

# Microcontroladores DSP y aplicaciones WEB

Fernando G. Tinetti<sup>1</sup>, Ricardo A. López, Nahuel Defossé

Departamento de Informática Sede Trelew, Facultad de Ingeniería - UNPSJB

III-LIDI, Facultad de Informática – UNLP

fernando@info.unlp.edu.ar, lopez.ricardo@gmail.com, nahuel.defosse@gmail.com

## RESUMEN

Los procesadores digitales de Señales o DSP surgieron debido a la evolución tecnológica y a las necesidades. Hoy existen DSP en una considerable cantidad de dispositivos embebidos y se utilizan en situaciones donde existen señales complejas a procesar.

En nuestro caso, la motivación se origina en la necesidad de tratar señales de interés, por ejemplo en el campo eléctrico, extrapolando luego a otros campos de la ingeniería donde la traducción de otras variables a señales eléctricas sea factible. En definitiva, procesando un conjunto de variables de distinta amplitud y composición armónica, se estaría abordando la problemática de un número importante de disciplinas con dificultades parecidas. El proyecto entonces, se orienta a establecer los lineamientos de selección de un ambiente de desarrollo de microcontroladores DSP en red, documentando y normalizando técnicas de hardware y software.

Por otro lado, el proyecto se complementa con el análisis y desarrollo de aplicaciones de referencia que en el alto nivel, permitan el almacenamiento y difusión de la información en entornos WEB con últimas tecnologías. La implementación de referencia (“*proof of concept*”) de un entorno de adquisición de datos sobre sistemas embebidos, interconectados en este entorno global de desarrollo, no solamente verificaría la propuesta, sino que también quedaría a disposición de cátedras y/o de investigación de la UNPSJB, para el desarrollo de sistemas de control.

**Palabras Clave:** DSP, Procesadores digitales de señal, sistemas de tiempo real, sistemas de control, sistemas SCADA (*Supervisory Control And Data Acquisition*).

<sup>1</sup> Investigador CICPBA

## 1. INTRODUCCION

En ciertas actividades como la de transporte eléctrico es deseable efectuar distintas mediciones en las tres fases de tensión, con una precisión por debajo del 0.2 por ciento. Es de interés en un sistema de potencia, considerar hasta la décima armónica en la onda de tensión y es normal que los equipos de medición comerciales, puedan llegar a mediciones que ponderan hasta la armónica 50. Estas mediciones no son sólo particularmente interesantes en la actividad comercial de la energía eléctrica, sino también en cuestiones ambientales vinculadas. En efecto, es de interés efectuar el monitoreo periódico de los llamados Parámetros Ambientales (ISO 14000), que comprenden por ejemplo: medición de intensidad de campo electromagnético, ruido audible, radio-interferencia y otras. Organismos reguladores de servicios, como el ENRE (Ente Nacional Regulador de la Electricidad) en el caso de la electricidad o la CNC (Comisión Nacional de Comunicaciones) en el caso de las comunicaciones, obliga a las empresas de servicios a cumplir cierta normativa, por lo cual la adquisición, registro y promulgación de estos parámetros es una necesidad. Normalmente este tipo de parámetros se calculan a partir del procesamiento de señales que surgen del propio sistema y es un campo muy propicio para el tratamiento con DSP.

Por otro lado, en la Universidad se considera una necesidad la innovación en informática relacionada con software de relativo bajo nivel y distribuido [2]. Las universidades y compañías del mercado poseen recursos humanos y tecnológicos orientados hacia este esfuerzo, para satisfacer las necesidades que surgen paulatinamente en las distintas disciplinas. La tecnología DSP tiene una considerable complejidad y sería deseable hacerla más asequible e implementable por profesionales que aún perteneciendo a áreas de la

informática, no poseen suficiente sustento de conocimientos de hardware o software de bajo nivel de abstracción y/o de tiempo real.

Por ello, se intenta disponer de una base a partir de la cual se puedan desarrollar aplicaciones y/o implementaciones, seleccionando, probando y extractando indicadores de calidad, de un entorno que provea bastante más que los microcontroladores en sí mismos, con abstracciones importantes tanto en el contexto de las aplicaciones de control, como en las aplicaciones distribuidas en general. En este sentido, consideramos que sería de fundamental importancia contar con una implementación de referencia que provea un ejemplo *real*, en pequeña escala de la propuesta, conteniendo la gran mayoría de las características que se definan en lo general.

### Sistema de Supervisión y Control Distribuido Sobre HTTP

Avrak es un cliente de alto nivel multiplataforma, independiente de la base de datos, basado enteramente en OpenSource de moda-

lidad stand-alone. El mismo fue parte del desarrollo efectuado en un proyecto general sobre microcontroladores [10] [11] [12] [13]. En el mencionado desarrollo se observaron algunas limitantes, como la pérdida de generalidad del motor de adquisición de datos (al incorporar en la base de datos relaciones específicas a la aplicación de usuario) y la diferencia entre el tipo de acceso a los datos por parte del módulo de adquisición y la interfase.

