

**NAS - MONTEVIDEO
PROPUESTA DE NORMAS DE ALMACENAMIENTO DE SEÑALES**

por

F. SIMINI (1,3), P. HANDLER (2), J. PUCHET (3),
S. BASALO (3,4), J.V. ECHAGUE (5) y M.A. SVIRSKY (6)

RESUMEN -- Se propone una norma para la grabación en disco de señales analógicas muestreadas por conversores analógico-digital (A/D), y de procesos puntuales. Se fijan normas mínimas que comprenden todos los posibles resultados de procesamientos de señales mediante los principios fundamentales de un archivo para cada señal, el uso de caracteres para los valores y una nomenclatura de archivos estructurada. Se prevén mecanismos de compactación y de verificación.

PALABRAS CLAVE: normas, señales, procesos puntuales

INTRODUCCION

La adquisición y el procesamiento de señales analógicas requieren nuevas prestaciones con elevada frecuencia; en efecto, sobre señales adquiridas en épocas anteriores se aplican procesamientos nuevos que buscan contestar las preguntas planteadas en el curso de la investigación. Es corriente además que señales adquiridas deban ser analizadas por una variedad de programas diferentes en el mismo laboratorio o en otros.

El intercambio de señales se ve facilitado por la existencia de normas tales como los caracteres standard, ISO (1973), la

Trabajo realizado en el marco del Proyecto de Neurociencia, Montevideo, financiado parcialmente por la Comunidad Económica Europea, contrato CI1.0211-4 (EL).

1. Centro Latinoamericano de Perinatología y Desarrollo Humano
CLAP-OPS/OMS, Casilla correo 627, 11000 Montevideo, URUGUAY,
tel.: 598 2 472929, télex: 23023 CLAP UY, fax: 598 2 472593.
2. Centro Especial Ramón y Cajal, Madrid, ESPAÑA.
3. División Neurofisiología, Instituto de Investigaciones
Biológicas Clemente Estable, Montevideo, URUGUAY.
4. Departamento de Fisiopatología, Facultad de Medicina,
Universidad de la República, Montevideo, URUGUAY.
5. Laboratoire d'Informatique Fondamentale et d'Intelligence
Artificielle, Institut IMAG, CNRS, Grenoble, FRANCIA.
6. Research Laboratory of Electronics, Massachusetts Institute of
Technology, Cambridge, Massachusetts, USA.

//Trabalho recebido em 19/12/90 e aceito em 05/08/91 //

representación binaria de números enteros y sobre todo por la existencia de dos sistemas operativos de gran difusión (el D.O.S. de Microsoft y el usado por las Apple MacIntosh). A pesar de estas normas la lectura de archivos de señales se hace difícil por carecer de una especificación precisa a seguir. Son comunes las situaciones en que es necesario programar conversiones o recurrir a la adquisición repetida de señales grabadas en medios magnéticos analógicos. La tendencia tecnológica actual indica que pronto los medios de grabación primitiva de señales serán digitales y no analógicos, lo que vuelve urgente la tarea de normalización pendiente.

Para evaluar el alcance de una norma de almacenamiento de señales como la que se propone en este trabajo, tómesese por ejemplo las ponencias del XII Congreso Brasileño de Ingeniería Biomédica, publicadas en el número 1 del volumen 7 de estos "Cadernos de Engenharia Biomédica", fechados en octubre de 1990: en ese volumen se han encontrado 10 proyectos de equipos biomédicos que incluyen circuitería y programación que podrían hacer uso de una norma de almacenamiento única que les permitiría intercambiar archivos de señales o rutinas de presentación y edición. Los trabajos son los siguientes:

CALCOCER P.R., PINHO C. y BASSANI J.W.M., (1990)
 CARVALHO L.C. RICARDO L.F. SOUZA D.Y. MONTEIRO H.A. et al. (1990)
 FERRAND T. y DAVER H., (1990)
 MARTINS L.E.B., BENNATON J.F., GALLØ L., MACIEL B.C. et al. (1990)
 PERKUSICH A. PERKUSICH M.L.B. DEEP G.S. MORAIS M.E. et al. (1990)
 PIVA R.M., APPEL E., CALDEROLLI D.M., FORMIGONE H. et al. (1990)
 REGIS M.C., y KOHN A.F., (1990)
 REIS G.M. y WANG B., (1990)
 SILVA G.A.P. y BASSANI J.W.M., (1990)
 WU E.J.H. y WANG B., (1990)

En el mismo volumen 7 se han encontrado 9 trabajos que presentan procesamientos de señales biológicas y que también podrían beneficiarse al adoptar una norma única, que facilitaría la comunicación de resultados y señales: ALMEIDA A.C.G. e INFANTOSI A.F.C. (1990), BARBOZA R. (1990), CASTRO N.G., ARACAVA Y. y NOBRE F.F. (1990), CIDADE G.A.G. e INFANTOSI A.F.C. (1990) KOHN A.F. (1990), MELLO NETO V., FLOSI J.O.C. y GIANNELLA NETO A. (1990), NADAL J. y PANERAI R.B., (1990), SIMPSON D.M., (1990), STELLE A.L. y COMLEY R.A. (1990).

