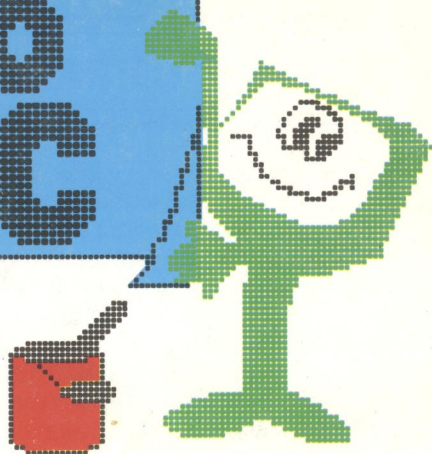


# VIDEO BASIC

20 LECCIONES DE BASIC  
PARA APRENDER CON EL C-64



**INGELEK**



**JACKSON**

*Música electrónica*

*El sintetizador*

*El sonido del C64*

*Programar el SID*

*Ondas y notas*

*Programas sonoros*

*Videoejercicios*

*Videojuego N.º 17*

**17**

**COMMODORE  
C-64**

## VIDEO BASIC

Una publicación de  
INGELEK JACKSON

**Director editor por INGELEK:**

Antonio M. Ferrer

**Director editor por JACKSON HISPANIA:**

Lorenzo Bertagnolio

**Director de producción:**

Vicente Robles

**Autor:** Softidea

**Redacción software italiano:**

Francesco Franceschini,

Stefano Cremonesi

**Redacción software castellano:**

Fernando López, Antonio Carvajal,

Alberto Caffarato, Pilar Manzanera

**Diseño gráfico:**

Studio Nuovaidea

**Ilustraciones:**

Cinzia Ferrari, Silvano Scolari,

Equipo Galata

**Ediciones INGELEK, S. A.**

Dirección, redacción y administración,

números atrasados y suscripciones:

Avda. Alfonso XIII, 141

28016 Madrid. Tel. 2505820

**Fotocomposición:** Espacio y Punto, S. A.

**Imprime:** Gráficas Reunidas, S. A.

Reservados todos los derechos de reproducción y  
publicación de diseño, fotografía y textos.

©Grupo Editorial Jackson 1985.

©Ediciones Ingelek 1985.

ISBN del tomo 4: 84-85831-23-3

ISBN del fascículo: 84-85831-14-4

ISBN de la obra completa: 84-85831-13-6

Depósito Legal: M-15075-1985

Plan general de la obra:

20 fascículos y 20 casetes, de aparición quincenal,  
coleccionables en 5 estuches.

Distribución en España:

COEDIS, S. A.

Valencia, 245. 08007 Barcelona.

INGELEK JACKSON garantiza la publicación de todos  
los fascículos y casetes que componen esta obra y el  
suministro de cualquier número atrasado o estuche  
mientras dure la publicación y hasta un año después de  
terminada.

El editor se reserva el derecho de modificar  
el precio de venta del fascículo,  
en el transcurso de la obra, si las circunstancias del  
mercado así lo exigen.

Impreso en España.

**INGELEK**



**JACKSON**

## SUMARIO

### HARDWARE ..... 2

La música electrónica. El sintetizador. La generación del sonido. El sonido y el ordenador. La producción de los sonidos. El sonido y el C64.

### EL LENGUAJE ..... 20

Qué es el sonido. Estructura del sonido. Las ondas. Las notas.

### LA PROGRAMACION ..... 28

Programas sonoros. Escala musical.

### VIDEOEJERCICIOS ..... 32

## Introducción

*La frase apropiada podría ser: «Uno, diez, cien instrumentos musicales en uno solo: ¡el ordenador!*

*El ordenador, más o menos solapadamente, se ha incorporado a la relación de los instrumentos musicales típicos —como la guitarra, el órgano, el clarinete, etc.— imitando sus sonidos o creándolos nuevos.*

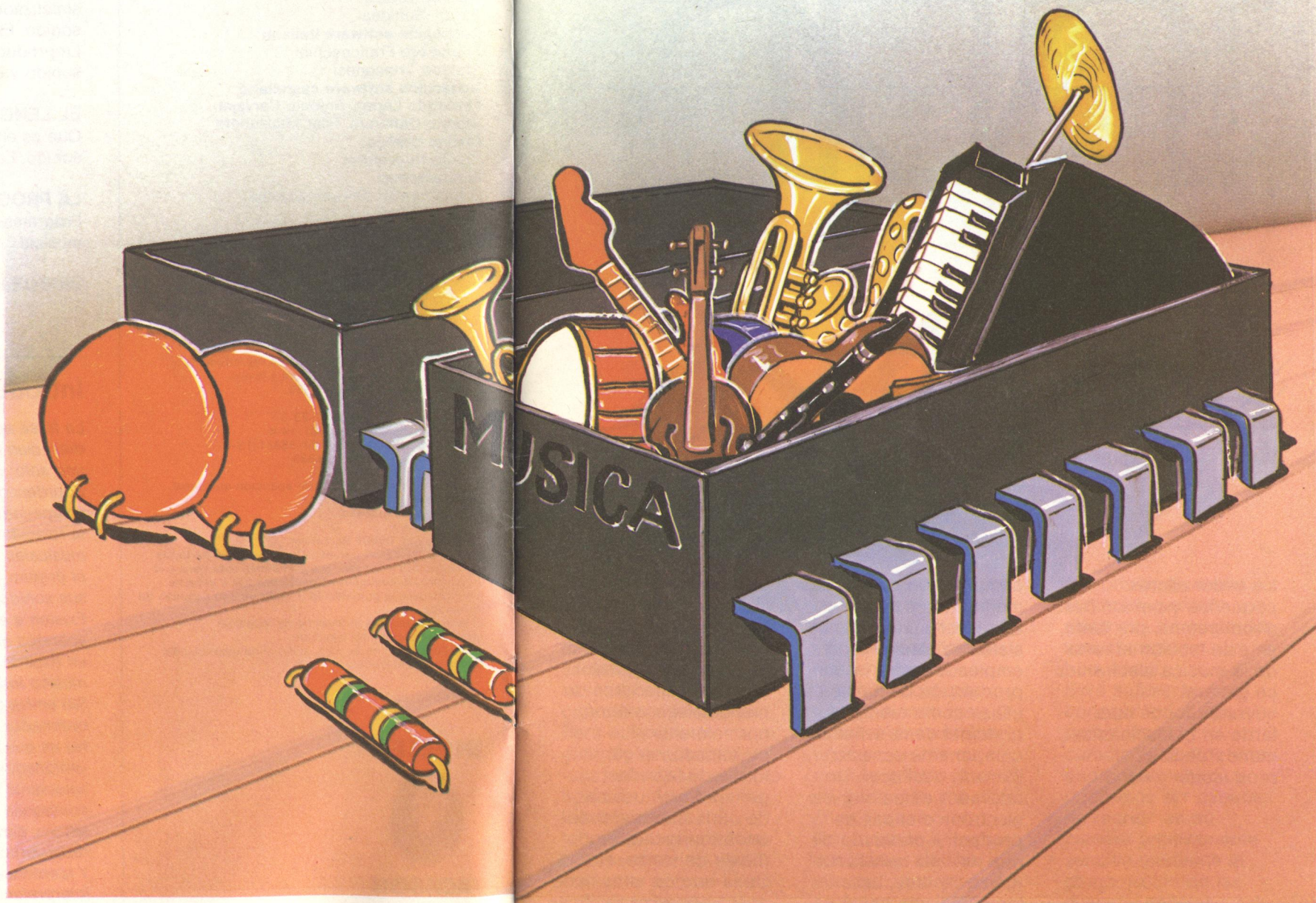
*Existen a este objeto sofisticados aparatos electrónicos más dignos de un experto programador que de un músico inspirado.*

