

Informe final

Asistente de RCP



Sistemas con Microprocesadores y Microcontroladores

Última edición: 16 de diciembre de 2024

Autores:

Benitez, Maira Ayelen
Piazza, Santiago Nicolás

Tutor:

Ing. Giori, Matías

Índice

1. Introducción.....	3
1.1 Motivaciones.....	3
1.2 Objetivos.....	3
1.2.1 Objetivo general.....	3
1.2.2 Objetivos específicos.....	3
1.3 Análisis de mercado.....	4
1.3.1 Costo estimado.....	4
2. Diseño.....	5
2.1 Descripción del funcionamiento.....	5
2.2 Interfaz de usuario.....	6
2.3 Formas de uso.....	6
2.3.1 Modo Normal.....	6
2.3.2 Modo Crítico.....	7
2.4 Cuenta del tiempo y frecuencia.....	7
3. Esquema general del hardware.....	8
3.1 Asignación de pines.....	9
3.2 Alimentación.....	9
3.2 Conexión de las pantallas.....	10
3.3 Conexión de LEDS y botones.....	11
3.4 Conexión del parlante (alarma).....	12
3.5 Conexión del sensor de fuerza.....	13
4. Estructuras de datos.....	14
5. Esquema general del software.....	15
5.1 Programa principal.....	15
5.2 Programa de inicialización del dispositivo.....	16
5.3 Interrupciones del SysTick.....	17
5.4 Interrupciones del temporizador.....	17
5.5 CalcularPromedio.....	18
5.6 CalcularFrecuencia.....	19
5.7 ControlFrecuencia.....	20
5.8 Conversion.....	20
5.9 LeerTeclas.....	21
5.10 TeclaONOFF.....	22
5.11 TeclaCANCELAR.....	23
5.12 FijarProximaAlarma.....	24
5.13 LeerSensor.....	25

5.14 ActualizarHora.....	26
5.15 RefrescarDisplay.....	26
6. Conclusiones.....	27
6.1 Conclusiones generales del proyecto y de su desarrollo.....	27
6.2 Conclusiones del trabajo en equipo y su valor académico.....	27
6.3 Mejoras a futuro.....	28
6.4 Agradecimientos.....	28
7. Referencias.....	29
7.1 Bibliografía.....	29

1. Introducción

El dispositivo “RCP Assistant” es un equipo pensado para ser útil en situaciones de emergencias médicas relacionadas con paros cardíacos, en las cuales el primer paso es realizar prácticas de RCP a la víctima.

En la Argentina entre 30.000 y 40.000 personas por año sufren de muerte súbita, y la atención inmediata es lo que puede cambiar su destino. Desde que una persona sufre un paro cardiorrespiratorio y su corazón se detiene, cada minuto cuenta para poder salvarle la vida.

Nuestro dispositivo busca poder darle a cualquier persona la posibilidad de realizar una práctica de RCP de manera eficiente ya que, debido a la falta de preparación, el 90% de las personas que sufren este tipo de accidentes, no sobreviven.

1.1 Motivaciones

- Aportar a la sociedad un dispositivo que permita que cualquier persona, especializada o no, pueda realizar RCP ante una emergencia de manera eficaz y responsable, y así disminuir el riesgo de muerte por una mala práctica.
- Incentivar a realizar RCP en emergencias, otorgando una mayor seguridad a la persona responsable de hacerlo.
- Que el dispositivo sea accesible para cualquier persona y en cualquier lugar.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

- Desarrollar un dispositivo asistente para RCP.

1.2.2 Objetivos específicos

- Mostrar la frecuencia de compresiones de manera continua.
- Mostrar, mediante un indicador lumínico, la eficacia de la práctica.
- Guiar, mediante un sonido, la frecuencia correcta de las compresiones.

1.3 Análisis de mercado

En la actualidad no existe ningún dispositivo con estas características y funciones capaz de asistir en las prácticas de RCP reales con humanos. Sin embargo, sí se pueden encontrar equipos similares que son utilizados en simulacros con fines educativos (según nos hicieron saber estudiantes de la carrera de médico de la UNT). Por lo tanto, crear un dispositivo con estas funcionalidades capaz de asistir en emergencias reales sería un gran aporte al área de la salud.

1.3.1 Costo estimado

En la Tabla 1 podemos observar el costo aproximado (en pesos argentinos a noviembre 2024) de cada uno de los principales componentes necesarios para construir este dispositivo.

Item	Costo
EDU CIAA NXP LP 4347	AR\$ 100.000
Sensor de fuerza Honeywell FSS1500NGT	AR\$ 115.000
Diodo LED (x3)	AR\$ 1.000
Display 7 segmentos (x7)	AR\$ 14.000
Colchoneta	AR\$ 10.000
Buzzer activo 5VDC Raspberry arm	AR\$ 2.000
Batería 7.4V (x2 18650) + Regulador DC-DC	AR \$60.000
Total	AR \$302.000

Tabla 1: Costos aproximados de componentes utilizados.

En el mercado si buscamos dispositivos similares que se utilizan en simulacros educativos podemos verificar que los precios oscilan entre AR\$ 1.000.000 y AR\$ 2.000.000, por lo que claramente nuestro equipo sería aproximadamente 5 veces más económico que similares.

2. Diseño

2.1 Descripción del funcionamiento

El dispositivo debe mostrar, de manera continua por display, la frecuencia de las compresiones que se están realizando en latidos por minuto (bpm -beats per minute-). A su vez, mediante el indicador lumínico debe señalar la eficacia de las compresiones, encendiendo el LED verde si la frecuencia se encuentra dentro del rango correcto o el LED rojo si la frecuencia se encuentra fuera del rango de frecuencias correctas.

El dispositivo usará tres displays de 7 segmentos para mostrar el tiempo transcurrido desde que se inició la práctica, siendo 40 minutos y 0 segundos el tiempo límite.

El equipo también cuenta con una alarma sonora, la cual sirve de guía ya que emitirá un sonido o pitido en un intervalo de tiempo conocido, el cual corresponde a la frecuencia correcta de compresiones. De esta forma, la persona asistente puede guiarse para realizar una compresión cada vez que suene la alarma, garantizando que lo está realizando a una frecuencia correcta.

Una vez alcanzado el tiempo máximo mencionado anteriormente, se activa una alarma sonora y visual para informar que se ha alcanzado el tiempo límite de la práctica, ya que después de 40 minutos de practicar RCP a una víctima las probabilidades de sobrevivir son prácticamente nulas. En este caso, decimos que el equipo entra en *modo crítico*; mientras que antes de los 40 minutos el equipo opera en *modo normal*.

De esta forma describimos los dos modos de operación con los que cuenta nuestro dispositivo, el cual no es ajustable manualmente por el usuario sino que es determinado automáticamente según la cuenta de tiempo.

El equipo cuenta, además, con 2 teclas: ON/OFF (para encenderlo o apagarlo) y CANCELAR, la cual sólo tiene una función asociada cuando opera en modo crítico. Esto lo veremos más adelante en el diseño de software y en la descripción general de cada uno de los modos de operación.

Para lograr entender mejor el diseño, presentamos en la siguiente sección una muestra de la posible interfaz de usuario del equipo.

2.2 Interfaz de usuario

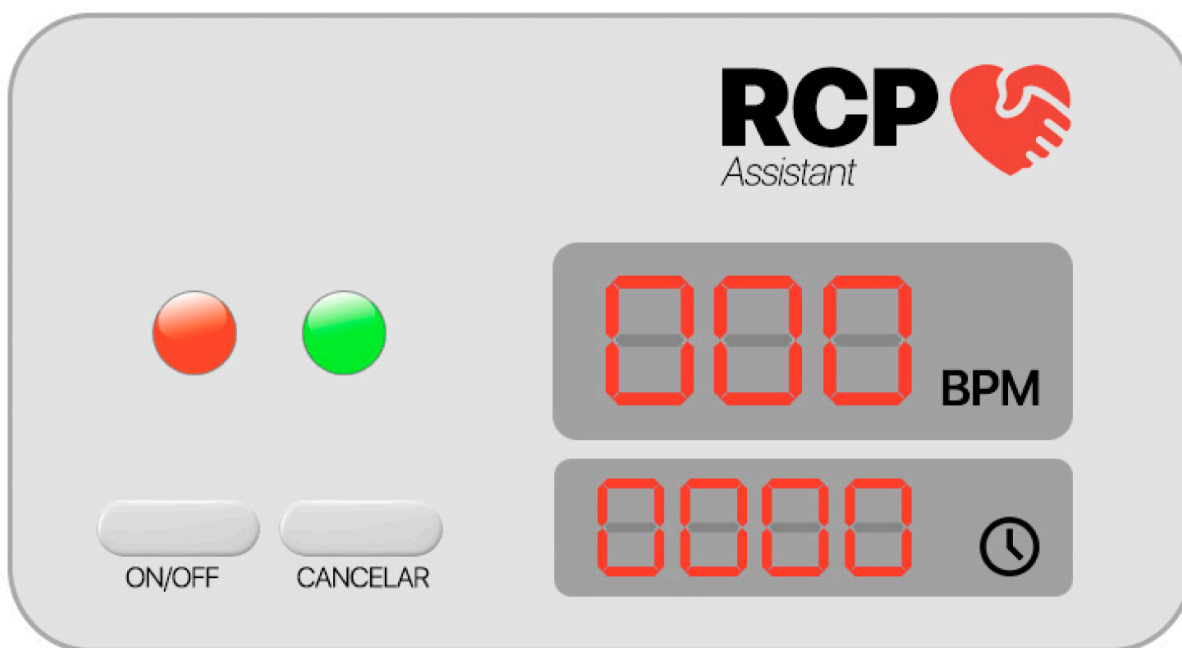


Figura 1: Interfaz de usuario.

