

## PROYECTO DE EQUIPOS BIOMEDICOS CON MICROPROCESADORES

por

F. SIMINI

**RESUMEN** -- Se propone la realización de equipos biomédicos digitales con elementos standard (tarjetas de microcomputación, bus, periféricos). El producto obtenido en pequeñas series es de alta confiabilidad, de características modificables por programa y abierto a ampliaciones. El enfoque de proyecto propuesto se distingue por inversiones materiales reducidas y un alto porcentaje de mano de obra calificada. En este trabajo se consideran varios equipos biomédicos en términos de los elementos standard de que se componen y de la programación necesaria. El análisis del costo de producción de tales equipos muestra como este enfoque se adapta a estructuras de producción de bajo capital. Finalmente se menciona que el cumplimiento de normas standard en la producción de partes (tarjetas de adquisición, periféricos, etc.) facilitaría la cooperación regional en materia de proyecto de equipos.

INTRODUCCION

La instrumentación biomédica procesa señales de origen biológico (ECG, EEG, temperaturas, presiones, etc.) y presenta los resultados al operador (figura 1). También puede darse el caso que un equipo biomédico asuma el control de una variable como por ejemplo la temperatura de una incubadora o la presión arterial de un paciente en post-operatorio cardíaco. En este trabajo no se consideran los equipos de adquisición y procesamiento de imágenes (tomografía computada, medicina nuclear, ultrasonidos, etc.) ya que presentan problemas de proyecto y de inversión mayores.

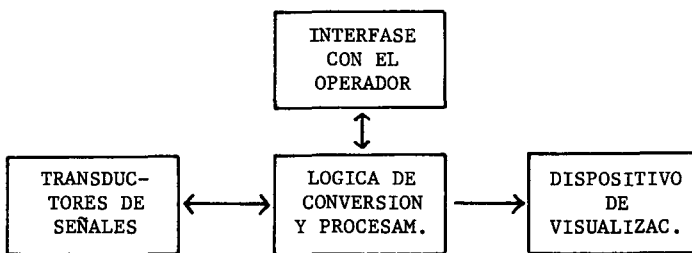


Figura 1. Esquema de un equipo biomédico digital

---

Ingeniero en Interfase Ltda., Zabala 1378, Montevideo, Uruguay e Investigador del Centro Latinoamericano de Perinatología y Desarrollo Humano (OPS/OMS), Casilla de Correo 627, Telex 23023, Montevideo, Uruguay.

Un típico instrumento biomédico digital se compone de los siguientes elementos:

- transductores de señales biológicas a señales eléctricas.
- conversores A/D
- circuitos lógicos de procesamiento y temporización.
- conversores D/A
- dispositivos de visualización (osciloscopio, etc.)
- eventualmente transductores de intervención en el sistema biológico (estimuladores, bombas de infusión, etc.)

El proyecto clásico de un equipo biomédico digital de estas características incluye el proyecto de cada uno de los elementos mencionados. Este tipo de diseño integral insume miles de horas-hombre para el proyecto, la construcción y la puesta a punto de cada una de las partes del equipo biomédico. Una financiación de esta magnitud sólo puede ser soportada por una gran empresa o por entes estatales como universidades o institutos de investigación aplicada. En este sentido los trabajos de Cavalcanti y Wang (1983), Costa y Wang (1983), Meloni y Wang (1983) y Meloni y Wang (1983) describen el desarrollo de todas las partes de un equipo para la obtención de potenciales provocados en la Universidad de Campinas. Es de destacar que el análisis de costo esbozado por Meloni y Wang (1983) no incluye los costos de mano de obra ni de funcionamiento institucional.

Para reducir el costo de desarrollo de los equipos biomédicos que nos ocupan, proponemos el proyecto basado en elementos standard siguiendo la línea descrita por Grompone, Jerusalmi y Simini (1981). En analogía al proyectista de circuitos electrónicos que no diseña los circuitos integrados que necesita sino que los elige en el mercado de componentes, se ha encontrado que es altamente conveniente proyectar equipos biomédicos sobre la base de elementos standard. De esta manera el esfuerzo creativo se concentra en la aplicación biomédica y se aprovecha la confiabilidad de "componentes" (componentes a nivel de tarjetas de microcomputación) probados en miles de aplicaciones industriales. Para desarrollar este concepto se detallan en el próximo párrafo las características salientes de algunos equipos biomédicos y su traducción en especificaciones para la elección de elementos standard.

