
Monitorización de señales biomédicas en sistemas Android



TRABAJO DE FIN DE GRADO

Mario Michiels Toquero
Cristian Pinto Lozano

Departamento de Arquitectura de Computadores y Automática
Facultad de Informática
Universidad Complutense de Madrid

Junio 2017

Monitorización de señales biomédicas en sistemas Android

*Memoria que presentan para optar al título de Graduados en
Ingeniería del Software*

**Mario Michiels Toquero
Cristian Pinto Lozano**

Dirigida por el Doctor
Joaquín Recas Piorno

**Departamento de Arquitectura de Computadores y
Automática
Facultad de Informática
Universidad Complutense de Madrid**

Junio 2017

A nuestros padres

*Any fool can criticize, condemn and complain
- and most fools do. But it takes character
and self-control to be understanding and forgiving.
Dale Carnegie (1888 - 1955)*

Agradecimientos

*A todos los que la presente vieron y
entendieron.*

Inicio de las Leyes Orgánicas. Juan
Carlos I

Groucho Marx decía que encontraba a la televisión muy educativa porque cada vez que alguien la encendía, él se iba a otra habitación a leer un libro. Utilizando un esquema similar, nosotros queremos agradecer al Word de Microsoft el habernos forzado a utilizar L^AT_EX. Cualquiera que haya intentado escribir un documento de más de 150 páginas con esta aplicación entenderá a qué nos referimos. Y lo decimos porque nuestra andadura con L^AT_EX comenzó, precisamente, después de escribir un documento de algo más de 200 páginas. Una vez terminado decidimos que nunca más pasaríamos por ahí. Y entonces caímos en L^AT_EX.

Es muy posible que hubiéramos llegado al mismo sitio de todas formas, ya que en el mundo académico a la hora de escribir artículos y contribuciones a congresos lo más extendido es L^AT_EX. Sin embargo, también es cierto que cuando intentas escribir un documento grande en L^AT_EX por tu cuenta y riesgo sin un enlace del tipo “*Author instructions*”, se hace cuesta arriba, pues uno no sabe por donde empezar.

Y ahí es donde debemos agradecer tanto a Pablo Gervás como a Miguel Palomino su ayuda. El primero nos ofreció el código fuente de una programación docente que había hecho unos años atrás y que nos sirvió de inspiración (por ejemplo, el fichero `guionado.tex` de T_EXIS tiene una estructura casi exacta a la suya e incluso puede que el nombre sea el mismo). El segundo nos dejó husmear en el código fuente de su propia tesis donde, además de otras cosas más interesantes pero menos curiosas, descubrimos que aún hay gente que escribe los acentos españoles con el `\’{\i}`.

No podemos tampoco olvidar a los numerosos autores de los libros y tutoriales de L^AT_EX que no sólo permiten descargar esos manuales sin coste adicional, sino que también dejan disponible el código fuente. Estamos pensando en Tobias Oetiker, Hubert Partl, Irene Hyna y Elisabeth Schlegl, autores del famoso “The Not So Short Introduction to L^AT_EX 2_ε” y en Tomás

Bautista, autor de la traducción al español. De ellos es, entre otras muchas cosas, el entorno **example** utilizado en algunos momentos en este manual.

También estamos en deuda con Joaquín Ataz López, autor del libro “Creación de ficheros \LaTeX con GNU Emacs”. Gracias a él dejamos de lado a WinEdt y a Kile, los editores que por entonces utilizábamos en entornos Windows y Linux respectivamente, y nos pasamos a emacs. El tiempo de escritura que nos ahorramos por no mover las manos del teclado para desplazar el cursor o por no tener que escribir `\emph` una y otra vez se lo debemos a él; nuestro ocio y vida social se lo agradecen.

Por último, gracias a toda esa gente creadora de manuales, tutoriales, documentación de paquetes o respuestas en foros que hemos utilizado y seguiremos utilizando en nuestro quehacer como usuarios de \LaTeX . Sabéis un montón.

Y para terminar, a Donal Knuth, Leslie Lamport y todos los que hacen y han hecho posible que hoy puedas estar leyendo estas líneas.

Resumen

...

...

Abstract

...

...