Con el objetivo de agilizar el intercambio de señales entre programas y la inclusión de la documentación en archivos de texto, se propone en este trabajo una norma para el almacenamiento de señales y de la información adjunta.

CRITERIOS DE NORMALIZACION

Los resultados de procesamiento de señales son tan disímiles que los intentos de normalizarlos, como los de Fuentes (1980) y de otros, han fracasado por su excesiva extensión. La alternativa propuesta en este trabajo consiste en reducir la

normalización al mínimo indispensable y en consignar los resultados bajo forma de archivos de caracteres. Se busca no imponer ninguna estructura rígida ni para las señales ni para los resultados. Como se verá más adelante, la norma propuesta es poco más que prever archivos de texto para consignar todos los parámetros y todos los valores adquiridos, con un orden mínimo para permitir justamente el intercambio de información.

El énfasis puesto en los caracteres y en la multiplicidad de archivos se basa en la facilidad de desarrollo y de verificación de programas y en la claridad global resultante. El espacio en medio magnético es un problema de importancia decreciente a medida que el costo del megabyte en disco (fijo o removible) disminuye. En caso de señales largas, se recurre a compactadores (por ejemplo PKWARE (1989) para su almacenamiento. El uso de caracteres permite además enviar los archivos por redes de comunicación de datos cuya utilización afianza cada vez más la cooperación científica internacional. Los programas de transformación de archivos binarios a caracteres antes de enviarlos por redes de datos ya no son necesarios al utilizar exclusivamente caracteres como en esta norma.

Si bien es cierto que un archivo binario ocupa cerca de tres veces menos espacio que el archivo de caracteres que contiene la misma señal, los algoritmos de compactación compensan esta diferencia. En efecto los algoritmos corrientes de compactación, como el PKWARE, aplicados a un archivo de caracteres llegan en promedio a un factor de 3.5, mientras que para datos binarios aleatorios el factor es cercano a la unidad, según medidas de Turner (1990). En caso de señales muestreadas a elevadas velocidades y que exhiben un grado elevado de redundancia informativa, existen mecanismos de compactación sofisticados, como los que se usan en los discos compactos de audio, cuya aplicación rebasa el objetivo de esta propuesta de normalización.

Esta norma está destinada al campo del desarrollo de equipos y programas para el análisis de señales analógicas: se trata típicamente de computadores con sistema operativo D.O.S. o Apple MacIntosh. El uso creciente del sistema operativo UNIX, que tiene una clara preferencia por los archivos de caracteres, refuerza la tendencia propuesta en esta norma.

ADQUISICION DE SEÑALES

El análisis de señales inicia con su adquisición a un computador (Nadal et al. (1987), Schlidwein et al. (1983) y Simini (1986). Mediante un transductor se transforman medidas físicas no eléctricas del fenómeno biológico a una magnitud eléctrica; el caso de los electrodos es particular ya que la medida biológica ya es de tipo eléctrico; la conversión a una sucesión de valores numéricos se realiza mediante un conversor analógico/digital (A/D). Esta sucesión numérica puede ser almacenada en medio magnético permanente (disco o disquete) para su procesamiento posterior.

La información que acompaña la sucesión numérica es a veces muy amplia y abarca desde datos sobre las condiciones del experimento o del paciente hasta los detalles técnicos de adquisición. La experiencia ha demostrado que es imposible prever la totalidad de los parámetros a registrar para cada señal, aún en una sola rama de la investigación biológica como es la Neurofisiología; un intento en ese sentido es el de Fuentes (1979) que incluía más de 100 parámetros y no tuvo la difusión esperada por su escasa practicidad.

En la norma propuesta se crea un archivo para los parámetros de todas las señales adquiridas simultáneamente y un archivo separado por señal. El archivo maestro contiene la información indispensable para interpretar las señales seguido de un texto libre para que cada programa u operador deje constancia de notas o información complementaria. El archivo maestro contiene exclusivamente caracteres ASCII para poder ser leído fácilmente por cualquier programa e inspeccionado hasta por los comandos de sistema operativo (TYPE o PRINT), además de ser accesible por los procesadores de texto.

Los archivos de señal son secuencias de caracteres, que representan enteros. Cada señal o canal es grabado en un archivo independiente, vinculado al archivo maestro únicamente por su denominación normalizada.

PROCESAMIENTO DE SEÑALES

Los procesamientos de señales pueden tener una amplia variedad de resultados, desde verdaderas señales resultantes de filtrados hasta valores de energía o gráficas, pasando por espectros de amplitud y correlaciones cruzadas. La diversidad de resultados impide que su formato sea normalizado en todas sus variantes. En la norma propuesta los resultados de los procesamientos son o bien archivos de señal normalizados o bien valores consignados en el archivo maestro o en archivos de notas.

