

Franco Simini  
20 de julio de 1990

UNIVERSIDAD DE LA REPUBLICA  
FACULTAD DE INGENIERIA

MONSE 90  
SISTEMA PARA LA ADQUISICION  
Y EL PROCESAMIENTO DE SEÑALES  
EN TERAPIA INTENSIVA

Desarrollo de un equipo integrado para uso clínico realizado para satisfacer los requerimientos de la materia "Proyecto" del Instituto de Ingeniería Eléctrica.

Estudiantes:

Gabriel Chapt

Luc Chapt

Rafael Sanguinetti

Docente:

Ing. Omar Barreneche

Director del proyecto:

Ing. Franco Simini

Montevideo, Uruguay, julio 1989 - julio 1990

## INDICE

- 1- INTRODUCCION .
- 2- ESPECIFICACION.
  - 2.1- Generalidades.
  - 2.2- Interfase equipos/conversor.
  - 2.3- Interfase conversor/registrador.
  - 2.4- Funciones a cumplir.
  - 2.5- Descripción de las señales a medir.
- 3- SEGURIDAD DEL PACIENTE Y DEL OPERADOR.
  - 3.1- Generalidades.
  - 3.2- Algunas definiciones.
  - 3.3- Fallas que pueden ocurrir.
  - 3.4- Clasificación del equipo en relación con la seguridad.
  - 3.5- Precauciones en este proyecto.
- 4- SEÑALES FISIOLÓGICAS.
  - 4.1- Monitoreo electrónico de pacientes.
  - 4.2- Monitoreo de la ventilación.
  - 4.3- Monitoreo hemodinámico.
- 5- DISEÑO DE PROGRAMACION.
  - 5.1- Generalidades.
  - 5.2- Estructura del programa principal.
  - 5.3- Tarea de almacenamiento y Norma NAS.
  - 5.4- Núcleo de tiempo real.
  - 5.5- Tarea de adquisición.
  - 5.6- Tarea de procesamiento en línea.
  - 5.7- Tarea de presentación y atención de teclado.
  - 5.8- Tarea de calibración.
- 6- DISEÑO DE CIRCUITOS.
  - 6.1- Diseño general.
  - 6.2- Control de ganancia y nivel por computadora.
  - 6.3- Controles manuales.
  - 6.4- Solución adoptada.
  - 6.5- Módulo.
  - 6.6- Filtro.
  - 6.7- Limitador.
  - 6.8- Fuente del equipo.
  - 6.9- Características mecánicas.
- 7- DISEÑOS AUXILIARES.
  - 7.1- Fuente de desarrollo.
  - 7.2- Programas de desarrollo.

8- COSTOS DE DESARROLLO.

- 8.1- Generalidades.
- 8.2- Infraestructura disponible.
- 8.3- Costos de mano de obra y partes.
- 8.4- Estudio de producción de varios ejemplares.

9- CONCLUSION.

- APENDICES.

- APENDICE A- Listado de los programas.
- APENDICE B- Descripción de la tarjeta DT2808.
- APENDICE C- Planos y circuitos.
- APENDICE D- Hoja de especificaciones.
- APENDICE E- Compendio de la bibliografía.
- APENDICE F- Documentos iniciales del proyecto.

## 1. INTRODUCCION

La medicina intensiva ha basado su crecimiento en el desarrollo que la ingeniería biomédica ha tenido en las últimas décadas. Ello ha mejorado el conocimiento y la interpretación de fenómenos hasta ahora no bien entendidos.

El monitoreo continuo de las funciones cardiovascular y respiratoria posibilita una medición rápida, frecuente y repetitiva de las variables fisiológicas. La finalidad del monitoreo es reconocer y evaluar los desarreglos fisiológicos en tiempo real para poder aplicar rápidamente una terapéutica correctiva.

En conjunto el monitoreo continuo es uno de los pilares del diagnóstico y tratamiento en terapia intensiva.