Se pueden observar:

- 1 display para mostrar la frecuencia de compresiones (en bpm),
- 1 display para mostrar la cuenta de tiempo (en minutos y segundos),
- 1 tecla de encendido y apagado (ON/OFF),
- 1 tecla de cancelación (CANCELAR) y
- 2 LEDs indicadores de la eficacia de las compresiones (rojo y verde).

2.3 Formas de uso

2.3.1 Modo Normal

Es el modo en el que se encuentra el equipo apenas se enciende al presionar la tecla ON/OFF. En este modo el equipo puede apagarse en cualquier momento presionando por, al menos, 5 segundos la misma tecla.

Una vez encendido, muestra los minutos y segundos transcurridos en el display correspondiente.

El modo normal se distingue, en parte, por la alarma guía que suena a la frecuencia correcta de las compresiones.

En el display correspondiente se muestra la frecuencia de las compresiones realizadas por la persona asistente.

Mediante los dos LEDS indica la eficacia de la práctica.

Si transcurren, al menos, 5 minutos sin que el dispositivo registre algún tipo de actividad, se apaga automáticamente.

En este modo, como se mencionó en la sección 2.1, la tecla CANCELAR no realiza ninguna operación.

2.3.2 Modo Crítico

A este modo se accede automáticamente al haber transcurrido 40 minutos desde el inicio de la práctica.

En el display correspondiente a la frecuencia de compresiones se muestra la leyenda  indicando la finalización de la práctica.

Este modo se distingue, además, por la alarma guía la cual suena constantemente, sin pausas como en el modo anterior.

En este modo, si se presiona la tecla CANCELAR se apaga la alarma sonora.

Los LEDS rojo y verde no indican nada.

2.4 Cuenta del tiempo y frecuencia

Para la cuenta del tiempo y para realizar cálculos de la frecuencia (se verá más adelante) hemos optado por utilizar dos temporizadores del microcontrolador, de la siguiente manera:

- **TIMER0** para contar los segundos transcurridos (y minutos) y poder mostrar el tiempo en la interfaz.
- **TIMER1** para contar en milisegundos para poder realizar los cálculos necesarios para obtener y mostrar los valores de frecuencia correspondientes.

3. Esquema general del hardware

Presentamos a continuación un esquemático que representa de manera abstracta cómo se conectarán cada uno de los componentes necesarios, para el dispositivo, al microcontrolador y sus distintos componentes propios (en azul). A su vez, mediante las flechas se indica, según su sentido, si los componentes corresponden a entradas (hacia la izquierda) o salidas (hacia la derecha) del microcontrolador.

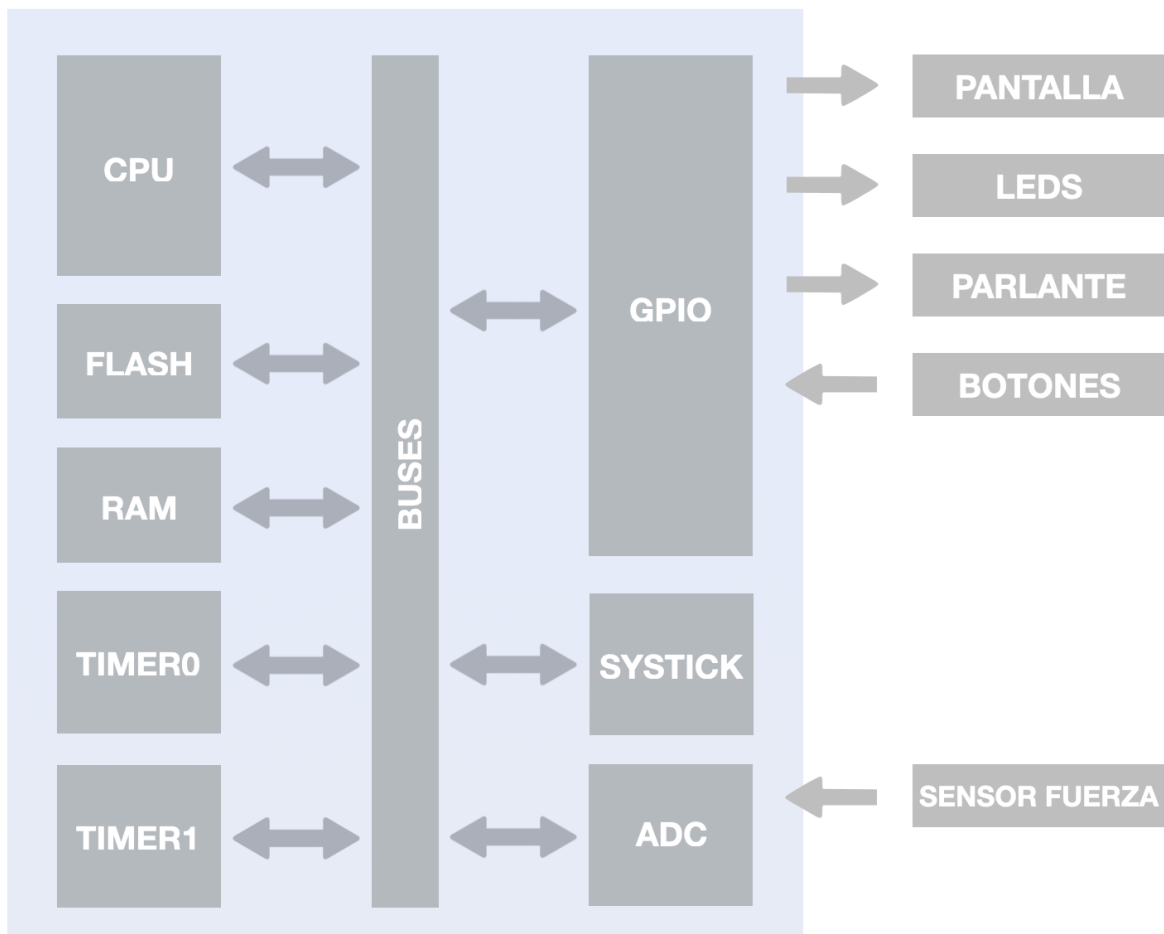


Figura 2: Esquema general de hardware.

Se observa que tanto la pantalla (displays 7 segmentos), los LEDS indicadores y el parlante son salidas conectadas a terminales de propósitos generales del LPC4337. Mientras que los botones son entradas también conectadas a terminales de propósitos generales.

El sensor de fuerza utilizado envía señales de tensión analógicas, por lo tanto se conecta al conversor analógico-digital del LPC4337.

3.1 Asignación de pines

La Tabla 2 muestra la asignación de pines para conectar al microcontrolador cada uno de los componentes externos.

DISPOSITIVO	TERMINAL	FUNCIÓN Y GPIO	DESCRIPCIÓN
DIGITO1_RELOJ	P0_0	0:GPIO0[0]	Pin de entrada/salida digital de uso general.
DIGITO2_RELOJ	P0_1	0:GPIO0[1]	
DIGITO3_RELOJ	P1_0	0:GPIO0[4]	
DIGITO4_RELOJ	P1_3	0:GPIO0[10]	
DIGITO1_FRECUENCIA	P1_4	0:GPIO0[11]	
DIGITO2_FRECUENCIA	P1_15	0:GPIO0[2]	
DIGITO3_FRECUENCIA	P1_16	0:GPIO0[3]	
LED_VERDE	P1_17	0:GPIO0[12]	
LED_ROJO	P1_18	0:GPIO0[13]	
BTN_ONOFF	P1_20	0:GPIO0[15]	
BTN_CANCELAR	P2_10	0:GPIO0[14]	
SEG_A	P1_5	0:GPIO1[8]	
SEG_B	P1_6	0:GPIO1[9]	
SEG_C	P1_7	0:GPIO1[0]	
SEG_D	P1_8	0:GPIO1[1]	
SEG_E	P1_9	0:GPIO1[2]	
SEG_F	P1_10	0:GPIO1[3]	
SEG_G	P1_11	0:GPIO1[4]	
SENSOR_FUERZA	P4_1	ANALOG:ADC0_1	ADC0_1: ADC0 y ADC1, canal de entrada 1.
PARLANTE	P3_6	0:GPIO0[6]	Pin de entrada/salida digital de uso general.

Tabla 2: Asignación de pines.

3.2 Alimentación

Para la alimentación el dispositivo utiliza una batería de 7.2V Li-ion recargable formada con dos baterías 18650 (3.7V) ya que el microprocesador necesita 3.2V para funcionar, además un regulador DC-DC pues proporciona una facilidad al momento de medir el nivel de batería del equipo. Además, se podría diseñar un divisor de tensión con resistencias (o amplificadores operacionales) para poder obtener el porcentaje de batería.

La idea del dispositivo es que pueda recargarse en una estación de carga fija, en la que debería encontrarse permanentemente y sólo ser retirada al momento de utilizar el equipo en una emergencia teniendo una carga del 100%.

3.2 Conexión de las pantallas

A continuación se presenta un esquemático de las conexiones para los displays 7 segmentos del reloj. La conexión de los displays correspondientes a la frecuencia se realiza de la misma manera pero a los pines correspondientes (ver Tabla 2).