#### ELEMENTOS CONSTITUYENTES DE EQUIPOS BIOMEDICOS

El estado actual de la tecnología lleva inevitablemente al diseño de equipos digitales. De esta forma el tratamiento de señales analógicas es relegado en transductores y dispositivos de visualización que se convierten en periféricos de un procesador. Es así que un amplificador biológico con su canal de conversión A/D se vuelve un periférico programable de adquisición de muestras.

La tabla 1 presenta las especificaciones de los elementos standard integrantes de algunos equipos biomédicos. No se especifica el procesador por ser un elemento indispensable que puede ser el mismo para toda la línea de equipos descritos. La tabla 1 no especifica tampoco el conversor D/A ya que sus especificaciones no constituyen nunca una limitación.

Tabla 1. Elementos de algunos equipos biomédicos

	TRANSDUC- TORES (1)	CONVERSORES A/D	DISP.DE VISUAL.	TRANSDUCTOR DE INTERVEN.
SISTEMA DE POTENCIALES PROVOCADOS (2)	electrodos	100 Hz - 20 KHz	-TRC con memoria -terminal impresor	estimulador acústico visual y somestésico
CONTROL DE PRESION ARTERIAL (3)	catéteres transduct.	100 Hz	-terminal de video	sistema de infusión continúa
SISTEMA DE MEDIDAS RESPIRATOR. (2)	pneumota- cógrafo	100 Hz	-TRC -registro de papel	
CONTROL DE TEMPERATURA INCUBADORA (2)	termistor	10 Hz	-display digital -alarma	resisten. con SCR
MONITOR DE ARRITMIAS (2)	electrodos	200 Hz	-TRC con memoria	
MONITOR DE RITMO CARDIACO (2)	electrodos	200 Hz	-display digital -registr. de papel	
MONITOR DE PRESIONES CATETERISMO (2)	catéteres	200 Hz	-TRC con memoria	
DETECTOR DE APNEAS (3)	termistor	10 Hz	-display	alarma

Notas: (1) los transductores incluyen una cadena de amplificación y filtros adecuados a la frecuencia de muestreo  
 (2) incluye además un procesador y conversores D/A  
 (3) incluye además un procesador  
 TRC tubo de rayos catódicos

El equipo biomédico proyectado con tarjetas de microcomputación standard incluye un elemento de gran importancia que constituye su núcleo y que lo diferencia de los demás equipos: el programa que es ejecutado por el procesador. El enfoque de diseño propuesto concentra el máximo de las funciones del equipo en el programa. Es así que las medidas de tiempo, la

interpretación de órdenes, la presentación de resultados, la detección de errores, además de todos los cálculos necesarios, son realizados bajo control del programa. De acuerdo a las especificaciones de la tabla 1 resulta que, salvo los periféricos especializados, todos los equipos incluirán los mismos componentes físicos ("hardware"), pero diferirán en el programa. En el caso del sistema de potenciales provocados puede ser necesario sustituir la tarjeta de conversor A/D por otra de mayor velocidad.

## PROYECTO CON ELEMENTOS STANDARD

### Etapas del proyecto

El proyecto de un equipo biomédico puede resumirse en las siguientes etapas:

1. estudio detallado de la función a cumplir
2. elección de los elementos standard
3. proyecto y realización de los eventuales circuitos simples necesarios
4. programación
5. puesta a punto de la programación en el equipo completo

El estudio de la función a cumplir incluye el estudio teórico del fenómeno biofísico, la consulta de la bibliografía pertinente, el intercambio de ideas con los futuros usuarios, un esbozo de arquitectura del sistema y del análisis de la programación.

