



Circuitos Digitais (116351) – Experimento 0

CONVERSORES A/D E D/A

OBJETIVO: Fornecer ao aluno um contato inicial com o *protoboard* e amplificadores operacionais. Apresentar, construir e testar circuitos conversores de sinais analógicos e digitais.

1. INTRODUÇÃO TEÓRICA

Sinais Analógicos: São sinais contínuos no tempo e na amplitude $f(t)$. Ex.: Pressão, temperatura, som, luz.

Sinais Quantizados: São sinais contínuos no tempo com amplitudes que podem ter apenas valores definidos e limitados. $F(t)$

Sinais Amostrados: São sinais contínuos no tempo com amplitudes quaisquer que podem mudar de valor apenas em determinados instantes de tempo. $f(nT)$ onde T é o período de amostragem.

Sinais Digitais: São sinais Amostrados e Quantizados. Deste modo podem ser representados como uma sequência finita de códigos.

$F[n] = \{000, 100, 101, 100, 011, 100, 110, 111, 101, 011, 011, 100, 100\}$

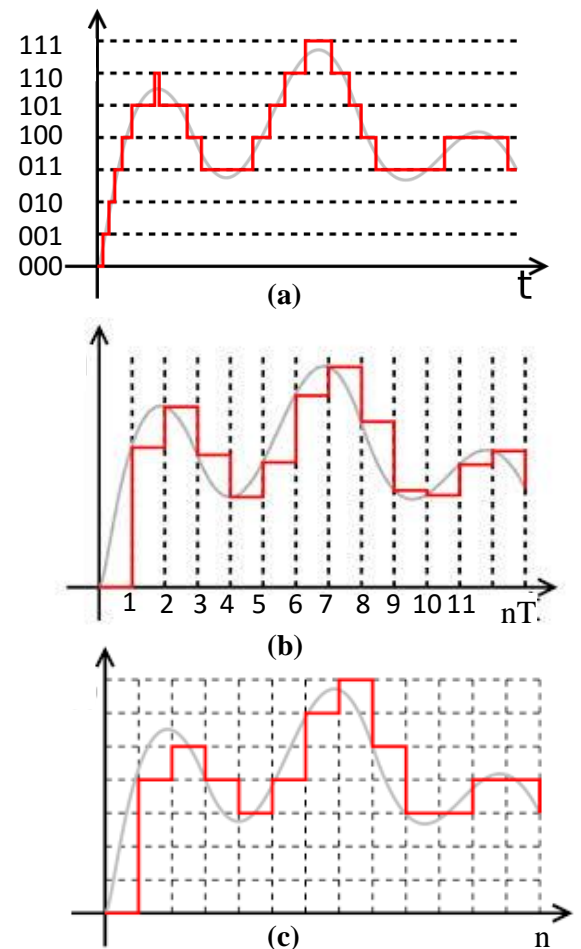


Figura 1: Sinais Analógicos: Quantizado (a), Amostrado (b) e Digital (c)

Praticamente todos os sinais existentes na natureza são analógicos e necessitam serem convertidos para digital para serem processados e armazenados pelos computadores. Da mesma forma, para podermos “sentir” os sinais digitais devemos convertê-los para analógicos. Ex.: Áudio, imagem, vídeo. Para tanto utilizamos os conversores Digital-Analógico e Analógico-Digital.

1.1. AMPLIFICADOR OPERACIONAL (AMPOP)

Os circuitos elétricos possuem componentes, que por sua vez possuem terminais de acesso. O resistor possui dois terminais não polarizados, um diodo possui dois terminais (polarizados: o comportamento do componente muda de acordo com a conexão desses terminais). Alguns componentes são agrupados em um encapsulamento chamado Circuito Integrado (CI).

Um desses componentes é chamado Amplificador Operacional (**Figura 2 a**). Ele é comumente utilizado em circuitos eletrônicos como amplificador de tensão, conversor de corrente-tensão, inversor de tensão, ou ainda como comparador de tensão. O Amplificador Operacional (Ampop) é frequentemente encontrado na forma de circuito integrado (**Figura 2 b**), cujos terminais são descritos normalmente como mostrado nas **Figuras 2 c e d**.

