



## Detector de Velocidade Utilizando Lógica Digital

Leticia Cabral Correia<sup>1</sup>, Muriel Cavalcante Mendes<sup>2</sup>, Washington Luis Santos Silva<sup>3</sup>.

<sup>1</sup> Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão – Campus Monte Castelo, e-mail: leticiacabralcorreia@bol.com.br

<sup>2</sup> Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão – Campus Monte Castelo, e-mail: murielcmendes@hotmail.com

<sup>3</sup> Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão – Campus Monte Castelo, e-mail: washington.wlss@ifma.edu.br

**Resumo:** Neste trabalho desenvolveu-se um Sistema Digital de Detecção de Velocidade, denominado SDDV, através da medição da distância entre dois pontos pela contagem de pulsos gerados por um sistema digital a base de flip-flops e memória SRAM. O sistema de contagem é acionado e desativado por sensores de pressão. Ao passar pelo primeiro sensor, o objeto dispara o contador de pulsos, e ao passar pelo segundo sensor o contador é parado. O resultado final do contador é comparado com códigos previamente armazenados em uma memória estática. Tais códigos representam valores pré-estabelecidos de velocidades utilizadas como referência para determinação da velocidade real. A implementação prática deste trabalho tem por finalidade o desenvolvimento de um dispositivo de controle de uma linha de produção para aplicações didáticas de processos industriais, tais como linha de produção do SIM (Sistema Integrado de Manufatura).

**Palavras-chave:** analógico-digital, conversor, detector de velocidade, pressão

### 1. INTRODUÇÃO

Um detector de velocidade digital é um exemplo de um conversor analógico-digital, isto é, um sistema digital que recebe informações físicas que podem ser convertidas em tensão analógica de entrada e depois produz um código digital de saída que representa esta entrada analógica (Tocci, 2003). Os sistemas de controle de velocidade, baseados em detectores de velocidade digital, são ferramentas importantes em quase todos os processos industriais, e fundamental em Sistemas Integrado de Manufatura (Kurfess, Hodgson, 2007). Tais sistemas necessitam de precisão e eficiência no que diz respeito à medida e o controle de velocidade, de modo a evitar erros no processo para manter uma produtividade elevada. A velocidade pode ser medida diretamente, através de tacômetros, ou pode se medir as duas variáveis que a definem, o tempo e o espaço.

Em processos industriais comumente são usados o tacogerador e o encoder para medição de velocidade. O tacogerador é um gerador DC de ímã permanente acoplado mecanicamente no eixo que se deseja medir a velocidade. O encoder é um dispositivo eletromecânico que conta ou reproduz pulsos elétricos a partir do movimento rotacional do eixo (Fitzgerald et al, 2008). Em grandes máquinas industriais a velocidade de interesse é a velocidade rotacional do eixo. A medição de velocidade angular pode ser realizada de diversas formas, como por exemplo, usando sensores de contato (como uma chave), acionado pelo giro do eixo do motor, ou sensores de não-contato (Petukhov e Pruglov, 1984)(Kurfess e Hodgson, 2007).

Os detectores de velocidade mais conhecidos são os que encontramos nas rodovias e avenidas, de extrema importância para garantir a segurança e reduzir o número e a gravidade dos acidentes (Felguera, Gonzalez, Almorox, Burgos, 2012). Eles são acionados e desativados a partir de bobinas eletromagnéticas. A distância entre as bobinas dividida pelo tempo de passagem do carro aponta a velocidade do veículo. Esta velocidade é comparada à informação gravada em um computador.

Na balística encontramos outra aplicação para detectores de velocidade. Esta ciência estuda o movimento de corpos lançados ao ar livre, em especial de projéteis (Yongxin; Xiaoming, 2009). A medida da velocidade se torna uma importante ferramenta para o aprofundamento deste estudo.