*Sin embargo, ya puedes tocar con tu ordenador.*

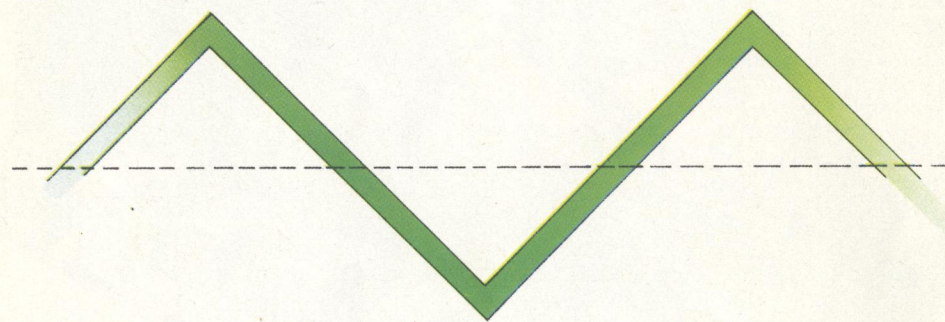
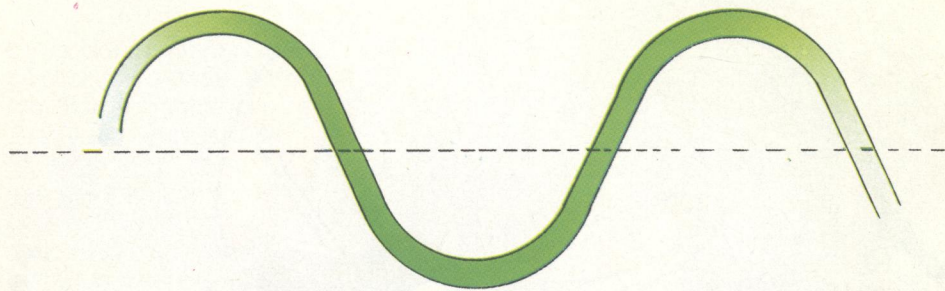
*No es que tu C64 se haya «entonado» improvisadamente, sino solamente que las características que componen un sonido (intensidad, timbre, duración, altura) son reconvertibles a términos numéricos. Y ¿entonces...?! Buena interpretación.*

## La música electrónica

Es ya del dominio público para cualquiera que la electrónica — desde su nacimiento— ha entrado, primero timidamente y después con una importancia cada vez creciente, también en el sector musical, llegando en nuestro días a proponer con una frecuencia casi cotidiana nuevos instrumentos y dispositivos proyectados para generar o imitar sonidos cada vez más complejos y elaborados. Las posibilidades musicales se han extendido en estos últimos años también a



# HARDWARE

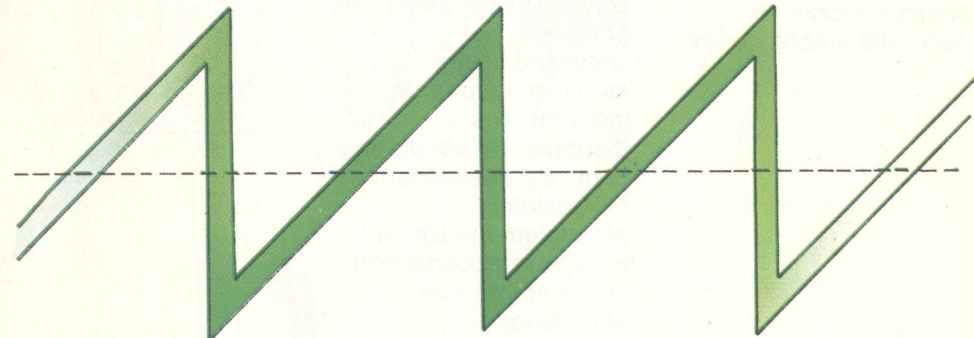
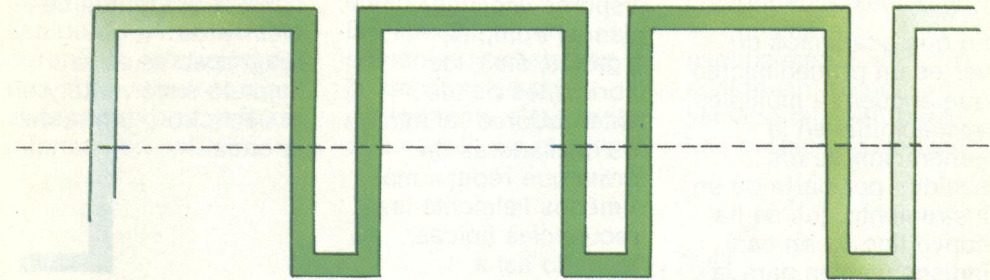


los ordenadores pequeños y personales: afrontaremos, por tanto, en esta lección el tema de la música electrónica en general, adentrándonos más tarde en el fascinante mundo de la producción y de la

composición de sonidos mediante ordenador. La mayor parte de los sistemas electrónicos empleados para la producción de música utiliza como fuente principal de la señal un componente especial llamado oscilador. Un oscilador es un circuito electrónico capaz de producir —partiendo de una entrada constante (generalmente, una tensión)— una señal

eléctrica variable en el tiempo con una cierta frecuencia (es decir, que la repite diversas veces cada segundo). Existen osciladores de numerorísimos tipos, normalmente clasificados según la forma de la señal generada: sinusoidal, de onda cuadrada, de onda triangular, de diente de sierra, etc. Cada uno de ellos tiene aplicaciones específicas

# HARDWARE



en el campo de la utilización determinada a la que ha sido destinado, o bien puede ser empleado en cascada o en paralelo con otros osciladores. Para aclarar este aspecto pondremos rápidamente un ejemplo típico. Existen algunos teoremas matemáticos que demuestran que cualquier tipo de señal periódica puede ser

descompuesta en una serie más o menos larga (su límite es infinito) de señales elementales; en consecuencia, por tanto, uniendo las señales elementales unas con otras es posible generar formas de onda más o menos complicadas. Recurriendo al uso simultáneo de uno o más osciladores es entonces posible

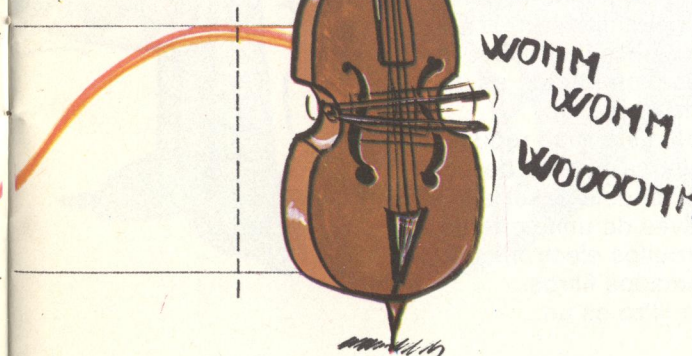
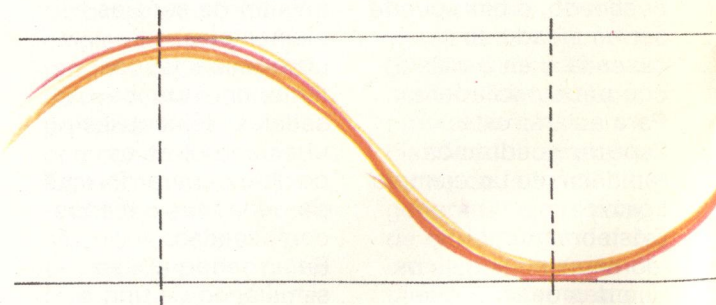
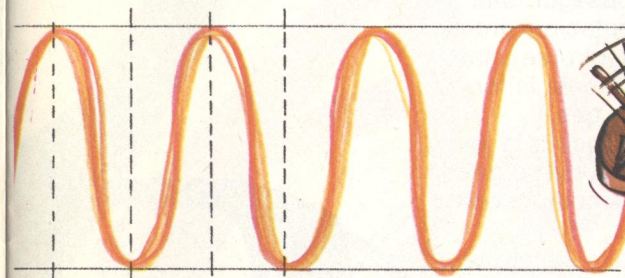
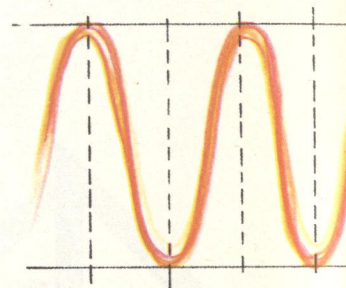
reproducir de modo «artificial» señales eléctricas de cualquier tipo, duración o frecuencia. Será suficiente con conocer todos los parámetros característicos de una onda determinada y podremos ser capaces de recrearlas de manera relativamente sencilla mediante la composición de las diversas señales.

