



## **UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LA MIXTECA**

### **“SISTEMA ELECTRÓNICO PORTÁTIL PARA LA LECTURA DE SÍLABAS COMO APOYO EN ALFABETIZACIÓN INICIAL”**

**Tesis propuesta para obtener el título de:**

**INGENIERO EN ELECTRÓNICA**

**Presenta:**

**MARCOS ULISES CERÓN CASTRO**

**Director de tesis:**

**M. C. : MARIBEL TELLO BELLO**

**Huajuapán de León, Oax. Agosto del 2003.**

## **RESUMEN:**

El presente proyecto: "Lector de sílabas", pretende servir de apoyo en la alfabetización inicial, específicamente en la lectura (español) de palabras formadas por 2 sílabas simples de 2 letras: consonante y vocal respectivamente. Se puede leer una sílaba o dos, y si se desea se puede repasar el nombre de las letras que se manejan (16 consonantes y 5 vocales).

Se trata de un sistema electrónico portátil agrupado dentro de una pequeña caja con un casillero en la superficie dentro del cual se pueden insertar hasta cuatro letras (fichas), formando palabras de dos sílabas como se menciona anteriormente. A un lado de dicho casillero se encuentra un altavoz, el cual reproducirá la palabra formada una vez que el usuario oprima el botón indicado.

Un conjunto de 80 sílabas pregrabadas permite, al formar las palabras, concatenar 2 de ellas. Es decir, el dispositivo al momento de la reproducción, une las sílabas. La extracción de una sílaba se logra a través de un código formado al insertar las letras. La unión de una consonante y una vocal forma un código que se hace corresponder con una dirección, donde se encuentra la sílaba grabada.

# CONTENIDO

Prólogo.....	i
Introducción.....	ii
Objetivo.....	iv
Justificación.....	v

## I FUNDAMENTOS TEÓRICOS

1.1 Alfabetización.....	1
1.2 Métodos para aprender a leer: sintetizado y analítico.....	2
1.3 Procesamiento de la voz.....	4
1.4 Microcontroladores.....	17
1.5 Grabadores de voz.....	21

## II DISEÑO Y REALIZACIÓN DEL SISTEMA

2.1 Descripción general del sistema.....	22
2.2 El sistema electrónico desarrollado.....	26
2.2.1 Selección de datos.....	32
2.2.2 Control.....	33
2.3 Funcionamiento.....	39
2.3.1 Direccionamiento.....	39
2.3.2 Un código corresponde a una dirección.....	43
2.4 Generando el prototipo.....	49
2.4.1 Aspecto físico.....	51

## III PRUEBAS Y RESULTADOS

3.1 Implementando el sistema electrónico.....	55
3.1.1 El ISD256120: grabación y reproducción.....	56

3.1.2 Selección de los datos.....	60
3.1.3 Control y ejecución de acciones.....	62
3.1.4 Introducción de datos.....	65
3.2 Resultados.....	70

#### IV CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS

4.1 Conclusiones.....	73
4.2 Perspectivas.....	75

#### APÉNDICES

Apéndice A.....	77
Apéndice B.....	80
Apéndice C.....	83
Apéndice D.....	87
Referencias.....	90

