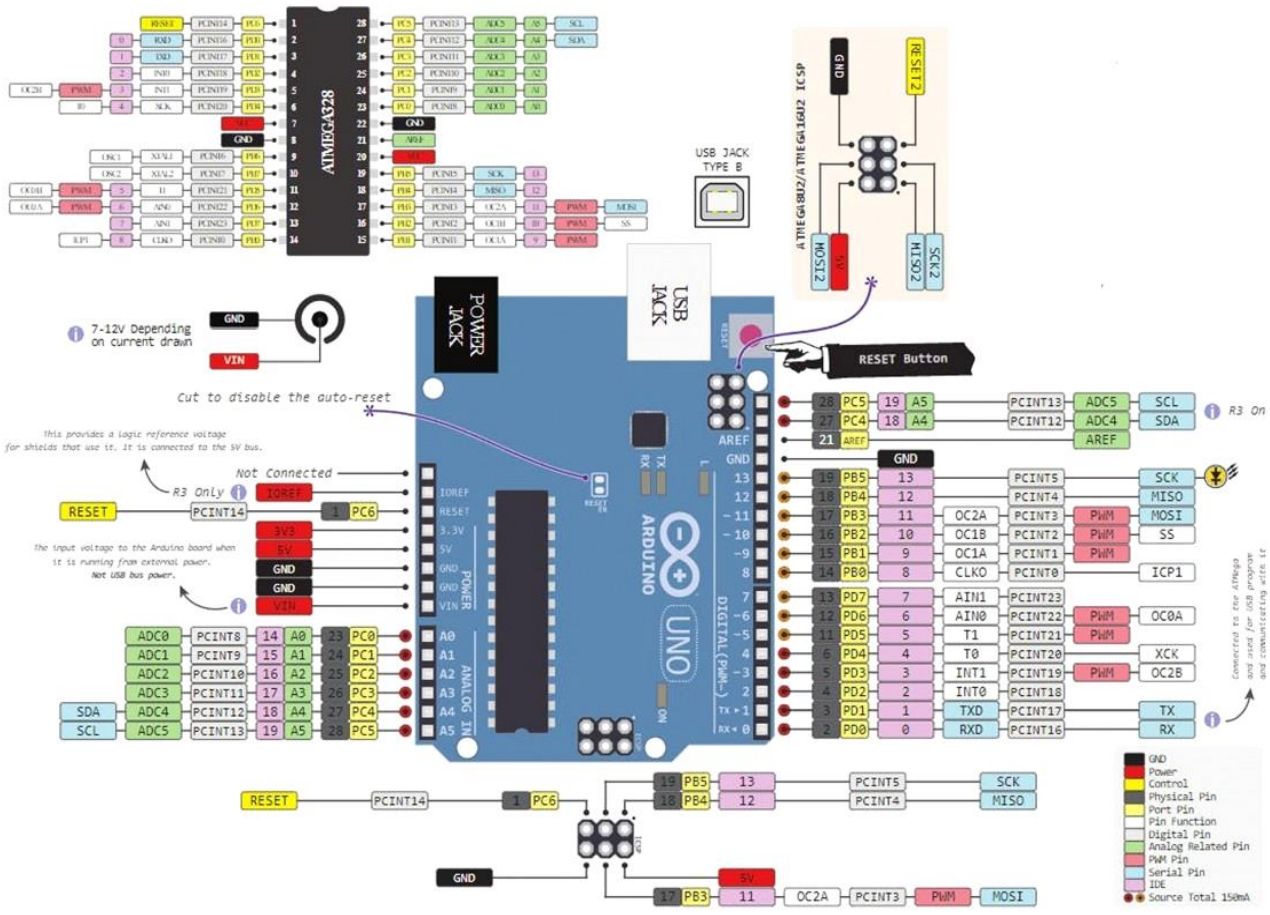
Inatel Instituto Nacional de Telecomunicações	**RELATÓRIO 4**	**Data: / /**
	Disciplina: E209	
	Profs: João Magalhães e Yvo Chiaradia **Monitores:** **Thalita Domingos, Diego Coutinho, Pedro Fraga, Thayana Lucero e Ewel Fernandes**	
Conteúdo: Microcontroladores AVR		
Tema: GPIO ATMega 328P		
Nome:	**Matrícula:**	**Curso:**

Objetivos

- Apresentar os conceitos da arquitetura do microcontrolador Atmega328P.
- Interpretar as funcionalidades dos registros dos pinos GPIO do microcontrolador.
- Utilizar ferramentas para aplicar os firmwares na prática para resolução dos problemas.
- Aplicar na prática a lógica booleana em conjuntos com os operadores booleanos para filtragem de bits.

