

Laboratório sobre Equipamentos de Medida, Excitação, Teste e Aquisição de Grandezas Elétricas e Dados

Prática: Geração e Medida de Sinais Elétricos

Equipamento: Multímetro, Gerador de Ondas e Osciloscópio

Parte I - Objetivos

O objetivo estratégico deste laboratório é fornecer aos alunos maneiras de lidar com ferramental básico usado na geração e medida de grandezas elétricas, bem com a forma como estas grandezas elétricas são usadas para representar informação digital. Este ferramental servirá mais tarde para auxiliar na validação de projetos de sistemas digitais com os quais os alunos trabalharão. Os objetivos específicos compreendem a familiarização com instrumentos de geração e medida de sinais elétricos, em particular com geradores de forma de onda, multímetros e osciloscópios. Ao final deste laboratório o aluno deve estar apto a usar os recursos básicos de instrumentos de medidas tais como osciloscópios e multímetros, e de aparelhos geradores de excitações, tal como geradores de formas de onda.

Parte II - Introdução

Este laboratório dedica-se à apresentação de equipamentos utilizados para a geração de sinais elétricos e para a medição e interpretação destes.

A Ciência da Computação, com todo seu poder e impacto no mundo atual, está baseada na manipulação de *informação* que é *representada* sob forma *digital binária*. A compreensão do sentido exato das palavras em itálico na frase anterior é crítica para esta introdução.

Intuitivamente, a informação existe sempre que existe a possibilidade de escolha de um entre diversos valores possíveis. Por exemplo, a expressão uma das cores da bandeira brasileira transporta uma informação cujo valor, a cada instante, é um elemento escolhido de um conjunto de quatro elementos, representado matematicamente por exemplo, por $CBB = \{\text{verde, amarelo, azul, branco}\}$. Por outro lado, a expressão a cor do cavalo branco de Napoleão não transporta informação nenhuma. Isto ocorre porque o valor associado à expressão, a cada momento, só pode ser sempre o mesmo, branco. Matematicamente, o conjunto de onde se retira o valor desta expressão é um conjunto unitário.

A segunda palavra em itálico acima, *representada*, versa sobre como a informação pode ser armazenada e manipulada. No exemplo do conjunto CBB acima, os quatro elementos do conjunto foram *representados* por 4 seqüências ordenadas de símbolos do alfabeto usado pela língua portuguesa, todas as seqüências sendo distintas entre si. Em última instância, nossa língua representa toda e qualquer palavra por seqüências finitas de caracteres retirados de um conjunto com 23 elementos, denominado **alfabeto**. Embora saibamos que o número de palavras da língua portuguesa é finito, isto não é uma limitação imposta pela regra de formação ou pelo alfabeto, que implicam obviamente um conjunto infinito. Logo, mesmo um número infinito de elementos poderia ser batizado, criando uma palavra para denominar cada um deles. Note que a escolha de 23 letras para criar qualquer palavra é menos o resultado de uma reflexão cuidadosa e mais de uma evolução histórica milenar das culturas e línguas. O mesmo efeito de representação poderia ser obtido com os 10 dígitos e a regras de formação de números, ou com os milhares de kanjis da língua japonesa ou os hieróglifos egípcios e as regras respectivas de combinação destes.

Finalmente, a expressão *digital binária* tem a ver com o final do parágrafo anterior, pois em Computação praticamente todos os dispositivos de processamento manipulam informação representada por seqüências finitas de símbolos de um conjunto de dois elementos, classicamente representados pelos *dígitos* 0 e 1, ou seja $B = \{0,1\}$. A escolha de um alfabeto tão simples foi

motivada por questões tecnológicas, econômicas e históricas. Sistemas eletrônicos como processadores e memórias semicondutoras representam 0 e 1 usando níveis de tensão elétrica (ou voltagem), enquanto que sistemas magnéticos como discos e disquetes representam estes valores por orientações magnéticas de partículas metálicas. Ainda, sistemas ópticos como discos compactos (CDs) usam propriedades reflexivas de um plástico. E assim por diante.

Neste curso, ater-nos-emos apenas a sistemas eletrônicos, ignorando outras formas de representação de informação digital binária.