Los programas generan resultados en archivos normalizados y dejan constancia de ello en el archivo maestro. Por ejemplo, los diferentes tipos de "pre-procesamiento" (por ejemplo Kalli et al. (1985) y Mormino et al. (1985)) a los cuales se someten con frecuencia a las señales biológicas generan procesos puntuales (eventos como el complejo QRS del ECG) o señales secundarias (señal filtrada, etc). Para todo resultado que no entre en el archivo maestro o en nuevos archivos de señal, los programas abren archivos de nota normalizados mínimamente y que contienen exclusivamente caracteres ASCII (ISO, 1973). Ya que la calibración de las señales se realiza casi siempre, su resultado está incluido en el archivo maestro. Los dígitos verificadores son incluidos también en el archivo maestro.

DEFINICION DE LOS TIPOS DE ARCHIVOS

Cada sesión de adquisición de señales o experimento tiene un nombre genérico, **NOMBRE**, que es heredado por todos los archivos generados durante dicho experimento. Por ejemplo, el experimentador de iniciales A.B. nombraría sus archivos del año 1990 con el **NOMBRE** AB90XXX, donde XXX es un número correlativo iniciado en el mes de enero. De acuerdo a la presente norma se asigna una extensión a cada tipo de archivo. Los archivos previstos son el **archivo maestro**, los **archivos de señal** y los **archivos auxiliares**. Se presenta a continuación la definición de cada tipo de archivo.

Archivo maestro

NOMBRE.MST: el archivo maestro de un experimento contiene información sobre el conjunto de señales adquiridas simultáneamente y sobre los procesamientos posteriores. Se trata de un archivo de caracteres susceptible de ser incluido en un informe u otro documento procesable con un procesador de textos. Su estructura es la siguiente:

NOMBRE.MST ; es el nombre de este archivo
programa_ad ; es el programa que adquirió las señales
fecha ; día en que se adquirieron las señales
hora ; hora del día en que se adquirieron
T<tiempo entre muestras>, micro<segundos> : tiempo
Conjunto de líneas , una por señal, del tipo:
archivo,N=puntos,check=check,niveles=amplitud,0=cero,unidad

Obs<ervaciones de inicio de adquisición> :
 hasta 20 cadenas del tipo línea

Proc<esamientos realizados> : conjunto sin límite de cantidad de renglones del tipo:
archivo,fecha,hora,programa,texto

Definición de tipos de variables:

programa_ad	cadena de caracteres según norma DOS de archivos
fecha	cadena de caracteres dado por el DOS o lenguaje
hora	cadena de caracteres dado por el DOS o lenguaje
tiempo	cadena de caracteres de dígitos numéricos
archivo	cadena de caracteres de nombre de un archivo de señal
puntos	cadena de caracteres de dígitos numéricos
check	cadena de caracteres de dígitos numéricos
niveles	cadena de caracteres de dígitos numéricos
amplitud	cadena de caracteres de dígitos numéricos
cero	cadena de caracteres de dígitos numéricos
unidad	cadena de caracteres de hasta 10 caracteres
línea	cadena de caracteres (hasta 60 car seguidos por CR, LF)
programa	cadena de caracteres según norma DOS de archivos
texto	cadena de caracteres de hasta 20 caracteres

En este archivo los primeros 4 renglones son de identificación general (NOMBRE.MST, programa_ad, fecha, hora). La base de tiempo (T<tiempo entre muestras>) es única para todos los archivos de un experimento por simplicidad; si alguna señal es muestreada a un submúltiplo de la frecuencia de muestreo común, queda consignado en las Observaciones de inicio de adquisición. Esta base de tiempo es dada en microsegundos ya que los conversores A/D reciben este parámetro para su operación; se deja para los programas de interacción con el usuario el presentar eventualmente el valor en unidades de frecuencia.

El archivo maestro tiene una línea para describir cada archivo de señal. Su nombre es seguido de un campo de verificación de su contenido, llamado "check"; este campo está ocupado por una cadena de caracteres que representa una configuración de bits de verificación de toda la señal. Esta configuración de verificación puede ser, por ejemplo la suma de todos los valores de la señal modulo 128, u otro mecanismo como el código cíclico. Este campo tiene la finalidad de verificar que una señal copiada de un disquete a otro o transmitido por una red de datos llegó a destino sin degradaciones. En algunas aplicaciones, este campo quedará vacío, por no considerarse importante su uso: el programa de verificación, al encontrar el campo vacío, no efectúa el cálculo.

Los campos de "niveles", "amplitud", "cero" y "unidad" dan toda la información necesaria para calibrar la señal. Todo programa que tenga que usar esta información la recogerá de este renglón. Si el programa de calibración es ejecutado en forma independiente de la adquisición, se encargará de leer el archivo maestro y de rellenar estos campos. Para un proceso puntual estos campos no se aplican y quedan en blanco. "Niveles" es la cantidad de niveles del conversor que corresponde a "amplitud", cuya unidad de medida es "unidad". "Cero" indica el valor numérico en unidades "unidad" que corresponde al cero del conversor A/D.