Las características de los elementos digitales indicadas en la tabla 1 se pueden encontrar fácilmente entre la gama de los "procesadores en único circuito impreso" (SBC, "single board computer") de diversos fabricantes. En la etapa de elección de los componentes se define la arquitectura del equipo y las especificaciones de las interfases simples a realizar. La elección de elementos standard tiene que limitarse a los mejores productos disponibles. En efecto, la realidad latinoamericana exige productos de primera calidad y alta confiabilidad con acciones de mantenimiento mínimas. En cambio una realidad en la que se sustituyen fácilmente equipos enteros como la de Estados Unidos de Norteamérica justifica la elección de elementos menos confiables como son los computadores domésticos más baratos. Es este el caso del equipo realizado por Wiley, Wolfenson y Shepard (1983). En América Latina, salvo excepciones, se sugiere proyectar con elementos de confiabilidad industrial.

La elección de los transductores y de los dispositivos de visualización sigue los mismos criterios que el de las tarjetas de microcomputación. La inclusión de partes desarrolladas por distintos grupos latinoamericanos tiene que ser evaluada en términos de confiabilidad, costo y apoyo del grupo productor.

Es importante destacar que la realización de circuitos y su puesta a punto debe reducirse al mínimo indispensable y que en muchos casos no es necesaria. Mientras la producción propuesta no supere las pocas docenas de ejemplares en un lapso de cinco a diez años, el proyecto y puesta a punto de circuitos complejos no resulta conveniente. En efecto se corre el peligro de obtener un circuito poco confiable que precisaría de un tiempo notable para su puesta a punto. Se trata en definitiva de no "reinventar la rueda" al utilizar elementos standard de alta calidad probados en sistemas de control industrial y en computadores de uso general.

Gran parte del esfuerzo del proyectista de equipos biomédicos se concentra de esta manera en el análisis y la programación. La programación es una actividad que no requiere grandes inversiones para lograr altos niveles de calidad.

Arquitectura del equipo digital

El proyecto con elementos standard implica la elección de una norma de interconexión de las plaquetas de microcomputación a través de un "bus standard". La figura 2 presenta un esquema de la arquitectura general propuesta.

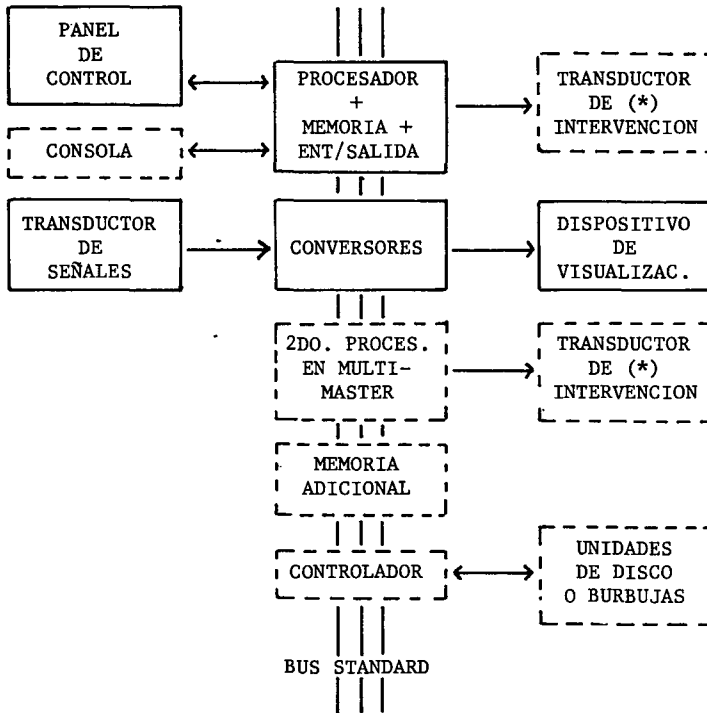


Figura 2. Esquema de equipo biomédico con tarjetas standard. Los bloques indicados en punteado (- - -) son opcionales. Se indica el transductor de intervención (\*) en sus dos posiciones posibles, según la complejidad del equipo.

La figura 2 muestra como los transductores (electrodo, amplificadores y filtros de E.C.G. por ejemplo) se convierten en periféricos del procesador a través de los conversores. Lo mismo sucede con los dispositivos de visualización como una pantalla de osciloscopio. Esta arquitectura permite agregar unidades adicionales (Winchester, diskette, burbujas, etc.) con sus respectivos controladores standard sin alterar las plaquetas existentes.