Parte Teórica:

O microcontrolador Atmega328P



O Atmega328P apresenta conjuntos de “portas” ou “portais” identificados por **PB**, **PC** e **PD**. Cada pino do conjunto possui funcionalidades básicas de I/O (**entradas e saída**). Alguns destes pinos possuem funções

especiais, as mesmas serão abordadas em relatórios futuros.

Principais características elétricas do Atmega328P:

- Tensão absolutamente mínima e máxima de operação **2,3V ≤ (Vcc) ≤ 6V**.
- Tensão de saída no pino I/O em nível lógico 1 (**VOH**) **> 4.1V {Vcc = 5V}**.
- Tensão de saída no pino I/O em nível lógico 0 (**VOL**) **< 0.8V {Vcc = 5V}**.
- Tensão de entrada no pino I/O para obter nível lógico 1 (**VIH**) **> 70% * Vcc**.
- Tensão de entrada no pino I/O para obter nível lógico 0 (**VOL**) **< 10% * Vcc**.
- Corrente máxima total por todos os pinos **= 200mA**.
- Corrente máxima em um conjunto **= 100mA**.
- Corrente máxima por pino **= 40mA**.

Referências: *Pg. 258 - 259 do datasheet*

Input low voltage, XTAL1 pin	V_{CC} = 2.7V to 5.5V	V_{IL1}	–0.5		$0.1V_{CC}$(1)	V
Input high voltage, XTAL1 pin	V_{CC} = 2.7V to 5.5V	V_{IH1}	$0.7V_{CC}$(2)		V_{CC} + 0.5	V
Output low voltage(3)	I_{OL} = 20mA, V_{CC} = 5V I_{OL} = 5mA, V_{CC} = 3V	V_{OL}			0.8 0.5	V
Output high voltage(4)	I_{OH} = –20mA, V_{CC} = 5V I_{OH} = –10mA, V_{CC} = 3V	V_{OH}	4.1 2.3			V

O uso da linguagem C nos microcontroladores:

A linguagem C, inicialmente criada para desenvolvimento de programas de computador, foi aos poucos sendo substituída por outras linguagens que facilitavam o desenvolvimento, mas ganhou uma sobrevida devido ao seu uso nos sistemas embarcados, ou seja, nos microcontroladores.

A sintaxe da linguagem é a mesma, seja para PC ou para MCU, mas cabe salientar algumas observações:

- Deve-se prestar atenção nos tipos de variáveis utilizadas (**char**, **short**, **int**, **long**) devido a limitação de espaço de memória de dados (RAM).

- Normalmente, os firmwares não possuem fim. Dessa forma, utiliza-se estruturas de repetição infinita (**loop-infinito**) no programa: **for(;;);** ou **while(1);**.

- Quando os programas são de baixa complexidade e apresentam lógica simples, pode-se utilizar uma execução sequencial, que possibilita a implementação prática da máquina de estados:
  - realiza a leitura das entradas e armazena em variáveis,
  - interpreta os valores das variáveis e executa a lógica desejada,
  - atualiza as saídas (método denominado **super-loop**).

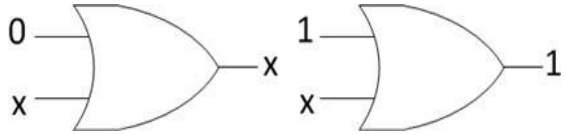
- É boa prática utilizar recursos que facilitam a alteração do uso dos pinos de GPIO/portais. Normalmente isso é feito utilizando a diretiva "**#define**". Dessa forma, caso um periférico tenha que ser trocado de pino, fica simples adaptar o programa. Exemplo:

```
#define P7 0b10000000
#define P4 0b00010000
```

Técnica de mascaramento:

Durante o curso, será muito comum utilizar bits para manipulação dos registros. Porém, a arquitetura do Atmega328P é de 8-bits, ou seja, as variáveis mínimas são de 8-bits (Byte). Para manipular bits, utiliza-se a aritmética binária com a lógica "OU" e "E" da seguinte forma:

- **Lógica OU**: possível fazer com que uma informação **X** seja "**1**". Se fizermos a lógica **OU** entre "**bit qualquer**" e "**1**", o resultado sempre será "**1**". Se fizermos a lógica **OU** entre "**bit qualquer**" e "**0**", o resultado será o valor do "**bit qualquer**".