Neste trabalho desenvolveu-se um dispositivo de medida de velocidade para pequenos objetos, com baixo custo e utilizando somente componente de lógica digital e sensores de pressão com a finalidade de aplicações didáticas para demonstração em aulas de Circuitos Lógicos, Arquitetura de



Sistemas Digitais, Eletrônica Digital, para os cursos técnicos e de graduação. Pretende-se também demonstrar com este trabalho, aplicações práticas em sistemas industriais, de conhecimentos de integração de sistemas lógicos na resolução de problemas físicos.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Tabela 1 – Lista dos materiais utilizados para execução do projeto

Material	Qte.	Material	Qte.
ISIS 7 Professional	-	7495 registrador	1
Protoboard	1	7474 flip-flop	1
Gerador de funções	1	HM6116LP-3 (2Kx8) SRAM	2
7408 AND	1	Display 14 segmentos	1
74190 contador	1	Sensor de pressão (chave)	2
Pista para teste	1	Fonte 5V	1
Carros (controle e corda)	2	Fios condutores	-
Resistores 440 ohms	18		

O projeto de um detector de velocidade baseia-se em uma equação de duas variáveis, espaço e tempo (Macêdo, 2010), relacionadas como segue abaixo:

$$S = S_0 + V_0t + a \frac{t^2}{2} \quad (\text{Eq.01})$$

Para a elaboração deste trabalho optou-se em se manter o espaço e a aceleração fixos. Para a medição do espaço utilizou-se uma pista de testes com dois sensores de pressão, separados por uma distância de 20 cm a aceleração ficou por conta do motor mecânico (molas) que movimentou o veículo utilizado neste trabalho, ficando assim com uma única variável a ser medida, o tempo.

Para realizar a contagem do tempo, utilizou-se um CI contador e um registrador de dados. A associação desses dois circuitos conta e registra a passagem do tempo. Este é medido através da quantidade de pulsos de clock emitidos por um gerador de funções. A contagem é iniciada quando o veículo passa pelo primeiro sensor, e finalizada quando o segundo sensor é ativado. Em posse das duas variáveis, já definidas, torna-se possível determinar a velocidade.

A pista de teste foi elaborada em isopor e foram usadas chaves de pressão com contatos normalmente abertos para o sensoriamento.

Na figura 1 mostra-se o diagrama de blocos do projeto e na figura 2 mostra-se o diagrama elétrico do Sistema Digital Detector de Velocidade desenvolvido neste trabalho.

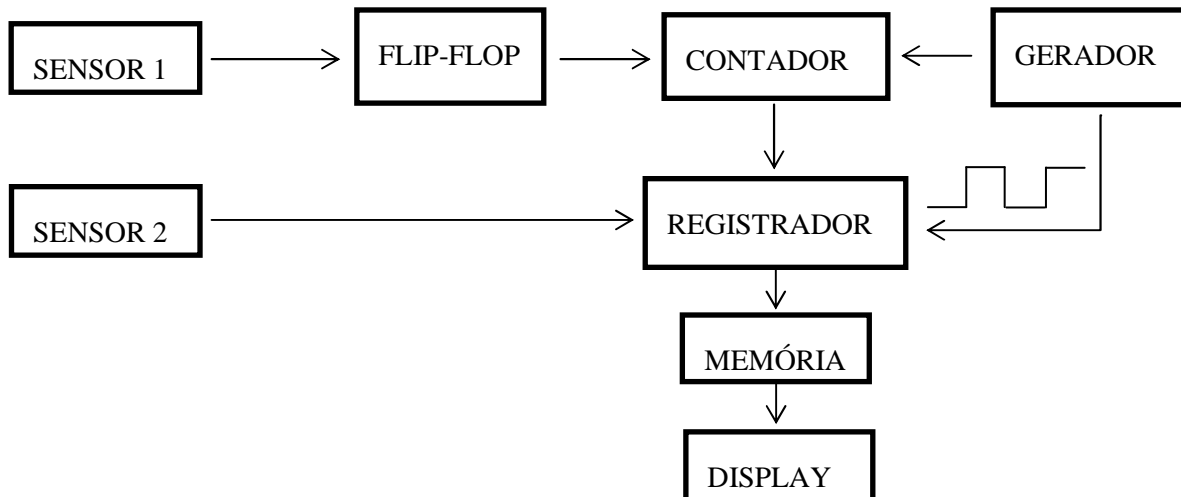


Figura 1 – Diagrama de blocos da lógica digital utilizada para montagem do SDDV.

