

Desenvolvendo um Circuito Digital

Versão 2025

OBJETIVOS

Após a conclusão desta experiência, os seguintes tópicos devem ser conhecidos pelos alunos:

- Instrumentação de bancada (fonte de alimentação, multímetro, osciloscópio, etc);
- Montagem no painel de montagens experimentais;
- Documentação de projetos (planejamento e relatório);
- Estudo de um circuito digital simples.

RESUMO

Esta experiência tem como objetivo o desenvolvimento de atividades planejadas envolvendo o projeto de um circuito digital simples. Ao final da experiência, os alunos terão conhecimento sobre os procedimentos a serem realizados a cada experiência desde o projeto até a implementação física, teste e depuração do circuito digital.

1. PARTE EXPERIMENTAL

As atividades experimentais são descritas nesta seção da apostila e devem ser realizadas no Laboratório Digital. Um documento final deve ser elaborado, descrevendo as atividades experimentais realizadas e os resultados obtidos. Nesta primeira aula, incluímos estas notas para auxiliar os alunos na condução das atividades.

1.1. Atividade 1 – Familiarização com o contador integrado 74163

Esta primeira atividade visa estudar o funcionamento do circuito integrado 74163, contador binário módulo 16 (hexadecimal) com sinais de habilitação e clear e carga paralela de contagem.

- a) [Estudo do componente] A Tabela 1 apresenta os principais sinais de controle do circuito integrado contador 74163. Consulte o manual do circuito integrado (*datasheet*) para mais informação sobre ele. DICA: use material complementar disponível no *site* da disciplina no e-Disciplinas sobre o 74163.

Tabela 1: Tabela de Sinais de Controle do Circuito Integrado 74163

$\overline{\text{CLR}}$	$\overline{\text{LOAD}}$	ENP	ENT	CLK	Função
L	X	X	X	↑	clear síncrono
H	L	X	X	↑	carga síncrona
H	H	H	H	↑	contagem crescente
H	H	L	X	↑	sem mudança
H	H	X	L	↑	sem mudança
H	H	H	H	L	sem mudança
H	H	H	H	H	sem mudança

- b) Após o estudo do componente 74163, responda as perguntas abaixo:

1. Qual é o intervalo de valores possíveis da saída Q ($Q_D Q_C Q_B Q_A$) do contador 74163?
2. Explique se o sinal de CLEAR é ativo em nível alto ou baixo.
3. Como um valor pode ser carregado no 74163? Mostre a sequência de sinais que devem ser ativados.
4. Este componente é sensível a qual borda do sinal de clock (subida ou descida)?

- c) [Montagem do circuito] Inicialmente, ligar os **pinos de alimentação** GND (pino 8) e VCC (pino 16) do circuito integrado 74163. DICA: use *jumpers* ao invés de fios.
- d) Realize em seguida a ligação dos **sinais de entrada e de saída** do circuito integrado 74163 no painel de montagens experimentais conforme a tabela 2 abaixo. DICAS: para ligação de sinais para VCC ou GND use *jumpers* ao invés de fios. Localize os elementos do painel de montagens experimentais (p.ex. botão B1, led LD8 e chave CH1).

Tabela 2: Ligações dos pinos do circuito integrado 74163.

Sinal do CI	Pino do CI	Ligação no painel
CLK	2	Botão B1 (↗)
CLR	1	Botão B2 (↘)
LD	9	VCC
ENP	7	VCC
ENT	10	Chave CH1
A	3	VCC
B	4	VCC
C	5	VCC
D	6	VCC
Q	11 a 14	Display DG1
RCO	15	Led LD8

Esta montagem do circuito contador pode ser representada pelo **diagrama esquemático** da figura 1 abaixo.

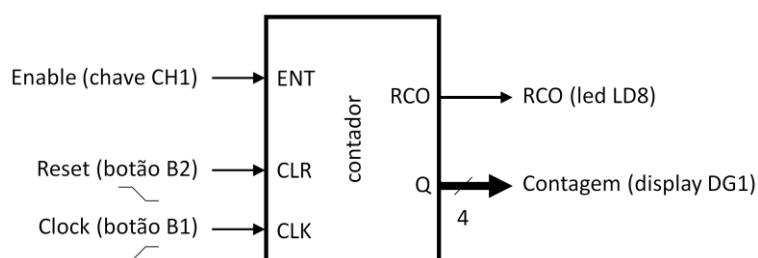


Figura 1 – Diagrama esquemático do circuito de familiarização.