Índice

Agradecimientos	IX
Resumen	XI
Abstract	XIII
1. Introducción	1
1.1. Motivación	1
1.2. Estructura de capítulos	2
2. Antecedentes	3
2.1. Electrocardiograma	3
2.1.1. Estructura de un ECG	4
2.1.2. Funcionamiento interno del corazón	5
2.1.3. Obtención del ECG	5
2.1.4. Utilidades del ECG	6
2.2. Tecnologías	6
Lista de acrónimos	9

Índice de figuras

2.1. Estructura habitual de la señal ECG durante un ciclo cardiaco.	4
2.2. Estructura anatómica del corazón humano	5
2.3. Vista general de una BeagleBone Black	7

Índice de Tablas

Capítulo 1

Introducción

*Un comienzo no desaparece nunca,
ni siquiera con un final.*

Harry Mulisch

1.1. Motivación

La sociedad actual en la que nos encontramos está completamente informatizada podríamos decir. Es posible encontrar software en todo tipo de lugares en los que jamás hubiesemos pensado hace décadas que hubiese sido posible, como por ejemplo, neveras en las que una vez acabado un cierto tipo de refrigerio, es el propio electrodoméstico el encargado de comprarlo por nosotros, relojes con los que podemos conectarnos a internet y comunicarnos, eliminando la necesidad de llevar un teléfono encima, e incluso zapatillas que se encargan de pedir nuestra comida favorita a domicilio con tan solo pulsar un pequeño botón.

Es imposible enumerar la cantidad de aplicaciones que el software podría tener, al menos en la presente memoria, y todo esto sin olvidar los futuros usos que adquirirá. Podríamos decir que la industria del Software está en pleno auge, es más, lleva en pleno auge desde hace décadas, y no parece que vaya a decaer. Con tantos posibles sectores en los que especializarse, parece complicado elegir uno en el que sumergirse.

Sin embargo, para los autores de la presente memoria siempre tuvo cierto atractivo el desarrollo de software para dispositivos empotrados que utilizan software libre. Fue entonces cuando se nos dio la posibilidad de trabajar en el presente proyecto, utilizando este tipo de dispositivos y además íntimamente enfocado y relacionado con el cuidado de la salud. La mezcla de ambos componentes nos fascinó a primera vista.

El desarrollo de software para dispositivos empotrados se encuentra en pleno crecimiento desde hace ya varios años, y cada vez son más populares las

comunidades que dan soporte a los desarrolladores de los mismos, facilitando así el proceso de creación del software. Asimismo también se encuentra en uno de sus mejores momentos todo tipo de *gadget* capaz de medir o monitorizar ciertas señales, como pueden ser los actuales relojes inteligentes, o las pulseras de actividad tan frecuentemente vistas. Estos dispositivos son capaces de monitorizar multitud de señales procedentes del cuerpo humano, y todo esto en un reducido espacio físico fácilmente portable.

La monitorización de ciertas señales biomédicas puede ser un factor fundamental a la hora de detectar problemas de salud de forma precoz. La presente memoria trata de ilustrar el proceso gracias al cual es posible monitorizar este tipo de señales utilizando un hardware de bajo coste y portable, y un software libre, adecuado y preciso, cuya unión pueda facilitar la práctica de este tipo de procesos en todos los contextos en los que pudiera ser necesario.

1.2. Estructura de capítulos

Capítulo 2

Antecedentes

*Cada día sabemos más
y entendemos menos.*

Albert Einstein

RESUMEN: qui va el resumen de este capítulo una vez este terminado.

2.1. Electrocardiograma

Un electrocardiograma (más popularmente conocido como ECG) es un proceso por el cual se registran las actividades eléctricas que emite el corazón durante un tiempo determinado.

El registro de esta actividad cardiaca es posible gracias a las diferencias de potencial existentes producidas por la contractilidad del corazón. El estudio de la información ilustrada por un ECG puede ser de gran utilidad a la hora de detectar multitud de enfermedades cardiovasculares, así como prevenir problemas cardiacos de forma precoz.

La ventaja de un ECG frente a otros métodos de medición para comprobar el estado del corazón, es que el ECG aporta mucha más información que los métodos más habituales como pueden ser simplemente medir el pulso o utilizar un estetoscopio.

Entre la información extra que puede obtenerse recurriendo al ECG, cabe destacar desde la medición continua durante un tiempo prolongado (días incluso si se utiliza un ECG portátil) hasta la obtención del movimiento de los músculos del corazón (los electrodos conectados al paciente registran esos movimientos en mV), lo cual permite saber cuando entra la sangre, cuando sale, cuanto dura cada movimiento, etc. Sin esa información sería imposible detectar ciertos tipos de arritmias y/o otras alteraciones del corazón.