## El sintetizador

Lo que acabamos de ver es un procedimiento que encuentra múltiples aplicaciones en la generación de los sonidos por parte de un instrumento que se ha convertido ya en casi indispensables para la composición y partitura de la música moderna, el sintetizador. Partiendo del análisis de la formas de las ondas sonoras, es decir, del timbre de los

instrumentos más dispares (violines, pianos, trompas, órganos, etc.), los fabricantes de los sintetizadores «afinan» los osciladores de forma que repitan más o menos fielmente las frecuencias típicas, llegando así a reproducir en forma electrónica las características tonales y de timbre. Con la simple presión de un pulsador es así posible imitar con el teclado del sintetizador una amplísima gama de instrumentos, disponiendo así de una gama de posibilidades musicales prácticamente ilimitada. Para la representación de un timbre son necesarias

habitualmente dos familias diferentes de elementos, reagrupables en la llamada envolvente y en el espectro o forma de la onda.



La envolvente nos describe como varía el sonido de amplitud durante la ejecución de una nota, mientras que el espectro proporciona información sobre la

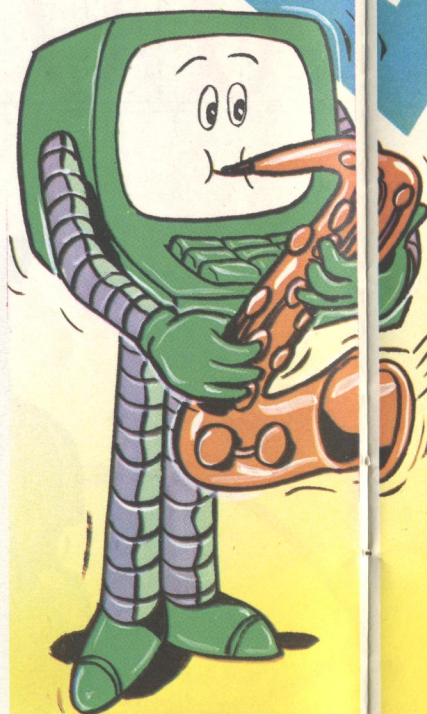
complejidad del propio sonido. El espectro de un sonido indica también la amplitud de cada componente elemental que constituye el propio

espectro, por componente elemental se considera habitualmente un sonido sinusoidal, llamado también puro. Los problemas derivan

del hecho de que normalmente en los instrumentos tradicionales el espectro no es siempre igual, sino que varía en el tiempo, por lo cual para conseguir una representación

completa se debería indicar la correspondiente envolvente para cada componente elemental. Esto resulta prácticamente imposible en la mayoría de los casos, debido a la enorme cantidad de información necesaria. Para conseguir una representación sintética del espectro se usa generalmente la forma de onda que corresponde a la suma punto por punto de los diversos componentes sonoros. Cuando el sintetizador funciona de la manera que acabamos de ver, se llama «de síntesis aditiva», ya que alcanza la señal final ejecutando una serie de sumas de señales-bases. Existe además otro tipo de sintetizador, basado en el procedimiento exactamente opuesto, es decir, en la «síntesis substractiva». En la síntesis substractiva la señal de partida es de una forma muy compleja, y se reduce a la forma de onda deseada haciéndola pasar a través de una serie de circuitos electrónicos llamados filtros. Un filtro es un

dispositivo capaz de retener un determinado componente de onda, dejando pasar la parte restante. Existen filtros «pasa-bajo» (que permiten pasar solamente la parte de una onda con



frecuencia más baja), filtros «pasa-alto» (que permiten, en cambio, pasar solamente a las frecuencias más altas) y filtros «pasa-banda»

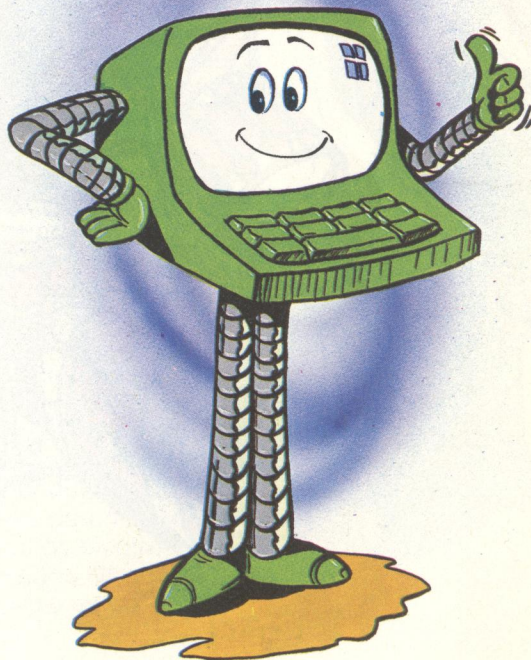
(que permiten pasar a todos los componentes que tengan una frecuencia comprendida entre dos límites bien definidos).



La síntesis substractiva resulta técnicamente menos dificultosa de realizar que la síntesis aditiva, y requiere un equipo generalmente menos costoso. Sin embargo, este método es bastante limitado respecto al número de formas de onda que pueden ser creadas directamente. Podría parecer que, generando una señal inicial que contenga un número infinito de frecuencias (este tipo

de señal se llama «ruido blanco» y, por ejemplo, puedes escucharlo cuando, sintonizando tu radio o tu televisor sobre una determinada emisora, atraviesas una zona donde no existen señales emitidas por ninguna estación transmisora), sería posible resolver el problema. Desgraciadamente, sin embargo, serían necesarios infinitos filtros para llegar a la señal deseada: el

asunto es, por tanto, irrealizable. La síntesis aditiva resulta más versátil, mientras que la substractiva es más sencilla y barata. Como compromiso, muchos sintetizadores ofrecen ambas, generando habitualmente nuevas formas de onda al combinar señales obtenidas con síntesis aditiva con señales producidas mediante síntesis substractiva.



## La generación del sonido

Una vez presentados los elementos fundamentales para la generación de la señal que se quiere reproducir es necesario

ahora hacer esta señal compatible con los dispositivos que se ocupan de la reproducción de la propia señal (es decir, los altavoces). Veamos, por tanto —examinando los diversos elementos uno por uno— como debe estar compuesta la cadena necesaria para obtener finalmente una señal perceptible por nuestros oídos. En primer lugar, el sintetizador debe poder generar la forma de onda que nosotros deseemos escuchar, incorporando eventualmente las modificaciones o mejoras que deban ser introducidas para obtener determinados efectos sonoros (por ejemplo: eco, reverberación, efecto-iglesia, etc.). Esta forma de onda —generada como hemos visto antes por un cierto número de osciladores— está, sin embargo, constituida por una señal de potencia muy limitada, absolutamente insuficiente como para poder ser enviada directamente a los altavoces. Entre los osciladores y los difusores acústicos

deber ser insertado un amplificador, es decir, un dispositivo capaz de «reforzar» la señal, manteniendo todas las características de partida. Una vez hecha esta operación, el altavoz (o los altavoces) puede difundir acústicamente la forma de onda de la señal eléctrica de partida, reproducida esta vez por la vía sonora. Lo que un altavoz efectúa es así una simple transformación de señales, de eléctricas a acústicas, sin insertar o quitar ninguna información a aquello que se le proporciona como entrada. Técnicamente, la parte más importante de todo el sistema es la constituida —es obvio— por el sintetizador; las demás desarrollan, de cierta manera, funciones secundarias (aunque, sin embargo, igual de importantes a efectos de la generación del sonido).

## El sonido y el ordenador

Ahora que ya conocemos los objetos con los que podemos operar, veamos cuáles son los modos más comunes para obtener cualquier cosa «loable» a través de un ordenador.