El objetivo del presente proyecto es el de desarrollar un sistema de adquisición y procesamiento de señales para estudiar pacientes en terapia intensiva. El equipamiento básico de trasducción de señales fisiológicas ya está instalado y forma parte de los equipos médicos en uso actualmente. Se trata de diseñar, construir e instalar una interfase para la adquisición a un computador personal y la presentación de señales y resultados.

Las patologías a estudiar con el sistema son el edema pulmonar y otras patologías respiratorias en respiración artificial.

La obtención de datos del paciente y su almacenamiento a través del computador, permitirá obtener rápidamente los resultados y procesarlos para calcular otras variables que son generalmente de compleja realización manual; su obtención instantánea y en tiempo real, permitirá mejorar profundamente el conocimiento del estado funcional de los sistemas, aumentando el caudal de información que ayudará a tomar decisiones terapéuticas con mayor seguridad.

El desarrollo del proyecto es financiado por un fondo del CONICYT destinado a la investigación médica y es administrado por la cátedra de Terapia Intensiva del Hospital de Clínicas.

Se estima que en forma directa se beneficiarían alrededor de 200 pacientes por año, pero a su vez por ser este Centro de Tratamiento Intensivo, un Servicio docente, el desarrollo de esta tecnología dará un gran impulso y difusión de estas nuevas técnicas dentro de toda el área de la especialidad.

## 2. ESPECIFICACION

### 2.1 Generalidades

El equipo a desarrollar se utilizará para adquirir y procesar señales de pacientes en terapia intensiva. Se integrarán los distintos equipos adecuándolos a trabajar con un computador quien procesará y almacenará los datos requeridos.

Un diagrama de bloques de la totalidad del sistema a integrar se ilustra en la figura 2.1.

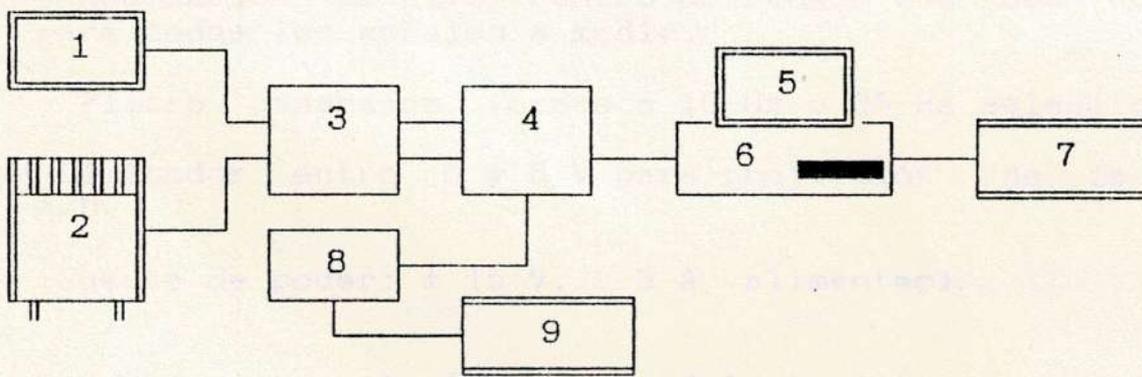


Figura 2.1 -Diagrama de bloques del sistema:

- 1) Monitor de cabecera.
- 2) Polígrafo.
- 3) Interfaz equipos/conversor.
- 4) Tarjeta convertora.
- 5) Computador PC AT compatible.
- 6) Programas.
- 7) Impresora.
- 8) Interfaz conversor/registrador.
- 9) Registrador X-Y.

El diseño y realización de los bloques 3, 6 y 8, así como la integración del equipo constituyen el presente trabajo.

Las señales a registrar son:

- PA presión de vía aérea.
- FA flujo aéreo.
- V volumen (integral del flujo).
- ECG electrocardiograma.
- PAP presión arterial pulmonar.
- PAS presión arterial sistémica.

## 2.2 Interfase equipos/conversor

La interfase equipos/conversor adecuará las señales fisiológicas a adquirir al nivel requerido por el conversor analógico-digital. Esta constará de hasta 8 módulos estandarizados que permitirán adecuar las señales de distintos equipos al rango de voltaje óptimo para el conversor analógico-digital; la adaptación que se efectúa es en ganancia, nivel y filtrado.