Con el objeto de crear una arquitectura más flexible, la propuesta es el diseño de una nueva arquitectura, cuyos lineamientos tentativos se representan en la Figura 1. Sus objetivos globales serían los siguientes:

- Aislar el núcleo de adquisición de datos y publicar una interfase mediante HTTP a la cual se puedan conectar programas cliente. Es importante destacar que se espera que esta interfase no constituya una terminal de usuario, sino un servicio para aplicaciones.

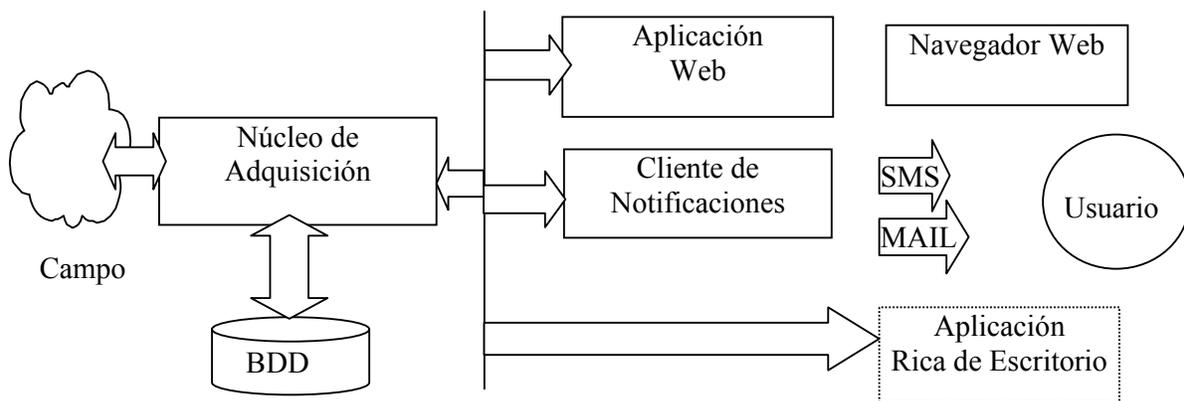


Figura 1: Esquema General del Sistema.

Dado que el núcleo de adquisición tiene la capacidad de formatear datos en función de la petición del cliente, siendo soportados los más comunes en aplicaciones WEB: XML, JSON, CSV, etc., se definen algunos lineamientos que pueden surgir del análisis que se propone:

- Reemplazar el concepto de Tabla en base de datos por Recurso. La solución podría llegar de la mano de la especificación REST [14] u otra similar, por ser una

especificación de arquitectura de aplicaciones basadas en HTTP donde cada URI representa un recurso del sistema.

- Por encima de la aplicación que resultara elegida, se utilizaría alguna técnica de HTTP PUSH [15] con la intención de lograr comunicación punto a punto en el esquema cliente-servidor de HTTP.
- En estas condiciones, es de esperar que cada aplicación cliente sea capaz de sus-

cribirse a los eventos que desee, direccionándolos por nombre de recurso (URI).

- Si bien el objetivo principal del núcleo de adquisición es soportar el protocolo actual sobre RS485 [11] y sus futuras versiones, también debiera ser posible la adaptación a otros protocolos abiertos, como por ejemplo: Modbus, CAN, etc.
- En cuanto al HMI, la pretensión sería reemplazar el uso actual de Qt por una aplicación web, cuyo origen de datos sea el núcleo de adquisición. De esta manera, la aplicación específica podría ser escrita en cualquier lenguaje que soporte CGI o algún tipo de ejecución sobre un servidor web (C, PHP, Java, Python, Ruby, etc.)
- Es también importante desarrollar una aplicación “modelo” que cuente con una base de datos específica para la aplicación en particular.
- Se propendería a utilizar HTML5 y EcmaScript como herramientas para la representación visual. Mediante HTTP PUSH, en HTML5 conocido como WebSockets, se observaría la posibilidad de realizar la comunicación bidireccional con la aplicación web para actualizaciones en tiempo real.
- Se crearían clientes especiales “modelo” del núcleo de comunicaciones que permitan generar notificaciones más allá del contexto de un navegador web, como envío de notificaciones por correo electrónico o mensajes de texto.

