

F 609 – TÓPICOS DE ENSINO DE FÍSICA

**Montagem de gerador de funções:
(onda senoidal, quadrada e triangular)
utilizando CI8038, com boa precisão e baixo custo.**



Welder Ribeiro Alves



**Orientador:
Eng. Pedro Raggio**

Coordenador: Prof. José Joaquim J. Lunazzi

2º semestre de 2009 – Relatório finalizado em 8 de Dezembro

1) RESULTADOS ATINGIDOS

Depois de ter todos os materiais necessários inclusive a chave 6x2, esta que foi mais difícil e o último componente de encontrar, conseguimos testar o gerador de funções. Geramos as ondas senoidal, triangular, quadrada e quadrada TTL. As formas de onda são satisfatórias, pois ficaram muito simétricas, a crista de subida é do mesmo tamanho da descida, as amplitudes no eixo y (tensão elétrica) variavam na mesma taxa da subida e da descida.

Público alvo são os alunos de ensino médio, inclusive os alunos de curso técnico.

2) FOTOS DA EXPERIÊNCIA

Abaixo as fotos do gerador de funções e as formas de onda geradas pelo mesmo:



FIGURA 1: PAINEL FRENTE DO GERADOR DE FUNÇÕES

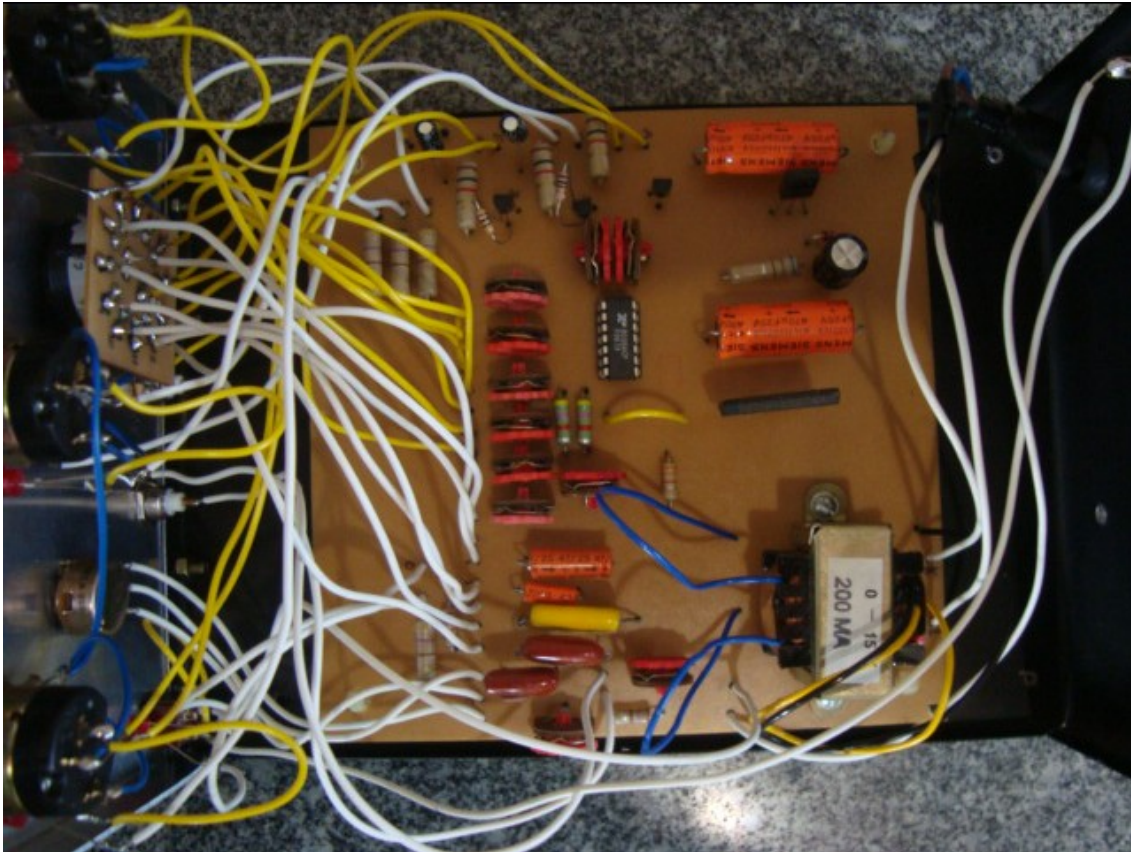


FIGURA 2: CIRCUITO ELETRONICO DO GERADOR DE FUNÇÕES



FIGURA 3: PARTE INFERIOR DA PLACA DE CIRCUITO IMPRESSO



FIGURA 4: POTENCIÔMETROS E CHAVES SELETORAS MATERIAIS BÁSICOS DO CIRCUITO



FIGURA 5: CIRCUITO INTEGRADO 8038

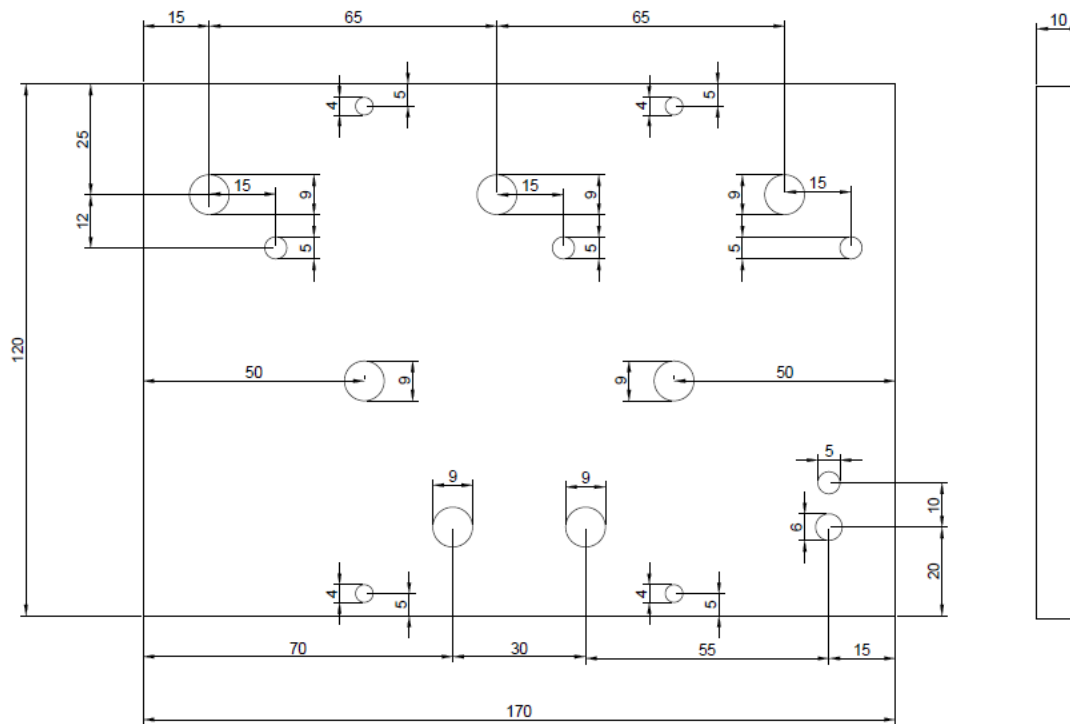


FIGURA 6: CHAPA DE FRENTE DE METAL

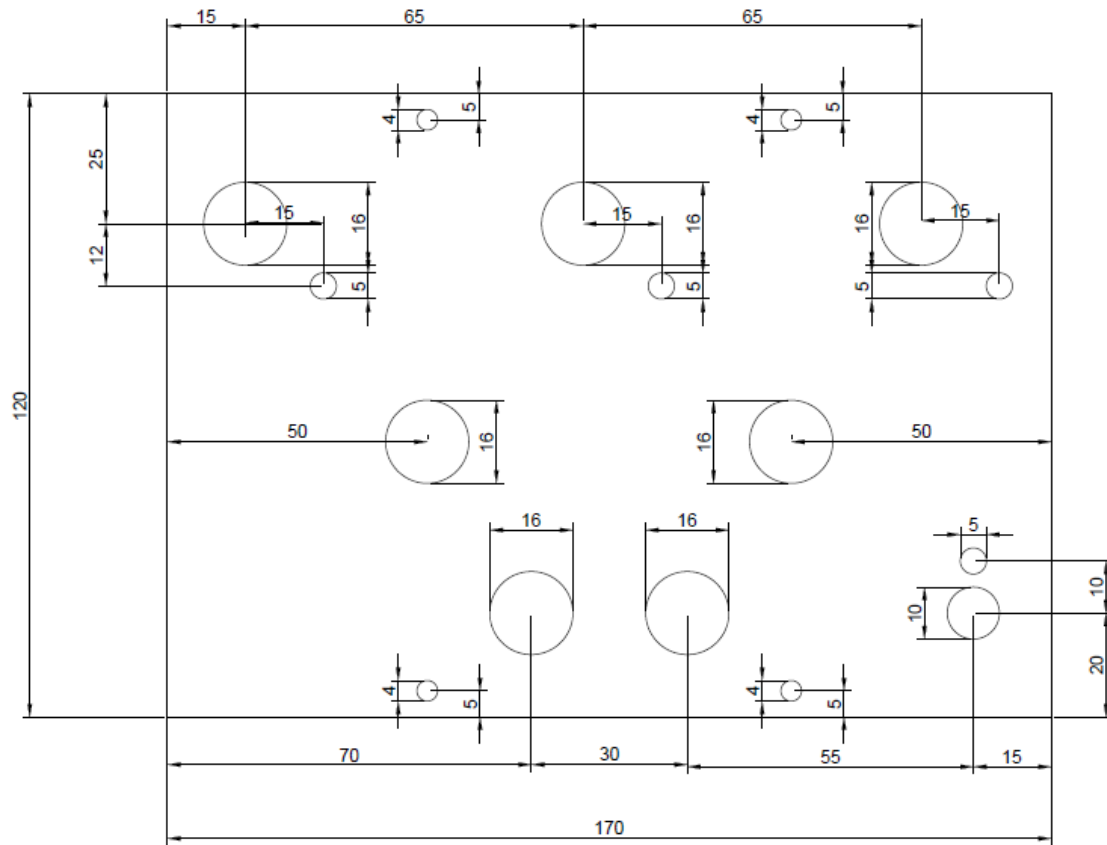


FIGURA 7: CHAPA DE FRENTE DE ACRÍLICO

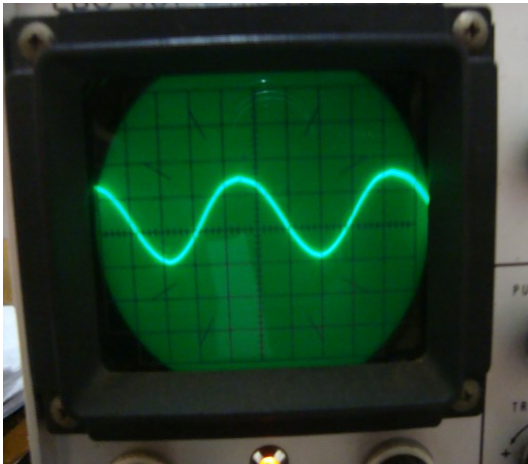
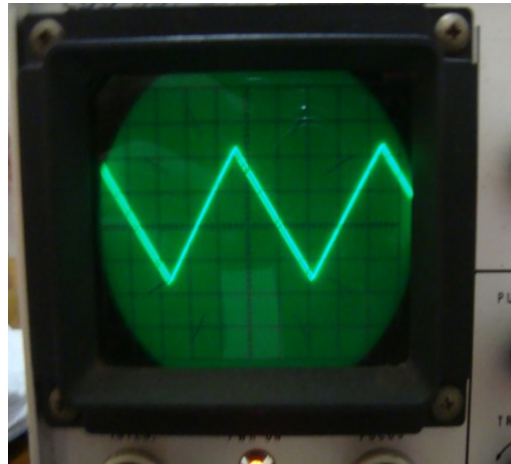