## FIGURAS

1.1	Identificando sílabas.....	3
1.2	Experimento para observar el comportamiento del sonido.....	4
1.3	Función analógica con puntos de muestreo.....	7
1.4	Representación digital aproximada de la función analógica.....	8
1.5	Aliasing producido cuando $F_s < F_{max}$ .....	10
1.6	La señal muestreada $Y(t)$ se obtiene a partir de $F(t)$ y $S(t)$ .....	12
1.7	Ejemplo: Muestreo del sonido en un CD.....	13
1.8	Sistema de procesamiento digital de señales.....	15
1.9	Tratamiento general de la voz.....	16
1.10	Bloques de un vocoder genérico.....	16
1.11	Arquitectura Harvard usada en los PIC.....	20
2.1	Esquema general del sistema.....	23
2.2	Dibujo preliminar del lector de sílabas.....	24
2.3	Diagrama específico del sistema.....	24
2.4	Una opción para desarrollar el proyecto es utilizar un DSP.....	28
2.5	Pines del ISD25120.....	32
2.6	Descripción de pines del 74LS157.....	33
2.7	Diagrama de pines del microcontrolador.....	34
2.8	Diagrama de puertos utilizados en el pic12c508.....	35
2.9	Flujo de control.....	37
2.10	Conexiones de los dispositivos internos con el ISD25120.....	50
2.11	Laminillas del casillero.....	51
2.12	Diseño preliminar del gabinete.....	52
2.13	Fichas.....	53
2.14	Prototipo preliminar.....	54
3.1	Circuito preliminar: pruebas de grabación/reproducción.....	56
3.2	Conexiones de los pines a $V_{cc}$ y tierra.....	57
3.3	Circuito utilizado para grabar.....	58
3.4	Protoboard de pruebas.....	60

3.5	Diagrama de funcionamiento de los selectores.....	61
3.6	Circuito preliminar sin uso de pic para el control.....	63
3.7	Diagrama del circuito impreso del Lector de Sílabas.....	65
3.8	Fichas con placas metálicas horizontales.....	66
3.9	Push button y fichas con huecos.....	67
3.10	Sensores ópticos y fichas con pestaña.....	68
3.11	Laminillas de contacto en forma vertical.....	69
3.12	Prototipo final.....	72
4.1	Perspectiva: Enunciados utilizando fichas por sílaba.....	76

## **PRÓLOGO**

El contenido del presente documento se desglosa en cuatro capítulos:

Capítulo I : Este capítulo consta básicamente de la recopilación de información concerniente con el problema que se intenta resolver y al cual se quiere apoyar, así como la teoría necesaria para desarrollar el sistema electrónico.

Capítulo II : Contiene la planificación del sistema, su estructuración, la selección de opciones diversas y la integración del sistema final. Además se explica el funcionamiento lógico del "Lector de sílabas". En la última parte se contempla la realización de todo el conjunto como prototipo final.

Capítulo III : Detalla todas las experiencias y pruebas realizadas para determinar la mejor opción para el sistema, desde las etapas de grabado y reproducción, selección de datos, control, diseño de fichas y gabinete, hasta la implementación global.

Capítulo IV : Este detalla las conclusiones personales sobre el proyecto, puntos de vista sobresalientes en la realización del trabajo y el cumplimiento de expectativas planteadas en el objetivo inicial. Explica también algunas posibilidades de mejora que el proyecto puede presentar en un desarrollo futuro.

## **INTRODUCCIÓN**

Uno de los factores más importantes dentro del desarrollo de cualquier país, sino es que el fundamental, es la educación integral de sus habitantes. En el país, la escasez de los recursos económicos, aunado a una deficiente administración de los mismos, entre otros factores, ha ido generando un retraso muy notable con respecto a otros países que quizás no son tan ricos y vastos en recursos naturales como el nuestro pero que han aplicado gran parte de su gasto público a la enseñanza en todos sus niveles.

Esto les ha permitido desarrollar tecnología propia, aplicable a la manufactura de satisfactores y en consecuencia tener acceso a un mejor nivel de vida.

Como todo proceso evolutivo, la educación se tiene que ir dando gradualmente, por lo mismo siempre los primeros pasos son los que darán los lineamientos para seguir avanzando sólidamente, sin embargo hay un número importante de habitantes en este país que no pueden ni siquiera dar estos primeros pasos, incrementando así las cifras del analfabetismo.