- e) [Teste do circuito] Execute o **Plano de Testes** abaixo (Tabela 3) com o acionamento de uma sequência de sinais de controle para a realização de algumas funções apresentadas na tabela abaixo. Anote os resultados obtidos.

Tabela 3: Plano de testes para a familiarização com o contador 74163.

Teste (função executada)	Sequência de sinais	Resultado final
1. zerar saída Q	acionar botão RESET e acionar CLOCK 1 vez (simultaneamente)	Q=0000 (0) e RCO=0
2. contagem de 0 a 5	ENABLE=1 e acionar CLOCK 5 vezes	Q=0101 (5) e RCO=0
3. desativa ENT e acionar CLOCK 2 vezes	ENABLE=0 e acionar CLOCK 2 vezes	Q=0101 (5) e RCO=0
4. contar mais 10 vezes	ENABLE=1 e acionar CLOCK 10 vezes	Q=1111 (15) e RCO=1
5. desativar ENT	ENABLE=0	Q=1111 (15) e RCO=0
6. desativar ENT e acionar CLOCK 2 vezes	ENABLE=0 e acionar CLOCK 2 vezes	Q=1111 (15) e RCO=0
7. ativar ENT, acionar CLR e acionar CLOCK 2 vezes	ENABLE=1, acionar RESET e acionar CLOCK 2 vezes	anote o que ocorreu?

- f) Analise os **resultados experimentais obtidos** e elabore um resumo do funcionamento do circuito integrado estudado no Relatório.

1.2. Atividade 2 – Estudo de funcionamento de um circuito digital

Esta atividade visa introduzir os alunos ao estudo de funcionamento de um circuito digital simples composto por dois componentes internos: um contador binário hexadecimal e um comparador de magnitude.

g) Esta atividade usa o circuito digital representado pelo diagrama esquemático da figura 2.

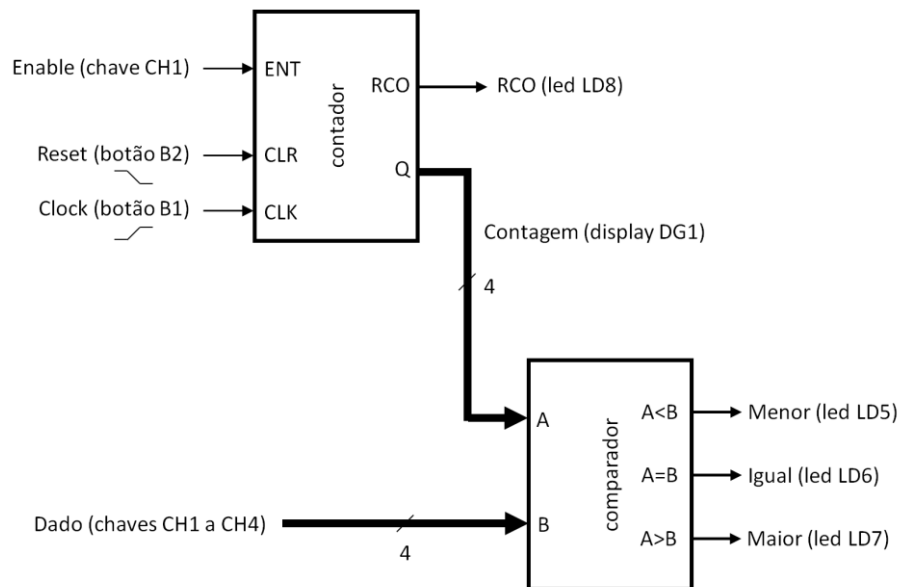


Figura 2 – Diagrama esquemático do circuito digital simples.

h) [Estudo do componente] O circuito integrado 7485 é um comparador de magnitude de 4 bits. Consulte o manual do circuito integrado (*datasheet*) para mais informação sobre ele. A tabela 4 apresenta uma tabela funcional interpretada do componente.

DICA: use material complementar disponível no *site* da disciplina do e-Disciplinas sobre o 7485.