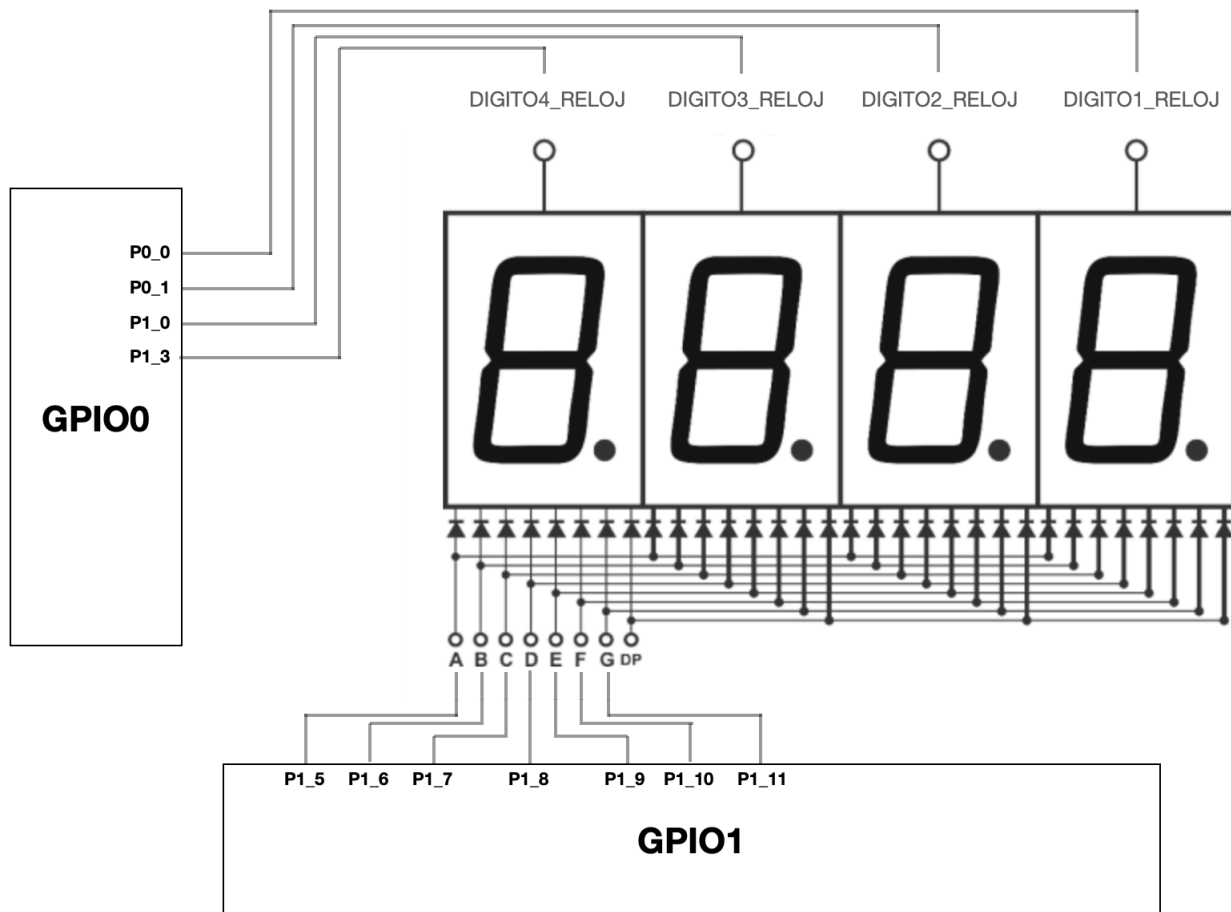


Figura 3: Conexión de las pantallas a GPIO.

Aclaración: Se utiliza una conexión multiplexada que utiliza resistencias y transistores a colector abierto, los cuales no se muestran en la imagen para simplificar el esquema.

3.3 Conexión de LEDS y botones

La Figura muestra a qué GPIO y a qué pines se conectan los LEDS indicadores y las teclas ON/OFF y CANCELAR respectivamente. Se pueden verificar los pines en la Tabla 2.

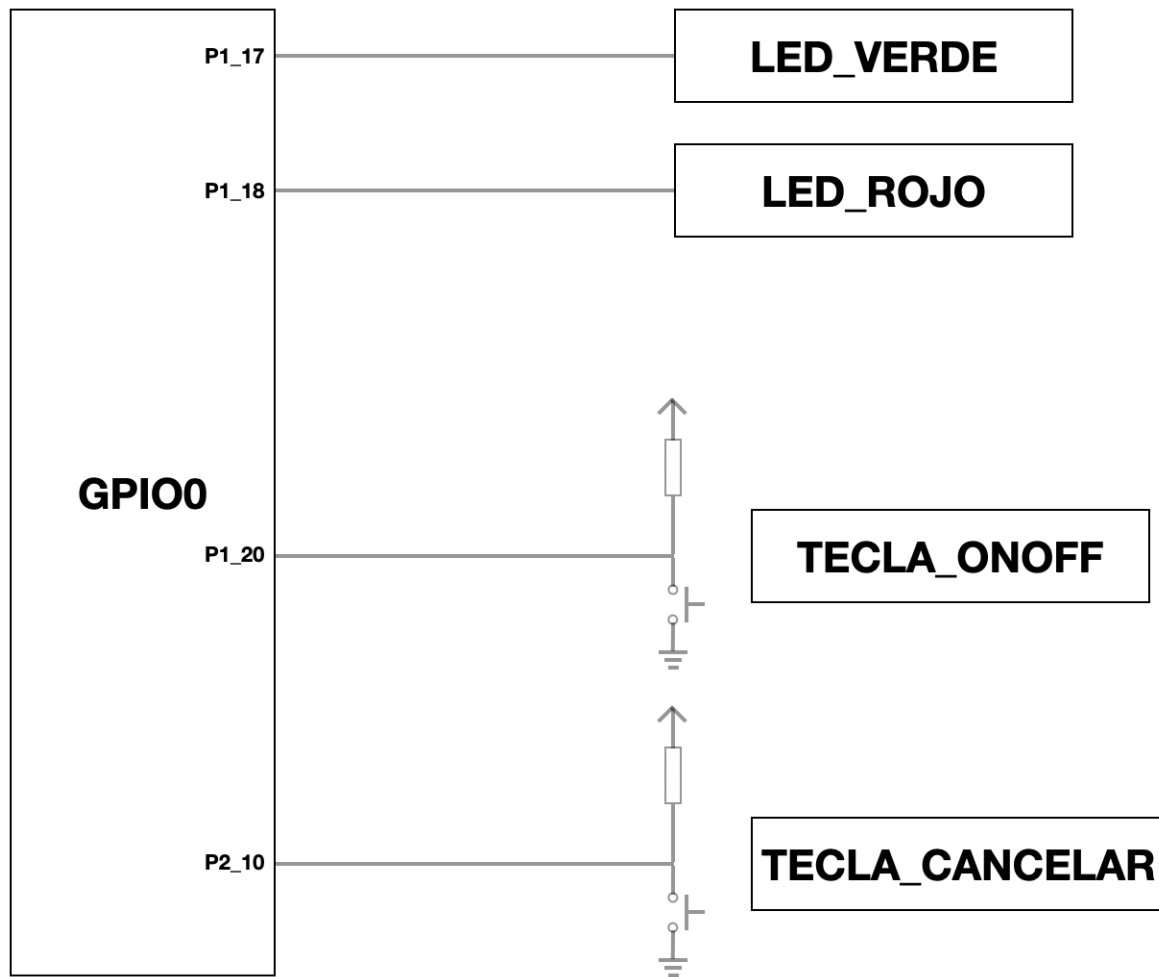


Figura 4: Conexión de LEDS y teclas a GPIO.

Aclaración: Para conectar los LEDS se utilizan resistencias en serie para evitar exceso de corriente, las cuales no se muestran en la Figura. Para las teclas, se usa la resistencia de pull-up interna del microcontrolador. El control anti-rebote para las mismas se realiza por software, como se verá más adelante.

3.4 Conexión del parlante (alarma)

La Figura muestra a qué GPIO y a qué pine se debe conectar el buzzer que se utiliza como alarma guía en el dispositivo.

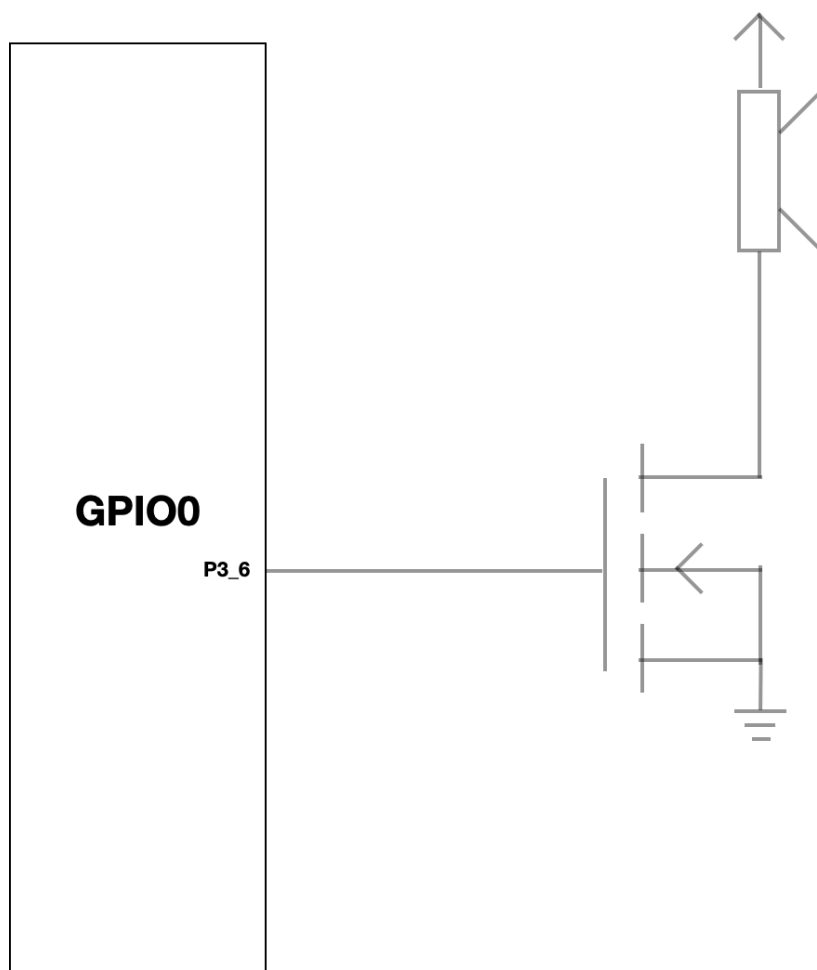


Figura 5: Conexión de parlante a GPIO.