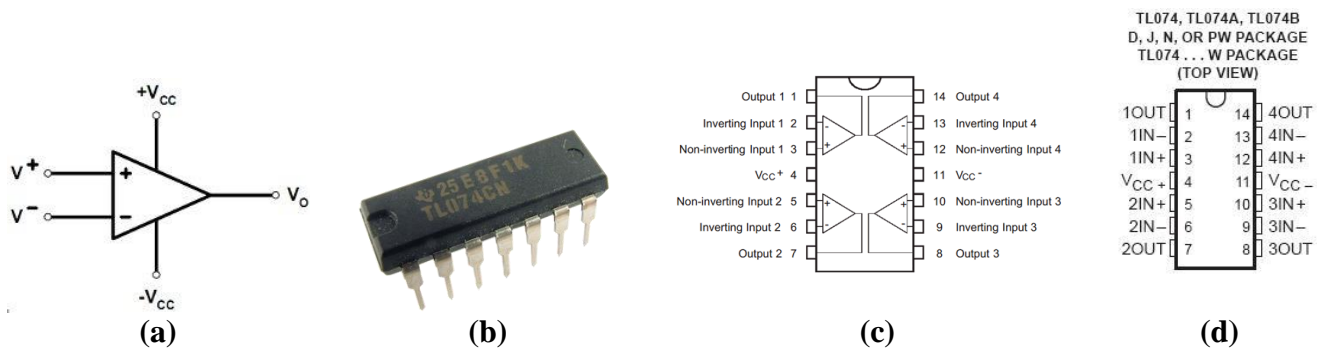


Figura 2: Amplificador Operacional . (a) representação usada em esquemáticos; (b) encapsulamento em circuito integrado; (c) Pinagem com representação gráfica; (d) pinagem com descrição dos pinos.

Em sua grande maioria os circuitos integrados necessitam de terminais de alimentação para funcionarem corretamente. Circuitos integrados digitais geralmente necessitam de apenas uma fonte de tensão de +5V (V_{CC}). No caso dos AmpOps, devemos usar uma fonte de tensão simétrica, isto é, -9V (V_{CC-}) e +9V (V_{CC+}).

1.2. DIODO EMISSOR DE LUZ (LED)

Os LEDs são diodos que, quando diretamente polarizados, emitem luz. O símbolo e correta utilização de um LED é mostrado na **Figura 3**.

É importante notar que o componente **queimar**á caso seja percorrido por uma corrente superior a 20 mA. Logo, usa-se um resistor limitador que deve ser calculado de acordo com a tensão V_{CC} , considerando uma queda de tensão de aproximadamente 1V sobre o LED.

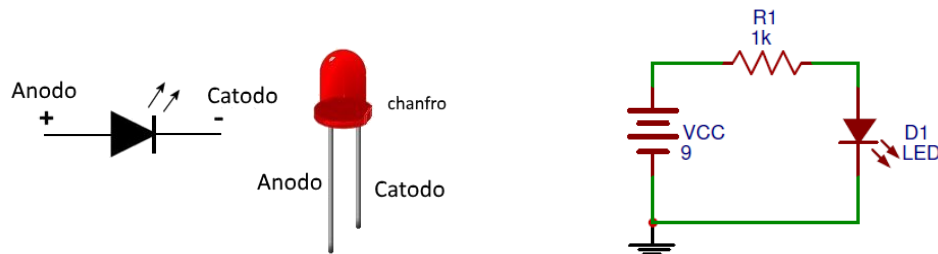


Figura 3 – Diodo Emissor de Luz

1.3. PROTOBOARD

O *protoboard* é uma das peças mais importantes e o usaremos em muitos experimentos durante o curso. Ele possibilita a prototipação (construção) rápida de circuitos, porém de forma provisória. A **Figura 4a** mostra um *protoboard* de 830 pontos.