FIG.: 8 ONDA SENOIDAL



ONDA TRIANGULAR

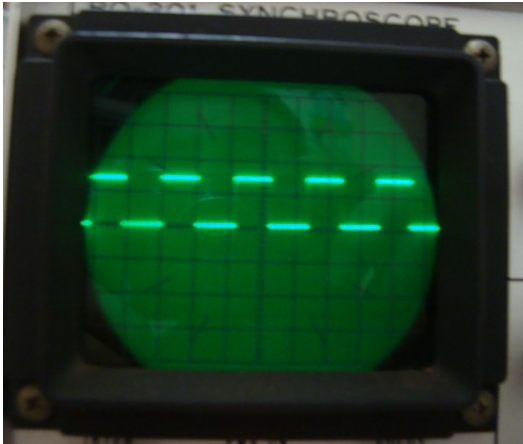


FIG.; 9: ONDA QUADRADA VARIÁVEL



ONDA QUADRADA TTL (5V)

3) DIFICULDADES ENCONTRADAS

Na aquisição dos materiais, os potenciômetros com chave foram difíceis de encontrar; a chave seletora de frequências 6 pólos por 2 posições (6x2) foi adquirida pela internet.

A primeira etapa é desenhar o circuito na placa de circuito impresso (PCB) com uma caneta de retroprojeter, esta parte é muito trabalhosa, pois é necessário muito cuidado para não haver trilhas em curto com outras. A seguir são feitas as furações na placa. Para, então, se corroer o PCB, nesta etapa é necessário estar atento para que a placa não fique o tempo necessário no percloroeto de ferro, pois este além de corroer as trilhas que não foram desenhadas, se deixado mais tempo ele corrói o que foi desenhado com a caneta, retirando toda a trilha de seu circuito. Antes de colocar/soldar os componentes no pcb, este deve ser limpo com “bom-brill” e desengordurado com álcool, para finalmente se soldar os componentes na placa, nesta operação todo o cuidado é pouco, pois o estanho aquecido libera um líquido que pode isolar o componente do circuito, dando visualmente uma sensação de o componente estar bem soldado, um teste de continuidade com um multímetro nos lides dos componentes para a placa certifica que as soldas estão boas.

Vale ressaltar que foi corrigida a pinagem do CI8038 em relação ao que estava indicado na revista e que os transistores, conforme o circuito, da onda senoidal e triangular não estavam mandando estes sinais para a saída, sendo necessário fazer algumas reparações no circuito.

4) PESQUISA REALIZADA – REFERÊNCIAS

A pesquisa realizada foi utilizando palavras-chave tanto em português como em inglês em site de busca como o “Google”. As palavras-chave foram: gerador de funções, ICL8038, transistores, diodo zener, As páginas foram acessadas pela última vez no dia 20/10/2009.

- [1] Revista Saber Eletrônica, nº47, Maio de 1976, páginas 1 a 10 – circuito base deste projeto
- [2] http://pt.wikipedia.org/wiki/Gerador_de_fun%C3%A7%C3%B5es - o que é um gerador de funções
- [3] http://en.wikipedia.org/wiki/Function_generator - fala sobre gerador de funções (em inglês)
- [4] Revista Nova Eletrônica, nº 40, Junho de 1980 páginas 38 a 41 – descrição de uso do CI8038
- [5] Revista monitor de Rádio e Televisão, nº 402, Outubro de 1981, páginas 80 e 81 – comandos de ondas utilizando CI 8038.
- [6] <http://www.permutalivre.com.br/135567/circuitos-integrados-grande-variedade.html> - preço do CI Max038 valor R\$82,00
- [7] <http://www.rosseletronica.com/cis24.htm> - preço CI XR2206 valor R\$106,59
- [8] http://produto.mercadolivre.com.br/MLB-100368710-ci-8038-gerador-de-funces-senoidal-quadrada-triangular-_JM - ICL8038 utilizado no projeto, para compra
- [9] <http://www.intersil.com/data/FN/FN2864.pdf> - “datasheet” do ICL8038 usado no projeto (em inglês)
- [10] <http://www.electfree.com/circuit/Oscillator-Generator/xr2206-function-generator/#> - gerador de funções utilizando o ci “xr2206” (em inglês)
- [11] <http://www.cappels.org/dproj/funcstweep/functionswp.html> - gerador de funções utilizando o ci “max038” (em inglês)
- [12] <http://www.diyguitarist.com/TestEquipment/FunctionGenerator.htm> - gerador de funções utilizando ci “8038” (em inglês)
- [13] <http://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/11552/ONSEMI/BC548.html> - “datasheet” transistor BC548 (em inglês)
- [14] http://www.datasheetcatalog.org/datasheets/70/493669_DS.pdf - “datasheet” transistor BC108 (em ingles)
- [15] http://radatec.vilabol.uol.com.br/tabelas/tab_eqtrans.htm - tabela de equivalência de transistores

[16]

<http://www.datasheetcatalog.org/datasheet2/b/0fod1oud1fyypdu022odj1fwqlyy.pdf>

- “datasheet” diodo zener 15 Volts 1 Watt (em inglês)

[17] <http://www.datasheetcatalog.org/datasheet/fairchild/BD139.pdf> - “datasheet”

transistor BD139 (em inglês)

[18]

<http://www.datasheetcatalog.org/datasheet/SGSThompsonMicroelectronics/mXvrwxu.pdf> - “datasheet” transistor BD139 (em inglês)

[19] http://uk.farnell.com/jsp/search/browse.jsp;jsessionid=ZT5I050N2TW50CQLCIPJKBQ?N=0&Ntk=gensearch_001&Ntt=CK1025&Ntx=&suggestions=false&ref=globalsearch&_requestid=478538

- chave rotativa 6x2 (dois pólos e seis posições para compra)

[20] <http://www.farnell.com/datasheets/54356.pdf> - “data sheet ck1025” da chave

rotativa 6x2 (dois pólos e seis posições)

[21] Malvino, Albert Paul. Eletrônica vol. 1; tradução Aracy Mendes da Costa, - São Paulo: Mcgraw-Hill, 1987

[22] Cipelli, Antonio Marco; Markus, Otavio; Sandrini, Waldir. Teoria e Desenvolvimento de Projetos de Circuitos Eletrônicos; Ed. Érica; 21ª edição; 2006

5) DESCRIÇÃO DO TRABALHO

- O CI 8038

O “coração” de nosso gerador de funções é o circuito integrado 8038, é apresentado na fig. 10 a pinagem dele.