Aclaración: Se observa que el parlante se conecta con un transistor MOSFET, esto es para evitar problemas con la ganancia de corriente y además permite ahorrar una resistencia en la conexión.

3.5 Conexión del sensor de fuerza

La Figura muestra cómo se conecta el sensor de fuerza utilizado en el dispositivo al conversor AD incluido en el LPC4337, con su correspondiente pin (verificar en Tabla 2).

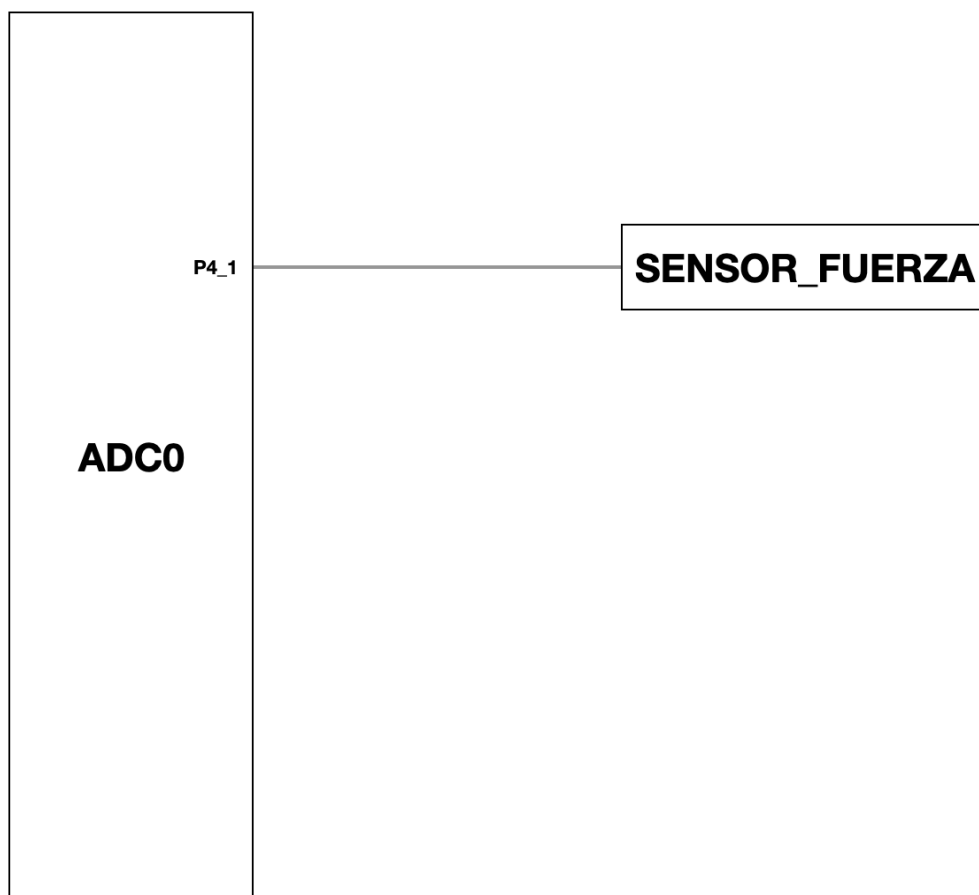


Figura 6: Conexión de sensor a conversor.

4. Estructuras de datos

Etiqueta	Tamaño (Bytes)	Valor inicial	Descripción
Modo	1	0	Modo de funcionamiento actual del equipo.
Hora	4	0	Valores de los 4 dígitos en pantalla.
Frecuencia	3	0	Valores de los 3 dígitos en pantalla.
Sonando	1	0	Bandera para indicar que la alarma está sonando.
Tecla	1	0	Código de la tecla actualmente pulsada.
TeclaActual	1	0	Valor actual de las entradas del teclado.
TeclaAnterior	1	0	Valor de la última tecla leída.
Apagar	1	0	Bandera para indicar que se debe apagar el equipo.
Muestra	4	0	Guarda la dirección del vector de muestras.
CantidadMuestras	3	X	Valor de la cantidad de muestras del vector.
FuerzaActual	1	0	Valor promedio actual de la fuerza.
FuerzaAnterior	1	0	Valor promedio de la última fuerza leída.
BanderaFuerza	1	0	Bandera para saber la rama de la onda de fuerza.
TiempoActual	3	0	Valor leído del temporizador (TIMER1).
TiempoAnterior	3	0	Último valor leído del temporizador (TIMER1).
Periodo	3	0	Valor actual del tiempo entre compresiones.
PeriodoMin	3	X	Mínimo de período, para rango.
PeriodoMax	3	X	Máximo de período, para rango.
Inactividad	2	1000	Para delay al presionar una tecla (anti rebote).
BanderaONOFF	1	0	Para indicar si la tecla ON/OFF está pulsada.
TiempoONOFF	3	0	Para salvar el tiempo en el que se pulsó la tecla ON OFF.

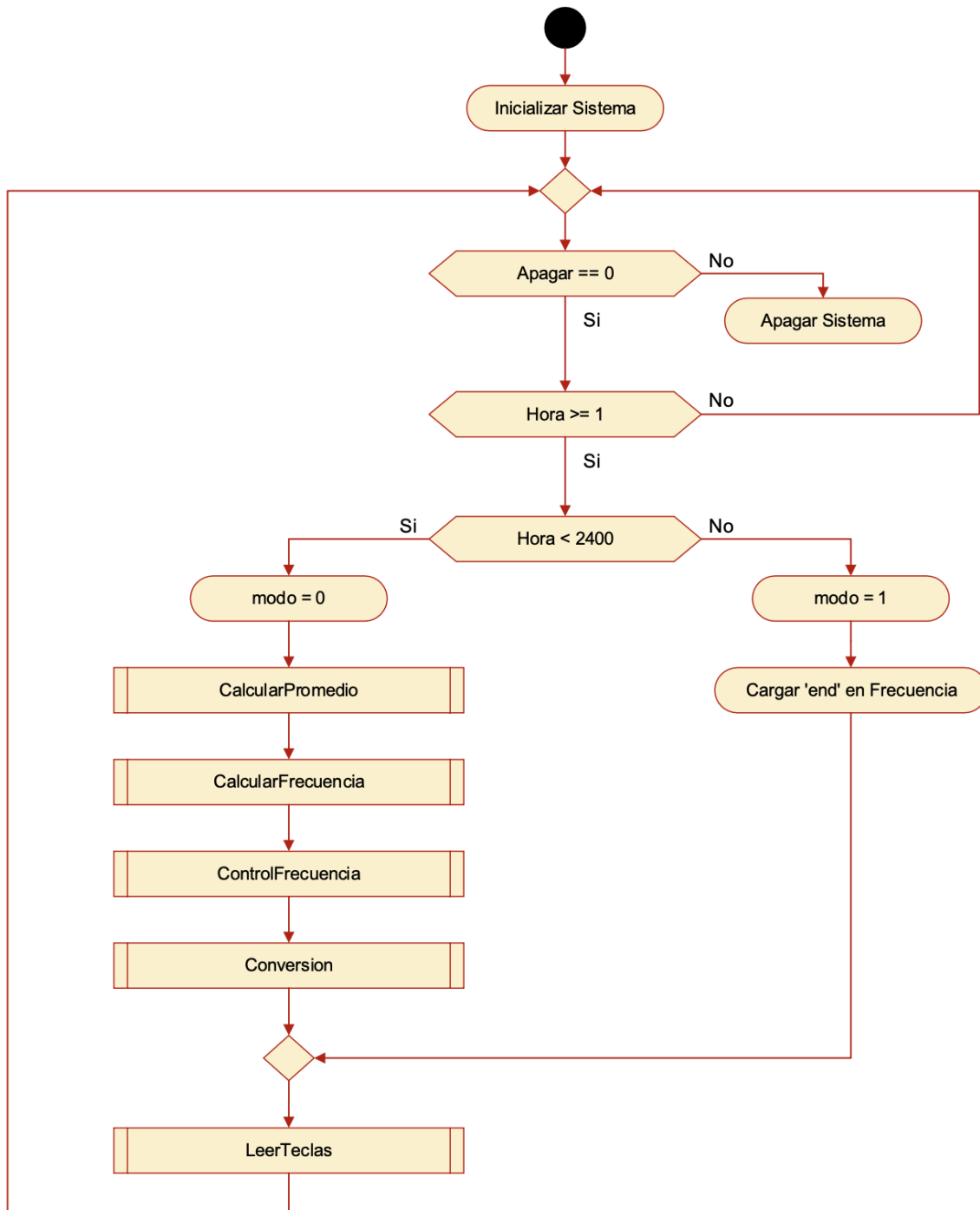
Tabla 3: Estructuras de datos.

La Tabla 3 presenta las distintas variables globales necesarias para que el dispositivo funcione de acuerdo al diseño de software que se presentará a continuación. La misma describe brevemente para qué se utiliza cada una, cuál es su tamaño en bytes y cuál es el valor inicial al encender el equipo.

Aclaración: Aquellos valores iniciales señalizados con X, no tienen un valor fijo pues consideremos que es un valor arbitrario que puede ser modificable.