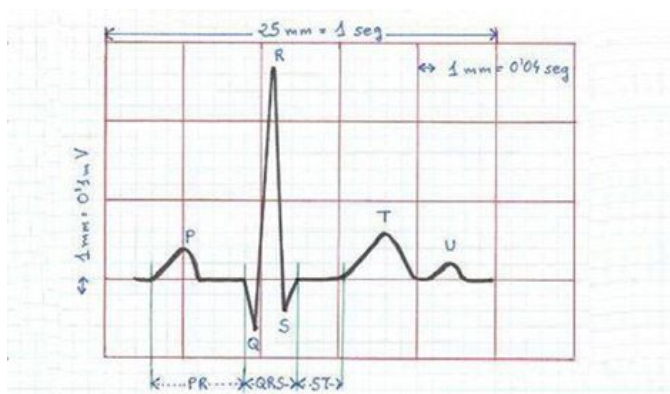


Figura 2.1: Estructura habitual de la señal ECG durante un ciclo cardiaco.

2.1.1. Estructura de un ECG

La estructura habitual de un ECG [Fig 2.1] habitualmente está formada por un conjunto de ondas y complejos determinados:

- Onda P
- Onda Q
- Complejo QRS
- Onda T
- Onda U

Habitualmente este tipo de señales se encuentran dentro de un rango determinado de amplitudes, que generalmente abarca desde los 0.5 mV hasta los 5 mV , existiendo además una componente continua causada por el contacto existente entre los electrodos y la piel.

Mayormente este tipo de señales suele ilustrarse en los libros de forma muy clara y reconocible, aunque no siempre es posible disponer de un entorno con las características propicias para eliminar toda existencia de ruido en la señal. Generalmente el ruido que se recoge al analizar este tipo de señales es despreciado, aunque en ciertas ocasiones puede llegar a ser tan difuso, que nos impida reconocer hasta las pautas más características de una señal ECG.

Puede presentarse ruido en la señal simplemente debido a la luz tanto natural como artificial que incida indirectamente en los electrodos, así como debido a la corriente que reciben los dispositivos que nos permiten llevar a cabo la medición de la señal.

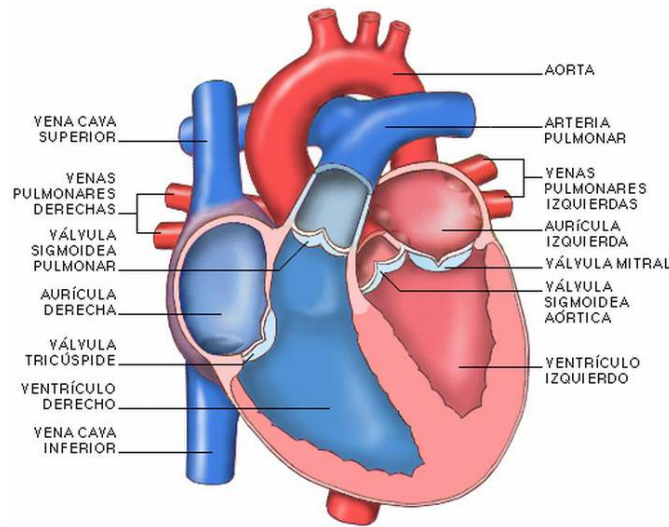


Figura 2.2: Estructura anatómica del corazón humano

2.1.2. Funcionamiento interno del corazón

El corazón está constituido por cuatro cámaras diferenciadas: dos aurículas (izquierda y derecha) y dos ventrículos (izquierdo y derecho) como puede apreciarse en la [Fig 2.2]

Su funcionamiento sigue siempre un mismo ciclo que se repite una y otra vez: la aurícula derecha recibe la sangre venosa del cuerpo a través de la vena cava superior y la envía al ventrículo derecho. Para que dicha sangre pueda oxigenarse, el ventrículo derecho la envía a través de la arteria pulmonar a los pulmones, retornando al corazón, a través de la vena pulmonar, a la aurícula izquierda. Para finalizar con el ciclo, la sangre pasa de dicha aurícula al ventrículo izquierdo, el cual la distribuye por todo el cuerpo gracias a la arteria aorta, para volver posteriormente a la aurícula derecha y así cerrar el ciclo.

Para que este ciclo periódico funcione de manera correcta, sincrónica y con total ausencia de errores, el corazón dispone de un sistema de conducción eléctrica constituido por fibras de músculo cardíaco cuya finalidad es la transmisión de impulsos eléctricos. El motivo por el cual no tenemos ningún tipo de control sobre los latidos del corazón es porque este sistema es autoexcitable.

2.1.3. Obtención del ECG

El proceso físico a través del cual se realiza el procedimiento de registro y se obtiene el ECG consiste en la medición de la actividad eléctrica del corazón

entre distintos puntos corporales, ya que, mientras que el corazón pasa por los estados de polarización y despolarización, el cuerpo en su conjunto se comporta como un volumen conductor, propagando la corriente eléctrica.