## 2. LINEAS DE INVESTIGACION Y DESARROLLO

Inicialmente, se deben **relevar las características de desarrollo actuales con microcontroladores de alta gama conteniendo DSP y experimentar y generar experiencia en el desarrollo de sistemas con microcontroladores**. La metodología básica en este sentido es la de revisión bibliográfica y experimentación con las herramientas de desarrollo que ya dispone la Universidad como producto de proyectos anteriores, con kits de desarrollo de microcontroladores de 16 bits conteniendo DSP. La bibliografía a utilizar en este punto se compone de un conjunto relativamente estándar en el contexto de

arquitectura de sistemas de cómputo, en donde se describen las características de la red y de los microcontroladores en general [1] [2] [6] y por otro lado bibliografía más específica con la programación de kits y uso de las tecnología en alto nivel [3] [8]. La información estándar se complementa con las hojas de datos de los microcontroladores (con la descripción y una idea de la programación de los mismos) y ejemplos de aplicaciones completas (también denominados *notas de aplicación*). En lo referente a las herramientas para el desarrollo con microcontroladores, existen entornos de desarrollo *simples*: normalmente ensambladores y/o compiladores, más un simulador de una línea de microcontroladores [6] [7]. Consideramos importante no solamente la adquisición de conocimiento y generación de experiencia, sino también la generación de una estrategia y materiales de trabajo para la formación de recursos humanos, dado que estos materiales pueden ser utilizados en asignaturas de la Licenciatura en Informática de la UNPSJB y en la formación de nuevos integrantes del grupo de investigación que se puedan incorporar con posterioridad. Para ello, ya se ha conformado en la universidad un grupo relativamente importante, que ya ha desarrollado herramientas que permiten su reutilización [9] [10] [11].

Posteriormente se deberá **Analizar bibliografía específica sobre tratamiento de señales**. Del material seleccionado [4] [5], tratados de alto grado de profundidad, se seleccionarán los tópicos vinculados con la temática que se ha planteado, dado que la problemática del procesamiento digital de señales es muy extensa y se excedería ampliamente el alcance de este proyecto. Se deben afianzar conocimientos avanzados en materias básicas, como el cálculo diferencial e integral, transformadas y series de variable compleja o ecuaciones diferenciales además de otros relacionados con áreas como la de circuitos eléctricos y electrónica.

A continuación, el objetivo será **definir una arquitectura de hardware y software flexible y modular donde se involucren redes de microcontroladores DSP**. De esta forma, sería posible utilizar placas multipropósito

que poseen el menor costo de adaptación al cambio. En este punto no es necesario conocer con precisión los microcontroladores a utilizar ni el hardware de la red de interconexión sino que se deben definir con la mayor precisión posible las características del hardware de cada una de las partes. Si bien a esta altura aún se tiene una implementación, es muy importante recordar que lo que se plantea es un ambiente de desarrollo para la implementación de este tipo de sistemas. Es decir que una implementación de referencia proveerá información importante sobre la versatilidad de estas definiciones, pero las definiciones en sí mismas deberían ser suficientemente bien especificadas como para simplificar el desarrollo de sistemas basados en redes de microcontroladores.

Luego se considera muy necesario **implementar un prototipo de hardware y software de sistemas que involucren múltiples microcontroladores interconectados en red para propósitos múltiples**. Con este prototipo se tienen al menos dos resultados importantes: a) una implementación del entorno de desarrollo de sistemas con redes de microcontroladores y b) una plataforma lista para ser utilizada en la investigación y desarrollo dentro de la UNPSJB. Es necesario contar con una herramienta o prototipo real, para comprobar que la definición no sea solamente una propuesta y se pueda llegar a un sistema en producción. En el contexto del software a desarrollar, sería importante analizar la posibilidad y utilidad de generar código con licencia de uso libre, tal como la GNU GPL (General Public License o licencia pública general).

### 3. RESULTADOS ESPERADOS

A partir del desarrollo de las líneas de investigación que se han anticipado, se propendería a obtener los siguientes logros:

1. Experimentar y generar experiencia en adquisición y procesamiento de señales con microcontroladores DSP. Tanto a nivel conceptual de procesamiento de señales en general, como específico y práctico en cuanto a implementación sobre dispositivos DSP.

2. Definición de un entorno de desarrollo y puesta en marcha de sistemas en base a DSP de 16 bits. El sistema definido debería tener la capacidad de:

- Adquisición de señales analógicas para efectuar DSP, combinadas con digitales para y envío de señales de control.
- Generación de SOE (Sequence Of Events). Dado que habría varios microcontroladores, éstos deberían estar sincronizados para establecer una secuencia con referencias de tiempo confiables.
- Interfase con un motor de control de supervisión y adquisición de datos (SCADA, *Supervisory Control and Data Acquisition*) corriendo en PC.
- Registro de eventos y datos relevantes en una base de datos corriendo en PC.
- Acceso a la base de datos del sistema, vía un servidor web.

3. Experimentar y generar experiencia en interconexión de redes de microcontroladores, especialmente en Ethernet cableada e inalámbrica.