Los textos entre corchetes (<>) son opcionales y permiten que esta norma se adapte a otros idiomas. Los programas deberán reconocer solamente los principios de palabras T, micro, Obs y Proc. El caracter : (dos puntos) indica el inicio de la cadena de caracteres del parámetro de tiempo. Para la implementación de la norma en lengua española se recomienda usar en forma íntegra los textos indicados. La figura 1 presenta un ejemplo de archivo maestro, luego de una adquisición y algunos procesamientos.

```

PEZ.MST
ADQ.BAS
11-16-88
09:34:23
Tiempo entre muestras, microsegundos : 50
PEZ.A01,N=3023,check=120,34=1,0=0,mV
PEZ.A02,N=3023,check=28,39=1,0=200,milivolt
PEZ.B01,N=41,check=62,=,0=,

Observaciones de inicio de adquisicion :
canal 1 contiene el estimulo
canal 2 contiene el registro intracelular
el p.puntual es el sincronismo que genera el estimulo
llueve y estoy cansado

Procesamientos realizados :
PEZ.A03,11-16-88,10:26:05,FFT.BAS,sin ventana
PEZ.T01,11-16-88,10:26:55,FFT.BAS,sin ventana

```

Figura 1 - Ejemplo de archivo maestro: PEZ.MST

Del archivo PEZ.MST de la figura 1 se deduce que fueron adquiridos dos canales analógicos, llamados PEZ.A01 y PEZ.A02, a 200 KHz, de 3023 muestras cada uno; se adquirió también un proceso puntual cuya secuencia de 41 valores temporales está almacenada en el archivo PEZ.B01. Notar que las calibraciones de PEZ.A01 y PEZ.A02 son similares pero PEZ.A02 fue adquirido con un offset de 200 milivolt y que el proceso puntual PEZ.B01 no tiene calibración.

Hasta el renglón de observaciones el formato de los renglones es estricto, mientras que a partir del renglón que inicia con el texto Obs se trata de texto libre. Las líneas de este texto libre serán leídas y desplegadas por los programas de análisis, los cuales no interpretarán de la lectura de dichas líneas ningún valor numérico. La indicación de fin de las observaciones es la cadena Proc; de esta manera el número de líneas de texto varía y se recomienda limitarlo a 20 por la facilidad de ver todo el texto en una pantalla.

La sección de procesamientos prevee un renglón por archivo generado con el mismo NOMBRE por diferentes programas. El formato es estricto hasta el texto libre de final de renglón. En el ejemplo de la figura 1, en el momento de imprimir PEZ.MST, ya había sido calculado un espectro de potencia, contenido en PEZ.A03 y generado por el programa FFT, escrito en BASIC. En el archivo PEZ.T01 el programa FFT.BAS ha incluido los resultados de cálculos, la calibración del espectro y posiblemente algún texto.

Archivos de señal

NOMBRE.A??: archivo de señal analógica. Cada archivo contiene una sola señal, en la cual cada muestra es una cadena de caracteres numéricos ASCII; las muestras están separadas entre sí por retorno de carro y cambio de línea (CR LF). Se trata de niveles

de conversor y por lo tanto son números enteros. Los siguientes son tres ejemplos de valores de un conversor de 8 bits en un archivo de señal analógica tipo NOMBRE.A??:

```
23 <CR> <LF>
36 <CR> <LF>
127 <CR> <LF>
```

No es necesario incluir en este archivo la información sobre el tiempo ya que en el archivo maestro NOMBRE.MST figura el tiempo entre muestras de cada una de las señales adquiridas

NOMBRE.B??: archivo de proceso puntual. Cada archivo contiene un proceso puntual, en el cual cada evento está representado por el tiempo transcurrido desde el inicio del proceso, en número de intervalos (el intervalo entre muestras está definido en el archivo maestro). Estos números están grabados en el archivo bajo forma de cadenas de caracteres, separados entre sí por retorno de carro y cambio de línea (CR LF). Cada cadena de caracteres representa un entero sin signo de 4 bytes de largo ("unsigned long integer"). Esto permite definir instantes de tiempo que distan del origen hasta 2 a la potencia 32 unidades de tiempo. Tomamos como ejemplo el ritmo cardíaco fetal cuyo tiempo medio entre eventos es de 480 milisegundos; luego de 20 horas de monitoreo aproximadamente, con un tiempo entre muestras (exageradamente elevado) de 200 microsegundos (50 KHz), 3 eventos del proceso puntual son representados de la siguiente manera:

```
72000000 <CR> <LF>
72002400 <CR> <LF>
72004820 <CR> <LF>
```

Entre el primer y el segundo evento pasaron 2400 intervalos de 200 microsegundos, o sea 480 ms; entre el segundo y el tercero pasaron 2420 intervalos, o sea 484 ms y así sucesivamente.

