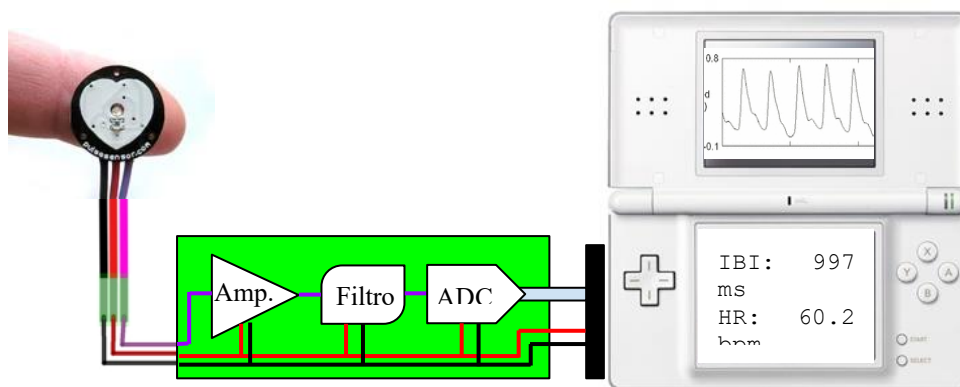


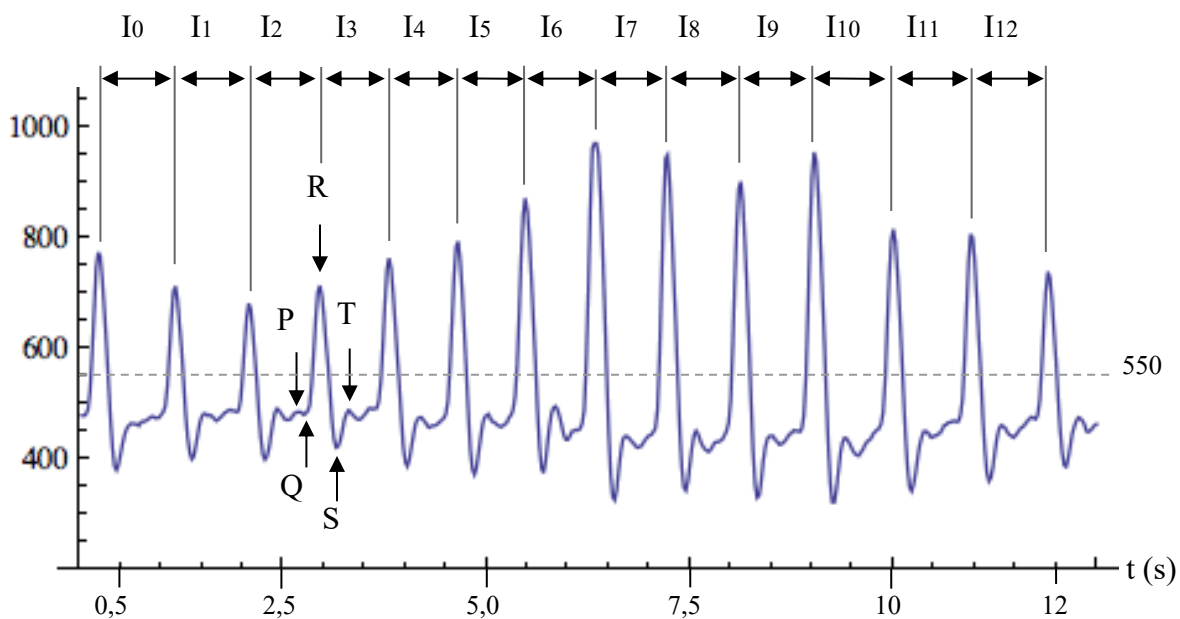
Problema 30: Frecuencia cardíaca (Ex. 1ª Conv. 2019-20)

Se propone conectar a la NDS un dispositivo *PulseSensor* (pulsesensor.com) para detectar los latidos del corazón mediante fotopletismografía, es decir, estimando el volumen de las arterias a partir de la cantidad de luz absorbida por la sangre. Para realizar dicha estimación, el sensor dispone de un LED y un fototransistor que se deben enfocar hacia la piel de un dedo o del lóbulo de una oreja.

El esquema siguiente muestra la conexión del hardware, con un circuito electrónico compuesto por un amplificador, un filtro y un conversor analógico-digital (ADC) que convierte la señal eléctrica generada por el sensor en un número de 10 bits:



El siguiente esquema muestra un ejemplo de variación de señal, junto con unas etiquetas P, Q, R, S y T que indican los eventos significativos (sístole, diástole, etc.) de un latido concreto, aunque también se aplican al resto de latidos, obviamente. Además, se han representado los intervalos ($I_0, I_1, I_2, I_3, \dots$) entre los picos R, es decir, los tiempos entre sístoles:



(gráfico basado en contenidos de <https://community.wolfram.com/groups/-/m/t/272663>)

Como se puede observar, el nivel de la señal en los picos R es muy variable (entre 600 y 1000). Además, la señal proporciona otros picos de máximo local (P y T) y mínimo local (Q y S). Para simplificar el problema, vamos a suponer que la señal está suficientemente filtrada para que no se produzcan otros máximos o mínimos locales debidos a ruido de señal (variaciones de captación), aunque dicho proceso de filtrado puede eliminar los picos P y Q en algunos latidos. También vamos a suponer que todos los picos R obtendrán valores de señal por encima del umbral 550, mientras que los picos P y T siempre obtendrán valores por debajo de dicho umbral.