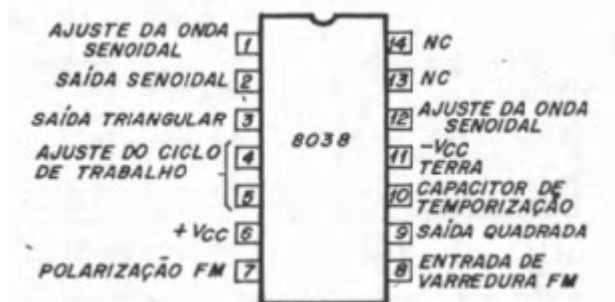


FIG.10 PINAGEM CI8038

Acompanharemos o diagrama de blocos da fig. 11. A forma de onda básica, gerada pelo 8038 é triangular (princípio de carga e descarga a correntes

constantes do capacitor C) – figura 12. A tensão V_c desenvolvida em torno do capacitor alimenta dois estágios comparadores que a comparam a dois valores de referência: V_1 e V_2 . As saídas dos comparadores são usadas para disparar as entradas “SET” e “RESET” de um “flip-flop”, cuja saída Q se encarrega de operar a chave eletrônica de carga e descarga S1. Observamos que a mesma saída Q, além de operar a chave S1 nos fornece, também, a forma de onda quadrada, de amplitude constante e de mesma frequência que a onda triangular. A frequência de oscilação é comandada pelo capacitor C e pelas correntes I_1 e I_2 (R_a e R_b). Se $I_1 = I_2$, teremos uma onda simétrica na saída. Se I_1 diferente de I_2 teremos uma forma de onda assimétrica.

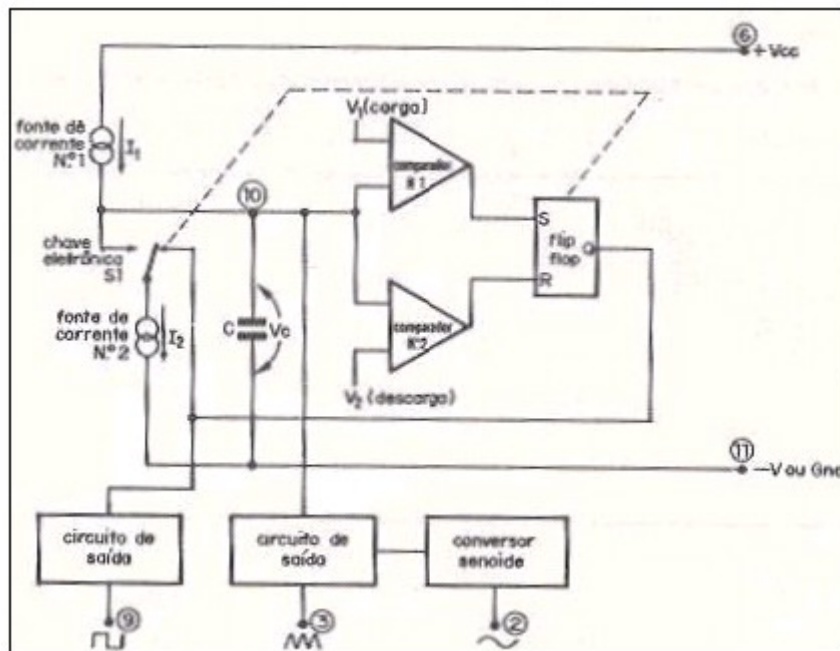


FIG. 11 DIAGRAMA DE BLOCOS DO CI 8038

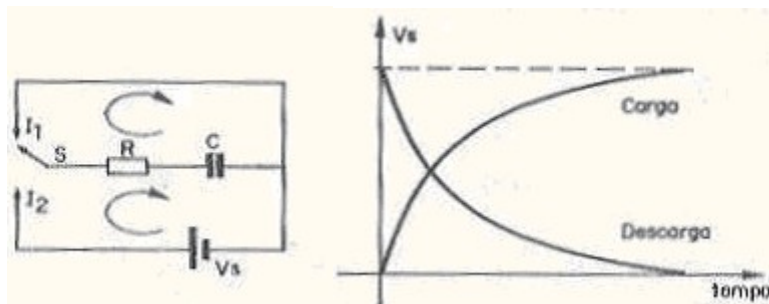


FIGURA 12: CURVA CARGA E DESCARGA CAPACITOR

Obtém-se a onda senoidal a partir da triangular da seguinte maneira: alterando-se o ângulo da rampa em pontos escolhidos, durante a carga e a descarga do capacitor, conseguimos chegar a uma aproximação bem real da forma desejada: $V_{saída} = \text{sen} V_{entrada}$. (figura 13)