## Análisis de costo

El análisis de costo de desarrollo de tres equipos realizados con este enfoque permite fijar los conceptos expuestos. La tabla 2 resume las características de un monitor del ritmo cardíaco (A) y de dos sistemas para la obtención de potenciales provocados (B y C). El equipo A fue descrito por Simini (1981), el equipo B por Grompone, Jerusalmi y Simini (1981) y el equipo C fue realizado en los últimos meses de 1983 por Interfase Ltda. El equipo C consiste en un promediador de potenciales evocados compacto y de bajo costo.

Tabla 2. Costo de desarrollo de tres equipos biomédicos

	EQUIPO A	EQUIPO B	EQUIPO C
<b>ETAPAS</b>			
1. ESTUDIO DE LA FUNCION	20 HH	120 HH	30 HH
2. ELECCION DE ELEMENTOS	10 HH	30 HH	20 HH
3. PROGRAMACION	50 HH	700 HH	80 HH
4. DESARROLLO CIRCUITOS	20 HH	100 HH	50 HH
5. PUESTA A PUNTO	30 HH	250 HH	60 HH
TOTAL	130 HH	1200 HH	240 HH
<b>COSTOS</b>			
COSTO DE LA MANO DE OBRA	1300 U\$S	12000 U\$S	2400 U\$S
COMPRAS DE ELEMENTOS STD.	450 U\$S	8500 U\$S	2000 U\$S
AMORTIZACION EQUIPO DE DESARROLLO	50 U\$S	500 U\$S	100 U\$S
COSTO TOTAL	1800 U\$S	21000 U\$S	4500 U\$S
COSTO TOTAL (5 EJEMPLARES)	800 U\$S	12000 U\$S	2600 U\$S
PRECIO DE EQUIPOS SIMILARES	1500 U\$S- 3000 U\$S	20000 U\$S- 40000 U\$S	6000 U\$S- 9000 U\$S

Nota: El costo de una hora-hombre (HH) fue evaluado en 10 U\$S, lo que incluye los gastos accesorios de funcionamiento del grupo de desarrollo (laboratorio, locales, secretaría, etc.).

De las cifras de la tabla 2 se deduce que el componente principal en la realización de un prototipo es la mano de obra calificada. Esta mano de obra se ocupa de la programación y de la puesta a punto de los programas y de su interacción con los periféricos. El resultado del enfoque de proyecto presentado aquí es un producto de alto valor agregado que se ajusta a las características de las pequeñas empresas de ingeniería. El porcentaje de valor agregado de los equipos presentados en la tabla 2 es del orden del 50% para el prototipo y del 25% para una producción de 5 ejemplares, lo que constituye un buen compromiso si se considera la confiabilidad de los elementos utilizados y por ende la calidad y la vida útil del producto final.

## EQUIPOS CERRADOS Y EQUIPOS HECHOS CON ELEMENTOS STANDARD

### Confiabilidad de los elementos standard

Los equipos biomédicos hechos por grandes empresas de los países industriales tienen características diferentes a los propuestos en este trabajo. Se trata de equipos en los que la circuitería fue proyectada para una determinada aplicación con un variable, pero generalmente bajo, nivel de modularidad. Además la confiabilidad de las tarjetas de microcomputación de estos equipos no es comparable con la de las tarjetas standard de producción y aplicación masiva.

### Evolución de las características del equipo

Los equipos de los grandes fabricantes ofrecidos en el mercado internacional tienen una evolución muy limitada a lo largo de sus vidas de uso. En efecto las mejoras generalmente no corrigen los ejemplares ya vendidos sino que se aplican a las unidades de las próximas series. Si se agrega a esto que no es común que se pueda agregar una función no prevista a un equipo ya vendido, se puede afirmar que, aún en los equipos más "modularizados", se trata de equipos rígidos. En cambio el concentrar el máximo de características del equipo en la programación de una tarjeta de microcomputación de uso general abre amplias posibilidades de modificación. De esta manera se pueden actualizar las características de un equipo con un simple cambio en el programa almacenado en memorias de sola lectura (ROM), o en algún dispositivo de almacenado magnético (diskette).