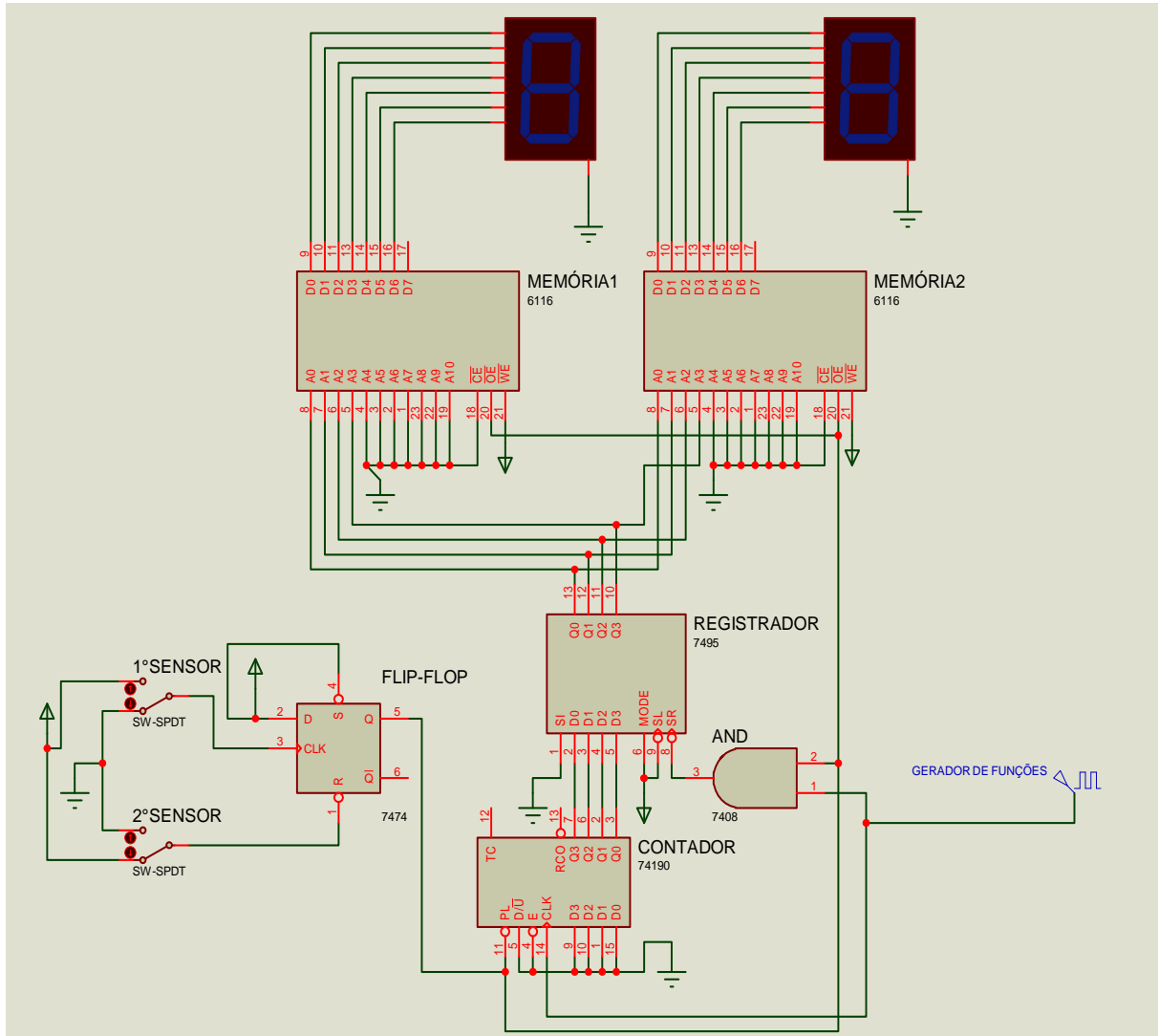


Figura 2 – Circuito completo. As saídas dos registradores estão diretamente ligadas aos endereços das memórias. E as saídas destas estão ligadas aos displays.