Sistemas eletrônicos podem ser divididos em *sistemas analógicos* e *sistemas digitais*, segundo a forma de manipulação de informação que empregam. Acima, foram feitas referências apenas aos princípios que estão por trás dos sistemas digitais, de interesse maior para Computação. Contudo, alguns princípios básicos de sistemas analógicos são interessantes de explorar aqui. Em particular, os instrumentos a serem estudados neste laboratório servem sobretudo para a medida de grandezas elétricas analógicas, sendo a medida de valores digitais associados a estas grandezas um caso especial das correspondentes analógicas sobretudo no caso da tensão elétrica.

Cada um dos dispositivos usados para construir sistemas eletro-eletrônicos (analógicos ou digitais) possui um comportamento característico. Por exemplo, um *resistor* opõe-se à passagem de corrente elétrica, reduzindo a corrente total consumida por um sistema. Algumas grandezas elétricas e as relações entre estas podem ser usadas para definir classes de dispositivos, baseado na forma da função matemática (denominada *função resposta* ou *resposta* do dispositivo) que estes dispositivos definem sobre as grandezas. As grandezas elétricas mais relevantes são a **tensão** elétrica (ou **voltagem**) e a **corrente elétrica**. Além desta existe a **resistência**, a **capacitância**, a **indutância** elétricas (de forma mais geral, agrupadas no termo *impedância*), a **potência** elétrica (o produto entre tensão e corrente), a **freqüência**, o **período** e o **ciclo de serviço** de um sinal elétrico, a **amplitude**, o **nível DC** (ver definições das três últimas grandezas ao final desta Seção), etc. De acordo com as relações entre tensão, corrente e impedância, pode-se classificar dispositivos eletro-eletrônicos em *lineares* ou *não-lineares*. Os lineares (resistores, capacitores e indutores) possuem como resposta uma função linear entre tensão e corrente. Os não-lineares (transistores, diodos, e outros) implicam respostas não-lineares. Por exemplo, no caso dos resistores, existe a famosa a lei de Ohm ($V=R.I$), que relaciona tensão e corrente. Esta equação define uma reta num gráfico $I \times V$, cuja inclinação é definida pelo valor de resistência do resistor, **R**. Tipicamente, a tensão (medida em Volts: V) aplicada ao resistor gera uma corrente elétrica **I** (medida em Ampères: A) que é proporcional ao valor da resistência (medida em Ohms: Ω). Um resistor ideal típico possui uma resistência constante. Assim, quanto maior a tensão, maior a corrente. A inclinação da reta depende do valor exato de R. Quanto maior o R, menor a corrente, para a mesma tensão, logo a reta aproxima-se de uma reta horizontal. Quanto menor o R, maior a corrente para a mesma tensão, e a reta está mais próxima de uma reta vertical. Este comportamento é ilustrado na Figura 1.

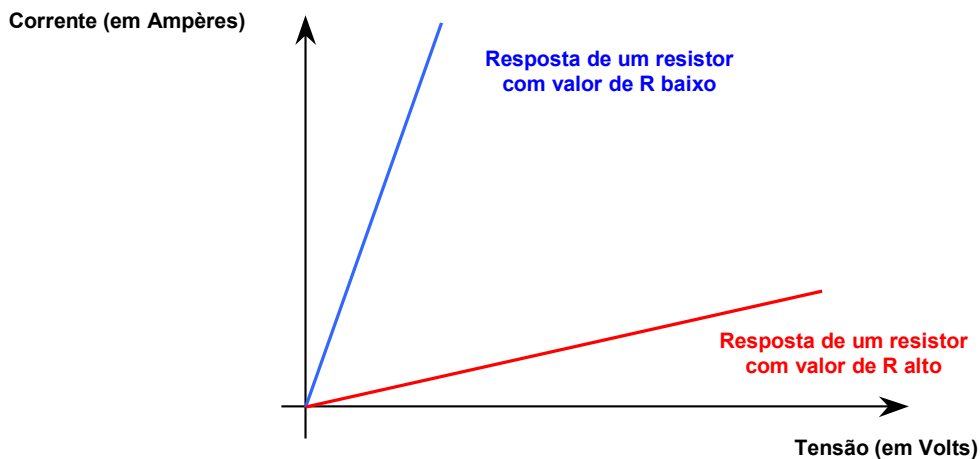


Figura 1 – Gráficos típicos IxV para resistores, conforme a Lei de Ohm. Uma reta vertical corresponderia em tese a um resistor de valor 0, ou um curto-circuito. Uma linha horizontal corresponderia em tese a um resistor de valor infinito, ou circuito aberto.