### Disponibilidad de repuestos

El problema de los repuestos influye en el funcionamiento satisfactorio de los equipos, especialmente en áreas periféricas. Los equipos modulares con o sin microprocesador tienen tarjetas de repuesto propias además de permitir el reemplazo de componentes electrónicos de uso común. El uso de tarjetas de computación standard facilita el mantenimiento en la medida en que se emplean las mismas tarjetas para varios equipos biomédicos (y de otras aplicaciones también). La facilidad de creación de un stock de repuestos a nivel institucional u hospitalario es clara si se piensa, por ejemplo, que un pneumointegrador y un sistema para potenciales provocados utilizan las mismas tarjetas de microcomputación.

## Posibilidades de ampliación

Al incluir en el proyecto de un equipo biomédico plaquetas de microcomputación standard se abre una vía de desarrollo insospechada en el caso de los equipos modulares cerrados. La plaqueta standard del microcomputador maneja el funcionamiento del equipo respondiendo a los comandos del operador mediante llaves y botones. Pero la misma plaqueta tiene la posibilidad de comunicarse con una terminal de video, llegado el caso. Esta reserva de posibilidades es una constante en el desarrollo de equipos con este enfoque.

Con el agregado de otra plaqueta standard (controlador de disco) en el bus standard del equipo, el mismo procesador puede acceder a la capacidad de almacenamiento de un disco, diskette o memoria de burbujas. El equipo básico no se modifica, sus características se multiplican utilizando el potencial latente de expansión de las plaquetas.

El criterio de proyecto propuesto permite ampliaciones notables con un mínimo de esfuerzo. Un monitor de funciones vitales para un CTI, como el que describe Sheppard (1979), podría convertirse en un registrador de datos (data logger) en disco o diskette sin descartar ningún elemento, ni ninguna programación del equipo primitivo. El registro en diskette de las variables vitales podrá ser analizado en otro computador o en el mismo con fines de documentación o de investigación. En cambio el equipo modular, aun incluyendo un microprocesador en su diseño, sólo permite una conexión a un computador externo.

Recién en el correr de 1983 algunos fabricantes de equipos biomédicos de pequeño y mediano tamaño han incorporado unidades de almacenado (diskette) en sus productos siguiendo el ejemplo de los equipos mayores como los de tomografía o medicina nuclear. Solamente la rigidez de los esquemas de proyecto y razones comerciales pueden explicar este atraso. Máxime si se tiene en cuenta que los equipos grandes dedicados al procesamiento de imágenes incorporan desde hace más de una década computadores de uso general en sus proyectos.

## Elección de los periféricos

Las comparaciones mencionadas hasta aquí se refieren a los aspectos de procesamiento propiamente dicho. Nos proponemos un criterio análogo para incluir en el proyecto a los transductores y a los dispositivos de visualización. La producción de un número limitado de promedidores para potenciales provocados no justifica el proyecto y la puesta a punto de la cadena pre-amplificador y amplificador de E.E.G. Esta cadena, que hemos denominado "transductor" en la tabla 1, será adquirida entre los mejores del mercado. Lo mismo se aplica para los osciloscopios registradores de papel que a veces será conveniente adquirir de las marcas que también venden un equipo entero. El poder elegir los mejores periféricos del mercado confiere una mayor confiabilidad y durabilidad al producto final. El desarrollo por Oliveira, Strauss Vieira y Giannella Netto (1982) de un "transductor de flujo ventilatorio" pensado como periférico para microprocesadores tendrá repercusiones en el proyecto de sistemas de medidas respiratorias a nivel regional.

Una última observación concierne los "transductores de intervención" para aquellos equipos que los tienen. Si el transductor es de baja complejidad, como por ejemplo la jeringa de infusión continua del control de presión arterial en el postoperatorio cardíaco descrito por Sheppard (1981),



el propio procesador puede controlarlo mediante una interfase simple. En cambio el estimulador acústico de un sistema de potenciales provocados presenta una notable complejidad y las exigencias de tiempo pueden obligar a delegar funciones a otro procesador que trabaje en paralelo en una arquitectura "multimaster" de plaquetas standard. La figura 2 muestra en punteado un segundo procesador en multimaster que controla un transductor de intervención. Este poderosísimo recurso de la microcomputación de los años '80 ha sido utilizado con éxito en otros campos mientras que son escasos los ejemplos en el campo biomédico como el proyecto de Moura y colaboradores (1981).