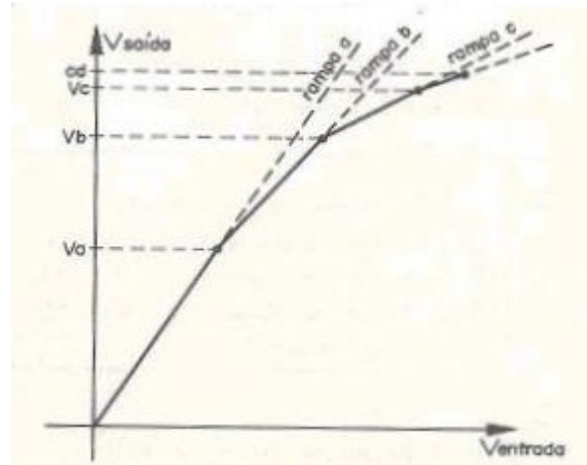


FIGURA 13: ONDA SENOIDAL A PARTIR DA TRIANGULAR

A princípio pode parecer que necessitaríamos de uma infinidade de desvios para alcançar uma boa senóide. A prática, porém, mostrou que bastam uns 5 ou 6 para se obter bons resultados. No CI 8038 esta conversão é feita pelo circuito “conversor triangular-senoidal” formado por uma série de transistores ligados em cascata e devidamente polarizados para os diferentes pontos de desvio da rampa.

- O gerador de funções

Um gerador de funções é um aparelho eletrônico utilizado para gerar sinais elétricos de formas de [onda](#), [frequências](#) (de alguns Hz a dezenas de MHz) e [amplitude](#) (tensão) diversas. São muito utilizados em laboratórios de eletrônica como fonte de sinal para teste de diversos aparelhos e equipamentos eletrônicos.

Um gerador de funções deve poder gerar sinais senoidais, triangulares, quadrados, dente-de-serra, com sweep (frequência variável), todos com diversas frequências e amplitudes. Normalmente ele possui um [frequencímetro](#) acoplado e diversos botões de ajuste e seleção, além de conectores para saída do sinal.

Seu uso é muito ligado à utilização do [osciloscópio](#), com o qual se pode verificar as suas formas de onda. Seu funcionamento é baseado em circuitos eletrônicos [osciladores](#), [filtros](#) e [amplificadores](#).

Alguns circuitos integrados que podem ser usados na montagem de geradores de função:

- ICL8038 (Intersil - funções seno, quadrado, triângulo, sweep)
- MAX038 (Maxim - funções seno, quadrado, triângulo, sweep)
- XR2206 (Exar - funções seno, quadrado, triângulo, sweep)
- NE566 (National - funções quadrado, triângulo)



Figura 14: Gerador de funções profissional [3]

O circuito integrado (CI) utilizado neste experimento é o 8038, pois é o mais em conta no mercado (R\$15,00), os demais são bem mais caros. [6][7][8]

Na figura 5, está o diagrama completo do gerador de funções, suas características são:

- Especificações:

- Faixa de frequências (0,1 Hz a 100 kHz)
 - a) 0,1 a 1 Hz
 - b) 1 a 10 Hz
 - c) 10 a 100 Hz
 - d) 100 a 1000 Hz
 - e) 1000 a 10000 Hz
 - f) 10 kHz a 100 KHz
- Alimentação: 15 Volts
- Saídas:
 - a) senoidal : 0 – 1,1 V_{ef}
 - b) triangular: 0 – 5 V
 - c) quadrada: 0 – 13,5 V
 - d) quadrada: 5 V (TTL)
- Todas as saídas são de baixa impedância

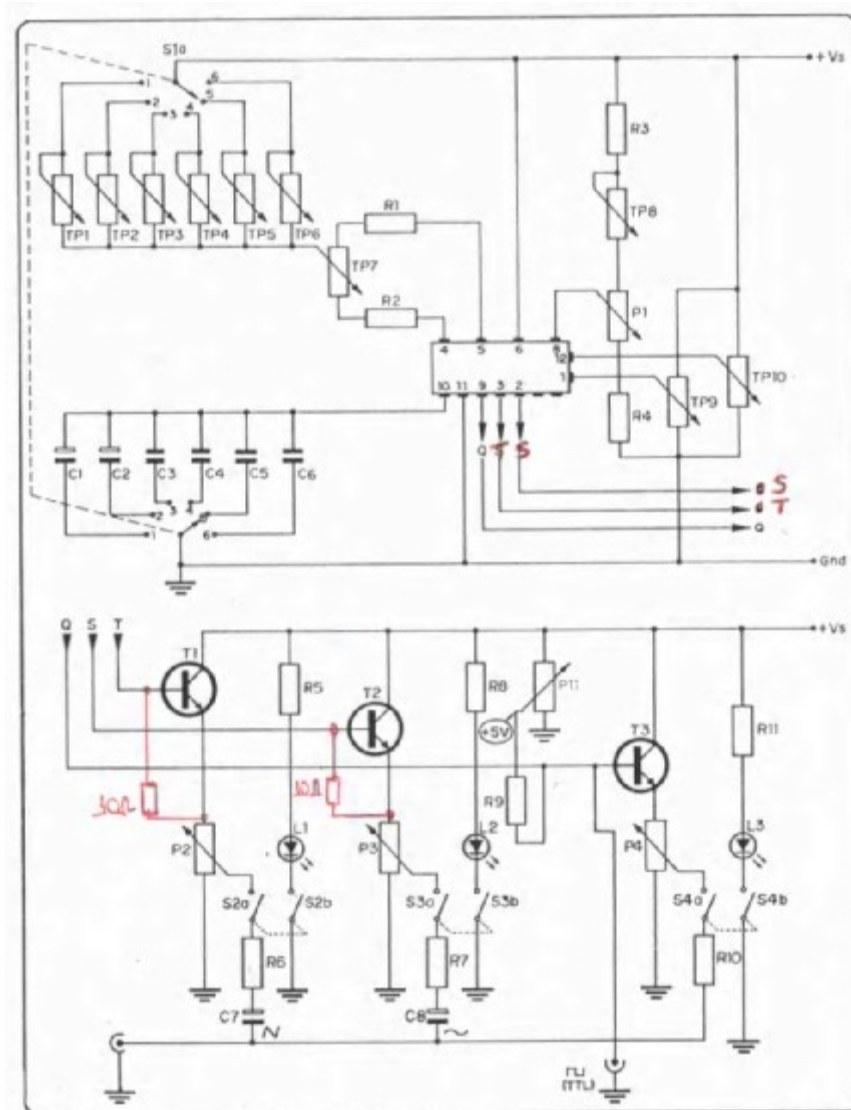


Figura 15: Diagrama eletrônico final do gerador de funções [1]

- Descrição do circuito

A secção “b” da chave S1 (6x2)[20] seleciona o capacitor adequado para cada faixa de frequências. Em vista de que os capacitores encontrados no mercado têm uma tolerância de 10%, foram incluídos no circuito de carga e descarga “trimpots” (TP1 a TP6) que são selecionados pela secção “a” de S1.