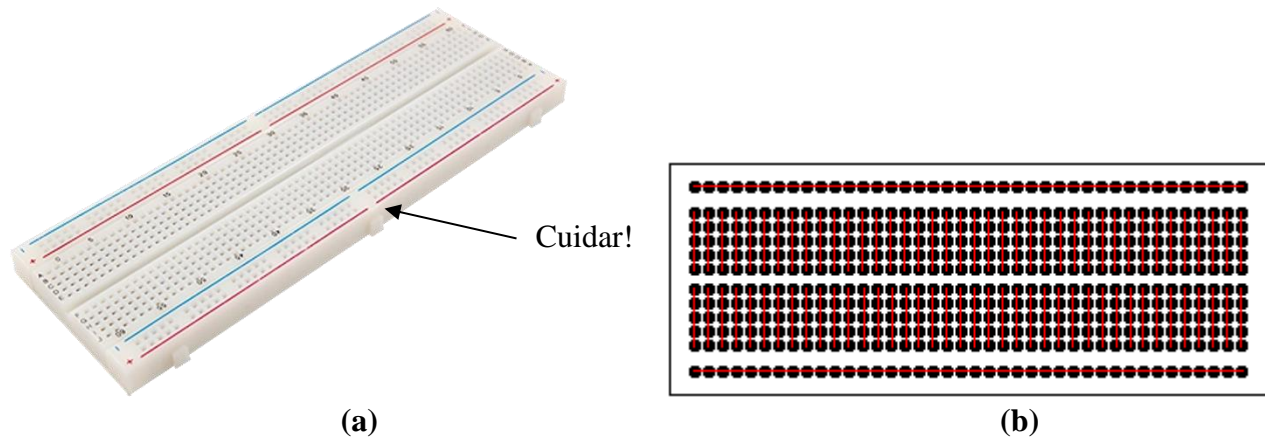


Figura 4 – Protoboard. (a) Foto, (b) ligações internas

Os pontos representam furos que existem no *protoboard* para se conectar fios e encaixar CI's. Estes furos são conectados internamente entre si como mostra a **Figura 4b**. O espaço central é utilizado para a colocação de circuitos integrados. As filas laterais são geralmente dedicadas às linhas de alimentação do circuito.

1.4. MULTÍMETRO DIGITAL

O Multímetro, também chamado de multiteste, é um equipamento usado para medir grandezas elétricas, tais como Tensão (V), Corrente (A) e Resistência (Ω), além de algumas medidas específicas usadas em transistores e diodos.

A chave rotativa central define qual a grandeza a ser medida e qual a escala a ser usada. Assim com a chave posicionada em V na escala 2000mV, podemos medir tensões contínuas de até -1.999 a 1.999 volts. As ponteiros devem ser corretamente conectadas ao multímetro conforme a figura ao lado.

Para medida de tensão, posicione o botão em V na escala 20. A ponteira vermelha deve ser colocada no ponto do circuito a ser medido e a ponteira preta no GND (terra).

Para medida de resistência posicione a chave rotativa em Ω na escala 200k. Coloque as ponteiros nos terminais do componente a ser medido, evitando segurar os terminais com os dedos, pois a resistência da pele pode alterar o valor medido.

Neste experimento não usaremos a escala de corrente (A), nem de tensão alternada de alta intensidade (V~). Portanto: **NÃO USE O MULTÍMETRO NA ESCALA DE CORRENTE!!!** Sob pena de criar curtos-circuitos indesejados.

Lembre-se de desligar o multímetro ao finalizar o trabalho.



2. PARTE EXPERIMENTAL

- 2.1. Monte o circuito do Conversor Digital-Analógico com resistores ponderados, mostrado na **Figura 6** e fotografe o circuito final. As entradas B0, B1 e B2 devem ser ligadas ou no VCC+ ou no GND dependendo se o bit do sinal digital de entrada for 1 ou 0, respectivamente. O sinal analógico correspondente pode ser obtido, com um multímetro, medindo-se a tensão Vout.