Figura 2 – Equipamentos de excitação e medida de sinais elétricos: multímetro, gerador de ondas e osciloscópio.

A Figura 2 apresenta uma foto dos três equipamentos a serem estudados neste laboratório, o **multímetro**, o **gerador de ondas** e o **osciloscópio**.

Para finalizar esta Seção, é necessário introduzir conceitos relacionados a ondas periódicas de grandezas elétricas que podem ainda não ser de domínio dos alunos, e que são: **ciclo de serviço** (em inglês *duty cycle*), **amplitude** e **nível DC** (DC vem do inglês *Direct Current*, ou Corrente Contínua). A Figura 3 servirá de apoio para introduzir os conceitos e ilustrá-los. Uma onda periódica consiste num padrão de variação de grandeza elétrica que se repete, do ponto de vista conceitual, de forma infinita. Tais ondas podem ser representadas por um gráfico Amplitude *versus* Tempo, conforme ilustrado na Figura 3 para uma onda quadrada. Deve-se notar que a Amplitude refere-se à amplitude de alguma grandeza elétrica, tipicamente tensão, mas não necessariamente.

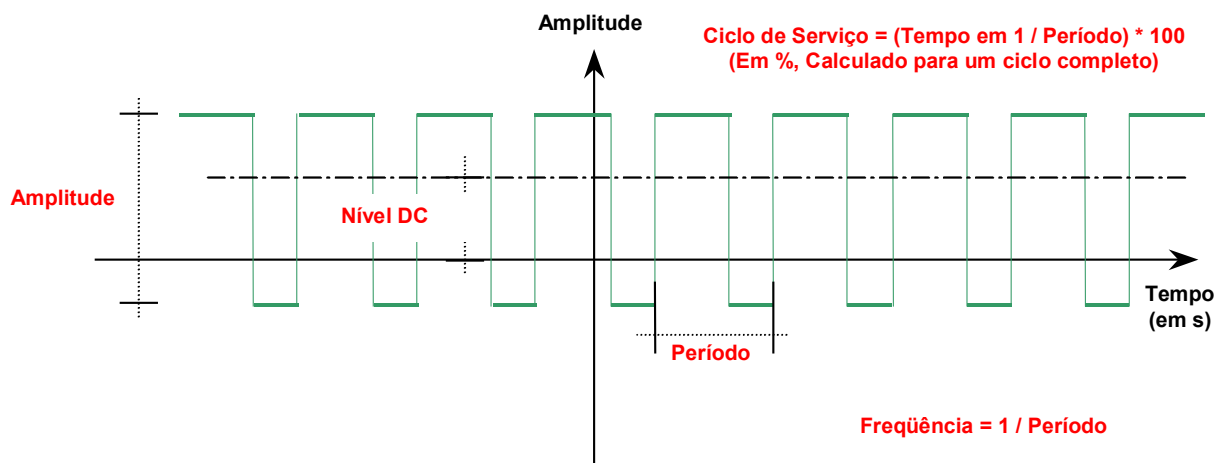


Figura 3 – Gráfico típico Amplitude versus Tempo para forma de onda periódica quadrada, ilustrando as grandezas associadas: frequência, período, ciclo de serviço, amplitude e nível DC.

As principais características de uma onda periódica são sua frequência e/ou seu período. Na Figura 3, ilustra-se a definição de período, que é o tempo necessário para que a onda realize um ciclo completo. No exemplo da Figura, suponha que a onda ciclicamente permanece na amplitude superior por 2ms (ms é a abreviatura de milissegundo, ou 10^{-3} segundos) e na amplitude inferior por 1ms; isto corresponde então a um período de $2\text{ms}+1\text{ms}=3\text{ms}$. Por outro lado, a frequência de tal onda seria de $(1/3\text{ms})=333,33\text{...Hz}$ (Hz é a abreviatura de Hertz; $1\text{Hz}=1$ ciclo por segundo). Vejamos então as definições restantes.