La notación elegida, a diferencia de la de punto flotante, permite mantener la precisión en términos de unidades de tiempo para eventos muy alejados del origen del proceso puntual. El origen temporal del proceso puntual (gatillo externo, tecla del operador, etc.) está especificado bajo forma de un texto en la sección de observaciones del archivo maestro.

Del punto de vista formal los archivos NOMBRE.B?? son iguales a los NOMBRE.A??, con la excepción que los NOMBRE.A?? se limitarán en general a la representación en caracteres de enteros de dos bytes como consecuencia de la precisión de los conversores A/D, mientras los NOMBRE.B?? llegan a representar enteros de 4 bytes. Del punto de vista del contenido los NOMBRE.A?? son valores de muestras, mientras que los NOMBRE.B?? son tiempos desde el inicio del proceso, en unidades definidas en el archivo maestro.

Archivos auxiliares

NOMBRE.D??: archivo de marcas. El análisis de señales implica a menudo la fragmentación en trozos. La norma recomienda que, en lo posible, cada trozo sea copiado en un archivo aparte; sin embargo en algunas aplicaciones puede ser necesario registrar el inicio y el fin de trozos seleccionados (solapados o no solapados). Las marcas resultantes de la tarea de selección constituyen un proceso puntual: su almacenamiento seguirá por lo tanto la norma de los procesos puntuales. Cada archivo **NOMBRE.D??** contiene un conjunto de marcas en formato **NOMBRE.B??**. La única diferencia entre este formato y el formato **NOMBRE.B??** es que este formato tiene obligatoriamente un número par de eventos que indican principio y fin de segmentos.

En caso de que el archivo **NOMBRE.Aij** tenga un archivo de marcas asociado, éste se llamará **NOMBRE.Dij**, donde $i, j \in \{0,9\}$.

NOMBRE.T??: archivo de notas. Cada archivo contiene resultados de procesamientos diversos en caracteres ASCII. Este tipo de archivo puede ser leído por programa y su contenido desplegado en pantalla o puede servir como archivo de pasaje de información entre programas. Su formato es:

```

programa      ;es el programa que generó los resultados
fecha        ;día en que se generaron
hora         ;hora del día en que se generaron
archivo, archivo, ...
Resultados>: texto caracteres libre

```

Definición de tipos de variables:

```

programa     cadena de caracteres según norma DOS de archivos
fecha       cadena de caracteres dado por el DOS o lenguaje
hora        cadena de caracteres dado por el DOS o lenguaje
archivo     cadena de caracteres del nombre de archivo de señal

```

La figura 2 es un ejemplo de archivo de notas generado por **CONVOL.C**, un programa que calcula la convolución de dos señales. En este archivo, del mismo **NOMBRE** pero de diferente extensión que una de las señales, el programa deja constancia de lo que hizo en forma inequívoca bajo forma de los nombres de los archivos usados y de texto en la sección **resultados**.

```

CONVOL.C
4-DEC-89
10:12:04
PER8925.A01, FILTRE.A01, PER8925.A02
Results: input, transfer function and output.
See method on page 323, Smith and Croydon.

```

Figura 2 - Ejemplo de archivo de notas: **PER8925.T01**. Notar la implementación en idioma inglés que respeta los caracteres normalizados "result".

El archivo de tipo NOMBRE.T?? se usa por ejemplo cuando, por tratarse de varias señales a la vez, es insuficiente el renglón previsto en la estructura del archivo NOMBRE.MST. Toda vez que un programa produzca varios resultados o que no sean normalizables como señales, se abrirá un archivo de notas, NOMBRE.T??.

USO DE LA NORMA NAS - MONTEVIDEO

En caso de un programa de adquisición genérico, el operador define los parámetros de adquisición y registra las observaciones del caso; el programa de adquisición graba toda esta información en el archivo maestro a la vez que abre el (o los) archivo(s) de señal necesario(s).

En caso de un programa de adquisición rutinaria, como es el caso del programa de un equipo de uso clínico, el programa abre el archivo NOMBRE.MST y llena sus campos de acuerdo a los valores predefinidos y a las respuestas del operador.

```

/* se abre el archivo y se graban los parametros comunes a todas
las senales adquiridas simultaneamente*/
void abre_maestro()
{
  char arch[20], linea[60];
  sprintf(archivo, "%s.mst", nombre);
  if(maestro=fopen(arch, "w")) == NULL
  {
    printf("\n no se pudo abrir");
    exit (-1);
  }
  fprintf(maestro, "%s\n", arch);
  fprintf(maestro, "%s\n", PROGRAMA.C);
  _dos_getdate(&fecha); printf("2");
  fprintf(maestro, "%02d/%02d/%4d\n", fecha.day, fecha.month, fecha.year);
  _dos_getdate(&hora);
  fprintf(maestro, "%02d/%02d/%4d\n", hora.hour, hora.minute, hora.second);
  fprintf(maestro, "%s : %d\n", "Tiempo entre muestras, microsegundos", 1000/frecuencia);
}

/* a continuacion se graban las caracteristicas de las senales
y las observaciones de inicio de adquisicion

```

Figura 3 - Ejemplo de programa de generación de un archivo maestro de la norma NAS-Montevideo en lenguaje C.