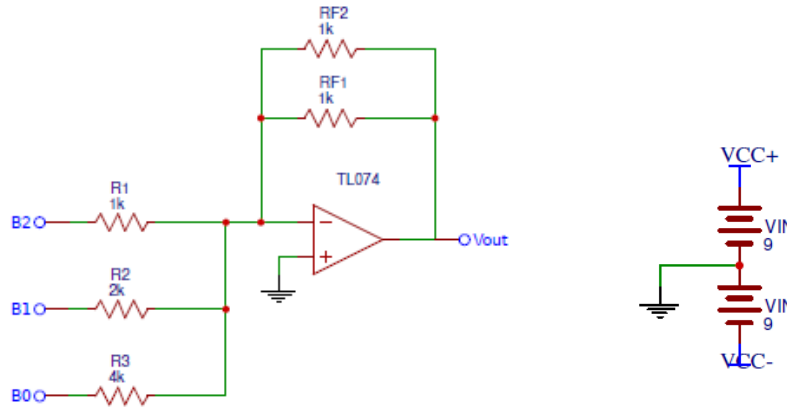


Figura 6: Circuito do conversor Digital-Analógico de 3 bits.

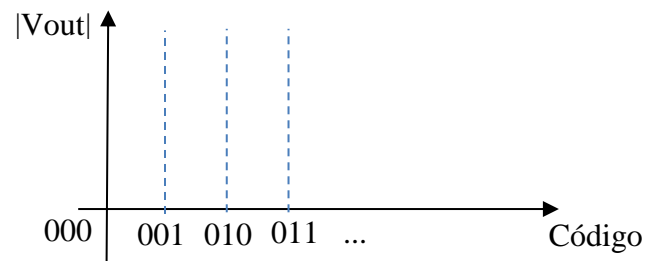
Use o multímetro na posição Ω para identificar os resistores. Utilize associação de resistores para obter os valores pedidos.

Preencha a tabela abaixo, medindo com o multímetro na posição V 20, os valores de tensão Vout de saída do AmpOp correspondentes a cada combinação dos bits de entrada.

B2	B1	B0	Vout
0	0	0	
0	0	1	
0	1	0	
0	1	1	
1	0	0	
1	0	1	
1	1	0	
1	1	1	

Desenhe o gráfico de código x módulo do sinal de saída, do conversor montado.

Determine o valor de tensão de fundo de escala e a resolução deste conversor.



- 2.2. (**Pós-Experimento 1**): Acrescente mais um bit de entrada no conversor D/A do item anterior. Desenhe o novo circuito (**Pré-Projeto**) e fotografe o circuito montado. Refaça as medidas da tabela para o conversor de 4 bits. Determine a tensão de fundo de escala e a resolução. Desenhe o gráfico de código x módulo do sinal de saída, do conversor montado.

2.3 (Pós-Experimento 2): Monte o circuito do conversor Analógico-Digital tipo Flash, mostrado na **Figura 7** e fotografe a montagem final. Filme o funcionamento do circuito com a variação da posição do potenciômetro (coloque o *link* do vídeo no Relatório).