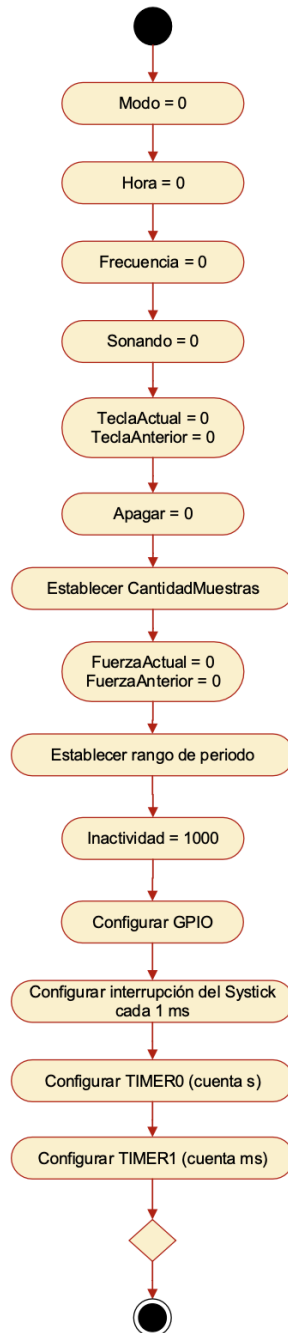
5. Esquema general del software

5.1 Programa principal

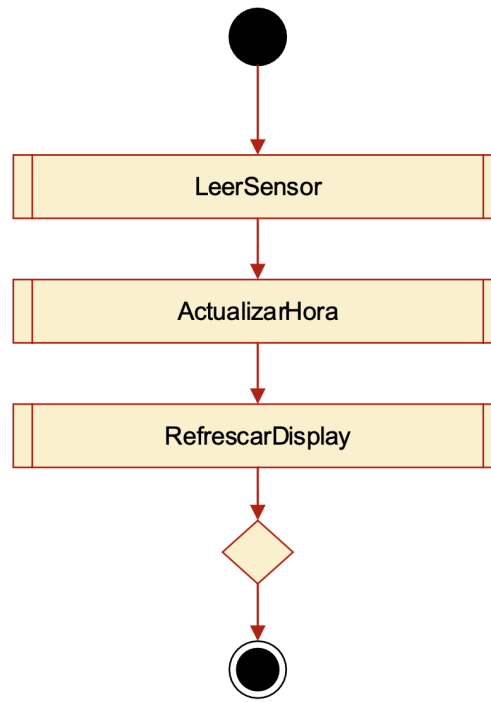


5.2 Programa de inicialización del dispositivo

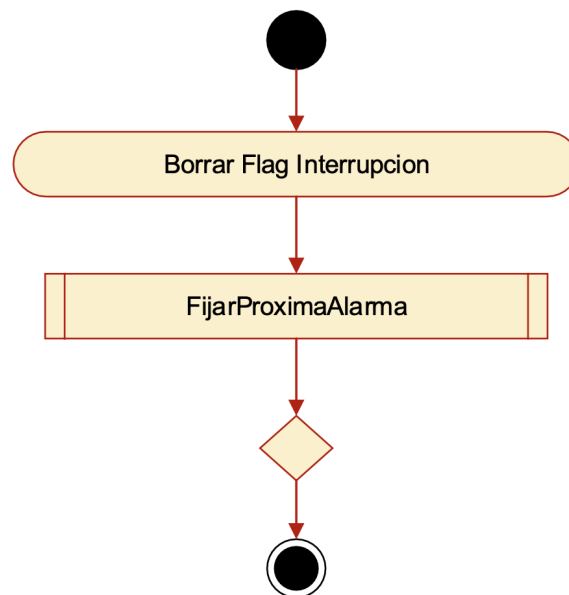
En esta rutina se deben definir los valores iniciales de las variables globales; configurar las entradas y salidas digitales para las teclas, las pantallas y la alarma; configurar el system tick para que genere interrupciones cada un segundo; configurar el TIMER0 para que cuente en segundos; configurar el TIMER1 para que cuente en milisegundos.



5.3 Interrupciones del SysTick

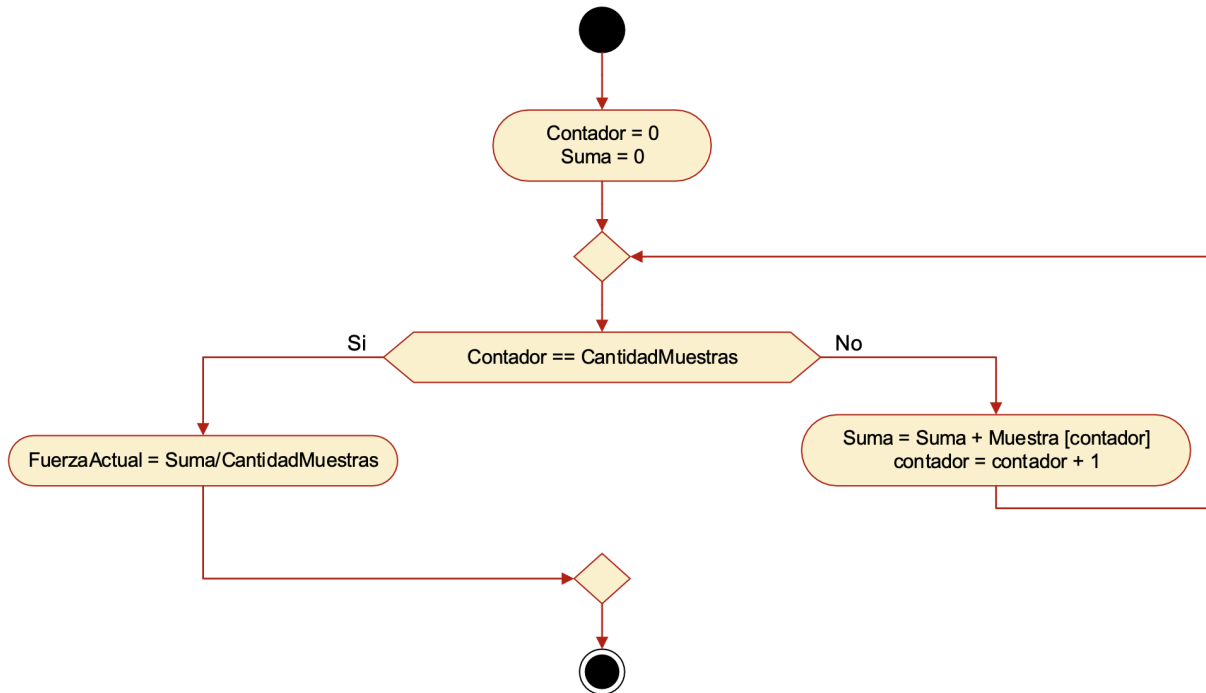


5.4 Interrupciones del temporizador

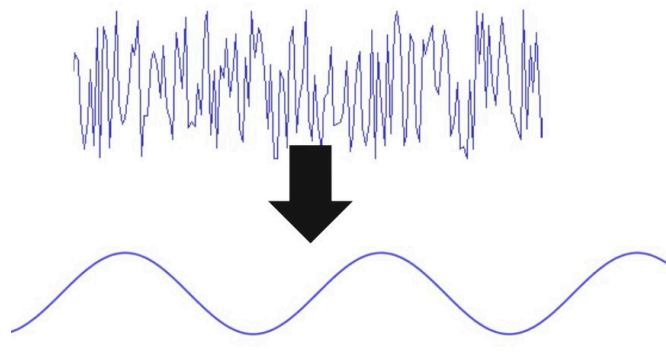


5.5 CalcularPromedio

Esta rutina se encuentra en el programa principal.



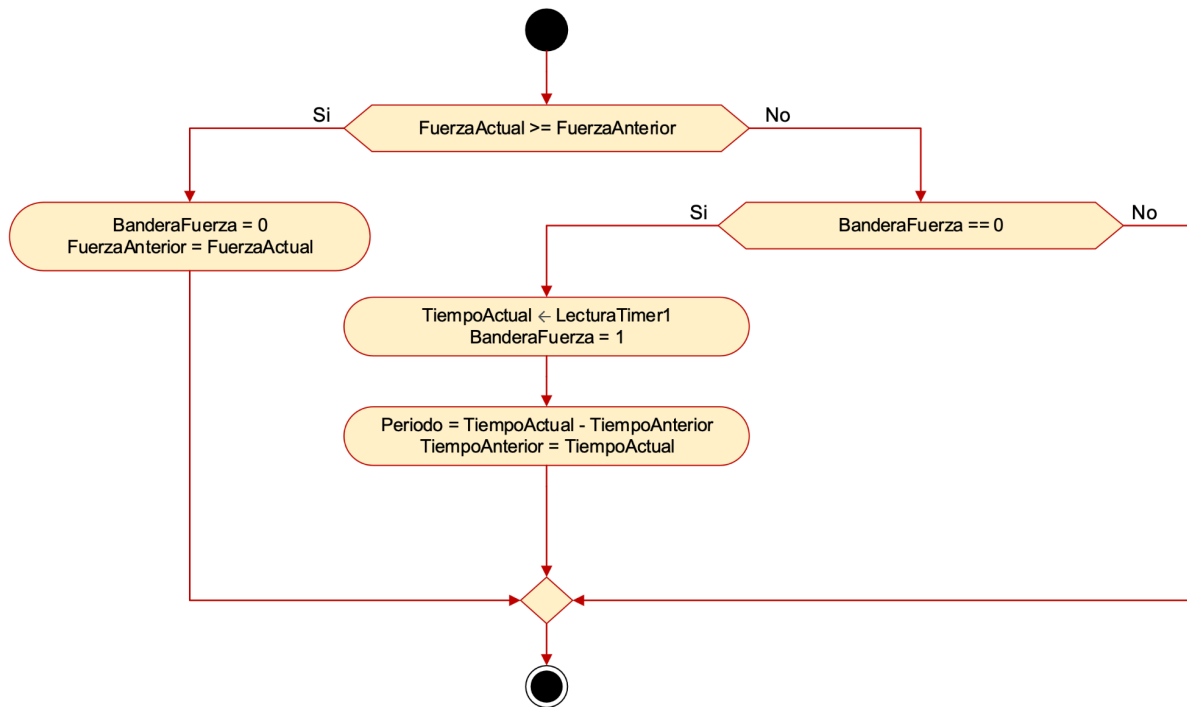
Esta rutina sirve para “atenuar” la onda de la señal que se genera a partir de las muestras tomadas, cada 1ms, del sensor de fuerza, que representa justamente la fuerza que la persona asistente está ejerciendo sobre la víctima. Podemos verlo gráficamente:



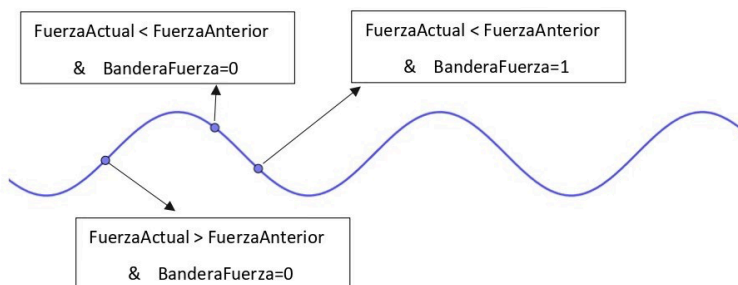
Buscamos generar un promedio a partir de un vector de muestras (*Muestra[...]*), donde el mismo se calcula sumando la totalidad de cantidad de muestras (*CantidadMuestras*), y luego dividiendo la adición obtenida por la misma cantidad de muestras. Este valor, corresponde a la fuerza actual ejercida sobre la persona (*FuerzaActual*).

5.6 CalcularFrecuencia

Esta rutina se encuentra en el programa principal.



Esta rutina se encarga de encontrar los “picos” o “crestas” de la onda que corresponde a la fuerza ejercida vista en el diagrama anterior. Cada pico de la misma corresponde al momento de la compresión (cuando mayor fuerza se ejerce). La manera de encontrar el valor “pico” es

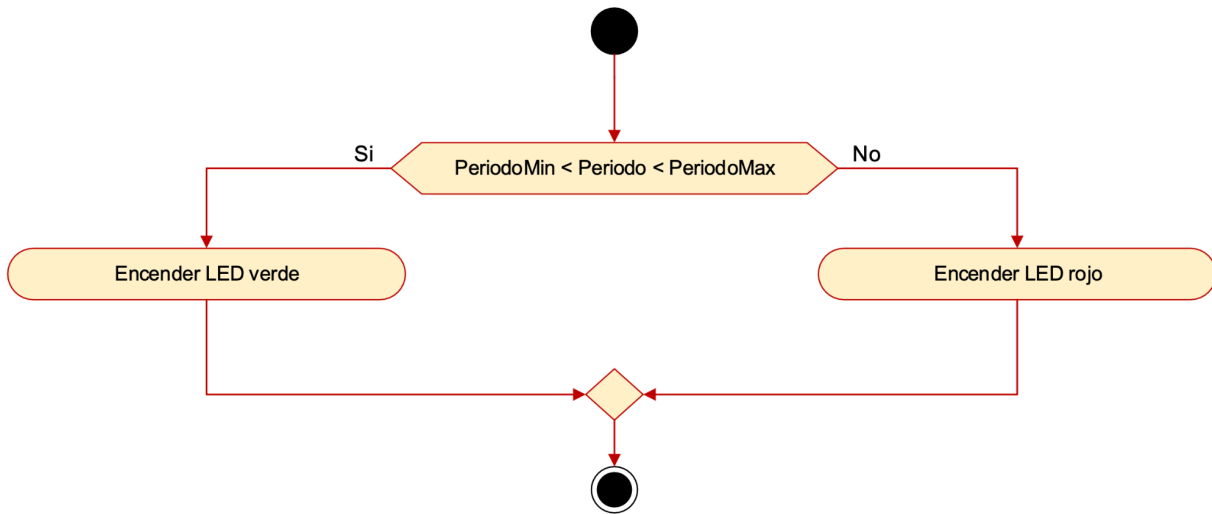


comparando el valor de la fuerza anterior (*FuerzaAnterior*) con el valor de la fuerza actual (*FuerzaActual*), si el valor actual es mayor al anterior significa que la fuerza ejercida está aumentando (aún no se produjo el ápice de la compresión), mientras que si sucede lo contrario debo verificar si la

fuerza inmediatamente anterior ya correspondía al “pico” o no (ya que en la rama descendente de la onda de fuerza la condición $FuerzaAnterior \leq FuerzaActual$ se cumpliría siempre, y sólo nos interesa la primera vez que se cumple), y esto se controla mediante una bandera (*BanderaFuerza*).

5.7 ControlFrecuencia

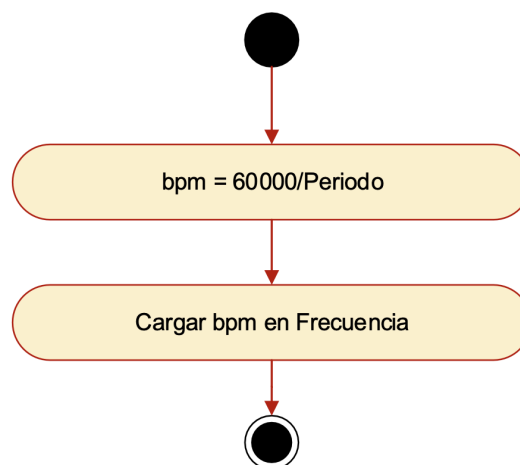
Esta rutina se encuentra en el programa principal.



Se encarga de verificar si el tiempo actual entre compresiones (*Periodo*) se encuentra dentro del rango en el que se considera correcta la frecuencia para encender el LED verde si se cumple o el LED rojo si no se cumple.

5.8 Conversion

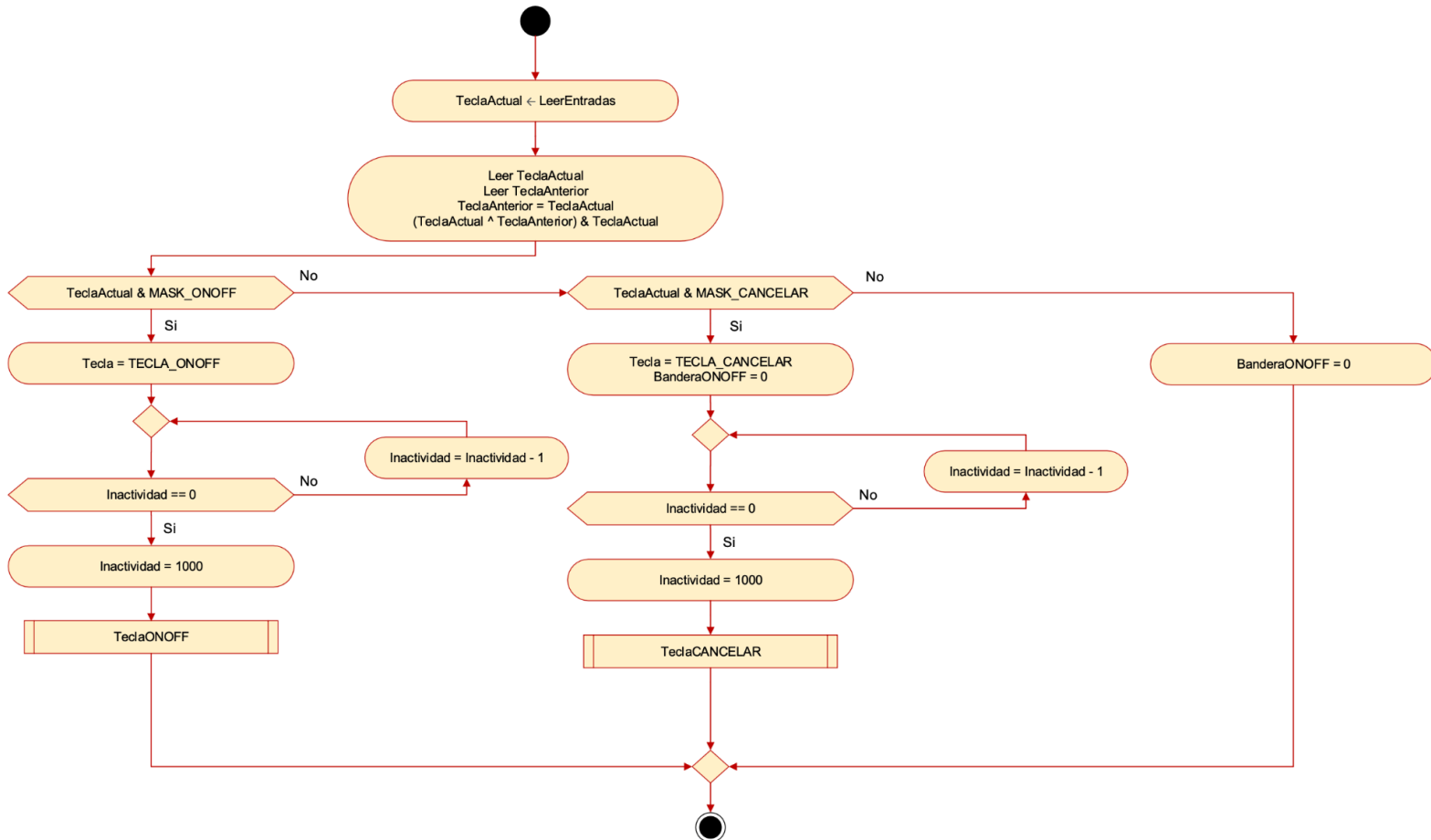
Esta rutina se encuentra en el programa principal.