La tabla 3 resume los puntos de comparación de características entre equipos proyectados con elementos standard y equipos cerrados.

Tabla 3. Equipos clásicos y equipos hechos con elementos standard

	Equipos clásicos	Equipos con elementos standard
Confiabilidad de la electrónica digital	la que obtiene el fabricante para su serie limitada	la de tarjetas de uso general muy probadas al haber cientos de miles vendidas
Disponibilidad de repuestos de la electrónica digital	cada equipo precisa su propio stock de circuitos de repuesto	las mismas tarjetas standard disponibles para equipos de funciones diferentes
Evolución de características	-por sustitución de módulos o por sustitución del equipo entero -propuesta por el fabricante	-por sustitución del programa  -a pedido del usuario
Posibilidad de procesamiento "off line"	mediante el agregado de un computador externo que recibe los datos del equipo	agregando elementos standard (diskette, consola, etc.) y una nueva programación
Transductores y dispositivos de visualización	los que desarrolla el propio fabricante	elegidos por su probada calidad en el mercado

#### Cooperación regional

El diseño de partes de uso general para equipos biomédicos ofrece elementos para otros proyectistas, a condición que sean respetadas normas preestablecidas. En caso de cumplimiento de standard internacionalmente aceptados, los desarrollos de, por ejemplo, Moura y de Melo o de Schindwein, Caprihan y Gandra (1983) en materia de tarjetas de adquisición de señales podrían ser incluidos en proyectos realizados por otros grupos. El proyectista incluye estos aportes al lado de tarjetas generales de uso industrial y desarrolla su programación original. Para que esto sea posible es indispensable el cumplimiento de normas de tamaño, de alimentación, conectores, bus y documentación.

La cooperación regional podría realizarse al nivel de los elementos específicamente biomédicos como tarjetas de adquisición y transductores en sentido amplio, sin excluir la posibilidad de producir tarjetas de microcomputación de uso general respetando normas internacionalmente conocidas o standard de hecho.

#### CONCLUSION

En este trabajo se propone el uso de elementos standard en el proyecto de equipos biomédicos especializados. De esta manera la mayor parte del esfuerzo de diseño se concentra en la aplicación biomédica, al utilizar circuitería y periféricos de alta confiabilidad. Este enfoque de proyecto es posible al concentrar en la programación el máximo de funciones. La tarea de producción de equipos biomédicos de mediano tamaño se vuelve así accesible a empresas públicas o privadas de bajo capital pero que disponen de mano de obra calificada. La vía indicada en el presente trabajo demuestra que los desafortunados intentos de equipos "hechos en casa" muchas veces fracasaron por invertir recursos humanos en tareas accesorias y por querer "reinventar la pólvora" dejando de lado lo esencial de la aplicación propuesta.

Por otra parte, el enfoque propuesto sería rechazado como ineficiente en la industria de la producción en masa. El área de ingeniería biomédica a la que está dirigido este trabajo la constituyen las instituciones de bajos recursos que luchan por obtener resultados técnicamente y económicamente buenos en la vía de la independencia tecnológica. Con este artículo se pretendió mostrar una posible vía de desarrollo competitivo de la producción de equipos biomédicos para la realidad latinoamericana.

#### AGRADECIMIENTOS

El autor agradece los comentarios emitidos sobre el presente trabajo por los Ingenieros J. Galo, J. Grompone, J. Jerusalmi, J. Puchet y por el Doctor H. Piriz.