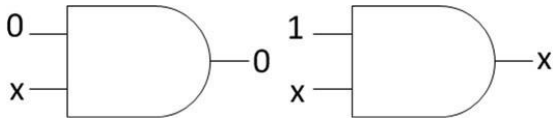
Exemplos:
Escrever "1" no bit 0: PORTx = PORTx | 0b00000001;

PORTx - bits	7	6	5	4	3	2	1	0
PORTx antes	**X**	**X**	**X**	**X**	**X**	**X**	**X**	**X**
Máscara a ser aplicada	0	0	0	0	0	0	0	**1**
PORTx depois	**X**	**X**	**X**	**X**	**X**	**X**	**X**	**1**

Escrever "1" no bit 6: PORTx = PORTx | 0b01000000;

PORTx - bits	7	6	5	4	3	2	1	0
PORTx antes	**X**	**X**	**X**	**X**	**X**	**X**	**X**	**X**
Máscara a ser aplicada	0	**1**	0	0	0	0	0	0
PORTx depois	**X**	**1**	**X**	**X**	**X**	**X**	**X**	**X**

- **Lógica E**: possível fazer com que uma informação **X** seja "**0**" ou mascarar(filtrar) uma informação **X** desejada para ser lida. Se fizermos a lógica **E** entre "**bit qualquer**" e "**0**", o resultado sempre será "**0**". Se fizermos a lógica **E** entre "**bit qualquer**" e o valor "**1**", o resultado será o valor do "**bit qualquer**".



Exemplos:
Escrever "0" no bit 0: PORTx = PORTx & ~(0b00000001);

PORTx - bits	7	6	5	4	3	2	1	0
PORTx antes	**X**	**X**	**X**	**X**	**X**	**X**	**X**	**X**
Máscara a ser aplicada	1	1	1	1	1	1	1	**0**
PORTx depois	**X**	**X**	**X**	**X**	**X**	**X**	**X**	**0**

Escrever "0" no bit 6: PORTx = PORTx & ~(0b01000000);

PORTx - bits	7	6	5	4	3	2	1	0
PORTx antes	**X**	**X**	**X**	**X**	**X**	**X**	**X**	**X**
Máscara a ser aplicada	1	**0**	1	1	1	1	1	1
PORTx depois	**X**	**0**	**X**	**X**	**X**	**X**	**X**	**X**

Ler a informação contida no bit 3: var = PINx & 0b00001000;

PINx - bits	7	6	5	4	3	2	1	0
PINx antes	**X**	**X**	**X**	**X**	**X**	**X**	**X**	**X**
Máscara a ser aplicada	0	0	0	0	**1**	0	0	0
VAR	**0**	**0**	**0**	**0**	**X**	**0**	**0**	**0**

Parte prática:

1. Crie um circuito seguindo o esquemático elétrico apresentado, e a partir do programa base anexado, construa a lógica para resolução dos seguintes problemas.

    a. Execute o programa base e desenhe um **diagrama em blocos** que represente o circuito criado.

    b. **Modifique o programa** para que o **LED2** seja acionado somente quando o **botão S2** for pressionado.

    c. **Modifique o programa** para que o **LED1** e **LED2** sejam acionados **alternadamente**, com intervalos de **1s** enquanto o **botão S2** for pressionado, e com intervalos de **100ms** quando o **botão S1** for pressionado.

2. **Crie uma máquina de estados** de sua preferência, e utilizando o circuito base **programe um firmware** para executar a lógica imaginada. A lógica deverá fazer uso dos portais para entrada e saída de dados.

Programa base:

```
int main(void)
{
    DDRD = DDRD | 0b10000000; // Pino PD7 definido como saída
    PORTD = PORTD | 0b00100000; // Habilitar PULL-UP no PD5
    PORTD = PORTD & ~(0b10000000); // Desliga a saída PD7

    for (;;) // Super Loop
    {
        int botao = PIND & 0b00100000; // Lê o estado do PD5

        if (botao == 0) // Botão está pressionado ?
        {
            PORTD = PORTD | 0b10000000;     // PD7 -> HIGH
            _delay_ms(1000);                // Espera 5s
            PORTD = PORTD & ~(0b10000000);  // PD7 -> LOW
        }
    }
}
```

Circuito base: *https://www.tinkercad.com/things/0UmXJi9DrdS-e209-rel-4-programa-base*