R1 e R2 são os resistores que, praticamente, determinam os valores das correntes de carga e descarga do capacitor.

TP7 atua como um ajuste de balanço e complementa R1 e R2. Deve ser ajustado de forma a se obter $I_c = I_d$, ou seja, uma forma de onda com relação marca/espaco igual à unidade. Sem isso teremos uma onda senoidal deformada.

A frequência, dentro de cada faixa, é ajustada mediante P1, que regula o valor da tensão positiva aplicada ao pino 8 (pois as correntes de carga e descarga

são função direta da diferença de potencial entre o pino 8 e Vs). É necessário o uso de um potenciômetro de escala linear, pois assim ter-se-á uma variação linear de freqüência. R4 está incluso para evitar que a tensão no pino 8 ultrapasse o valor limite inferior a 0,8 Volt, o que acarretaria distorções nas formas de onda na saída do gerador.

A soma resistiva de R3 e TP8 (ajustado) deve ser igual a 1/10 do valor de P1 a fim de obtermos uma variação de 11/1 na freqüência, para uma rotação inteira de P1.

TP9 e TP10, servem para ajustar a forma da senóide. Os estágios de saída triangular e quadrada.

Os transistores usados T1, T2 e T3 é do tipo BC548 que é equivalente ao BC108. [1][13][14][15]

Os transistores T1 e T2, ligados na configuração de coletor comum de maneira a “carregar” as saídas do CI com uma alta impedância e entregar uma mais cômoda saída de baixa. As amplitudes dos sinais triangulares e senoidais são ajustadas mediante P2 e P3, respectivamente. R6, R7, C6 e C7 formam os circuitos de isolação e acoplamento para os casos de “mixagem” dos dois sinais ou da aplicação acidental de uma tensão externa.

No caso da saída quadrada, R9 é o resistor de carga de Q7 . O transistor T3 nos permite obter uma saída regulável em amplitude (mediante P4) entre “Gnd” e Vs.

Por fim, temos a saída quadrada TTL. A amplitude do sinal nesta saída deverá ser regulada para um valor entre 4,5 e 5,5 V, mediante o “trimpot” TP11.

Os potenciômetros P2, P3 e P4 são do tipo com interruptor duplo. Uma usada para o circuito de saída e outra para ligar o “Led” correspondente à forma de onda em serviço.

[1][4][5]

- Lista de Material

Este projeto foi realizado para funcionar somente com o CI (circuito integrado) 8038, os outros CI's geradores de ondas não funcionam neste circuito.

SEMICONDUCTORES	TRIMPOTS E POTENCIÔMETROS
PR1 – Ponte retificadora 70V/5A	TP1,...,TP6 - 470Ω
T1,T2,T3 – Transistor BC548 ou equivalente	TP7 – 1kΩ
T4 – Transistor BD139	TP8 - 330Ω
C1 – 8038 (INTERSIL)	TP9, TP10 – 100kΩ
DZ1 – Diodo Zener de 15V/1W	TP11 – 4,7kΩ
	P1 – 4,7kΩ - Linear
	P2, P3 – 10kΩ com interruptor duplo
	P4 – 2,7 kΩ com interruptor duplo

RESISTORES	CAPACITORES
R1 - 4,7k Ω 1/4W	C1 - 47 μ F 25V
R2 - 4,7k Ω 1/4W	C2 - 4,7 μ F 25V
R3 - 270 Ω 1/4W	C3 - 0,47 μ F
R4 - 27k Ω 1/4W	C4 - 0,047 μ F
R5 - 470 Ω 1/2W	C5 - 0,0047 μ F
R6 - 1k Ω 1/4W	C6 - 470pF
R7 - 1k Ω 1/4W	C7 - 10 μ F 25V
R8 - 470 Ω 1/2W	C8 - 10 μ F 25V
R9 - 3,3k Ω 1/4W	C9 - 470 μ F 25V
R10 - 1k Ω 1/4W	C10 - 100 μ F 35V
R11 - 470 Ω 1/2W	C11 - 470 μ F 25V
R12 - 680 Ω 1/2W	
R13 - 470 Ω 1/2W	

DIVERSOS
L1, L2, L3, L4 - LED vermelhos
S1 - Chave seletora 6x2
S5 - Chave HH
Fu - fusível tubular de 200mA
TF1 - Transformador 110/15V de 200mA
1 Placa de circuito impresso 150x150mm
5 Knobs
2 Conectores BNC

- Precisão do instrumento

Logo abaixo estão as tabelas com a precisão do instrumento feito com os tipos de ondas: triangular, senoidal e quadrada. O erro do osciloscópio é $\pm 0,1$ em escalas de Hz ou kHz de acordo com a chave seletora acionada.