Las señales son almacenadas en archivos (una señal por archivo) de caracteres ASCII (NOMBRE.A?? o NOMBRE.B??). Este ultimo tipo se reserva para los procesos puntuales, o sea secuencias de tiempo transcurrido desde el inicio de la adquisición.

Una parte del programa de adquisición o un programa independiente de calibración de las señales llena los campos de caracteres del archivo maestro como resultado de una interacción entre programa y operador o bien como resultado de un proceso de

calibración automática. Los programas que precisan información de calibración leen en el archivo maestro los datos de amplitud, unidad y niveles.

La figura 3 contiene un ejemplo de estructura de datos de un archivo maestro, redactada en lenguaje C.

Un segmento de programa que seleccione trozos de señal para ser analizados en otra instancia, verifica la existencia del archivo **NOMBRE.D??** y graba allí los instantes de tiempo marcados en el proceso de edición. Los archivos de notas y resultados (tipo **NOMBRE.T??**) son generados por los programas de procesamiento con el fin de identificar los archivos generados y de documentar los cálculos y los resultados obtenidos. Estos archivos, al igual que los archivos **NOMBRE.MST** sirven de vehículo de comunicación entre programas diferentes que trabajan los unos sobre los resultados de otros. La normalización y el hecho de ser legibles por procesadores de textos aumenta notablemente la versatilidad de todo el sistema.

```

/* se abre el archivo */
main()
{
    if(fp1=fopen("NOMBRE.A11","r")== NULL)
    {
        printf("\n no se pudo abrir");
        exit (-1);
    }
    while(!feof(fp1)==0)
    {
        for(t=0;t<620;(t++)%620)
        {
            fgets(ch,1024,fp1);
            _setpixel(t,-(atoi(ch))+350);
            while (x++<1000);
            x=0;
        }
        _clearscreen(_GCLEARSCREEN);
    }
    fclose(fp1);
}

```



Figura 4 - Ejemplo de programa en lenguaje C de lectura y presentación de una señal llamada **NOMBRE.A11**. Notar que en este caso la pantalla tiene 620 x 1024 puntos.

La figura 4 es una rutina en C para la lectura de una señal tipo **NOMBRE.A??**; con fáciles sustituciones se puede programar la grabación en disco de una señal leída del conversor A/D.

NORMAS TRANSITORIAS

Existen actualmente algunos programas que almacenan señales en representación binaria. En ciertas situaciones el factor espacio en disco puede resultar crítico, como en ocasión de muestreos a elevadas frecuencias y por largos periodos. Son ejemplos el procesamiento de señales acústicas o el de señales neurofisiológicas. Para los casos en que las opciones de compactación no son aplicables, se normalizan los archivos **NOMBRE.S??** y **NOMBRE.P??** para señales analógicas y para procesos puntuales respectivamente.

NOMBRE.S??: cada archivo contiene una señal, en la cual cada muestra es un "entero por dos", o sea que ocupa dos bytes. La precisión es limitada a conversores de hasta 16 bits.

NOMBRE.P??: cada archivo contiene un proceso puntual, en el cual cada evento está representado por el tiempo transcurrido desde el inicio del proceso (en intervalos de la frecuencia de muestreo) con un número entero sin signo de 4 bytes.

NOMBRE.M??: cada archivo contiene un conjunto de marcas en formato **NOMBRE.P??**. La única diferencia entre este formato y el formato **NOMBRE.P??** es que este formato tiene obligatoriamente un número par de eventos que indican principio y fin de segmentos. Este formato se distingue del formato **NOMBRE.D??** por el tipo de representación de sus valores: en **NOMBRE.D??** son caracteres que representan enteros de 4 bytes mientras en **NOMBRE.M??** son enteros de 4 bytes.

El formato **NOMBRE.S??** es en realidad el resultado de una compresión de un archivo **NOMBRE.A??**; esta compresión puede ser considerada, al estilo de los utilitarios "zcat" del UNIX, como una herramienta de enriquecimiento de la norma para casos especiales: por ejemplo la necesidad de abaratar el costo del medio magnético para almacenamiento a largo plazo o para operar en condiciones de espacio en disco reducido. De la misma manera el formato **NOMBRE.M??** es una versión compactada del formato **NOMBRE.D??**.

RECOMENDACIONES Y CONCLUSIONES

El establecimiento de una norma depende del consenso que en torno a ella concite; los autores han proyectado y desarrollado sistemas teniendo en cuenta los lineamientos propuestos en este trabajo y esperan las sugerencias y observaciones de los colegas de América Latina y del resto del Mundo.

