**Generador de funciones de baja frecuencia**

**Etapa 1**

La primera etapa consiste en generar las 3 formas de onda básicas, cuadrada, triangular y seno, con una frecuencia variable entre 0.1Hz y 3Hz. Se hará uso del circuito integrado ICL8038, ya que este nos permite generar los tipos de onda necesarios y con frecuencia variable mediante un potenciómetro.

Basados en la hoja de datos de este elemento, este necesita dos resistencias RA y RB más un condensador para controlar la frecuencia de salida y el ciclo útil de la señal. Dado que necesitamos un ciclo útil del 50% para obtener las formas de onda simétricas; RA y RB deben tener el mismo valor. Adicionalmente, la corriente que fluye por estas resistencias debe estar en los siguientes rangos para que el dispositivo trabaje de forma estable.

Con estos datos procedemos a calcular la resistencia máxima y mínima que podrá manejar nuestro circuito, para ello usamos la siguiente formula

La fuente de alimentación utilizada es 12 voltios de doble polaridad. Insertamos los valores en la formula y calculamos la resistencia mínima y máxima.

Con estos datos procedemos a calcular los valores adecuados de resistencia y capacitancia para obtener el rango de frecuencias necesario. Como RA y RB son del mismo valor, la fórmula para el cálculo de la frecuencia a usar será la siguiente:

Usaremos un condensador de 10 microfaradios y procedemos a calcular el valor de las resistencias:

Para las siguientes etapas debemos tener en cuenta que la amplitud del voltaje de salida para cada tipo de señal es diferente, siendo en promedio VCC para la cuadrada, 0.315VCC para la triangular y 0.21VCC/ para la senoidal.

**Etapa 2**

La segunda etapa consiste en acondicionar las tres salidas a una misma amplitud, esto por medio de amplificadores operacionales en modo inversor. El valor máximo de salida será de 10Vpp. Para la señal cuadrada necesitamos la siguiente ganancia:

Si entonces:

Realizamos el mismo procedimiento para la señal senoidal

Si entonces:

Finalmente realizamos los cálculos para la señal triangular

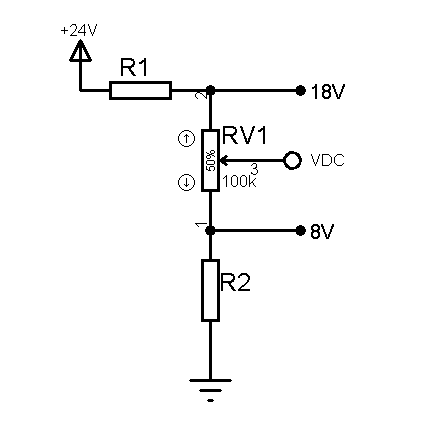
Si entonces:

Los valores reales que se usaron en el circuito fueron de 133K, con una resistencia de 100k y una de 33k en serie, y una resistencia de 51k. Se usó el amplificador operacional TL084 para realizar esta etapa

**Etapa 3**

La tercera etapa consiste en añadir un ajuste de offset variable a las señales. Debido a que la fuente de alimentación es de 12 voltios y no queremos aumentar los costos de diseño con un amplificador operacional que tenga salidas *rail to rail,* la máxima excursión de salida con un LM358 que es un OPAM de propósito general es de VCC – 1.5V, es decir, 10.5V para nuestro caso. Por este motivo y que en la práctica las señales provenientes de las anteriores etapas tienen un offset de -1V, el offset ajustable de esta etapa estará entre los rangos de +6V y – 4V. De esta forma la señal no se recortara ni por el pico positivo y por el negativo.

Para realizar esta etapa tenemos un amplificador en configuración de sumador inversor, al que ingresara un voltaje DC variable con un potenciómetro con dos resistencias en serie para delimitar dicho voltaje a un rango de valores desde (-4V) hasta +6V y la señal proveniente de la etapa anterior. Para facilitar los cálculos de las resistencias necesarias en esta etapa se asume que la malla no está alimentada con +12V y -12V, sino con +24V y GND y así evitar lidiar con voltajes negativos. A continuación se anexa una imagen del circuito equivalente que se usara para los cálculos de esta etapa.



Teniendo en cuenta esto, el valor de -4V y +6V equivalen a 8V y 18V respectivamente. Si nuestro potenciómetro es de 100K entonces:

Con este valor de corriente procedemos a calcular los valores de las resistencias R1 y R2:

**ETAPA 4**

La etapa final del circuito es un potenciómetro en serie con una resistencia para variar la amplitud de la señal, esto acompañado buffer que permitirá acoplar las impedancias entre las etapas. La variación de voltaje debe ser entre 50mV y 5V. Usando un potenciómetro de 10k procedemos a realizar los cálculos:

Para efectos prácticos se utilizara una resistencia comercial de 100Ω y una resistencia de carga de 20kΩ a la salida del buffer.