ONDA TRIANGULAR

CHAVE SELETORA	TRIANGULAR MÁX. (Hz)	PRECISÃO (%)
100KHz	100,05K	99,50
10KHz	10,02K	99,80
1KHz	1,00K	100,00
100Hz	100,43	99,57
10Hz	10,03	99,70
1Hz	1,13	77,00

ONDA SENOIDAL

CHAVE SELETORA	SENOIDAL MÁX. (Hz)	PRECISÃO (%)
100KHz	102,55K	97,45
10KHz	10,43K	96,50
1KHz	1,05K	95,00
100Hz	104,59	95,41
10Hz	11,54	84,60
1Hz	1,42	58,00

ONDA QUADRADA

CHAVE SELETORA	QUADRADA MÁX. (Hz)	PRECISÃO (%)
100KHz	102,45K	97,55
10KHz	10,35K	96,50
1KHz	1,04K	96,00
100Hz	105,51	94,49
10Hz	11,42	86,00
1Hz	1,35	65,00

- Modificações no projeto original

No diagrama eletrônico da figura 15, os pinos 2 e 3 foram invertidos no circuito. O correto é o pino 2 saída onda senoidal e o pino 3 saída triangular.

Nos primeiros testes usando um osciloscópio da marca LEADER LBO-301 as ondas triangulares e senoidais estavam imperfeitas, ou melhor, não se conseguia ver nada de onda parecidas a senoidal ou triangular. O que se via eram todas ondas quadradas. O problema foi detectado, nos transistores T1 (onda triangular) e T2 (onda senoidal) a tensão na base era igual a tensão da base do transistor T3 (onda quadrada). Para isso foi necessário colocar um resistor de 10ohms em cada transistor T1 e T2 ligados na base e no emissor de cada um deles de modo a diminuir a corrente elétrica na base, pois a tensão de trabalho da onda senoidal é de 0 – 1,1V_{ef} e a da onda triangular é de 0 – 5V. Fazendo isso, foram obtidas as saídas de sinal conforme figura 8 no osciloscópio.

6) DECLARAÇÃO DO ORIENTADOR

O meu orientador realizou os seguintes comentários:

O aluno atendeu aos requisitos de construir um gerador de funções profissional, econômico e com componentes disponíveis no mercado.

Este trabalho serve de estímulo para as escolas e os alunos que precisem deste instrumento montado com baixo custo e boa precisão.

7) AGRADECIMENTOS

Quero agradecer principalmente ao Eng^o. Pedro Miguel Raggio Santos, meu orientador, pela dedicação a mim e ao projeto; ao Claudemir da Oficina Eletrônica do IFGW, que forneceu os componentes eletrônicos necessários; aos funcionários Góes e Lúcia, do LEB (Laboratórios de Ensino de Básico), que me emprestaram os multímetros e demais ferramentas; ao Jorge e demais funcionários da Oficina Mecânica Central do IFGW pelo bom atendimento e pronta confecção das chapas de metal e de acrílico. A todos muito obrigado.

APÊNDICES

Os apêndices são as páginas da internet nas referências [2], [3], [9]. Outros apêndices são de revistas de eletrônica antigas.

Gerador de funções

Origem: Wikipédia, a enciclopédia livre.

Ir para: [navegação](#), [pesquisa](#)

Um **gerador de funções** é um aparelho eletrônico utilizado para gerar sinais elétricos de formas de [onda](#), [frequências](#) (de alguns Hz a dezenas de MHz) e [amplitude](#) (tensão) diversas. São muito utilizados em laboratórios de eletrônica como fonte de sinal para teste de diversos aparelhos e equipamentos eletrônicos.

Um gerador de funções deve poder gerar sinais senoidais, triangulares, quadrados, dente-de-serra, com sweep (frequência variável), todos com diversas frequências e amplitudes. Normalmente ele possui um [frequencímetro](#) acoplado e diversos botões de ajuste e seleção, além de conectores para saída do sinal.

Seu uso é muito ligado à utilização do [osciloscópio](#), com o qual se pode verificar as suas formas de onda.

Seu funcionamento é baseado em circuitos eletrônicos [osciladores](#), [filtros](#) e [amplificadores](#).

Alguns circuitos integrados que podem ser usados na montagem de geradores de função:

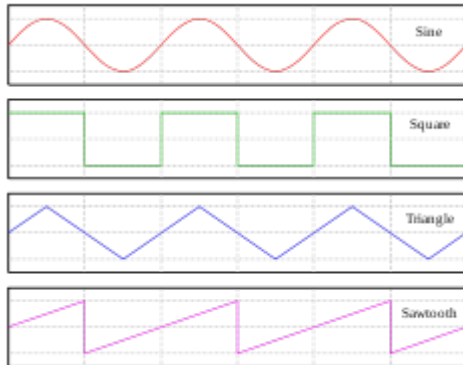
- ICL8038 (Intersil - funções seno, quadrado, triângulo, sweep)
- MAX038 (Maxim - funções seno, quadrado, triângulo, sweep)
- XR2206 (Exar - funções seno, quadrado, triângulo, sweep)
- NE566 (National - funções quadrado, triângulo)

Obtido em "http://pt.wikipedia.org/wiki/Gerador_de_fun%C3%A7%C3%B5es"

Function generator

From Wikipedia, the free encyclopedia

Jump to: [navigation](#), [search](#)



[Sine](#), [square](#), [triangle](#), and [sawtooth](#) waveforms.



A [DDS](#) function generator.



A typical low-cost function generator.

A **function generator** is a piece of [electronic test equipment](#) or [software](#) used to generate electrical [waveforms](#). These waveforms can be either repetitive, or single-shot in which case some kind of triggering source is required (internal or external).

Another type of function generator is a sub-system that provides an output proportional to some mathematical function of its input; for example, the output may be proportional to the square root of the input. Such devices are used in feedback control systems and in [analog computers](#).

[edit] Explanation

Analog function generators usually generate a [triangle waveform](#) as the basis for all of its other outputs. The triangle is generated by repeatedly charging and discharging a [capacitor](#) from a constant [current source](#). This produces a [linearly](#) ascending or descending voltage ramp. As the output voltage reaches upper and lower limits, the charging and discharging is reversed using a [comparator](#), producing the linear triangle wave. By varying the [current](#) and the size of the capacitor, different [frequencies](#) may be obtained.

A 50% [duty cycle square wave](#) is easily obtained by noting whether the capacitor is being charged or discharged, which is reflected in the current switching comparator's output. Most function generators also contain a non-linear [diode shaping circuit](#) that can convert the triangle wave into a reasonably accurate [sine wave](#). It does so by rounding off the hard corners of the triangle wave in a process similar to [clipping](#) in audio systems.