Para iniciar el uso de esta norma se recomienda comenzar por escribir un programa que genere un archivo normalizado **NOMBRE.A??** con su archivo maestro **NOMBRE.MST** y otro programa que lea ambos archivos y los despliegue. Las etapas siguientes consisten en realizar la aplicación particular de análisis de señales que se encara, cumpliendo la norma. Los autores enviarán ejemplos de archivos de señales de los tipos **NOMBRE.A??**, **NOMBRE.B??** y **NOMBRE.MST** a quienes los pidan por correo adjuntando un disquete.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen los comentarios constructivos del licenciado Víctor Abraira de Madrid, del ingeniero Richard Challis de Keele, Reino Unido, de los ingenieros Antonio Giannella Neto y Jurandir Nadal de Rio de Janeiro sin cuyo aporte esta norma carecería de una suma considerable de experiencia en procesamiento de señales analógicas. En Montevideo, la presente norma fue estudiada y comentada por varios profesionales, entre los cuales los autores quieren destacar a los ingenieros Omar Barreneche, Fernando Brum, y Juan Grompone. Se agradece la colaboración de los estudiantes Gabriel Chapt, Luc Chapt, Daniel Delisante, Pablo Del Prato, Rafael Saa, Rafael Sanguinetti y Wadaed Uturbey quienes han probado la presente norma al realizar diversos programas de adquisición y análisis de señales biológicas. Esta norma fue leída también por el licenciado Tomás Sobota de Madrid, por el ingeniero Candido Pinto de Mello de São Paulo y por los ingenieros Bedini, Franchi y Marchesi de Pisa, además de los ingenieros Juan José Cabezas, Rafael Canetti y Marisa Casamayor de Montevideo.

Los autores quieren expresar su reconocimiento al Prof. Dr. Elio García Austt, director del Programa de Neurociencias, por el impulso que le diera a este trabajo.

BIBLIOGRAFIA

- ALMEIDA A.C.G. e INFANTOSI A.F.C. (1990), "Aplicação do método de derivação da fonte no mapeamento da atividade elétrica cerebral", RBE Cadernos de Engenharia Biomédica, volume 7, número 1, páginas 610 a 618, 1990.
- BARBOZA R. (1990), "Remodelagem das equações de Hodgkin e Huxley para o axônio do nervo", RBE Cadernos de Engenharia Biomédica, volume 7, número 1, páginas 677 a 684, 1990.
- CALCOCER P.R., PINHO C. y BASSANI J.W.M., (1990), "Sistema para extração e análise não invasiva de potenciais tardios ventriculares", RBE Cadernos de Engenharia Biomédica, volume 7, número 1, páginas 27 a 36, 1990.
- CARVALHO L.C., RICARDO L.F., SOUZA D.Y., MONTEIRO H.A., MACHADO P.D.L., (1990), "Sistema microcomputadorizado para análise automática do electrocardiograma de esforço", RBE Cadernos de Engenharia Biomédica, volume 7, número 1, páginas 12 a 18, 1990.
- CASTRO N.G., ARACAVALVA Y. y NOBRE F.F. (1990), "Análise de correntes iônicas unitárias por modelagem ponto-evento", RBE Cadernos de Engenharia Biomédica, volume 7, número 1, páginas 544 a 552, 1990.
- CIDADE G.A.G. e INFANTOSI A.F.C. (1990), "Avaliação do desempenho de detectores de transições de correntes iônicas em registros multinível de canais unitários", RBE Cadernos de Engenharia Biomédica, volume 7, número 1, pág. 619-627, 1990