## 2.1. Sensor de Pressão

Detectors de velocidade usam transdutores (de pressão ou eletromagnéticos) para perceber a presença de um veículo nas rodovias. A figura 1 apresenta um esquema da pista montada para testes. Os sensores de pressão estão dispostos de tal modo que funcionem como botões de ligar/desligar, respectivamente, para o circuito, conforme demonstrado na figura 3. Na realidade, esses sensores são pequenas chaves que são acionadas quando há um peso sobre elas, e desativadas quando esta pressão cessa. Na figura 4 demonstram-se as ligações dos sensores ao circuito sequencial digital.

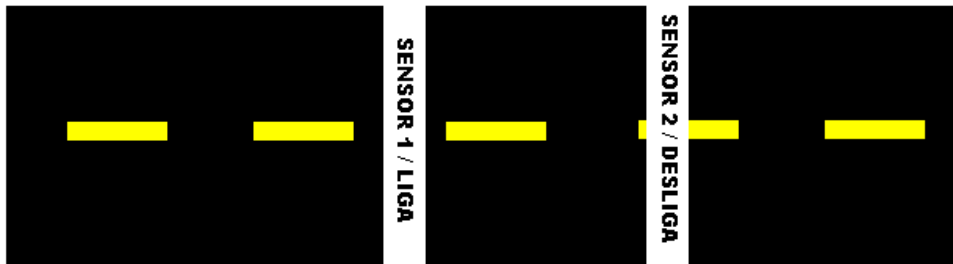


Figura 3- Pista para teste do detector de velocidade composta por dois sensores a uma distância de 20 cm.

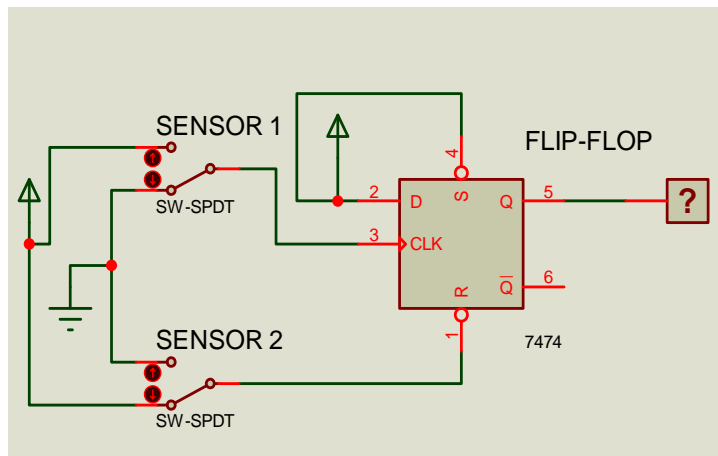


Figura 4 – Esquema lógico utilizado para ativar e desativar a contagem. Foram usadas duas chaves de pressão e um flip-flop. A entrada do flip-flop está sempre em sinal alto, a primeira chave é o clock e a segunda o clear.

## 2.2. Lógica

Antes do desenvolvimento prático do SDDV foram realizadas simulações através do software ISIS 7 Professional (Proteus). Para realizar o cálculo da velocidade, foi necessária a elaboração de uma lógica sequencial que permitisse a conversão de tempo em sinal digital.

### 2.2.1. Contador e registrador

A associação entre um contador e um registrador permitiu que a contagem do tempo fosse efetuada. Um circuito contador pode ser comparado a um cronômetro regulável, ou seja, ele possibilita a alteração do referencial de tempo. Na realidade, ele confere pulsos de clock que são reguláveis de acordo com a aplicação. O registrador foi utilizado com a função de armazenar temporariamente a informação vinda do contador e destinada às memórias. O circuito contador é mostrado na figura 5.