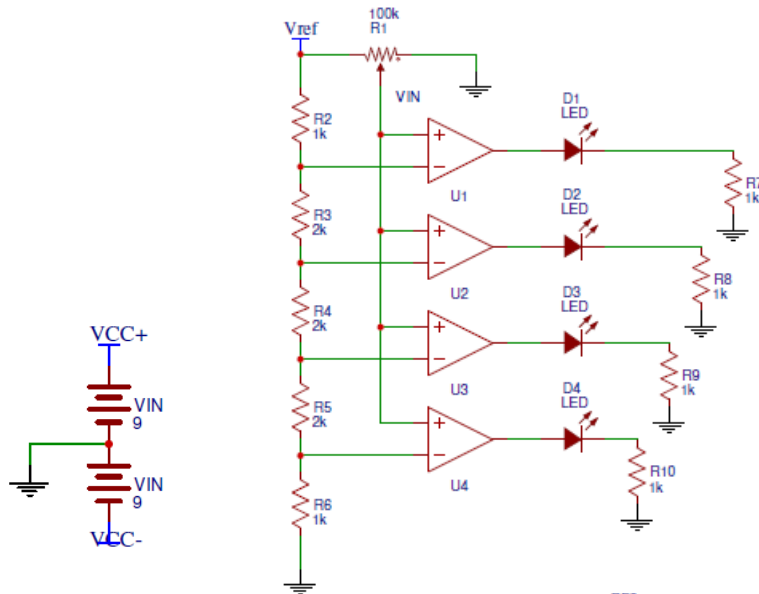


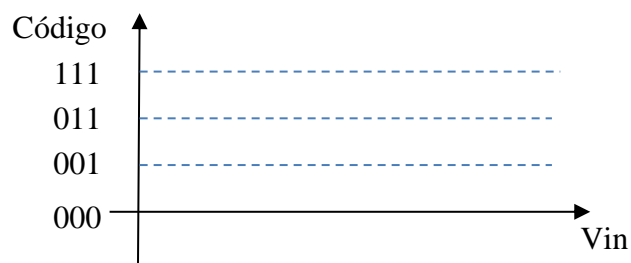
Figura 7: Circuito parcial do conversor Analógico/Digital Flash.

Preencha a tabela abaixo com os valores dos intervalos de tensões de entrada correspondentes à saída digital indicada pelos LEDs (0 apagado 1 aceso).

O valor de tensão de entrada V_{in} deve ser medido no terminal central do potenciômetro.

V_{in} mim	V_{in} max	LED D1	LED D2	LED D3	LED D4
		0	0	0	0
		0	0	0	1
		0	0	1	1
		0	1	1	1
		1	1	1	1

Desenhe o gráfico tensão de entrada x código de saída para este conversor A/D.



3. SUMÁRIO

São apresentados o *protoboard*, multímetro, LED e Amplificador Operacional. Foram montados e testados os Conversores D/A de resistores ponderados e o circuito parcial do Conversor A/D do tipo Flash.

4. EQUIPAMENTOS E MATERIAIS

- *Protoboard*
- Fios
- Multímetro
- Resistores
- Ampop TL074

5. TESTE DE AUTO-AVALIAÇÃO

1. Para implementar um conversor D/A de resistores ponderados de 8 bits qual o conjunto de resistores é necessário?
 - a) $1\text{k}\Omega$, $2\text{k}\Omega$, $4\text{k}\Omega$, $6\text{k}\Omega$, $8\text{k}\Omega$, $10\text{k}\Omega$, $12\text{k}\Omega$, $14\text{k}\Omega$
 - b) $10\text{k}\Omega$, $20\text{k}\Omega$, $30\text{k}\Omega$, $40\text{k}\Omega$, $50\text{k}\Omega$, $60\text{k}\Omega$, $70\text{k}\Omega$, $80\text{k}\Omega$
 - c) $12\text{k}\Omega$, $24\text{k}\Omega$, $48\text{k}\Omega$, $96\text{k}\Omega$, $192\text{k}\Omega$, $384\text{k}\Omega$, $768\text{k}\Omega$, $1536\text{k}\Omega$
 - d) $2\text{k}\Omega$, $4\text{k}\Omega$, $8\text{k}\Omega$, $16\text{k}\Omega$, $24\text{k}\Omega$, $48\text{k}\Omega$, $96\text{k}\Omega$, $192\text{k}\Omega$
 - e) 200Ω , 270Ω , 330Ω , 390Ω , 470Ω , 560Ω , 680Ω , 810Ω
2. Para o circuito D/A de 3 bits apresentado, qual seria a tensão máxima de saída se usarmos $V_{\text{ref}} = 4\text{V}$, mantendo a tensão de alimentação do AmpOp $\pm 9\text{V}$?
 - a) -1V
 - b) -3.5V
 - c) -8.125V
 - d) -9V
 - e) -4V
3. Caso utilizemos codificação binária, de quantos bits é o conversor A/D apresentado no item 2.3?
 - a) 1
 - b) 2
 - c) 4
 - d) 8
 - e) 10
4. Quantos Amplificadores Operacionais são necessários para a montagem de um conversor A/D Flash de 16 bits?
 - a) 8
 - b) 16
 - c) 64
 - d) 256
 - e) 65536