Ante todo, el ordenador debe disponer de un sintetizador en su propio interior, o, por lo menos, de un interface que lo conecte con un sintetizador exterior. En segundo lugar, es necesario tener la posibilidad de poder manejar este sintetizador: debe, por tanto, existir un modo —ya sea hardware o software— mediante el cual poder comunicar con el sintetizador. Olvidemos por un momento, este aspecto, proponiéndonos retomarlo más adelante. Normalmente en casi todos los sistemas musicales basados en ordenadores se pueden identificar tres fases diferentes en las operaciones desarrolladas: definición de los timbres o instrumentos, organización de las sucesiones de sonidos a producir y, finalmente, ejecución de la pieza. En los sistemas dotados de un teclado conectado por interface al ordenador la segunda y la tercera fase pueden coincidir. En la primera fase se crea un tipo de sonido que deberá ser usado a continuación: esto se

logra almacenando en un área de memoria oportuna del ordenador todos aquellos valores que se refieren a la envolvente y a la forma de la onda. De esta manera, durante la ejecución, cuando el ordenador encuentra la indicación de un timbre determinado debe ir a leer en esa área de memoria todos los datos referentes al timbre en cuestión, para después reproducir el sonido. En la segunda fase se debe leer al ordenador la secuencia de notas a producir, en la práctica, una especie de partitura, predispuesta de tal modo que los diversos sonidos sean organizados según tiempos de acción creciente (el tiempo de acción indica el tiempo que ha de transcurrir





entre el comienzo de la pieza y la entrada de un determinado sonido). Evidentemente, todos estos datos deberán ser memorizados en una memoria secundaria (por ejemplo en un archivo), de modo que pasado un tiempo se pueda reproducir la pieza o, eventualmente, corregir los errores. Esta segunda fase es

siempre la más larga y aburrida, y en la que es más fácil equivocarse. En la tercera fase, cuando es distinta de la segunda, el ordenador debe leer repetitivamente los datos que se refieren a la partitura y, fundiéndolos con los que se refieren al timbre, producir el sonido.

Las posibles variantes de este esquema, como ya hemos dicho antes, son tales que, por ejemplo, en los sistemas provistos de teclado musical se pueden introducir directamente los datos referentes a la partitura, tocando, lo cual hace más espontánea la posterior ejecución.

## La producción de los sonidos

Se debe distinguir rápidamente entre tres técnicas y posibilidades:

- 1) ordenadores que producen sonidos a través de sus propios circuitos internos;
- 2) ordenadores que controlan dispositivos externos a ellos (por ejemplo, un sintetizador

con su correspondiente interface);

3) ordenadores que producen sonidos mediante síntesis de muestreo.

El primer caso es el más sencillo y quizás el que ha podido ser experimentado por mayor número de personas. Se trata siempre de microordenadores y ordenadores personales, que entre otras funciones, pueden producir efectos sonoros. Generalmente, el medio es un circuito integrado, situado en el interior del ordenador, que puede recibir de la unidad central instrucciones capaces de hacerle producir sonidos.

Mientras que en algunos sistemas el acceso a este componente viene facilitado por la existencia de instrucciones BASIC específicas (sin embargo, en detrimento de una mayor flexibilidad de la producción sonora), en otros sistemas se opera con instrucciones a nivel de lenguaje máquina, por ejemplo, mediante PEEK y POKE. En cualquier caso, dado

el extremadamente bajo coste de estos sistemas, las prestaciones —si bien absolutamente sorprendentes— son bastantes escasas, a causa del limitado número de voces disponibles y de la carencia de timbres. El segundo caso es aquel que, en el estado

actual de los dispositivos existentes en el mercado y en base a su precio, puede dar mayores satisfacciones.

La situación más común consiste en tener un ordenador personal conectado a uno o más sintetizadores mediante un interface del tipo del MIDI. El MIDI (abreviatura de Musical Instrument Digital Interface) es un interface digital que ha sido acordado recientemente por los fabricantes de aparatos musicales electrónicos como estándar universal, y gracias al cual es posible conectar varios instrumentos, o bien instrumentos y ordenadores, con un simple cable. En este caso, el ordenador recibe y envía las informaciones a los sintetizadores, permitiendo el más amplio aprovechamiento de sus posibilidades. En los programas de uso más común se tiene en la pantalla del ordenador una reproducción del teclado del sintetizador y se puede actuar sobre las teclas mediante

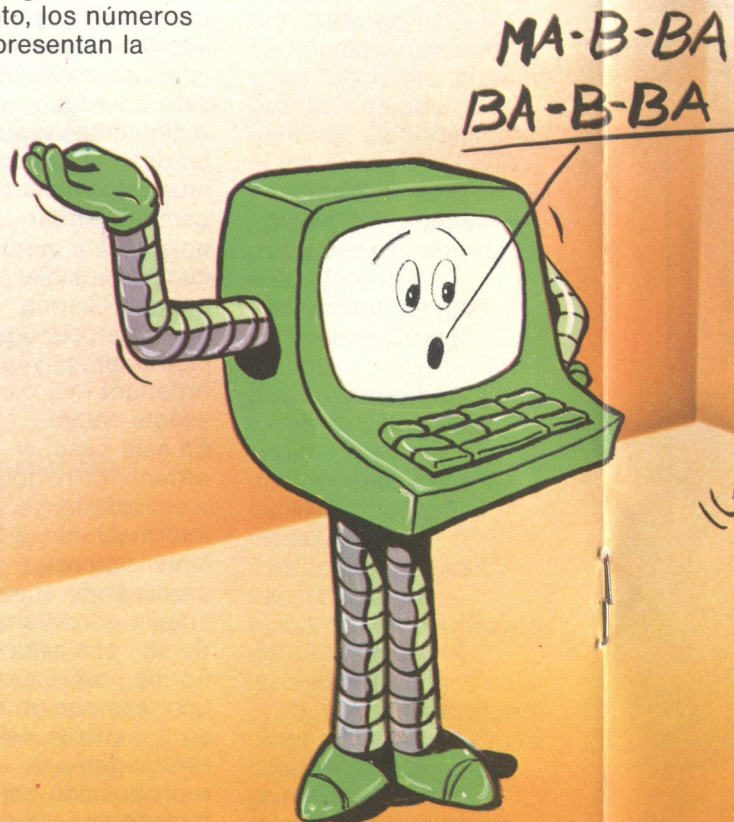
comandos del ordenador. La misión de este consiste en transformar la descripción de las diversas notas en una serie de valores, que deberán después ser direccionados hacia los circuitos internos del sintetizador. Las posibilidades de este sistema dependen tanto de la calidad del dispositivo externo conectado al ordenador como del tipo de programa empleado; en la práctica se debe considerar que cuanto mejores sean los dispositivos conectados al ordenador, mejores serán los resultados. Por último, examinemos el caso de los ordenadores que operan con la síntesis por muestreo. Estos ordenadores producen directamente la señal sonora sin necesidad de osciladores externos o internos. Intenta pensar en una forma de onda descompuesta en muchos pequeños intervalos: si nosotros consideramos la amplitud de estos pequeños intervalos como una representación aproximada de nuestra

onda, considerándola en sucesión ordenada, habremos realizado un muestreo de la forma de onda. Veamos ahora como se desarrolla el proceso de muestreo de

una señal: la amplitud de la señal es medida a intervalos de tiempo constantes y estas medidas se memorizan aparte. En base a un razonamiento intuitivo, cuanto menores sean los intervalos de tiempo entre los cuales se mide la señal, mayor será la fidelidad de la reproducción.

En un segundo momento, los números que representan la

amplitud instantánea de la señal muestreada atraviesan un convertidor digital/analógico (es decir, un dispositivo que transforma las señales digitales en magnitudes variables con continuidad, es decir, analógicas), que en salida reconstruye la señal original.



En la generación de sonidos complejos mediante muestreo el ordenador construye entonces los nuevos valores, sumando muestra tras muestra los valores de las diversas señales elementales. El resultado es una onda compleja, formada por

la suma de todos los componentes elementales usados. Los sistemas que se basan en la síntesis por muestreo están constituidos generalmente por ordenadores más grandes y potentes, ya que la cantidad de cálculos necesaria para

producir tan sólo un minuto de música es enorme. Con esta técnica de síntesis musical se puede prácticamente obtener todo (o casi todo), pero aparte de su precio (verdaderamente alto), estos sistemas tienen el defecto de no poder ser usados para producir música en tiempo real (es decir, no pueden ejecutar las notas en el mismo momento en que efectúan los cálculos), como en cambio pueden hacer perfectamente los sintetizadores manejados por un ordenador.