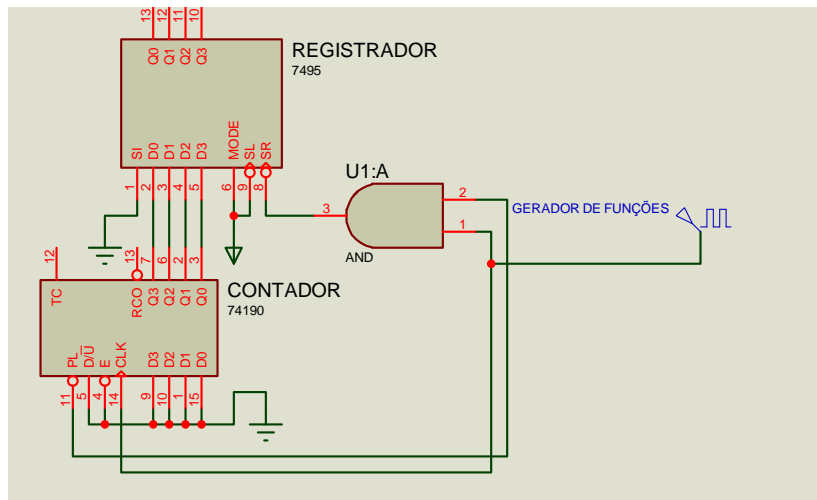


Figura 5 – Esquema lógico da associação entre o contador e o registrador. A cada pulso, o registrador guarda o valor contido no contador, até que o segundo sensor seja acionado, ficando assim registrado o último valor da contagem. Os pulsos são controlados por uma AND, que associa o gerador de funções ao segundo sensor, o qual desativará o clock do registrador assim que a contagem for finalizada.

### 2.2.2. Memórias

A análise do intervalo de tempo médio que o veículo de teste leva para percorrer o espaço entre os sensores possibilitou a definição da frequência de clock adequada. Em posse destas informações, foi possível calcular as velocidades que seriam armazenadas nas memórias. Os valores armazenados no registrador endereçavam as memórias, que tinham em seus dados os valores correspondentes ao que seria exibido no display.

Tabela 2 – Mostra as velocidades e os respectivos valores guardados na memória, relacionando as velocidades com a pinagem do display.

Velocidade (cm/s)	$i_0$	$i_1$	$i_2$	$i_3$	$i_4$	$i_5$	$i_6$	$i_7$	$i_8$	$i_9$	$i_{10}$	$i_{11}$	$i_{12}$	$i_{13}$
	a	b	c	d	e	f	g	$a_1$	$b_1$	$c_1$	$d_1$	$e_1$	$f_1$	$g_1$
200	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1
100	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0
66	0	0	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1
50	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0
40	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0
33	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0	0	1
29	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1
25	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1
23	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0	1
20	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A implementação do projeto foi realizada em laboratório, por isso foram feitas adaptações para demonstração. Utilizou-se, então, uma pista de teste e um carro de controle. O veículo usado alcançava uma velocidade média de 40 cm/s.

O circuito descrito é limitado por um contador de década, isto é, conta de 0 a 9, o que permitiu a detecção de dez velocidades distintas. Para que o circuito tenha sua capacidade de detectar velocidade expandida pode ser feita uma associação de contadores.



A escolha do clock de 10 Hz possibilitou uma resolução de 0,1 s, logo o sensor percebia a variação de velocidade a cada 0,1 s, exibindo a velocidade correspondente ao valor de referência mais próximo. O que nos deu uma variação de 20 a 200 cm/s.