#### BIBLIOGRAFIA

- CAVALCANTI, A.S.M. y WANG, B. (1983), "Amplificador com filtros para potenciais bioelétricos", Comunicações Científicas do 8 Congresso Brasileiro de Engenharia Biomédica, página 45, Editora da UFSC, Florianópolis, Brasil, novembro 1983.
- COSTA, E.T. y WANG, B. (1983), "Promediador para estudo e diagnóstico com potenciais neuronais evocados", Comunicações Científicas do 8 Congresso Brasileiro de Engenharia Biomédica, página 19, Editora da UFSC, Florianópolis, Brasil, novembro 1983.
- GROMPONE, J.A., JERUSALMI, J. y SIMINI, F. (1981), "Um sistema de procesamiento de señales neurofisiológicas hecho con equipos existentes y tarjetas de microcomputación standard", Anais do 7 Congresso Brasileiro de Engenharia Biomédica, páginas 73-76, Editado por la SBEB, Rio de Janeiro, Brasil, novembro 1981.
- MELONI, L.G.P. y WANG, B. (1983), "Um estimulador acustico para provocar potenciais neuro-elétricos", Anais do 8 Congresso Brasileiro de Engenharia Biomédica, páginas 221-225, Editora da UFSC, Florianópolis, Brasil, novembro 1983.

- MELONI, L.G.P. y WANG, B. (1983), "Um estimulador elétrico para provocar potenciais neuro-elétricos", Anais do 8 Congresso Brasileiro de Engenharia Biomédica, páginas 226-231, Editora da UFSC, Florianópolis, Brasil, novembro 1983.
- MOURA, L.A., FURUIE, S.S., MARINI, T., FREITAS, M.T.P., MELO, C.P., e PILEGGI, F J.C. (1981), "Desenvolvimento de sistema de eletrocardiografia dinâmica (ECDG)", Resumos do 7 Congresso Brasileiro de Engenharia Biomédica, página 3, Editado por la SBEB, Rio de Janeiro, Brasil, novembro 1981.
- OLIVEIRA, C.L.C., STRAUSS VIEIRA, C.R. y GIANNELLA NETO, A. (1982), "Transdutor de pressão diferencial capacitivo para medições de fluxo ventilatório", Revista Brasileira de Engenharia, Volumen 1, Número 1, páginas 5-29, dezembro 1982.
- SCHLINDWEIN, F.S., CAPRIHAN, A. y GANDRA, S.A.T. (1983), "Sistema de aquisição e exibição de sinais biológicos para microcomputador", Revista Brasileira de Engenharia, Volumen 1, Número 2, Páginas 45-46, setembro 1983.
- SHEPPARD, L.C. (1979), "The Computer in the Care of Critically Ill Patients", Proceedings of the IEEE, Volume 67, Number 9, pages 1300-1306, September 1979.
- SHEPPARD L.C. (1981), "Computer Control of the infusion of Vasoactive Drugs", Annals of Biomedical Engineering, Volume 8, Pages 431-444, 1981.
- SIMINI, F. (1981), "Eliminación de artefactos en le monitoreo del ritmo cardíaco fetal con un microprocesador", Resumos do 7 Congresso Brasileiro de Engenharia Biomédica, página 4, Editado por la SBEB, Rio de Janeiro, Brasil, novembro 1981.
- WILEY, R.S. WOLFENSON, L B y SHEPPARD, L.S. (1983), "A Computerized System for Monitoring Systolic Time Intervals from Esophageal Accelerograms", Computers and Biomedical Research, Volume 16 Number 1, Pages 44-58, February 1983.

# BIOMEDICAL EQUIPMENT DESIGN WITH MICROPROCESSORS

by

F. SIMINI

ABSTRACT -- The design of biomedical digital equipment with standard elements (microcomputer boards, bus, peripherals) is presented. Highly reliable equipment can be obtained in small series; it can be easily modified or upgraded with mere software changes. The suggested design philosophy involves small investments and a high share of qualified manpower. A few biomedical instruments are considered in terms of the standard elements they are assembled with, as well as their software. Cost analysis of instruments designed according to these guidelines shows that this design technique matches production structures of modest capital. It is finally mentioned that the fulfilment of standards in the production of parts (data acquisition boards, peripherals interfacing, etc.) eases the way towards regional cooperation in the field of biomedical instrumentation design.

---

Design Engineer with Interfase Ltda., Zabala 1378, Montevideo, Uruguay and Research Associate to the Latin American Center for Perinatology and Human Development (CLAP-PAHO/WHO), P. O. Box 627, Telex 23023, Montevideo, Uruguay.