4. Elaboración de un prototipo de hardware y software para sistemas que involucren múltiples microcontroladores interconectados en red, modular de forma tal que sea posible el reemplazo de módulos ante distintas problemáticas. La idea sería definir una arquitectura de hardware del sistema como la que se muestra en la Figura 1. A priori, el esquema de la arquitectura que se muestra en la Figura 1 no es más que una idea que debe ser verificada/contrastada con lo que se analice, estudie y defina en los pasos anteriores. Es decir, una vez que los objetivos 1 y 2 ya estén cumplidos, se podrá analizar y evaluar si el esquema de hardware de la Figura 1 resulta útil o si debe ser modificado por alguna razón específica.

5. Documentar las definiciones y módulos (de hardware y software) que surjan como producto de la investigación efectuada, a efectos de sistematizar alguna parte de la información disponible dando un compendio medianamente completo del tratamiento del problema. Esta información se orientaría, en principio, a las cátedras de los últimos años de la Licenciatura en Informática de la UNPSJB donde el tema

podría caber: Sistemas Distribuidos, Tecnologías WEB y Taller de nuevas tecnologías.

#### 4. BIBLIOGRAFIA

1. Kurose J., Ross K., Redes de Computadores: Un enfoque descendente basado en Internet, Pearson Addison Wesley, 2003, ISBN 84782900613
2. Adam Dunkels, uIP, Networked Embedded Systems group, Swedish Institute of Computer Science, disponible en [http://www.sics.se/~adam/uip/index.php/Main\\_Page](http://www.sics.se/~adam/uip/index.php/Main_Page).
3. Angulo J. - García B. - Angulo I. - Vicente J., Microcontroladores Avanzados, Thomson - 2005, ISBN 84-9732-385-8.
4. Proakis John - Manolakis Dimitris. Tratamiento digital de señales. 4ta ed. Prentice Hall. Año 2007. ISBN 978-84-8322-347-5
5. The Scientist and Engineer's Guide to Digital Signal Processing By Steven W. Smith, Ph.D. Disponible en: <http://www.dspguide.com/pdfbook.htm>
6. Institute of Electrical and Electronics Engineers, Local Area Network-CSMA/CD Access Method and Physical Layer Spec. ANSI/IEEE 802.3-IEEE Computer Society, 1985
7. Microchip Technology Inc., CPU DsPIC 33F. Disponible en <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/70204B.pdf>
8. Microchip Technology Inc., dsPIC30F/33F Programmer's Reference Manual High-Performance Digital Signal Controllers. Disponible en <http://ww.microchip.com>
9. Microchip Technology Inc., Ethernet Theory of Operation - AN1120, 2008. Disponible en <http://ww.microchip.com>
10. XV CACIC 2009, Universidad Nal de Jujuy, Octubre 5 al 9 de 2009, ISBN 978 897 24068-4-1. Título: "Sincronización de Microcontroladores en red, Implementación y Evaluación. Fernando G. Tinetti, Ricardo A. López, Marcelo E. Gómez, Sebastián Wahler.
11. XV CACIC 2009, Universidad Nal de Jujuy, Octubre 5 al 9 de 2009, ISBN 978 897 24068-4-1. Título: "Redes de Microcontroladores, Definición, Implementación y Evaluación. Ricardo A. López, Fernando G. Tinetti
12. Tinetti F., López R., Gómez M., Wahler S. Defossé N., Zapellini B., Macedo W., Pecile L. Entorno de Desarrollo para Microcontroladores Sincronizados y Acceso vía Internet: Informe Final (2010), Proyecto de Investigación FI714, SeCyT, U. N. de la Patagonia SJB.
13. YouTubeAvrak <http://www.youtube.com/watch?v=GS1JYdZlrK4>
14. Descripción de REST por un Microsoft Evangelist: <http://blogs.msdn.com/warrior/archive/2010/01/06/rest-representational-state-transfer.aspx>
15. Wikipedia HTML5: [http://es.wikipedia.org/wiki/HTML\\_5](http://es.wikipedia.org/wiki/HTML_5)
16. Capítulo 5 de la tesis doctoral de Thomas Fielding: [http://www.ics.uci.edu/~fielding/pubs/dissertation/rest\\_arch\\_style.htm](http://www.ics.uci.edu/~fielding/pubs/dissertation/rest_arch_style.htm)
17. Borrador de propuesta de WebSockets de HTML5 (W3C): <http://dev.w3.org/html5/websockets/>
18. Borrador de propuesta de Server-sent Events (W3C): <http://dev.w3.org/html5/eventsource/>
19. Artículo de la Wikipedia sobre Create Delete Update and Read: [http://en.wikipedia.org/wiki/Create,\\_read,\\_update\\_and\\_delete](http://en.wikipedia.org/wiki/Create,_read,_update_and_delete)