El equipo de registro consta de una serie de electrodos, que se conectan a la piel del paciente y a un equipo de registro. Estos electrodos se colocan en unas posiciones predeterminadas y universales, lo que permite obtener el registro del sistema de la forma más precisa y exacta posible.

2.1.4. Utilidades del ECG

Tras la obtención de un ECG completo, se tendrá un registro completo acerca del tamaño, la cadencia, y la naturaleza de los impulsos eléctricos emitidos por el corazón. Gracias a esta información, es posible definir tanto el ritmo como la frecuencia cardíaca. Este tipo de información puede ser crucial a la hora de detectar ciertos problemas cardíacos. A continuación se detallan posibles utilidades que puede tener la obtención de un ECG:

- Obtener información sobre el estado físico del corazón.
- Detectar problemas cardíacos de forma precoz, o alteraciones electrolíticas de potasio, sodio, calcio, magnesio, u otros elementos químicos.
- Determinar si el corazón funciona correctamente, en caso de no encontrar ninguna anomalía.
- Adquirir información acerca de la repercusión miocárdica de diversas enfermedades cardíacas.
- Detección de anomalías conductivas.
- Indicar bloqueos coronarios arteriales.

2.2. Tecnologías

Para llevar a cabo el correcto desarrollo del trabajo que se expone en la presente memoria, ha sido necesaria la investigación y el desarrollo de diversas tecnologías que se expondrán a continuación, así como el estudio y la asimilación de tecnologías ya existentes con el fin de adaptarlas y modificarlas para el proyecto desarrollado.

Como módulo de procesamiento se ha utilizado una placa BeagleBone Black (puede apreciarse una visión general de esta placa en la [Fig 2.3]), aprovechando la gran comunidad de desarrolladores existentes gracias a la cual fue posible resolver los problemas que fueron surgiendo durante el desarrollo, y aprovechando también el bajo costo de la placa así como la multitud de posibilidades que ofrece. En cuanto al tratamiento y captura de señales

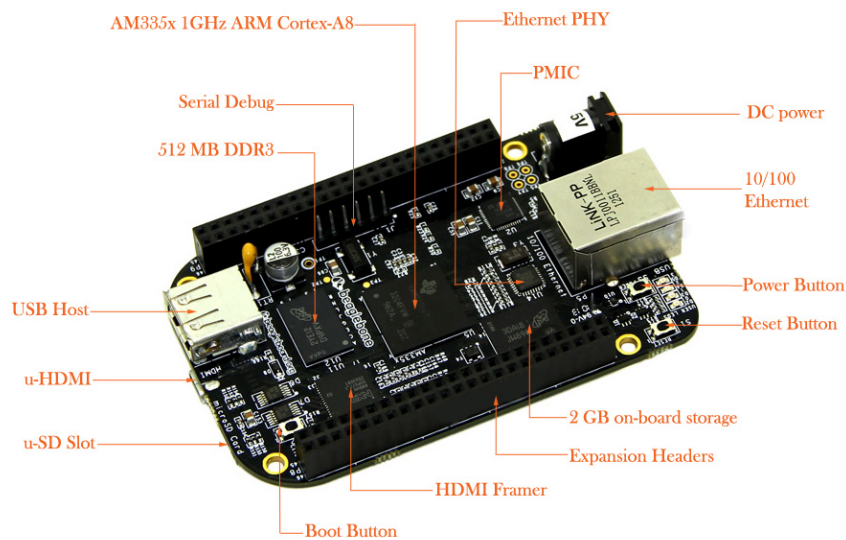


Figura 2.3: Vista general de una BeagleBone Black

se ha utilizado el chip ADS1198 de Texas Instruments, que permite unas velocidades de captura suficientemente elevadas para este tipo de desarrollos además de tener un coste asequible. Con motivos de depuración durante el tratamiento de las distintas señales que se han obtenida, se ha utilizado Saleae Logic, un analizador lógico USB que cuenta con 8 canales para cada posible señal. Como método de sincronización entre los dispositivos que lo necesitasen se ha utilizado una interfaz SPI, ya que era la única opción posible de conexión compartida entre los dispositivos.

Lista de acrónimos

*–¿Qué te parece desto, Sancho? – Dijo Don Quijote –
Bien podrán los encantadores quitarme la ventura,
pero el esfuerzo y el ánimo, será imposible.*

*Segunda parte del Ingenioso Caballero
Don Quijote de la Mancha
Miguel de Cervantes*

*–Buena está – dijo Sancho –; fírmela vuestra merced.
–No es menester firmarla – dijo Don Quijote–,
sino solamente poner mi rúbrica.*

*Primera parte del Ingenioso Caballero
Don Quijote de la Mancha
Miguel de Cervantes*