A los efectos se construirá un módulo estandar de las siguientes características:

- Ganancia ajustable.
- Adecuación de nivel dentro de rangos que sea compatible para todas las señales a medir.
- Filtro pasabajos (corte a 10 Hz o 35 Hz seleccionable)
- Limitador entre 0 y 5 V para protección de la tarjeta A/D.
- Fuente de poder:  $\pm 15$  V, 0.5 A, alimentación 220 V, 50 Hz.

Para la conversión A/D se usará la tarjeta convertora DT2808 [1]. El DT2808 es una tarjeta de entrada y salida analógica y digital de bajo costo y multifunciones, compatible con el IBM PC. El DT2808 incluye un conversor A/D de 10 bits y dos convertidores D/A de 8 bits. El conversor A/D puede aceptar hasta 16 entradas analógicas. Los convertidores D/A pueden ser controlados mediante dos líneas de 8 puertos digitales de entrada/salida. La tarjeta incluye también un reloj programable que puede usarse para controlar las operaciones de los convertidores.

## 2.3 Interfase conversor/registrador

La interfase conversor/registrador será capaz de dar las señales adecuadas para manejar el registrador X-Y, se podrán registrar en papel señales fisiológicas previamente almacenadas en disco.

## 2.4 Funciones a cumplir

El computador a usar para el desarrollo es un AT compatible, procesador 80286 trabajando a 12 MHz, con tarjeta gráfica EGA (640 x 350 pixels) y un disco duro de 40 Mbytes de capacidad. La programación y los circuitos deben ser compatibles con toda la línea PC.

Se desarrollaran programas para cumplir las siguientes funciones:

- Adquisición de señales del conversor a memoria.
- Presentación en pantalla de hasta 4 señales que se van renovando en forma continua seleccionables entre las siguientes:
  - PA presión de vía aérea.
  - FA flujo aéreo.
  - V volumen.
  - ECG.
  - PAP presión arterial pulmonar.
  - PAS presión arterial sistémica.
- Almacenamiento de las señales adquiridas e información anexa en disco según norma NAS.
- Procedimiento de calibración en forma manual y se estudiará el procedimiento de calibración automático.
- Opción de grabación de trozos de señal.
- Cálculo de los siguientes parámetros en tiempo real:

Para el PA:

- Presión pico.
- Presión de meseta.
- Presión positiva de fin de espiración (peep).
- Presión inspiratoria mínima.

Para el FA:

- Frecuencia respiratoria.

Para el ECG:

- Frecuencia cardíaca.

Para PAP presentación del valor corriente de:

- Presión diastólica (valor máximo).
- Presión sistólica (valor mínimo).
- Presión media.
- Presión enclavada.

Para PAS presentación del valor corriente de:

- Presión diastólica.
- Presión sistólica.
- Presión media.

- Procesamiento de las señales en diferido.
- Dado el gasto cardíaco el sistema evalúa:
- Las resistencias vasculares sistémicas.
  - Las resistencias vasculares pulmonares.
  - Las resistencias de las vías aéreas.
  - La complacencia dinámica de las vías aéreas.
- Salida de señales y textos por impresora (pantalla a impresora).
  - Salida por el registrador X-Y de señales desplegadas en pantalla.

## 2.5 Descripción de las señales a medir

### 2.5.1 Medidas Respiratorias

Las medidas respiratorias se obtienen del polígrafo el cual consta de un módulo para cada tipo de medida, las señales a obtener son; presión de vía aérea (PA), flujo aéreo (FA) y volumen (V):