Convierte el *Periodo* calculado a una frecuencia en bpm para mostrarla por pantalla.

5.9 LeerTeclas

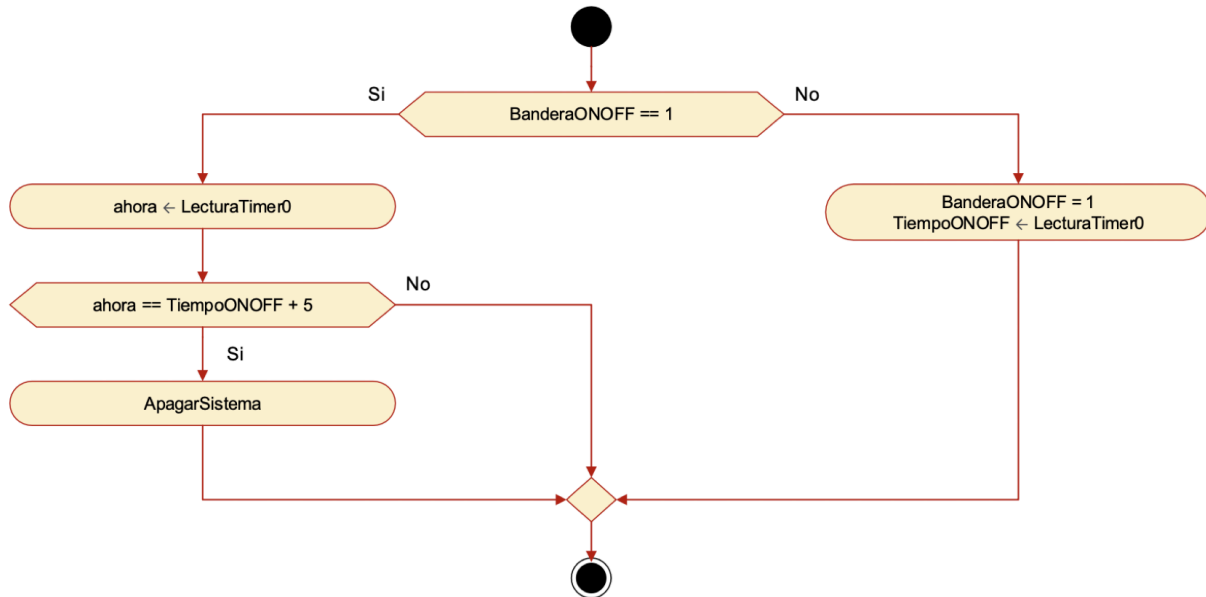
Esta rutina se encuentra en el programa principal.



Lee el valor de la tecla actualmente presionada, y según cuál sea activa la rutina correspondiente a ese botón. Además contiene un control anti rebote antes de llamar a la rutina de la tecla apretada.

5.10 TeclaONOFF

Es la rutina que se ejecuta si se oprime la tecla de encendido o apagado. La misma se encuentra en la rutina LeerTeclas, como se vio anteriormente.



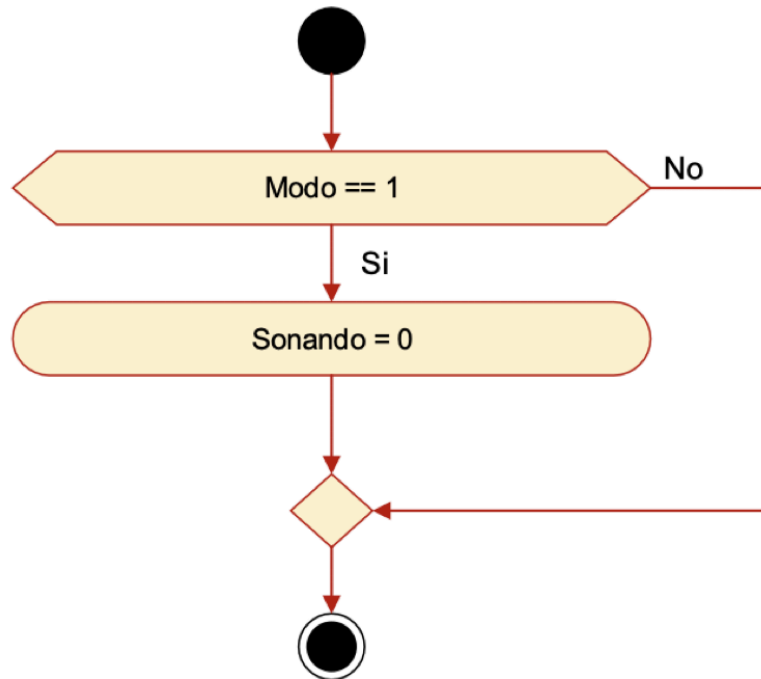
Sirve para controlar los 5 segundos que se debe oprimir esta tecla para apagar el dispositivo.

Esto lo hace, capturando el valor del TIMER0 en el primer instante en que se oprime la tecla y guardándolo en una variable global (*TiempoONOFF*), y a su vez pone en 1 una bandera (*BanderaONOFF*) para saber, la próxima vez que entre a esta rutina, si es la primera vez que se oprime o si ya estaba apretada desde antes.

Luego, cada vez que en la rutina LeerTeclas se detecta que la tecla ON/OFF está presionada, se verifica el valor actual del TIMER0 y se controla si corresponde al valor guardado en *TiempoONOFF* sumado 5, lo cual significa que han transcurrido 5 segundos con esta tecla presionada.

5.11 Tecla CANCELAR

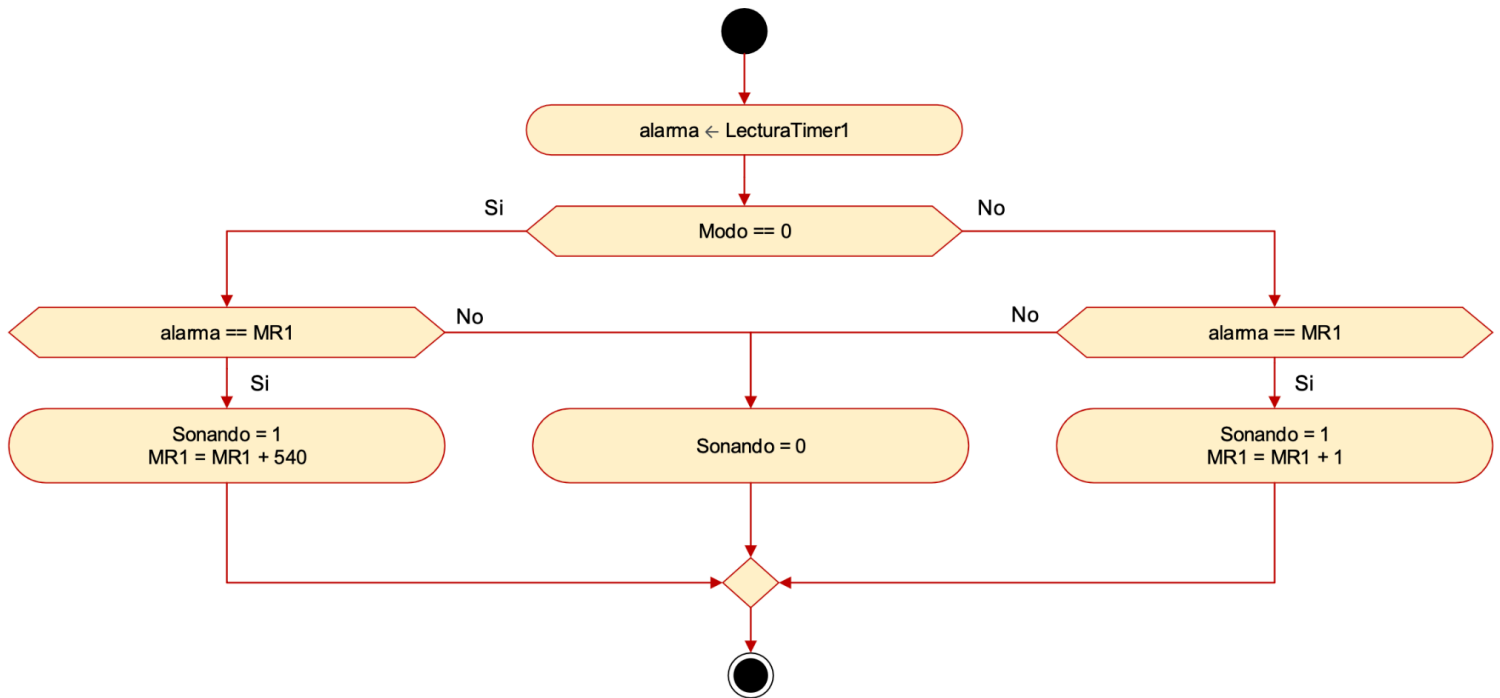
Es la rutina que se ejecuta si se oprime la tecla CANCELAR. La misma se encuentra en la rutina LeerTeclas, como se vio previamente.



Controla que el dispositivo se encuentre en modo crítico ya que sólo en esta modalidad la tecla tiene una función asignada, la cual es apagar la alarma sonora.