Tabela 4: Tabela funcional interpretada do Circuito Integrado 7485



Entradas para comparação					Entradas para cascadeamento				Saídas de comparação			
A3, B3	A2, B2	A1, B1	A0, B0	Interpretação	I _{A>B}	I _{A<B}	I _{A=B}	Interpretação	O _{A>B}	O _{A<B}	O _{A=B}	Interpretação das saídas
A3>B3	X	X	X	A > B	X	X	X	X	H	L	L	A > B
A3<B3	X	X	X	A < B	X	X	X	X	L	H	L	A < B
A3=B3	A2>B2	X	X	A > B	X	X	X	X	H	L	L	A > B
A3=B3	A2<B2	X	X	A < B	X	X	X	X	L	H	L	A < B
A3=B3	A2=B2	A1>B1	X	A > B	X	X	X	X	H	L	L	A > B
A3=B3	A2=B2	A1<B1	X	A < B	X	X	X	X	L	H	L	A < B
A3=B3	A2=B2	A1=B1	A0>B0	A > B	X	X	X	X	H	L	L	A > B
A3=B3	A2=B2	A1=B1	A0<B0	A < B	X	X	X	X	L	H	L	A < B
A3=B3	A2=B2	A1=B1	A0=B0	A = B	H	L	L	A > B	H	L	L	A > B
A3=B3	A2=B2	A1=B1	A0=B0	A = B	L	H	L	A < B	L	H	L	A < B
A3=B3	A2=B2	A1=B1	A0=B0	A = B	L	L	H	A = B	L	L	H	A = B
A3=B3	A2=B2	A1=B1	A0=B0	A = B	X	X	H	A = B	L	L	H	A = B
A3=B3	A2=B2	A1=B1	A0=B0	A = B	H	H	L	erro	L	L	L	nada
A3=B3	A2=B2	A1=B1	A0=B0	A = B	L	L	L	nada	H	H	L	erro

i) Responda as perguntas abaixo sobre o componente 7485:

- Qual é a função das entradas de cascadeamento $I_{A>B}$, $I_{A<B}$ e $I_{A=B}$ do componente?
- Explique as linhas destacadas em azul na tabela funcional.

- j) [Montagem do circuito] Ligar os **pinos de alimentação** GND (pino 8) e VCC (pino 16) do circuito integrado 7485. DICA: use *jumpers* ao invés de fios.
- k) Realize em seguida a interligação dos **sinais de entrada e de saída** dos circuitos integrados 74163 e 7485 no painel de montagens experimentais conforme a tabela 5 abaixo. DICA: use *jumpers* ao invés de fios para ligação de sinais de entrada para VCC ou GND.
- DICA: verifique que as ligações do contador da atividade anterior permanecem as mesmas.

Tabela 5: Ligações dos pinos dos circuitos integrados 74163 e 7485.

74163			7485		
Sinal do CI	Pino do CI	Ligação no painel	Sinal do CI	Pino do CI	Ligação no painel
CLK	2	Botão B1 ()	A0,A1,A2,A3	10,12,13,15	saída Q do 74163
CLR	1	Botão B2 ()	B0,B1,B2,B3	9,11,14,1	Chaves CH1, CH2, CH3 e CH4
LD	9	VCC	I _{A<B}	2	GND
ENP	7	VCC	I _{A=B}	3	VCC
ENT	10	Chave CH1	I _{A>B}	4	GND
A	3	VCC	O _{A<B}	7	Led LD5
B	4	VCC	O _{A=B}	6	Led LD6
C	5	VCC	O _{A>B}	5	Led LD7
D	6	VCC			
Q	11 a 14	Display DG1			
RCO	15	Led LD8			

Atenção: Observe que devido à quantidade de chaves disponíveis no painel de montagens experimentais, a chave CH1 é usada em ambos os componentes.

- l) [Teste do circuito] Execute o **Plano de Testes** abaixo (Tabela 6) com o acionamento de uma sequência de sinais de controle para a realização de algumas funções apresentadas na tabela abaixo. Anote os resultados obtidos a cada etapa.

Tabela 6: Plano de testes para o estudo do circuito digital.