**Programando adecuadamente un sintetizador es posible reproducir bastante fielmente la voz humana.**



## El Sonido y el C64

Como ya hemos dicho antes, muchos microordenadores y ordenadores personales disponen de capacidades y posibilidades sonoras. Entre estos está tu C64. Este es capaz de producir sonidos y de generar músicas y ruidos de muchísimos tipos. Se puede afirmar además que en el momento actual no existen en el mercado otros ordenadores provistos de dotes musicales tan amplias. Como ya hemos visto al tratar de los gráficos, también la emisión de los sonidos es confiada



en el ordenador a un circuito especial (llamado SID). Este dispone de un cierto número de registros (es decir, de localizaciones), que pueden ser usados a



placer para generar la música deseada. El SID ha sido proyectado de forma que puede provocar incluso al mismo tiempo el sonido de tres voces distintas (en la práctica



es como tener en las manos tres instrumentos diferentes). Cada voz hace referencia a determinados registros del SID, mediante los cuales es así posible asignar cada característica sonora por separado. El



método elegido por Commodore para el C64 es extremadamente cómodo, versátil y potente: de hecho permite —gracias a que el sonido es gestionado mediante un circuito integrado específico— generar las músicas independientemente del trabajo que en ese

momento esté desarrollando la CPU, dejando a disposición de esta última más tiempo (y por tanto más rapidez) para desempeñar otras tareas. Más adelante veremos la técnica a emplear para conseguir producir sonidos con el SID: de momento es suficiente con que tú averigues, en el caso de que uses un monitor, si éste dispone de un altavoz incorporado. No poseyendo en su propio interior ningún altavoz, tu C64 envía las señales sonoras (junto con las señales de audio) al enchufe que lo conecta al monitor. Mientras que con un televisor no existe ningún problema (¿qué aparato no dispone de volumen?), bastantes monitores no previenen salidas sonoras. En este caso, la única solución para conseguir oír alguna cosa es conectarse temporalmente al televisor.

## Qué es el sonido

Como todos sabemos, el sonido es un fenómeno físico al que uno de nuestros sentidos, el oído, es sensible. El sonido se propaga en el aire mediante el desplazamiento ondulatorio de las distintas moléculas gaseosas que constituyen la atmósfera, a través de una serie de movimientos hacia adelante y hacia atrás de las partículas, con respecto a los puntos en los que se encontraban en estado de reposo. La velocidad con la que los distintos ciclos de movimientos (que llamaremos ondas sonoras) se ejecutan depende de la nota emitida por la fuente responsable de la generación del sonido. Esto sería comparable a lo que ocurre dejando caer un objeto sobre una superficie de agua quieta: si el objeto fuera

pequeño, las ondas no serían muy marcadas, mientras que si fuera de dimensiones notables, las ondas resultarían mucho más evidentes. Si se dibujara en un gráfico la magnitud del desplazamiento de cada partícula alrededor del punto en que se encuentra con referencia al tiempo transcurrido, se obtendría el dibujo de la onda sonora: en general esta onda tiene la forma de un senoide y su principal característica es el tiempo que emplea para desarrollarse completamente, hasta que se repita completamente en un segundo ciclo. Este tiempo se define como período de la onda y se mide en segundos o fracciones de segundo. Si en cambio, se mide su inversa, es decir, el número de ciclos que ejecuta la onda en el tiempo de un segundo, se define otra magnitud que resulta muy conocida: la frecuencia (que se mide en ciclos por segundo o hercios). El sonido emitido por un instrumento siempre está caracterizado por una frecuencia

fundamental, la correspondiente a la nota emitida, pero que está normalmente acompañada por otras ondas sonoras, con una frecuencia que es múltiplo entero (doble, triple, etc.) de la fundamental. Estas ondas se llaman armónicas superiores y son importantes porque su presencia (en cantidad) le proporciona una característica al sonido (llamada timbre) que diferencia a los instrumentos musicales entre sí. El resultado final de la onda junto al de sus armónicos, es una forma no sinusoidal, obtenida sumando las diversas ondas. Además del timbre, existen otros tres elementos indispensables para caracterizar una onda sonora: la duración, la altura y la intensidad. La duración es la característica del sonido que calcula el espacio de tiempo durante el que se percibe el sonido. Por lo tanto, la duración específica durante cuánto tiempo la fuente sonora hace vibrar las partículas que

transmiten la onda (compuesta por moléculas de aire en el caso de la atmósfera y por moléculas de agua, en un estanque). La unidad de medida de la duración es un tiempo, por ejemplo, en segundos. La altura, en cambio, especifica como es de grave o agudo un sonido. Se mide en hercios y cuanto más elevada sea la frecuencia más agudo será el sonido. En teoría nuestro oído podría percibir sonidos comprendidos entre 20 y 20.000 hercios: con el paso de los años y también a causa de la continua contaminación acústica a la que estamos diariamente sometidos perdemos muchas de nuestras facultades auditivas, en especial con respecto a las frecuencias extremas, y sobre todo a las más altas. De cualquier manera y a nuestros efectos el asunto no tiene demasiada importancia puesto que los ordenadores y los altavoces que se les suelen conectar no permiten prestaciones musicales extremas. El tercer elemento, la

intensidad, resulta el más fácil de entender. Nos enfrentamos diariamente a aparatos como el televisor, el casete, la radio, y otros muchos, a los que se les puede regular el volumen. Girando determinados mandos podemos variar la intensidad total, es decir, el volumen del aparato. Llamamos «total» a esta intensidad, puesto que bajando el volumen se disminuyen proporcionalmente todos los sonidos y todos los ruidos difundidos por el aparato. Dicho de otra manera, si imaginas el televisor como si fuera un instrumento y todos los sonidos como un único sonido, el mando «volumen» actúa sólo sobre el elemento «intensidad» permaneciendo invariables todos los demás. La unidad de medida de la intensidad sonora es el decibelio. Normalmente, el umbral mínimo para percibir un sonido oscila sobre 20 decibelios, mientras que el nivel a partir del cual se alcanza el llamado «umbral del dolor» (los sonidos demasiado

fuertes pueden llegar a provocar daños irreversibles en el oído) es de aproximadamente 120-130 decibelios.

## El sonido

Ya que la gestión de los sonidos en el C64 no está confiada a instrucciones BASIC específicas, deberemos —al igual de como lo hicimos al tratar de los gráficos— trabajar con los potentes comandos PEEK y POKE. Antes de comenzar a hablar de música es, sin embargo, necesario distinguir con exactitud los diversos registros destinados al manejo y al control de las diversas prestaciones obtenibles por el SID. El SID comienza en la localización de memoria S=54272 y está dotado de 29 registros (justo hasta 54300). De estos, los primeros 25 (25 quiere decir los comprendidos entre 0 y 24) son accesibles solamente para escritura, es decir, pueden ser establecidos con un valor determinado o modificado su contenido mediante POKE, pero no pueden ser leídos con la

instrucción PEEK.  
Los otros 4 (en las  
posiciones 25-26-27-  
28) son, sin embargo,

registros de sólo lectura  
(que pueden solamente  
ser leídos con PEEK).  
Los diversos registros

del SID se pueden  
considerar subdivididos  
en los siguientes cuatro  
grupos:

54272	0	voz 1	FRECUENCIA NOTA BYTE BAJO
54273	1	voz 1	FRECUENCIA NOTA BYTE ALTO
54274	2	voz 1	AMPLITUD DE PULSAC. BYTE BAJO
54275	3	voz 1	AMPLITUD DE PULSAC. BYTE ALTO
54276	4	voz 1	FORMA DE ONDA (17, 33, 65, 129)
54277	5	voz 1	ATTACK - DECAY
54278	6	voz 1	SUSTAIN - RELEASE

54279	7	voz 2	FRECUENCIA NOTA BYTE BAJO
54280	8	voz 2	FRECUENCIA NOTA BYTE ALTO
54281	9	voz 2	AMPLITUD DE PULSAC. BYTE BAJO
54282	10	voz 2	AMPLITUD DE PULSAC. BYTE ALTO
54283	11	voz 2	FORMA DE ONDA (17, 33, 65, 129)
54284	12	voz 2	ATTACK - DECAY
54285	13	voz 2	SUSTAIN - RELEASE