No obstante que este problema ha ido disminuyendo poco a poco, es preocupante saber que el Estado de Oaxaca tiene el primer lugar de población analfabeta en el país [5]. Factores como la diversidad étnica donde Oaxaca es, en la República Mexicana, el Estado privilegiado que aún conserva como ningún otro, 16 grupos étnicos que mantienen una cultura tan diferente entre sí con 15 lenguas distintas que se hablan además del castellano o español [4].



Otro factor que ha contribuido al alto índice de analfabetismo es que, Oaxaca también es uno de los estados de relieve más accidentado, de ahí las dificultades para su intercomunicación (tres cadenas montañosas y treinta y dos grandes y medianas cuencas de ríos) [4].

Para lograr que la población alcance un nivel educativo importante, primero que nada es necesario eliminar totalmente el analfabetismo, es decir, brindarle a cualquier individuo la oportunidad de leer para poder llenarse de conocimientos a través de la lectura y a su vez expresar sus ideas mediante la escritura.

En Oaxaca, las comunidades alejadas de los centros urbanos son muchas y la población no tiene acceso a las escuelas: la educación se lleva a cabo por medio de grupos de voluntarios. Pero el número de voluntarios es insuficiente y los grupos se saturan fácilmente por lo que la tarea se complica.

Por otra parte, la tecnología puede y debe jugar un papel importante para lograr este propósito, de ahí que en el mercado se generen distintos aparatos didácticos que en su mayoría son importados y caros. Una de las características de gran utilidad en estos productos electrónicos es la emulación del lenguaje oral; el impacto que tienen sobre cualquier usuario, complementado con las características visuales del mismo: “ver y escuchar”, hacen de este tipo de productos los favoritos y más prácticos.

En el país, se pueden desarrollar instrumentos tan útiles como los mencionados, que sin un costo elevado y sin alto grado de sofisticación, haciendo uso de los recursos que se tienen al alcance; pueden contribuir a solucionar problemas de alfabetización. Es a partir de ello que se plantea el objetivo de esta tesis.

## **OBJETIVO**

Diseñar y desarrollar un sistema electrónico portátil que apoye en el proceso de alfabetización inicial mediante la lectura de algunas sílabas y palabras simples. A partir de un conjunto de fichas con letras impresas, el usuario armará las sílabas o palabras en el sistema y éste reproducirá el sonido correspondiente a través de un altavoz con solo pulsar un botón.

Esto puede reforzar lo aprendido por el educando en clases previas y en alguna medida pretende apoyarle en la etapa básica del proceso de alfabetización.

El "lector de sílabas", nombre que se utiliza para identificar al sistema, intenta cumplir por una parte con los requisitos mínimos de manejabilidad, simplicidad y a la vez pretende tener un diseño atractivo y novedoso para el usuario (original).

## **JUSTIFICACIÓN**

Un sistema electrónico como el que se presenta, puede ser de gran utilidad en comunidades alejadas, en donde se ve una de sus posibles aplicaciones; aunque en las zonas urbanas su uso podría brindar apoyo al educando en su aprendizaje, ya que le ayudará a memorizar la lectura de sílabas, especialmente a aquellos que tienen un aprendizaje lento.

Las personas adultas que no saben leer ni escribir tienden a pensar que ya no están en edad para aprender, sienten pena de ir a la escuela o de formar parte de grupos de alfabetización del INEA (Instituto Nacional para la Educación de los Adultos), dejando pasar estas oportunidades. Esta es otra aplicación potencial del sistema, ya que estas personas podrían adquirirlo y empezar a leer sin tener que asistir a la escuela. Alguna persona cercana que sepa leer, puede guiarlos en su manejo; una vez conocido el sistema, podrán armar sus primeras palabras y el avance se dará gracias al empeño personal.

En el entendido de que la alfabetización comprende un campo de acción mucho más amplio, como por ejemplo: diversas reglas y combinaciones especiales de letras, el objetivo del sistema propuesto se ve acotado a una etapa básica del proceso de alfabetización inicial.