Definição: Ciclo de serviço em uma onda quadrada¹ é uma medida percentual da relação entre o tempo que a onda permanece na amplitude superior e o tempo que esta permanece na amplitude inferior.

No exemplo da Figura 3 e assumindo os valores estabelecidos no parágrafo anterior, o ciclo de serviço seria $(2\text{ms}/3\text{ms})\cdot 100$, ou seja, $66,66\text{...}\%$. Isto indica que a onda, durante cada ciclo, permanece $66,66\text{...}\%$ do tempo na amplitude alta e o restante do tempo na amplitude baixa. Note que uma onda simétrica tem um ciclo de serviço de exatamente 50%.

Definição: Amplitude de uma onda periódica é o valor absoluto da diferença entre a amplitude máxima e a amplitude mínima que a onda atinge.

No exemplo da Figura 3 suponha que a grandeza cuja amplitude é medida é tensão, e que o valor máximo de tensão atingido pela onda é +3,2Volts e que o valor mínimo de tensão atingido pela onda é -1Volt. Logo, a amplitude da onda seria $|+3,2-(-1,0)| = 4,2\text{Volts}$, também dito 4,2 Volts pico-a-pico (do “pico” superior ao “pico” inferior da onda). Note que a Amplitude de uma onda sempre é um valor positivo.

Definição: Nível DC de uma onda periódica é o valor de amplitude de uma onda fictícia de frequência zero que possui a mesma integral definida ao longo de qualquer número inteiro de ciclos que a onda original.

Embora a definição formal pareça convoluta, a interpretação é simples. Estude a definição gráfica de Nível DC apresentada na Figura 3. Suponha uma onda periódica de ciclo de serviço 50% e simétrica em relação ao eixo do tempo. Como a integral definida mede a área de uma curva qualquer entre dois pontos do eixo das abscissas, se nos limitarmos ao um número inteiro de ciclos como intervalo de cálculo da integral definida, todas as áreas positivas (acima do eixo do Tempo) cancelam as áreas negativas e a integral definida será sempre 0. Por outro lado, se o ciclo de serviço não for 50% e/ou se a onda não for simétrica em torno do eixo do Tempo, a integral definida pode não se anular ao longo de um número inteiro de ciclos. Se dividirmos o valor desta integral definida pelo número de ciclos e pelo período da onda, tem-se o valor do nível DC procurado. Voltando ao nosso exemplo, e assumindo os valores de ciclo de serviço e amplitude estabelecidos nos parágrafos anteriores, Teremos um nível DC para a onda da Figura 3 calculado como uma média ponderada pelo ciclo de serviço, ou seja $3,2\cdot 66,67\%-1\cdot 33,33\text{...}\% = 1,8\text{Volts}$. Note-se que para uma onda periódica de tensão, o nível DC dá uma medida da energia líquida entregue pela onda ao circuito que recebe a onda.

Parte III – Medida de Sinais Elétricos – o Multímetro

Para gerar sinais elétricos é necessário ter controle sobre o valor de cada uma das grandezas do sinal a gerar. Por exemplo, para gerar a tensão elétrica equivalente a uma tomada caseira, é necessário ter uma noção de sua ordem de grandeza e de sua natureza. Neste caso particular, é necessário saber que se usa corrente alternada para distribuir eletricidade em casa, e que a tensão atinge normalmente valores acima de 100V. De fato, a tensão na tomada varia de forma senoidal com uma frequência de 60Hz (60 ciclos de senoide por segundo).

¹ Definições análogas existem para outras formas de onda como triangular, senoidal, etc.

Definição: Um multímetro é um equipamento capaz de medir uma dentre diversas grandezas elétricas a cada instante, donde seu nome. Alternativamente, cada uma das grandezas medidas pelo multímetro pode ser medida por um equipamento específico. No caso de voltagem trata-se de um **voltímetro**, no caso de corrente um **amperímetro**, e assim por diante. O usuário normalmente dispõe de meios de parametrizar o aparelho para selecionar o *tipo de grandeza* a medir, bem como a ordem de valor desta grandeza, denominada de *multiplicador*. As grandezas normalmente passíveis de medida com qualquer multímetro são a tensão (Corrente Alternada, CA ou Corrente Contínua, CC) a corrente (CA ou CC) e a resistência. Outras medidas que podem ser eventualmente medidas são a capacitância elétrica, a frequência de um sinal periódico, a continuidade elétrica (caso especial de medida de resistência), o teste de diodos e transistores, etc.