La interfaz que vamos a utilizar consiste en un único registro de Entrada/Salida de 16 bits, de nombre simbólico `REG_ADC`, que contiene el nivel actual de la señal (número entre 0 y 1024, sin unidades). El programa a realizar deberá capturar dicho nivel a una frecuencia suficientemente alta, con el doble fin de poder detectar los picos R (máximos locales) y poder calcular el intervalo entre latidos (IBI: *InterBeat Interval*) con alta precisión (del orden de milisegundos). Para realizar esta captura periódica se deberá utilizar la RSI del *timer* 0, que estará programado a una frecuencia de 500 Hz.

Se dispone de las siguientes rutinas ya implementadas:

<i>Rutina</i>	<i>Descripción</i>
<code>inicializaciones()</code>	Inicializa el <i>hardware</i> (pantalla, interrupciones, timers, etc.)
<code>tareas_independientes()</code>	Tareas que no dependen del cálculo de la frecuencia cardíaca, por ejemplo, cálculo de la presión arterial con otro sensor (tiempo de ejecución máximo = 100 ms)
<code>coherencia_cardiaca(</code> <code>unsigned short ibis[],</code> <code>unsigned char length)</code>	Calcula la coherencia de la variación de la frecuencia cardíaca, a partir de un conjunto de intervalos entre latidos (en milisegundos), pasados por parámetro con el vector <code>ibis[]</code> , de longitud <code>length</code> (t. de ejecución máximo = 24 ms)
<code>visualizar_grafica(</code> <code>unsigned short graph[],</code> <code>unsigned short length,</code> <code>unsigned short last)</code>	Visualiza una gráfica en la pantalla superior de la NDS, donde el parámetro <code>graph[]</code> es un vector con los valores a representar, <code>length</code> es la longitud del vector, y <code>last</code> es el último punto de inserción (índice del vector) en la gráfica (t. de ejecución máximo = 1,5 ms)
<code>swiWaitForVBlank()</code>	Espera hasta el próximo retroceso vertical
<code>printf(char *format,...)</code>	Escribe un mensaje en la pantalla inferior de la NDS

El diseño del programa a realizar debe permitir entrelazar la ejecución de las tareas independientes con la captura de los niveles de señal, la detección de picos R y el cálculo del tiempo entre picos (IBI).

Los niveles de señal se deben guardar circularmente sobre un vector, para poder visualizarlos continuamente como una gráfica con la rutina `visualizar_grafica()`. Los intervalos entre latidos también se deben almacenar en otro vector circular, para poder realizar cálculos sobre la variabilidad de la frecuencia cardíaca, con llamadas consecutivas a la rutina `coherencia_cardiaca()`. Estos vectores circulares, junto con sus longitudes e índices de inserción, estarán definidos como sigue:

```
#define MAX_LEVL      2500          // núm. máximo de niveles
#define MAX_INTV      15            // núm. máximo de intervalos

unsigned short Vlevl[MAX_LEVL];     // vector de niveles de señal
unsigned short i_levl = 0;           // índice actual en Vlevl[]
unsigned short Vintv[MAX_INTV];     // vector de intervalos IBI
unsigned char  i_intv = 0;           // índice actual en Vintv[]
```

Además, para poder detectar los máximos locales (picos), se aconseja gestionar dos variables globales que permitan almacenar los dos niveles anteriores de la señal:

```
unsigned short nivel_1, nivel_2;     // niveles anteriores de señal
```

De este modo, se puede detectar un pico R si el nivel actual es superior al valor umbral (550) e inferior al nivel inmediatamente anterior `nivel_1`, al mismo tiempo que `nivel_1` es superior al nivel anterior al anterior `nivel_2`. De este modo, el pico R estará ubicado en el momento de captura anterior al actual.

Por otro lado, a cada nuevo latido se debe escribir por la pantalla inferior de la NDS el último intervalo entre latidos obtenido, expresado en milisegundos, y la frecuencia cardíaca correspondiente a dicho intervalo, expresada en bpm (*beats per minute*, pulsaciones por minuto). A continuación se muestra una salida de ejemplo, con la información de cuatro latidos consecutivos:

```
:
:
IBI:   997 ms      HR:   60.2 bpm
IBI:  1004 ms      HR:   59.8 bpm
IBI:  1012 ms      HR:   59.3 bpm
IBI:  1024 ms      HR:   58.6 bpm
:
:
```

Se pide:

Programa principal y variables globales adicionales en C, RSI del `timer 0` en ensamblador.