Teste (função executada)	Sequência de sinais	Resultado final
1. zerar saída do contador e ajustar DADO=0000	acionar entrada RESET e acionar CLOCK 1 vez	contagem=0, RCO=0, maior=0, menor=0, igual=1
2. mudar para DADO=0001	ajustar entrada DADO=0001	contagem=0, RCO=0, maior=0, menor=1, igual=0
3. incrementa contador e DADO=0001	ajustar ENABLE=1, DADO=0001 e acionar CLOCK 1 vez	contagem=1, RCO=0, maior=0, menor=0, igual=1
4. incrementa contador e DADO=0001	ajustar ENABLE=1, DADO=0001 e acionar CLOCK 1 vez	contagem=2, RCO=0, maior=1, menor=0, igual=0
5. contagem de 2 a 9 e DADO=1001	ajustar ENABLE=1, DADO=1001 e acionar CLOCK 7 vezes	<i>anote o que ocorreu</i>
6. mudar saída do contador para 1111	ajustar ENABLE=1, DADO=1001 e acionar CLOCK 6 vezes	<i>anote o que ocorreu</i>
7. desativar ENT e acionar CLOCK	ajustar ENABLE=0, DADO=1001 e acionar CLOCK	<i>anote o que ocorreu</i>
8. contar mais 6 vezes	ajustar ENABLE=1, DADO=1001 e acionar CLOCK 6 vezes	<i>anote o que ocorreu</i>

- m) Analise os **resultados experimentais obtidos** e elabore um resumo do funcionamento do circuito integrado estudado.

n) Responda a pergunta abaixo sobre o circuito digital estudado:

7. Explique como seria o diagrama de transição de estados da Unidade de Controle (UC) do circuito digital da figura 2 para implementar a seguinte funcionalidade: "inicialmente zerar contagem e, em seguida, depois da ativação do sinal de entrada iniciar, começa a contagem a cada borda de clock e, enquanto o contador não atingir o valor do final da contagem, testa se a entrada de dados tem um valor menor que a contagem atual. Quando a contagem atingir o valor final, ativa uma saída de controle fim até a ativação do sinal reset."

1.3. Atividade 3 – Desafio

Neste item, é proposta uma atividade complementar.

- o) Uma **atividade adicional** relacionada ao projeto do circuito da experiência será proposta pelo professor. Estude seu enunciado e realize as tarefas.
- p) Documente os resultados obtidos nas tarefas realizadas junto com o Relatório da experiência.

2. BIBLIOGRAFIA

Neste item são apresentadas as referências bibliográficas úteis para o estudo realizado na experiência.

- [1] ALMEIDA, F.V. de; SATO, L.M.; MIDORIKAWA, E.T. **Tutorial para criação de circuitos digitais utilizando diagrama esquemático no Quartus Prime 16.1**. Apostila de Laboratório Digital. Departamento de Engenharia de Computação e Sistemas Digitais, Escola Politécnica da USP. Edição de 2017.
- [2] TEXAS INSTRUMENTS. **Digital Logic Pocket Data Book**. 2006.
- [3] TOCCI, R. J.; WIDMER, N.S.; MOSS, G.L. **Sistemas Digitais: Princípios e Aplicações**. Prentice-Hall, 11ª ed., 2011.
- [4] WAKERLY, John F. **Digital Design Principles & Practices**. 5th edition, Prentice Hall, 2018.

3. MATERIAL DISPONÍVEL

Neste item serão apresentados os materiais disponíveis para a realização da experiência. Podem ser usados como referência para o projeto da experiência. Materiais não listados aqui podem não estar disponíveis no Laboratório Digital.

- Circuitos Integrados TTL: 74163, 7485.

4. EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS

Tem-se aqui uma lista de equipamentos que são necessários para a realização da experiência e que estarão disponíveis no Laboratório Digital.

- 1 painel de montagens experimentais.
- 1 fonte de alimentação fixa +5V.
- 1 osciloscópio digital.
- 1 multímetro digital.

Histórico de Revisões

E.T.M. / 2017 (versão inicial)
 E.T.M. / 2020 (revisão e atualização)
 E.T.M. / 2023 (revisão e atualização)
 E.T.M. / 2024 (revisão e atualização)
 E.T.M. / 2025 (revisão e atualização)