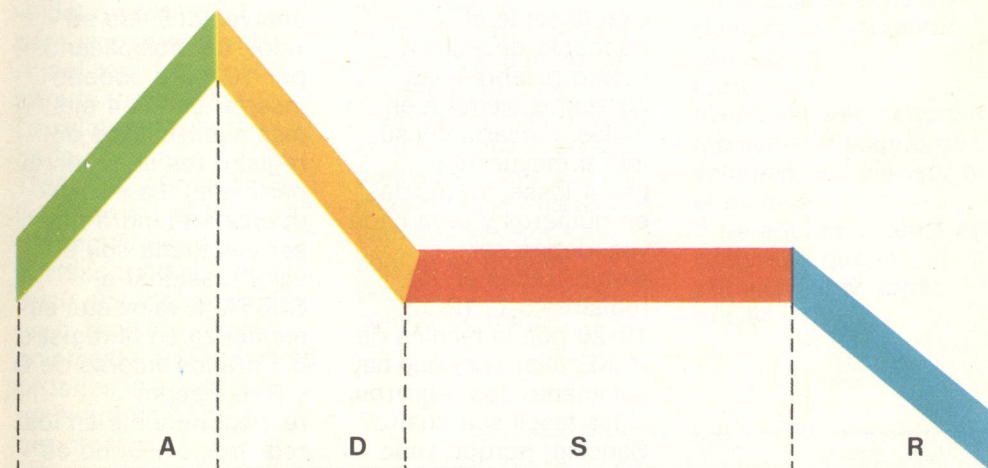
54286	14	voz 3	FRECUENCIA NOTA BYTE BAJO
54287	15	voz 3	FRECUENCIA NOTA BYTE ALTO
54288	16	voz 3	AMPLITUD DE PULSAC. BYTE BAJO
54289	17	voz 3	AMPLITUD DE PULSAC. BYTE ALTO
54290	18	voz 3	FORMA DE ONDA (17, 33, 65, 129)
54291	19	voz 3	ATTACK - DECAY
54292	20	voz 3	SUSTAIN - RELEASE

54293	21	LIMITE FILTRO DE FRECUENCIA BYTE BAJO
54294	22	LIMITE FILTRO DE FRECUENCIA BYTE ALTO
54295	23	ELECCION FILTRO Y RESONANCIA
54296	24	VOLUMEN Y ENCENDIDO FILTROS
54297	25	LECTURA DATOS X PADDLE
54298	26	LECTURA DATOS Y PADDLE
54299	27	LECTURA 8 BITS ALTOS OSCILADOR VOZ 3
54300	28	LECTURA SALIDA GENERADOR ENVOLVENTE VOZ 3

## Estructura del sonido

Seguramente alguna vez habrás pulsado una tecla de un piano y habrás podido escuchar la emisión del sonido:  
- el volumen del sonido asciende rápidamente hasta el valor máximo  
- después se va atenuando  
- se mantiene justo

hasta el instante en el cual quitas el dedo de la tecla  
- después desciende hasta cero rápidamente.  
Para poder reproducir el mismo efecto sonoro con el ordenador es posible definir los cuatro valores de las fases de desarrollo del sonido que se suceden como en la figura A.



GENERADOR DE LA ENVOLVENTE DEL SONIDO

- Es el tiempo en el cual el sonido alcanza su máximo volumen.
- Es el tiempo en el cual el sonido llega al volumen medio de persistencia.
- Es el tiempo en el cual el sonido continúa manteniéndose activo.
- Es el tiempo en el cual el volumen se pone a cero.

En inglés los términos correspondientes a las cuatro letras son los siguientes:

ATTACK	DECAY	SUSTAIN	RELEASE
--------	-------	---------	---------

Ya que no existen términos italianos que corresponden exactamente al concepto de estas cuatro palabras, las citaremos siempre en inglés, o usaremos su inicial mayúscula. Las 4 fases, traducidas en números y para cada voz, deben ser memorizadas en los registros 5-6, 12-13, 19-20 con la técnica de POKE. ¿Pero por qué hay solamente dos registros, si las fases son cuatro? Sencillo: porque cada localización está dividida en dos partes de 4 bits. Por ejemplo, en el registro 5:

- la parte alta se usa para memorizar la duración del ATTACK.
- la parte baja para memorizar la duración del DECAY.

Igualmente, en el registro 6:

- la parte alta contiene SUSTAIN.
- la parte baja

contiene RELEASE. Ya que 4 bits pueden representar valores del 0 al 15, tendremos la posibilidad de elegir –para cada una de las fases– un valor comprendido en este intervalo. Sin embargo, para memorizar A en la parte alta del registro 5 es necesario acordarse, una vez definido su valor, de multiplicarlo por 16, para poderlo insertar en los 4 bits más significativos del registro (es decir, en la parte alta). La misma operación tendrá que ser efectuada con el valor a asignar a SUSTAIN, valor que se memoriza en el registro 6. Para los valores de D y R (a insertar respectivamente en los registros 5 y 6) no es necesario ejecutar ningún cálculo: son simplemente sumados a los valores de A y de S obtenidos de la multiplicación ya mencionada. Los datos ADRS son también llamados «generadores de envolvente» de la voz y en general definen – junto con la forma de onda– el tipo de emisión sonora.

## Las ondas

Tu C64 tiene la posibilidad de emitir ondas según 3 tipos de formas distintas, no armónicas (es decir, no sinusoidal), que se establecen activando los bits (ino los bytes!) número 6, 5, 4:

- del registro n.º 4 para la primera voz
- del registro n.º 11 para la segunda voz
- del registro n.º 18 para la tercera voz

La primera forma de onda se llama TRIANGULAR; se activa llevando a 1 el bit n.º 4 del registro correspondiente (es decir, insertando el 17 en el registro). Posee solamente armónicos de órdenes impares. La amplitud de cada armónico es proporcional al recíproco del cuadrado del número armónico. La segunda forma de onda se llama DIENTE DE SIERRA; se activa llevando a 1 el bit n.º 5 del registro correspondiente (es decir, insertando 33 en el registro). Posee todos los armónicos; la amplitud de cada

armónico es proporcional al recíproco del número del armónico. La tercera forma de onda es la ONDA CUADRADA; se activa llevando a 1 el bit n.º 6 del registro correspondiente (es decir, insertando 65 en el registro). Los registros de las formas de onda controlan también la emisión del sonido, en el sentido de que cuando insertas el valor en el registro el sonido comienza a ser emitido, mientras que cuando cambias el valor el sonido se detiene (17 produce, por ejemplo, el sonido de onda

triangular, 16 lo bloquea). El último tema se refiere al volumen de emisión: este puede ser modificado (en la misma medida para cada voz), insertando un valor comprendido entre 0 (volumen mínimo) y 15 (volumen máximo) en la localización 54296 del SID. En cualquier caso es siempre conveniente situarlo en 15, regulando eventualmente el sonido mediante el mando de volumen del televisor o el monitor. Y he aquí finalmente un programa que te permite hacer sonar tu C64.

```

10 SI = 54272
20 POKE SI + 6, 240: POKE SI + 5, 0
25 POKE SI + 3, 8: POKE SI + 4, 65
30 POKE SI + 24, 15
40 FOR L = 1 TO 10
50 FOR M = 10 TO 50 STEP 2
60 POKE SI + 1, M
70 FOR N = 1 TO 10
80 NEXT N
90 NEXT M
100 POKE SI + 1, 0
110 FOR M = 1 TO 100
120 NEXT M: NEXT L
130 POKE SI + 24, 0
    
```

El efecto de este programa será muy parecido a una especie de «alarma a bordo» típico de las naves espaciales. No es necesario comentar el listado: gracias a la tabla de las localizaciones del SID, podrás fácilmente comprender y modificar a tu gusto las instrucciones que componen el ejemplo, adaptándolas eventualmente para que produzcan nuevas y distintas salidas sonoras.

## Las notas

Intentemos ahora, usando una sola voz, ver como es posible tocar una pieza con el ordenador. Será necesario ejecutar todas las operaciones de programación que ya hemos visto, introducir un ciclo que lea —una tras otra— las distintas notas (es decir, los dos datos de frecuencia que las distinguen) y las distintas duraciones. Cada nota es definida por una frecuencia, que

$$1500/0.06097=24602=Fc(\text{Frecuencia Commodore})$$

es reproducida por el C64 después de haber memorizado en los registros 0,1 (para la voz 1), 7,8 (para la voz 2) y 14,15 (para la voz 3) el cociente redondeado a entero obtenido dividiendo la propia frecuencia por 0.06097 (este número deriva del funcionamiento del microprocesador del ordenador). Si, por ejemplo, queremos producir un sonido con frecuencia igual a 1.500 hercios, deberemos memorizar el número:

operación que requerirá aún otro paso, la subdivisión del número 24602 en dos números, a insertar en los dos registros:

- en el registro 1 memorizando la parte entera del cociente obtenido dividiendo Fc por 256 (¿te acuerdas del álgebra binaria?)

$$\text{INT}(24602/256) = 96$$

- en el registro 0 memorizando el resto (es decir, la diferencia entre Fc y el contenido del registro 1 multiplicado por 256).

Por tanto:

$$24602 - (256 * 96) = 24602 - 24576 = 26$$

Así obtenemos: POKE SI + 0.26 y POKE

SI + 1,96 (de lo que resulta SI = 54272).