O projeto apresentado desenvolveu-se seguindo a lógica sequencial de conversão, sem, no entanto, utilizar o processo do dispositivo conversor tradicional encontrado no mercado (Floyd, 2007), tal como o utilizado nos voltímetros digitais (tensão  $\Rightarrow$  sinal digital); nos scanners, câmeras digitais e sensores de estacionamento (luz  $\Rightarrow$  sinal digital), e radares (ondas sonoras  $\Rightarrow$  sinal digital). Na transformação do sinal analógico em digital, foi utilizado como variável o tempo (Van Roermund, Hegt, Harpe, Radulov, Zanicopoulos, 2005).

#### 4. CONCLUSÕES

Com as devidas limitações de desenvolvimento prático percebeu-se que o dispositivo elaborado pode ser melhorado e adaptado em sistemas didáticos para medição de velocidade, de tempo e espaço, na demonstração de conversões de grandezas físicas para elétricas analógicas e finalmente para grandezas elétricas Digitais. O SDDV pode ser utilizado no auxílio a aulas práticas de Eletrônica Digital, Circuitos Lógicos, Arquitetura de Sistemas Digitais, etc...

De acordo com os resultados apresentados neste trabalho, destacam-se as seguintes conclusões:

- a) Com as devidas adaptações o projeto se mostrou funcional e aplicável em sistemas práticos;
- b) Os resultados da medida de velocidade foram bastante precisos;
- c) Um circuito conversor não precisa ter necessariamente um dispositivo A/D para realizar a conversão de uma grandeza física para uma grandeza digital.

#### REFERÊNCIAS

Tocci, R.J. & Widmer, N.S. **Sistemas digitais: princípios e aplicações**. 8ªed, Prentice-Hall, 2003.

Floyd, Thomas. **Sistemas digitais – fundamentos e aplicações**. 9ªed, Bookman, 2007.

Li Yongxin; Wang Xiaoming. **Velocity Measurement Using Single Optical Detector and Two Reflectors**; Information Technology and Computer Science, 2009. ITCS 2009. International Conference on Volume: 2 Digital Object Identifier: 10.1109/ITCS.2009.232 Publication Year: 2009 ,

Carvalho, Elyson A. N et al. **Medição de velocidade angular com alta resolução usando encoders de baixa resolução e PLL**. *Sba Controle & Automação*, Dez 2010, vol.21, no.6, p.616-625. ISSN 0103-1759

Felguera-Martin, D.; Gonzalez-Partida, J.-T.; Almorox-Gonzalez, P.; Burgos-García, M. **Vehicular Traffic Surveillance and Road Lane Detection Using Radar Interferometry** Vehicular Technology, IEEE Transactions on Volume: 61, Issue: 3 Digital Object Identifier: 10.1109/TVT.2012.2186323 Publication Year: 2012 .

Kurfess, T. R. e Hodgson, T. J. (2007). **"Metrology, Sensors and Control"**. In: Micromanufacturing. Springer Netherlands. pp. 89-109.

Petukhov, V. M., e Pruglov, F. G. (1984). **"Linear and Angular Velocity Measurement for Effector Units"**. In: Measurement Techniques. Vol. 27, No. 4. pp. 325-327.

Kurfess, T. R. e Hodgson, T. J. (2007). **"Metrology, Sensors and Control"**. In: Micromanufacturing. Springer Netherlands. pp. 89-109.



Macêdo, Marcos Antonio Rodrigues. **A equação de Torricelli e o estudo do movimento retilíneo uniformemente variado (MRUV)**. Rev. Bras. Ensino Fís., Dez 2010, vol.32, no.4, p.4307-1-4307-5. ISSN 1806-1117

Van Roermund, A.; Hegt, H.; Harpe, P.; Radulov, G.; Zanicopoulos, A.; Doris, K.; Quinn, P. **Smart AD and DA converters**. Circuits and Systems, 2005. ISCAS 2005. IEEE International Symposium on Digital Object Identifier: 10.1109/ISCAS.2005.1465523 Publication Year: 2005 , Page(s): 4062 - 4065 Vol. 4

A. E. Fitzgerald, Charles Kingsley Junior, Stephen D. Umans, **Maquinas Elétricas**, 6<sup>a</sup> ed, Artmed – Bookman, 2006.