Tarefa 1: Identifique na Figura 2 o multímetro.

Tarefa 2: Se já não estiver montado, monte o multímetro na sua bancada, e estude seu painel. Os principais elementos do multímetro em questão, o ET-2060 da Minipa, são os seguintes:

- Um *mostrador* de 3 dígitos e $1/2^2$, que apresenta a medida atual, bem como alguns indicadores de unidade (apenas para medidas de frequência, nas grandezas restantes a unidade é apresentada na escolha feita no seletor), ponto decimal (fixo por escala, mas com posição variável de escala para escala), sinal do valor medido, e, quando aplicável, uma indicação de que a medida exceda a capacidade de representação (representado pelo texto **OL**, representando **Off-Limits value**);
- Um *seletor* para ligar/desligar o aparelho, escolher o tipo de grandeza (no sentido anti-horário a partir da posição desliga, tem-se escalas para medir tensão, corrente, teste de transistor, resistência, capacitância e frequência) e a precisão da medida. As escolhas dentro de cada grandeza estão marcadas em geral com o valor máximo permitido para a escala; posições especiais são providas para verificação de continuidade (com bip sonoro associado), teste de diodo, nível lógico TTL (0 e 1);
- Uma *chave* de escolha entre CA e CC, marcada com a nomenclatura em inglês, AC e DC, respectivamente (válida apenas para medidas de tensão e corrente);
- Duas linhas de 4 e 6 orifícios para inserção de transistor (cálculo de ganho) e de capacitores (cálculo de capacitância). Ignore esta parte, está fora do escopo deste laboratório;
- Quatro *conectores* para inserção das pontas de prova a conectar o dispositivo a medir ao aparelho. Use apenas os dois conectores mais à esquerda, ignorando os restantes;
- Um par de *pontas de prova*, sendo um preto (terra ou common) e uma vermelha.

As medidas elétricas podem ser de dois tipos básicos, *intrínsecas* ou *transitórias*. As intrínsecas são imutáveis dentro de condições normais de funcionamento. Exemplos são a resistência de um resistor fixo ou a saída de uma fonte de alimentação de um computador. Por exemplo, ao se ligar um computador, se a saída da fonte de alimentação marcada como sendo de 5Volts for medida como 0Volts ou 100Volts, pode-se ter certeza que a fonte está estragada. As transitórias são aquelas que variam ao longo do funcionamento do equipamento. Por exemplo, os pinos de dados de uma memória semicondutora durante a leitura estarão com uma tensão em relação à terra que depende do valor do dado. Tipicamente, os pinos que estiverem com 0Volts indicam um dado “0”, enquanto que os pinos que estiverem ao redor de 5Volts indicam um dado “1”.

Tarefa 3: Para testar sua compreensão do funcionamento do aparelho, use-o para medir a tensão de uma tomada comum. Faça o seguinte: 1) parametrize o aparelho para medir os teóricos 110 Volts da tomada (não se esqueça, em Corrente Alternada, CA); 2) insira as pontas de prova nos conectores adequados (leia as legendas!); 3) Insira a outra extremidade das pontas de prova na tomada; 4) Leia o valor de tensão obtido. Anote o valor exato de sua leitura.

² A notação 3 dígitos e $1/2$ indica que o dígito mais à esquerda pode ser apenas 0 ou 1, logo o valor máximo mostrado no visor será 1999, donde as escalas estarem sempre associadas a limites com o dígito 2 seguido de zeros.