The type of output connector from the device depends on the frequency range of the generator. A typical function generator can provide frequencies up to 20 MHz and uses a [BNC connector](#), usually requiring a 50 or 75 ohm [termination](#). Specialised RF generators are capable of gigahertz frequencies and typically use [N-type](#) output connectors.

Function generators, like most [signal generators](#), may also contain an [attenuator](#), various means of [modulating](#) the output waveform, and often the ability to automatically and repetitively "sweep" the frequency of the output waveform (by means of a [voltage-controlled oscillator](#)) between two operator-determined limits. This capability makes it very easy to evaluate the [frequency response](#) of a given [electronic circuit](#).

Some function generators can also generate [white](#) or [pink noise](#).

More advanced function generators use [Direct Digital Synthesis](#) (DDS) to generate waveforms. [Arbitrary waveform generators](#) use DDS to generate any waveform that can be described by a table of amplitude values.

[edit] See also

- [Signal generator](#)
- [Digital Pattern Generator](#)
- [Electronic musical instrument](#)

[edit] External links

- [Function Generator Tutorial Video in HD](#)



This *electronics*-related article is a *stub*. You can help Wikipedia by *expanding it*.

Retrieved from "http://en.wikipedia.org/wiki/Function_generator"

Categories: [Electronic test equipment](#) | [Electronics stubs](#)

ICL8038

Test Circuit

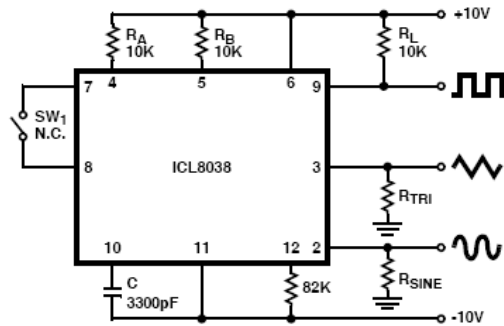
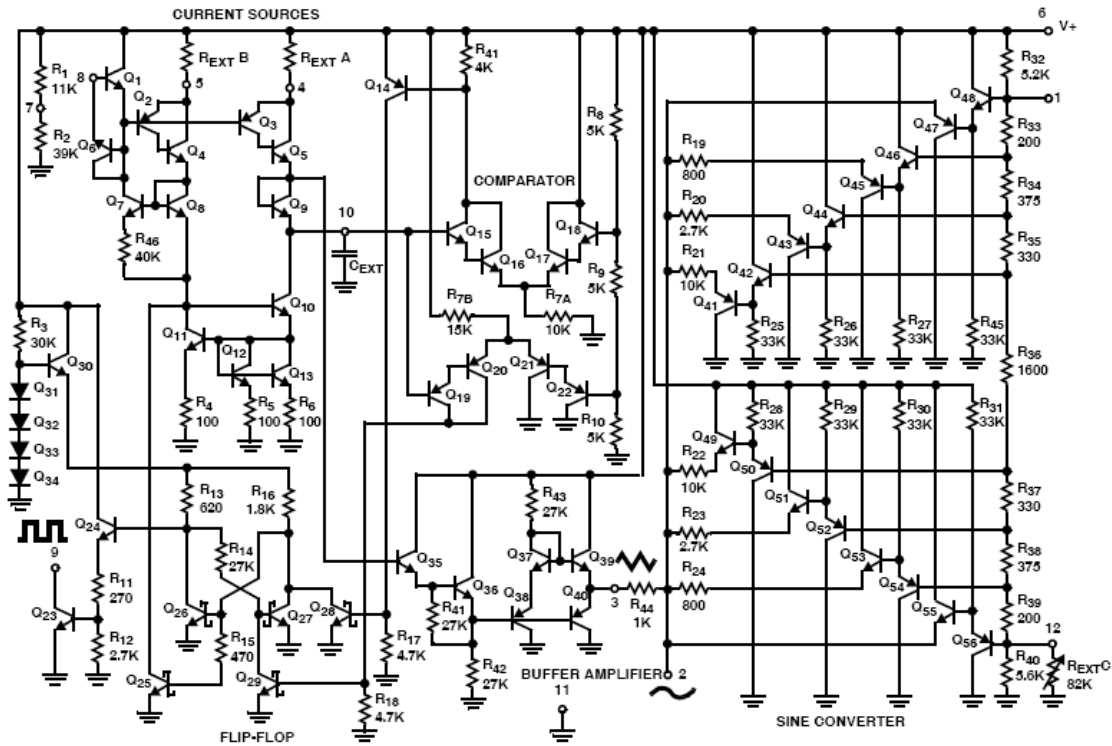


FIGURE 1. TEST CIRCUIT

FIGURE 1. TEST CIRCUIT

Detailed Schematic



Application Information (See Functional Diagram)

An external capacitor C is charged and discharged by two current sources. Current source #2 is switched on and off by a flip-flop, while current source #1 is on continuously. Assuming that the flip-flop is in a state such that current source #2 is off, and the capacitor is charged with a current I , the voltage across the capacitor rises linearly with time. When this voltage reaches the level of comparator #1 (set at $2/3$ of the supply voltage), the flip-flop is triggered, changes states, and releases current source #2. This current source normally carries a current $2I$, thus the capacitor is discharged with a

net-current I and the voltage across it drops linearly with time. When it has reached the level of comparator #2 (set at $1/3$ of the supply voltage), the flip-flop is triggered into its original state and the cycle starts again.

Four waveforms are readily obtainable from this basic generator circuit. With the current sources set at I and $2I$ respectively, the charge and discharge times are equal. Thus a triangle waveform is created across the capacitor and the flip-flop produces a square wave. Both waveforms are fed to buffer stages and are available at pins 3 and 9.

<http://www.intersil.com/data/FN/FN2864.pdf>