- Acondicionador de presión [2]:
  - Salida de  $\pm 2,5V$  hacia resistencia vista de  $1 k\Omega$ .
  - Resistencia de salida  $10 \Omega$ .
  - Protegido de cortocircuitos.
  - Respuesta en frecuencia seleccionable:
    - dc a 850 Hz, o dc a 6 Hz.
  - Presión de vía aérea :
    - Rango : 0-100 cmH<sub>2</sub>O
    - Señal de calibración : 20 y 100 cmH<sub>2</sub>O
    - Cero : Patm
    - Presión máxima, presión de meseta, presión mínima.
    - PEEP (respiración asistida) = P<sub>min</sub>-Patm.
- Integrador respiratorio [3] [4]:
  - Salida  $\pm 3V$  hacia  $800 \Omega$ .
  - Resistencia de salida  $1 \Omega$ .
  - Respuesta en frecuencia: dV/dt - dc a 500 Hz.
  - Pres. - dc a 200 Hz.
  - Volumen corriente :
    - Respuesta en frecuencia : DC-2,5Hz (3dB)
    - Rango : 0-10 l/B (liters/breath)(litros por respiración)
    - Exactitud : 2%.
- RR - Frecuencia respiratoria.
  - Rango : 2-60 Bpm (Breaths per minute)
  - 0-150 Bpm
  - Exactitud : Mayor (  $\pm 2$  Bpm,  $\pm 5\%$  ).

### 2.5.2 Electrocardiograma.

El ECG se obtiene o bien del polígrafo o bien del monitor de cabecera, y si se quiere observar dos derivaciones distintas se utilizan ambos.

El módulo del polígrafo que se usa a estos efectos es el:

- Amplificador Bioeléctrico [5]:
  - Salida  $\pm 2,5V$  hacia  $1 k\Omega$ .
  - Respuesta en frecuencia: 0,05 a 10 kHz.

Las características del canal de ECG del monitor de cabecera son [6]:

Respuesta en frecuencia: 0,5 - 30 Hz (-3dB)  
Señal de calibración : 1 mV  
Sensibilidad : 1 mV/cm  
Frecuencia cardíaca : 30-250 BPM (latidos por minuto).  
Tiempo de renovación : 2 seg  
Exactitud: Mayor (  $\pm 3$  BPM ,  $\pm 3\%$  )  
Detección de onda R.  
Resolución : 1 BPM  
Norma de seguridad del paciente Clase CF.

Sus salidas analógicas son accesibles a través de un conector DA15:

- Características eléctricas:
- ECG ganancia fija (pin 7): 1mV/cm ,  $Z_{int}=470$  ohms.

### 2.5.3 Presiones Sanguíneas.

La medida de las presiones sanguíneas se efectúa mediante el monitor de cabecera, el mismo permite trabajar con dos señales de presión simultáneas, y provee salidas analógicas mediante el conector DA15.

Las características de la medida de presión son las siguientes:

Respuesta en frecuencia : DC-12 Hz (-3dB)  
Rangos de presión sanguínea: -40/400 mmHg  
Exactitud : Mayor (  $\pm 3$  mmHg,  $\pm 4\%$  )  
Resolución: 1 mmHg  
Señal de calibración : 20 mmHg y 100 mmHg  
Rango de autocero :  $\pm 200$  mmHg

Características eléctricas:

- Presiones sanguíneas: (pines 11,12,13 y 14):
  - voltaje de salida: 0 .. 3 V
  - Z int : 470  $\Omega$

Presiones medibles :

- Presión arterial pulmonar (PAP):  
Rango : 0-40 mmHg  
Ps, Pd, Pm
- Presión capilar pulmonar (PCP), o presión de enclavado.
- Presión aurícula derecha (PAD).
- Presión venosa central (PVC).  
Rango : 0-40 mmHg  
Ps, Pd, Pm
- Presión arterial sanguínea (PAS):  
Rango : 40-160 mmHg  
Ps, Pd, Pm

Bibilografía:

1. DATA TRANSLATION, "DT2808 User Manual", USA, 1987.
2. HEWLETT PACKARD, "8805D Pressure conditioner", Service Manual, USA, 1973.
3. HEWLETT PACKARD, "8815A Respiratory Integrator", Operating Note, USA, 1973.
4. HEWLETT PACKARD, "8802A Medium Gain DC Amplifier", Service Manual, USA, 1974.
5. HEWLETT PACKARD, "8811A Bioelectric Amplifier", Service Manual, USA, 1973.
6. PHYSIO-CONTROL, "VSM5, Vital Signs Monitor", Operating and Service Manual, USA, 1986.