Tarefa 4: Vamos agora realizar a medida de resistências. Tome uma plataforma de prototipação XS40/XST-1 do armário do laboratório. A medida de resistência é do tipo intrínseca, podendo ser realizada sem alimentar o sistema. Assim, identifique os resistores desta plataforma. Fisicamente, estes se assemelham a cilindros de cor bege ou cinza claro com dois terminais. No corpo do cilindro existe 4 anéis coloridos que consistem numa especificação do valor nominal do resistor. Para saber mais, estude a página contendo o Código de Cores de Resistores em http://www.inf.pucrs.br/~calazans/undergrad/laborg/cod_cores_res.html. A partir destas informações determine os valores nominais de todos os resistores da plataforma XS40/XST-1. A seguir, meça com o multímetro o valor exato de cada resistor, com a máxima precisão possível. Faça uma tabela listando os valores nominais e os valores medidos de todos os resistores. Indique na Tabela o número da placa em questão (uma etiqueta auto adesiva sob a placa contém este número).

Tarefa 5: Realize a medida da frequência de oscilação do cristal da placa XS40. Faça o seguinte: 1) parametrize o aparelho para medir frequência, sabendo que a amplitude da onda está em torno de 5Volts em Corrente Contínua, CC; 2) identifique o cristal na placa XS40, ele encontra-se próximo do conector da porta paralela, sendo um dispositivo de 3 pinos de coloração marrom-claro, com um código X1 impresso ao seu lado na placa de circuito impresso; 3) Teste as três combinações de dois pinos com as pontas de prova e leia o valor de frequência obtido (Não se esqueça de prestar atenção à unidade, Hz (Hertz), precedido eventualmente de um multiplicador (K ou M, indicando 10^3 ou 10^6). Anote o valor exato de sua leitura.

Para informações adicionais, ler o manual do multímetro, disponível no armário do laboratório.

Parte IV – Geração de Sinais Elétricos – o Gerador de Ondas

Os sinais elétricos podem ser gerados de várias formas e mediante emprego de diversos instrumentos. Para geração de sinais, usaremos um gerador de ondas, também chamado de gerador de funções. Existem outros equipamentos para excitação, tais como geradores de padrões, geradores de corrente, ou geradores de tensão fixa, nenhum dos quais será abordado aqui.

Tarefa 6: Identifique na Figura 2 o gerador de ondas.

Definição: Um gerador de ondas é um equipamento capaz de produzir uma forma de onda de tensão, normalmente periódica, e com determinados valores de grandezas elétricas, tais como frequência, nível DC, amplitude, ciclo de serviço, simetria do sinal, etc.).

Tarefa 7: Se já não estiver montado, monte o gerador de formas de onda na sua bancada, ligue-o (botão Power) e estude seu painel. Os principais elementos do gerador em questão, o MFG-4201 da Minipa, são os seguintes:

- Um mostrador de 6 dígitos, que apresenta a frequência da onda sendo gerada, bem como alguns indicadores de unidade;
- Um linha de 10 botões do tipo push-button com duas funções, selecionar o multiplicador de frequências entre 1 e 1Mega (rótulo azul) e selecionar a forma da onda entre quadrada, triangular e senoidal (rótulo rosa);
- Uma linha de 4 botões do tipo push-button com funções especiais (ignore-os, deixando-os sempre não-pressionados);
- Uma linha de 7 potenciômetros para controles diversos da forma de onda gerada. Da esquerda para a direita: ajuste fino da frequência, dois controles de varredura (ignore-os), ajuste de ciclo de serviço (permite controlar a assimetria do sinal periódico), ajuste de offset (nível DC), dois ajustes de amplitude do sinal (um para CMOS/TTL e um para a saída principal)
- Quatro saídas que transportam a onda gerada para conectar-se a algum sistema eletrônico que a usa como entrada: 1 para TTL/CMOS (será a mais usada aqui), uma saída principal de baixa impedância e duas com capacidade de trabalhar em tensões mais altas (ignore-as).

Tarefa 8: Para testar a compreensão do funcionamento do aparelho, use-o para gerar uma onda específica. Na tabela abaixo, existem características de 10 ondas, uma para cada grupo de alunos do laboratório. O professor atribuirá uma tarefa para cada grupo de alunos durante a aula. Gere a onda atribuída ao seu grupo e meça as características da mesma. A frequência pode ser medida com o multímetro, e um artifício permite medir o nível DC mas as medidas restantes (Amplitude e Forma da onda) somente podem ser verificados com um osciloscópio. Assim, deixe para completar esta parte da Tarefa após a leitura da Seção a seguir sobre osciloscópios. Em todas as ondas, assuma um ciclo de serviço de 50%.