5.12 FijarProximaAlarma

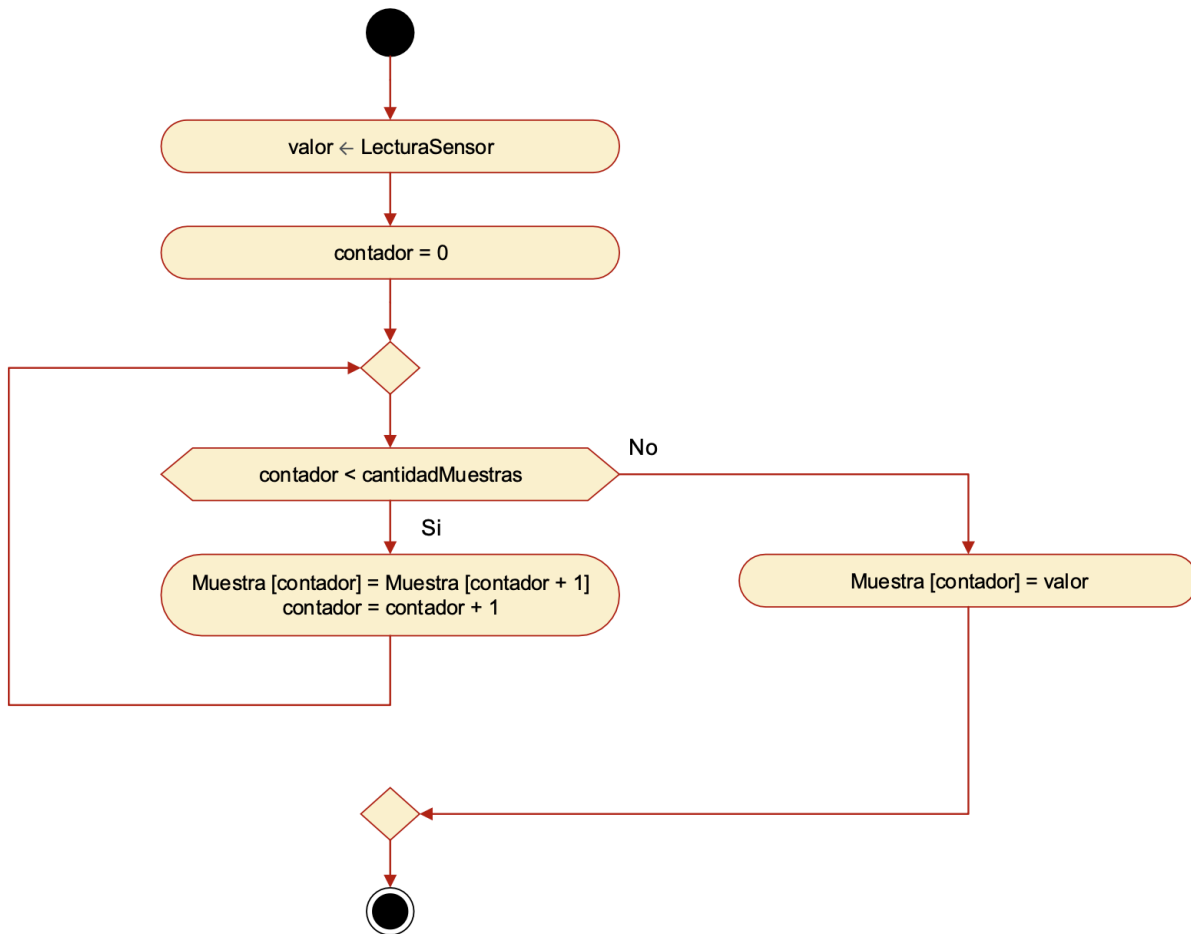
Esta rutina se encuentra en timer_isr.



Se encarga de fijar el valor del registro de MATCH1 del TIMER1 para la próxima alarma. Si está en modo normal la alarma suena cada 540 milisegundos (que corresponden al intervalo correcto entre las compresiones); y si está en modo crítico la alarma suena constantemente, el match ocurre de 1 milisegundo.

5.13 LeerSensor

Esta rutina se encuentra en systick_isr.

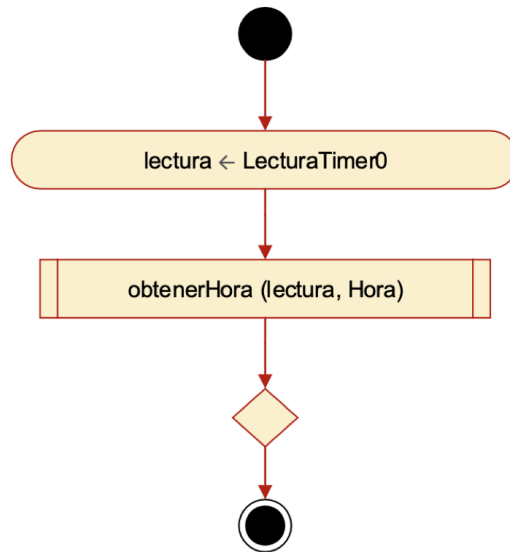


Lee el valor actual de fuerza del conversor AD y lo añade al vector de muestras.

Esto lo realiza actualizando el vector cada 1 milisegundo, agregando el último valor medido a la última posición del vector, y eliminando el valor que se encuentra en la primera posición. Funciona como una estructura de tipo FIFO.

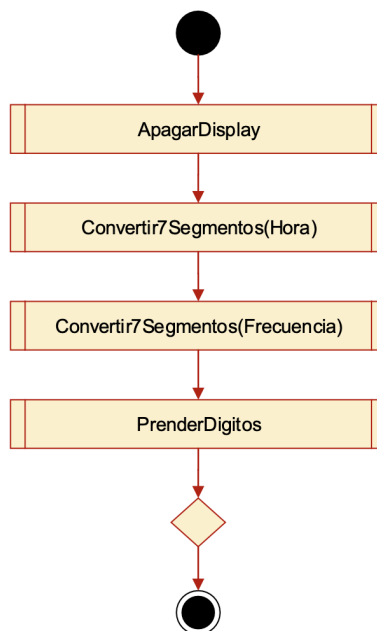
5.14 ActualizarHora

Esta rutina, encargada de actualizar el reloj que cuenta el tiempo, se encuentra en systick_isr.



5.15 RefrescarDisplay

Esta rutina, encargada de encender los dígitos mediante multiplexación y de convertir los valores a 7 segmentos, se encuentra en systick_isr.



6. Conclusiones

6.1 Conclusiones generales del proyecto y de su desarrollo

Aplicando los conocimientos y herramientas que hemos adquirido en el transcurso de nuestra carrera, especialmente en la materia “Sistemas con microprocesadores y microcontroladores” hemos podido desarrollar este diseño de anteproyecto del asistente de RCP, con el objetivo de dar solución a problemas reales de la sociedad enfocado al área de salud.

Con este proyecto, buscamos que el dispositivo propuesto sirva de guía para que cualquier individuo pueda realizar correctamente las compresiones de RCP hasta que llegue el personal adecuado. De esta manera, tratamos de asegurar una mayor efectividad al momento de asistir a una víctima y aumentar las probabilidades de salvar una vida.

6.2 Conclusiones del trabajo en equipo y su valor académico

Consideramos que en el desarrollo de este proyecto hemos adquirido muchos conocimientos relacionados con la asignatura, además de “asentar” o fijar aquellos aprendidos en el transcurso de las clases teóricas y prácticas. Es una muy buena forma de articular e integrar todos los contenidos de la materia.

Más allá del conocimiento académico involucrado en el mismo, valoramos la posibilidad que éste otorga para posicionarnos en el trabajo de diseño con todos los análisis e investigaciones que esto amerita para buscar la mejor solución al problema planteado, desde distintos puntos de vista.

El trabajo en equipo también fue muy útil para simplificar las soluciones a los problemas encontrados a lo largo del camino de desarrollo, ya que la presentación y contraste de distintos puntos de vista contribuyen a llegar a la mejor solución.

6.3 Mejoras a futuro

Presentamos un listado de posibles mejoras para optimizar el dispositivo en el futuro.

- Incorporación de tres sonidos a la alarma: un sonido que marque el ritmo al que se deben realizar las compresiones (ya implementado); un sonido con un tono muy grave que indique que las compresiones se están realizando a una frecuencia fuera del rango adecuado; un sonido con un tono agudo que indique cuándo deben realizarse prácticas de ventilación a la víctima.
- Incorporación de un LED que indique cuando el nivel de batería del dispositivo es demasiado bajo.
- Incorporación de un brazalete que registre el ritmo cardíaco del paciente cuando éste recupere sus signos vitales (para dar fin a la práctica).
- Incorporación de un segundo sensor de fuerza en redundancia con el primero, por si falla. Esto implicaría un aumento en el costo del dispositivo ya que el sensor es el componente de mayor valor económico (ver Tabla 1).

6.4 Agradecimientos

Queremos agradecer especialmente al Ing. Matías Giori y al Ing. Esteban Volentini por habernos ayudado y guiado de manera productiva durante todo el proceso de desarrollo de este proyecto y habernos permitido llegar al resultado propuesto en este informe.



7. Referencias

7.1 Bibliografía

- Diapositivas de clases de la asignatura Sistemas con Microprocesadores y Microcontroladores (2024), Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología, Universidad Nacional de Tucumán
(<https://microprocesadores.unt.edu.ar/procesadores/downloads/type/0/>).
- Honeywell FSS-SMT Series
(https://ar.mouser.com/datasheet/2/187/HWSCS05880_1-3072591.pdf).
- NXP Semiconductors (2015). UM10503 LPC43xx ARM Cortex-M4/M0 multi-core microcontroller. User Manual.
(https://uc5ec10696aa5bf8a66508f41104.dl.dropboxusercontent.com/cd/0/get/CgOZ4TrBTwEL9LpmnQTIP38528LvtB2ByC3dWNIUVO0B_NUSzm3vC6NZjWxQSPcotLQ0vjG8ijBmOBFFdHJXfM34pzrIMWI1SvA6HsaI7Fts9vHPGkVTPjDE5BmyKBP_eKeYCX5iXQZEJveAezsgriuO/file)