Se puede decir entonces que el presente proyecto: "No pretende solucionar el problema de alfabetización sino ser una parte complementaria de la solución". Todas las expectativas presentadas se sustentan en el éxito que han tenido diversos juguetes didácticos parlantes en el mercado, debido a que son muy demandados por los consumidores.

# CAPÍTULO 1

---

## FUNDAMENTOS TEORICOS

### 1.1 Alfabetización

“La alfabetización y la pos-alfabetización implican esfuerzos en el sentido de una correcta comprensión de lo qué es la palabra escrita, el lenguaje, y sus relaciones con el contexto de quien habla y de quien lee y escribe, comprensión por tanto de la relación entre ‘lectura’ del mundo y lectura de la palabra...”[13]

Es indiscutible que los niños de la sociedad deban aprender a leer y a escribir. Sin embargo, si se hace una encuesta preguntando a los padres y educadores el porqué y para qué alfabetizar, se encontrarán respuestas vagas, a veces incompletas, limitadas e incluso hasta con cierta paradoja. “Las expectativas de enseñanza de la lengua escrita, son tan imprecisas cuanto la propia comprensión de lo que significa alfabetizar “[13].

En el contexto de la sociedad, alfabetizar no es más que dar voz al sujeto, así como también propiciarle medios críticos de participación social. La relevancia y vitalidad de la lengua escrita, se transparenta en múltiples usos, géneros y funciones: la comunicación, el documento, la previsión, el diagnóstico, el informe, la noticia, la ayuda a la memoria, la diversión, la traducción, la reivindicación, la información, la propaganda, la expresión afectiva, etcétera[5]...

Asociadas a las otras formas de expresión, comunicación y representación simbólica (oral, arte, música, sonido, movimiento y gestos), las prácticas de la escritura contribuyen para la unión definitiva del individuo con su mundo, con su entorno, en un proceso paralelo de inserción social y constitución de sí mismo.

El profesor, además de brindar a sus alumnos las técnicas y experiencia propias para lograr de la alfabetización un proceso constructivo de individuos, debe también adquirir el compromiso de hacer del aprendizaje un ejercicio habitual y, ¿por qué no?, placentero, capaz de despertar la curiosidad implícita en el ser humano y su gusto por el saber[13].

## 1.2 Métodos para aprender a leer: sintetizado y analítico

Según especialistas en el ramo de la educación[21], no se puede definir un método específico y/o más efectivo para aprender a leer y escribir. No obstante, se pueden brevemente mencionar dos, que si bien son diferentes en su naturaleza, pueden ser complemento uno del otro de acuerdo al desarrollo del proceso de alfabetización y como lo juzgue necesario el profesor.

Se habla de un método sintetizado cuando al alumno se le instruye partiendo del conocimiento del alfabeto y conduciéndolo a través de la formación de sílabas, palabras y finalmente enunciados, es decir se parte de lo particular a lo general, el alumno aprende símbolos (letras) y su combinación para describir el mundo que le rodea, interpretarlo y expresarse en él mediante el lenguaje escrito.

Por su parte el método analítico parte del conocimiento real, de la percepción previa que se tiene del mundo. El alumno sabe que el objeto 'vaso' es un vaso y a partir de este conocimiento visual empieza a descifrar los símbolos que significan vaso en el lenguaje escrito, llegando a un conocimiento más específico de las letras[21].

Los dos métodos son válidos para aprender a leer y ambos confluyen en su momento al armado (síntesis) y descifrado (análisis) de sílabas como parte de una palabra o nombre de un objeto.

Es válido considerar a la lectura de sílabas como punto de partida porque la pronunciación en la lengua hablada es silábica, es decir, se pronuncian las palabras silábicamente, por ejemplo: se dice sa-co y no s-a-c-o [5].