Tabela 1 – Especificação de ondas a gerar para a Tarefa 7 (uma para cada grupo, a ser atribuída pelo professor).

Grandeza	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8	G9	G10
Frequência (KHz)	35.5	46	1560	2,5	234	13,6	0,5	670	320	6
Amplitude (V)	3,5	5	10	7	8	6	4	1,5	13	7,5
Nível DC (V)	3	0	-2	-6	0,5	12	-6,5	-3,5	0	5
Forma	Quadrada	Senóide	Triangular	Quadrada	Senóide	Triangular	Quadrada	Senóide	Triangular	Quadrada

Para informações adicionais, ler o manual do gerador de ondas, disponível no armário do laboratório.

Parte V – Medidas de Sinais Elétricos – o Osciloscópio

O Multímetro é um aparelho capaz de efetuar a medida de várias grandezas, como visto há duas seções atrás. Contudo, multímetros possuem uma limitação intrínseca, que é o fato de produzirem leituras apenas de valores instantâneos de uma grandeza, ou, na melhor das hipóteses, computar a média de um valor variável (o que funciona corretamente apenas para ondas periódicas e apenas para algumas das grandezas associadas a estas). Para medidas mais complexas, onde é necessário *visualizar* o comportamento temporal de uma grandeza elétrica, existe os **osciloscópios**. Osciloscópios são aparelhos de medição muito mais sofisticados que o multímetro. Em geral duas diferenças marcantes se destacam:

- a primeira é a capacidade do osciloscópio efetuar a medida simultânea de mais de uma grandeza, o que permite a comparação entre sinais elétricos (através de múltiplos **canais** de medida). Na maioria dos osciloscópios, o número de canais está limitado a 2;
- a segunda é a noção temporal que o osciloscópio fornece. Enquanto que o osciloscópio apresenta uma janela temporal, onde várias amostras do sinal podem ser observadas, o multímetro apresenta apenas uma amostra a cada instante de tempo. O osciloscópio pode apresentar formas de ondas semelhantes a um diagrama de tempos, e pela composição de mais de um canal pode ser possível detectar se um determinado sinal foi ativado no tempo certo, ou se o período de ativação do sinal é suficiente para que a operação desejada ocorra.

Essencialmente o multímetro é útil para medir sinais que variam pouco com o tempo, tais como tensão em uma tomada ou a resistência de um material, ou quando a variação é “bem-comportada”, ou seja, periódica pura e sem grandes discrepâncias no ciclo de serviço e/ou no nível DC. O osciloscópio, por outro lado, é utilizado para medir sinais que variam constantemente no tempo, tais como relógios (em inglês, *clocks*), ou sinais que variam aleatoriamente, tais como o sinal de habilitação de uma memória para a leitura e escrita.

A Figura 2 apresenta um gerador de ondas fornecendo uma frequência de 7.84 kHz e esta frequência sendo medida por um osciloscópio e por um multímetro.

Tarefa 9: Identifique na Figura 2 o osciloscópio.

Definição: Um osciloscópio é um equipamento capaz de medir simultaneamente formas de onda de tensão (tipicamente), periódicas ou não, e apresentar esta medida usando gráficos de Tensão (em Volts ou múltiplos) versus Tempo (em segundos ou múltiplos/sub-múltiplos) em uma

tela. O número mínimo (e típico) de medidas simultâneas que podem ser efetuadas é duas (2).

Outras grandezas, tais como corrente ou potências podem ser facilmente convertidas em tensão, via dispositivos simples, e isto elimina possíveis limitações em relação a multímetros.

Antes de mais nada, deve-se perceber que a complexidade de osciloscópios é tal que seria impossível cobrir toda, ou mesmo a maior parte da funcionalidade destes aparelhos em uma aula apenas. Limitar-nos-emos aqui a explorar um mínimo de funcionalidades para permitir o seu uso. Para informações adicionais, ler o manual do osciloscópio, disponível no armário do laboratório.