OCTAVA	NOTA	ALTA FRECUENCIA	BAJA FRECUENCIA
0	DO	1	18
0	DO #	1	35
0	RE	1	52
0	RE #	1	70
0	MI	1	90
0	FA	1	110
0	FA #	1	132
0	SOL	1	155
0	SOL #	1	179
0	LA	1	205
0	LA #	1	233
0	SI	2	6
1	DO	2	37
1	DO #	2	69
1	RE	2	104
1	RE #	2	140
1	MI	2	179
1	FA	2	220
1	FA #	3	8
1	SOL	3	54
1	SOL #	3	103
1	LA	3	155
1	LA #	3	210
1	SI	4	12
2	DO	4	73
2	DO #	4	139
2	RE	4	208
2	RE #	5	25
2	MI	5	103
2	FA	5	185
2	FA #	6	16
2	SOL	6	108

OCTAVA	NOTA	ALTA FRECUENCIA	BAJA FRECUENCIA
2	SOL #	6	206
2	LA	7	53
2	LA #	7	163
2	SI	8	23
3	DO	8	147
3	DO #	9	21
3	RE	9	159
3	RE #	10	60
3	MI	10	205
3	FA	11	144
3	FA #	12	32
3	SOL	12	216
3	SOL #	13	156
3	LA	14	107
3	LA #	15	70
3	SI	16	47
4	DO	17	37
4	DO #	18	42
4	RE	19	63
4	RE #	20	100
4	MI	21	154
4	FA	22	227
4	FA #	24	63
4	SOL	25	177
4	SOL #	27	56
4	LA	28	214
4	LA #	30	141
4	SI	32	94
5	DO	34	75
5	DO #	36	85
5	RE	38	126
5	RE #	40	200

He aquí los valores a memorizar en los dos registros, correspondientes a todas las notas ejecutables con el C64.

OCTAVA	NOTA	ALTA FRECUENCIA	BAJA FRECUENCIA
5	MI	43	52
5	FA	45	198
5	FA #	48	127
5	SOL	51	97
5	SOL #	54	111
5	LA	57	172
5	LA #	61	126
5	SI	64	188
6	DO	68	149
6	DO #	72	169
6	RE	76	252
6	RE #	81	161
6	MI	86	105
6	FA	91	140
6	FA #	96	254
6	SOL	102	194
6	SOL #	108	223
6	LA	115	88
6	LA #	122	52
6	SI	129	120
7	DO	137	43
7	DO #	145	83
7	RE	153	247
7	RE #	163	31
7	MI	172	210
7	FA	183	25
7	FA #	193	252
7	SOL	205	133
7	SOL #	217	189
7	LA	230	176
7	LA #	244	103

## Programas sonoros

Haciendo referencia a lo que hemos visto al respecto del sonido en la parte relativa al lenguaje, escribamos

```

10 S = 54272
11 FOR K = 0 TO 24: POKE S + K, 0: NEXT
20 POKE S + 24, 15
50 POKE S + 5, 31
60 POKE S + 6, 31
61 FOR H = 1 TO 8: READ A, B, C: POKE S + 1, A
62 POKE S, B
70 POKE S + 4, 17: FOR I = 1 TO C: NEXT I
80 POKE S + 4, 16
81 FOR N = 1 TO 50: NEXT N: NEXT H: RESTORE:
  GOTO 61
90 DATA 34, 75, 100, 38, 126, 100
91 DATA 43, 52, 100, 45, 198, 100
92 DATA 51, 97, 100, 57, 172, 100
93 DATA 64, 188, 100, 68, 149, 100
    
```

Y he aquí un comentario a las diversas instrucciones: **10 y 11** ponen a cero todos los registros del SID. **20** volumen al máximo. **50** selección A-D (31-15 = 16, porque A = 1, D = 15). **60** selección S-R (31-15 = 16, porque S = 1, R = 15). **61** ciclo de lectura de los valores de frecuencia y de duración de las notas y memorización de la parte alta de la frecuencia en el registro 1.

ahora un breve programa que ejecute una escala de DO. Los valores a insertar en los diversos registros serán aquéllos que ya hemos visto antes. Este es el programa:

**62** memorización de la parte baja de la frecuencia en el registro 0. **70** selección de la onda triangular (comienza la emisión de una nota) y elaboración de un bucle de retardo para la duración de la nota. **80** parada de la forma de onda (se detiene la emisión sonora). **81** bucle de retardo para separar cada nota de la sucesiva, cierre del ciclo de lectura y RESTORE de los datos para poder comenzar de nuevo.

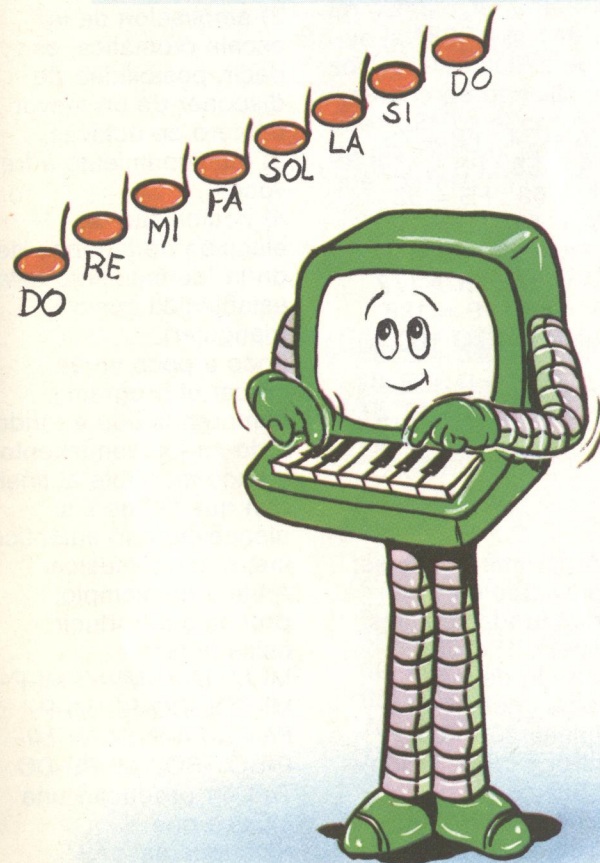
Si intentamos ahora ejecutar lo mismo con dos voces, las modificaciones que deberemos aportar serán pocas: **50 y 60** seleccionar el ADSR también para la segunda voz (registros 12 y 13). Elijamos, por ejemplo, un valor 36, igual a A = 2, D = 4, S = 2, R = 4. **61 y 62** memorización de los valores de las frecuencias también en los registros de emisión de la voz 2 (7 + 0 y 7 + 1). **70 y 80** encendido y apagado de la forma de la onda (por ejemplo, el diente de sierra) para la segunda voz.

Las líneas modificadas son, por tanto:

```

50 POKE 5 + 5, 31 : POKE S + 12, 36
60 POKE 5 + 6, 31 : POKE S + 13, 36
61 FOR H = 1 TO 8 : READ A, B, C :
  POKE S + 1, A : POKE S + 8, A
62 POKE S, B : POKE S + 7, B
70 POKE S + 4, 17 : POKE S + 11, 33 :
  FOR I = 1 TO C : NEXT I
80 POKE S + 4, 16 : POKE S + 11, 32
    
```