- FERRAND T. y DAVER H., (1990), "Portable computerized multichannel electromyographic and electrocardiographic processor/recorder", RBE Cadernos de Engenharia Biomédica, volume 7, número 1, páginas 213 a 221, 1990.
- FUENTES J. (1979), "Contribución al procesamiento digital de las señales biológicas", Tesis dirigida por J. MULET MELIA, Centro Especial Ramón y Cajal, Madrid, enero 1979.
- FUENTES J. y ALVAREZ J. (1980), "PAN-11 V3N Manual para usuarios del PAN-11 (procesamiento de la actividad neuronal con un computador pdp 11)", Centro Especial Ramón y Cajal, Madrid España.
- ISO, (1973), "7 bit Character Set for Information Processing Interchange - International Standard 646" (norma de los caracteres conocidos como ASCII).
- KALLI S., SURADATA R. (1985) "Computer Based Signal processing system for long term invasive blood pressure signals", XIV ICMBE, Medical and Biological Engineering and Computing, Volume 23, supplement part 1, pages 307 to 308, 1985.
- KOHN A.F. (1990), "Filtros digitais FIR rápidos para aplicações em neurologia", RBE Cadernos de Engenharia Biomédica, volume 7, número 1, páginas 692 a 699, 1990.
- MARTINS L.E.B., BENNATON J.F., GALLO L., MACIEL B.C. y MARIN-NETO J.A., (1990), "Geração de estímulo para o estudo da arritmia sinusal respiratória (ASR)", RBE Cadernos de Engenharia Biomédica, volume 7, número 1, páginas 66 a 71, 1990.
- MELLO NETO V., FLOSI J.O.C. y GIANNELLA NETO A. (1990), "Resistor e pneumotacógrafo de un modelo pulmonar para testes de ventiladores", RBE Cadernos de Engenharia Biomédica, volume 7, número 1, páginas 127 a 133, 1990.
- MORMINO P., DIMARCO A., PALATINI P., CASIGLIA E., PESSINA A.C., (1985), "Automatic analysis of continuous direct blood pressure recordings", XIV ICMBE, Medical and Biological Engineering and Computing, Volume 23, supplement part 1, pages 309 to 310, 1985.
- NADAL J. y PANERAI R.B., (1990), "Estudo preliminar de classificação de arritmias cardíacas utilizando análise de componentes principais", RBE Cadernos de Engenharia Biomédica, volume 7, número 1, páginas 37 a 45, 1990.
- NADAL J., PEREIRA W.C.A., SCHLINDWEIN F.S., (1987), "Recursos uteis ao desenvolvimento de microcomputadores para processamento de sinais em tempo real", RBE Cadernos de Engenharia Biomédica, volume 4, número 2, páginas 137 a 148.
- PERKUSICH A., PERKUSICH M.L.B., DEEP G.S., de MORAIS M.E. y LIMA A.M.N., (1990), "Sistema de auxílio a análise e diagnóstico a partir do electrocardiograma", RBE Cadernos de Engenharia

Biomédica, volume 7, número 1, páginas 112 a 118, 1990.

- PIVA R.M., APPEL E., CALDEROLLI D.M., FORMIGONE H., TACHINARDI U. y GUTIERREZ M.A. (1990), "Sistema baseado em microcomputador compatível com IBM PC para procesamiento e análise de provas de função pulmonar", RBE Cadernos de Engenharia Biomédica, volume 7, número 1, pág. 511-517, 90.
- PKWARE Inc., (1989), "PKZIP, PKUNZIP, PKSFX, PKZIPFFIX", 68 pages, Glendale WI, USA, 1989.
- REGIS M.C., y KOHN A.F., (1990), "Sistema interativo de classificação de potenciais de ação", RBE Cadernos de Engenharia Biomédica, volume 7, número 1, páginas 119-126, 90
- REIS G.M. y WANG B., (1990), "Sistema integrado de instrumentação para potencial evocado baseado num microcomputador compatível com PC-AT: II - Os estimuladores elétrico e acustico", RBE Cadernos de Engenharia Biomédica, volume 7, número 1, páginas 289 a 296, 1990.
- SCHLINDWEIN F.S., CAPRIHAN A., GANDRA S.A.T., (1983), "Sistema de aquisição e exibição de sinais biológicos para microcomputador", RBE Cadernos de Engenharia Biomédica, volume 1, número 2, páginas 45 a 56, 1983.
- SILVA G.A.P. y BASSANI J.W.M., (1990), "Registador digital de arritmias cardíacas (REDAC)", RBE Cadernos de Engenharia Biomédica, volume 7, número 1, páginas 526 a 535, 1990.
- SIMINI F., (1986), "Desarrollo de equipos biomédicos con elementos standard ", RBE Cadernos de Engenharia Biomédica, volume 3, número 2, páginas 5 a 15, 1986.
- SIMPSON D.M., (1990), "An investigation of signal phase in a visual evoked potential", RBE Cadernos de Engenharia Biomedica, volume 7, número 1, páginas 145 a 152, 1990.
- STELLE A.L. y COMLEY R.A. (1990), "The application of the Wigner distribution to the analysis of EEG signals", RBE Cadernos de Engenharia Biomédica, volume 7, número 1, páginas 670 a 676, 1990.
- TURNER S.E., (1990), "Modem Business - A close look at the Bell and CCITT Standards for Modem Communications", Byte, volume 15, number 12, pages 353 to 360, November 1990.
- WU E.J.H. y WANG B., (1990), "Sistema integrado de instrumentação para potencial evocado baseado num microcomputador compatível com PC-AT: I - O promediador", RBE Cadernos de Engenharia Biomédica, volume 7, número 1, páginas 280-288, 90

**NAS-MONTEVIDEO
PROPOSED SIGNAL STORING STANDARDS**

F.Simini, P.Handler, J.Puchet, S.Basalo, J.V.Echague,
M.A.Svirsky

Centro Latinoamericano de Perinatología y Desarrollo Humano
CLAP-OPS/OMS, Casilla correo 627, 11000 Montevideo URUGUAY

ABSTRACT -- A standard for storing sampled analog signals and point processes on disk is presented. Only a minimum set of parameters is established and all possible results of processing are covered by the principles of one file, one signal, the use of characters to represent all values and a structured file naming system. Data compression and checksum aspects are also considered.

KEY WORDS: standards, signals, point processes