Tarefa 10: Se já não estiver montado, monte o osciloscópio na sua bancada, ligue-o (botão Power, acima do painel) e estude seu painel. Os principais elementos do osciloscópio, o TDS-210 da Tektronix, são os seguintes:

- Uma tela de cristal líquido, contendo: 1 área gráfica de 10*8 quadrados de 1cm de lado como unidades e informações sobre as ondas sendo mostradas; entre estas informações destaca-se 2 escalas de tensão (abaixo da área gráfica) a escala de tempo (abaixo da área gráfica, ao centro), a informação de onda estável (em inglês, *triggered*, significando engatilhada) (acima da área gráfica, ao centro, uma letra T branca em fundo escuro) e um menu para seleção de parâmetros do aparelho e das ondas atualmente medidas;
- Duas linhas botões para seleção de menus a aparecerem no lado direito da tela (ignore-os);
- Um botão de **Autoset**, útil para tentar parametrizar automaticamente uma onda sendo medida sem grandes complicações (muito, muito útil para aprendizes);
- Um botão de **Hardcopy** (ignore-o);
- Um botão de **Run/Stop**, usado para “congelar” a leitura do aparelho, memorizando o último trecho medido (ignore-o, por enquanto);
- Uma coluna de botões de acesso a opções de menu (cinco botões mais à esquerda, abaixo) (ignore-os, por enquanto);
- Duas colunas de controles verticais dos canais (CH1 e CH2) cada uma com dois potenciômetros e um botão de acesso ao menu do canal correspondente. Os potenciômetros servem para controlar a posição vertical da onda (botão menor) e para controlar a escala vertical do canal respectivo;
- Uma coluna de controle horizontal (afeta simultaneamente os dois canais), com dois potenciômetros e um botão de acesso ao menu de controles horizontais. Os potenciômetros servem para controlar a posição horizontal da janela de medida (botão menor. Como a medida feita não cabe inteira na tela, pode-se mover a janela para a esquerda e para a direita, verificando uma faixa de tempo maior que apenas uma tela) e para controlar a escala horizontal da tela (“encolhendo” ou “espichando” a medida para caber mais ou menos tempo na tela, respectivamente);
- Uma coluna de controles de gatilho (em inglês, *trigger*) (ignore-os, por enquanto);
- Uma ponta de prova (identificada pelo texto Probe Comp no canto inferior esquerdo do painel direito), com uma onda padrão (quadrada, 1KHz, 5V pico-a-pico, ciclo de serviço 50%), útil para calibrar a medida do aparelho;
- Três entradas para as 2 ondas a medir (duas entradas com rótulos CH 1 e CH 2) e para uma onda de gatilho externo (ignore a entrada de gatilho).

Tarefa 11: Para testar a compreensão do funcionamento do aparelho, use-o para gerar uma medir a onda gerada como parte da tarefa 8. Para tanto, escolha um canal e conecte as suas duas pontas às pontas da saída do gerador de ondas, usando a ponta de prova adequada do osciloscópio. Conecte uma segunda ponta de prova do osciloscópio à onda padrão interna do osciloscópio. Após tudo conectado, aperte a tecla Autoset, que deve fazer uma tela estável aparecer no osciloscópio. A partir daí, mude os parâmetros de visualização horizontal e vertical (de cada um dos canais) e

verifique o efeito na tela. Como se pode demonstrar que a onda gerada pelo grupo está correta a partir das medidas que aparecem na tela do osciloscópio? Após feitas as medidas e após a onda gerada corretamente aparecer na tela do osciloscópio, varie os parâmetros do gerador de ondas e observe o efeito no osciloscópio, mudando, pelo menos, a frequência, a amplitude, e o tipo de onda. Anote o que ocorreu e relate.

Parte VI – A Fazer e Entregar

Execute todas as 11 tarefas propostas acima. Elabore um relatório contendo todas as suas medidas, bem como a resposta a todas as questões que aparecem acima. Entregue este relatório no prazo especificado na homepage da disciplina. Vale Nota, não se esqueça. Procure mostrar as medidas que o grupo fez ao professor, em aula, o que contribuirá para a nota de participação em aula.

Percentuais de nota atribuídos às Tarefas:

Item Avaliado	Percentual
Medidas e sua documentação	40%
Respostas às questões	30%
Formatação da onda periódica e documentação (Tarefa 8)	30%