Ahora podrías, como ejercicio, probar las diversas combinaciones de valores de envolvente del generador de los sonidos y de la forma de la onda y modificar el programa, para conseguir una emisión también con la tercera voz. He aquí finalmente un pequeño programa que te permitirá componer todas (o casi todas) las músicas que quieras. Como entrada deberás especificar una tras otra las notas a tocar, incluyendo —cuando sea necesario— las eventuales pausas. Las notas deberán ser especificadas con su nombre (DO, RE, MI...), y la pausa con una «P». El programa acepta un máximo de 100 notas: si en cualquier caso tu desearas insertar un número menor, bastará teclear «FIN» y tu C64 comenzará a tocar todas las notas introducidas hasta ese momento.





```

10 PRINT CHR$( 147)
20 PRINT "CREADOR DE MUSICA"
30 PRINT : PRINT : PRINT "ESCRIBE LAS
DISTINTAS NOTAS (FIN PARA TERMINAR)"
40 DIM A$( 100)
50 I = - 1
60 I = I + 1
70 PRINT "NOTA NUMERO"; I;
80 INPUT A$( I)
90 IF A$( I) = "FIN" THEN I = I - 1 : GOTO 200
100 GOTO 60
200 S = 54272
210 FOR K = S TO S + 24 : POKE K, 0 : NEXT
220 POKE S + 24, 15
230 POKE S + 5, 31
240 POKE S + 6, 31
300 FOR K = 0 TO I
310 IF A$( K) = "DO" THEN FA = 34 : FB = 75
320 IF A$( K) = "RE" THEN FA = 38 : FB = 126
330 IF A$( K) = "MI" THEN FA = 43 : FB = 52
340 IF A$( K) = "FA" THEN FA = 45 : FB = 198
350 IF A$( K) = "SOL" THEN FA = 51 : FB = 97
360 IF A$( K) = "LA" THEN FA = 57 : FB = 172
370 IF A$( K) = "SI" THEN FA = 64 : FB = 188
380 IF A$( K) = "P" THEN FOR M = 1 TO 100:
NEXT : GOTO 420
390 POKE S + 1, FA : POKE S, FB
400 POKE S + 4, 17 : FOR M = 1 TO 300 : NEXT
410 POKE S + 4, 16
420 NEXT K
    
```

El programa puede ser subdividido en tres partes fundamentales:

- líneas 10-100: inserción de las diversas notas
- líneas 200-400: control y preparación del SID.
- líneas 300-420 ejecución de las notas.

Sin embargo, el

programa está lejos de ser perfecto; por lo tanto, y a título de ejercicio podrias intentar añadir una por una las siguientes posibles mejoras:

- 1) comprobación de las notas en entrada (si por un error teclearas «SIL» en lugar de «SOL», el ordenador debería avisarte);
- 2) ampliación de la escala cromática, es decir, posibilidad de disponer de un mayor número de octavas;
- 3) funcionamiento a tres voces;
- 4) posibilidad de elección de la forma de onda (de momento está establecida como triangular);

Poco a poco verás crecer el programa, comprendiendo a fondo todo su funcionamiento y encontrándote al final con que tienes a tu disposición un auténtico instrumento musical. A título de ejemplo, prueba a introducir estas notas:  
MI-MI-MI-P-MI-MI-MI-P-  
MI-SOL-DO-RE-MI-P-  
FA-FA-FA-P-FA-MI-MI-  
P-SOL-SOL-MI-RE-DO.  
Tu C64 producirá una música que reconocerás inmediatamente.

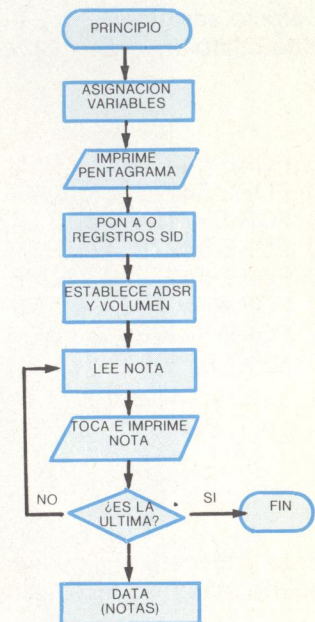
## Escala musical

Los objetivos de este programa son dos:

- 1) imprimir el pentagrama;
- 2) tocar la nota escrita cada vez.

Tal y como muestra el diagrama de flujo, los

pasos se ejecutan de forma secuencial, pero la velocidad de ejecución es lo suficientemente elevada como para dar la sensación de instantaneidad. Reconocerás con facilidad las localizaciones que se refieren a los osciladores. En cambio, te recuerdo que la 1505 y la 1465 son localizaciones de memoria de pantalla y que el 81 es el código de pantalla del boliche que representa la nota.



```

5 S = 54272: PRINT "■": X = 1505: Y = 1465
10 FOR R = 1 TO 5: PRINT "■"; FOR C = 1 TO 22
15 PRINT "-"; NEXT C: PRINT: PRINT: NEXT R
20 POKE S + 14, 0: POKE S + 4, 0
25 POKE S + 5, 0: POKE S + 6, 0
30 POKE S + 5, 64
35 POKE S + 6, 128
40 POKE S + 24, 15
45 READ A, B
50 FOR I = 1 TO 500: NEXT
55 IF A = 0 THEN 85
60 POKE S + 4, 33
65 POKE S + 1, A: POKE S, B
70 X = X - 40 : Y = Y - 40
75 POKE X, 81 : POKE Y, 103: X = X + 2: Y = Y + 2
80 GOTO 45
85 POKE S + 14, 0: POKE S + 4, 0
90 POKE S + 5, 0: POKE S + 6, 0
95 DATA 34, 75, 38, 126, 43, 52, 45, 198
100 DATA 51, 97, 57, 172, 64, 188, 0, 0
    
```

# EJERCICIOS

El efecto sonoro de este programa es el de una escala decreciente.  
¿Qué cambiarías para obtener el efecto contrario, es decir, el creciente?

```
10 POKE 54296, 15 : REM VOLUMEN
20 POKE 54277, 0 : POKE 54278, 240 : REM ADSR
30 FOR F = 100 TO 10 STEP -1
40 POKE 54276, 17 : REM FORMA DE ONDA
50 POKE 54272, F : POKE 54273, F : REM NOTA
60 FOR RI = 1 TO 10 : NEXT : REM DURACION NOTA
70 POKE 54276, 16 : REM FORMA DE ONDA
80 NEXT F : END
```

A	EL PROGRAMA ENTERO
B	LA FORMA DE ONDA
C	EL CICLO DE LAS FRECUENCIAS

Carga y ejecuta el siguiente programa. Después intenta modificarlo para hacerlo más real y sugestivo.

```
10 POKE 54296, 15
20 FOR I = 1 TO 20: GOSUB 30: NEXT : END
30 POKE 54277, 123 : POKE 54278, 24
40 POKE 54272, 12 : POKE 54276, 129
50 FOR N = 10 TO RND (0) * 100 + 20
60 POKE 54273, N : NEXT
70 POKE 54276, 32
80 RETURN
```

RAYOS FOTONICOS

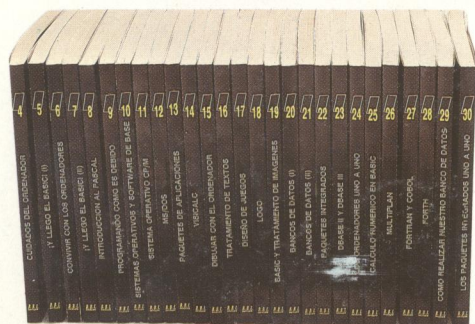
## ¡ YA ESTA A LA VENTA !



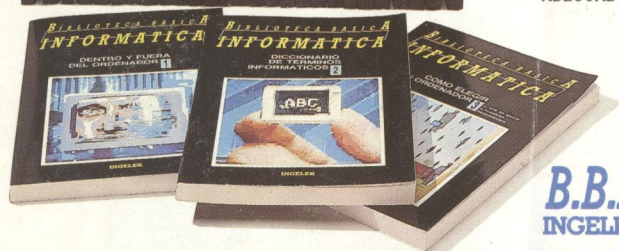
*la revista que esperaba  
el usuario  
de COMMODORE*

**novedad en España: « fuera errores »**

# UNA GRAN OBRA A SU ALCANCE



UNA OBRA COMPLETISIMA EN 30 VOLUMENES QUE TRATA TODOS LOS TEMAS, DESDE QUE ES UN ORDENADOR HASTA EL ESTUDIO DE LOS DIVERSOS LENGUAJES, PASANDO POR LOS LENGUAJES, METODOS DE PROGRAMACION, ELECCION DEL ORDENADOR ADECUADO, DICCIONARIO, ETC.



**B.B.I.**  
INGELEK

## 30 EXTRAORDINARIOS VOLUMENES DE APARICION SEMANAL CON TODOS LOS CONCEPTOS DE LA INFORMATICA

GRAN OFERTA DE SUSCRIPCION  
9.995 PTAS

AHORRE MAS DE 1.000 PTAS Y LLEVESE UNA MAGNIFICA CALCULADORA SOLAR VALORADA EN 2.500 PTAS.



OFERTA VALIDA ÚNICAMENTE  
PARA ESPAÑA

# SUSCRIBASE POR TELEFONO

Todos los días, excepto sábados y festivos,  
de 8 a 6,30 atenderemos sus consultas en el



# 2505820