Por lo anterior, la aplicación del lector de sílabas encuentra un amplio campo de acción, un ejemplo de esto se ilustra en la Figura 1.1



Fig. 1.1 Identificando sílabas

### 1.3 El procesamiento de la voz

En cuanto al aprendizaje, se ha visto que el manejo de las sílabas es un paso importante para aprender a leer. Ahora lo que se pretende en este proyecto es manipular los sonidos de las sílabas para conjuntar, según corresponda, sonidos y símbolos. Para esto, a continuación se hace un pequeño análisis sobre las características más importantes del sonido, de la voz y el tratamiento que se da a ambos para su manipulación digital, ya que se consideran fundamentos necesarios para la planeación e implementación de éste proyecto.

El sonido es una vibración que se propaga a través del aire, gracias a que las moléculas del aire transmiten la vibración hasta que llega a los oídos [2]. Se aplican los mismos principios que cuando se lanza una piedra a un estanque: la perturbación de la piedra provoca que el agua se agite en todas las direcciones hasta que la amplitud de las ondas es tan pequeña, que dejan de percibirse. La Figura 2 muestra las vibraciones físicas de un diapasón que ha sido golpeado.

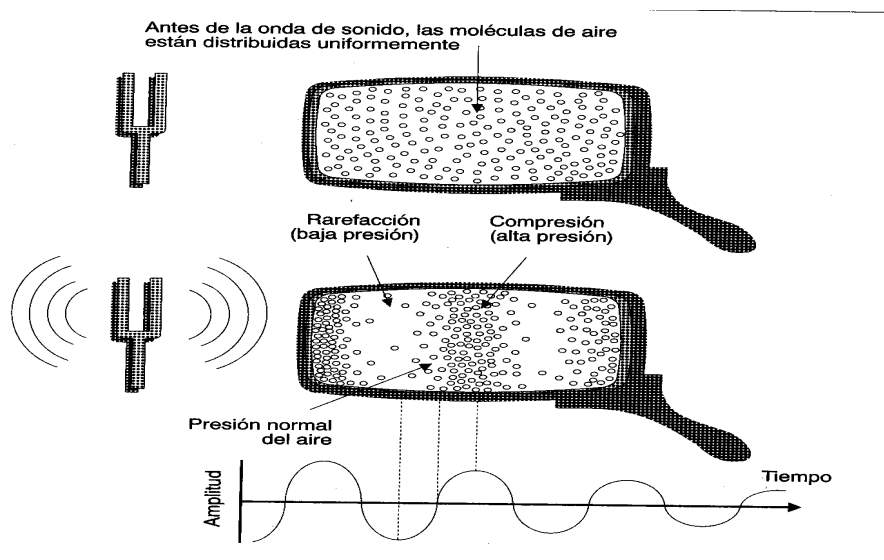


Figura 1.2 Experimento para observar el comportamiento del sonido

Las vibraciones del diapasón obligan a que las moléculas de aire se agrupen en regiones de mayor y menor densidad, dando lugar a que la presión del aire aumente o disminuya instantáneamente.

El diapasón es un excelente ejemplo de fuente de sonido por dos razones: la primera es que puede observarse el movimiento de vaivén de sus brazos mientras se escuchan los resultados de esta vibración; la segunda es que el diapasón genera una frecuencia (vibraciones por segundo) constante hasta que toda su energía se ha disipado en forma de sonido. Una perturbación que viaja a través del aire se denomina onda y la forma que adopta esta se conoce como forma de onda [17].

Una señal analógica es aquella que tiene un conjunto continuo de valores. Una señal digital es aquella que tiene un conjunto discreto de valores. La mayoría de las cosas que se pueden medir en la naturaleza aparecen en forma analógica. Señales que se sienten a través de oídos, ojos y piel son analógicas. Algunas cantidades analógicas son el tiempo, temperatura, distancia y sonido. Un ejemplo de este último es la voz [3].

La voz, como parte del sonido, es una señal analógica formada por ondas de presión sobre un medio físico como el aire, estas ondas son producidas por el aparato fonador humano.

El tracto vocal es un tubo acústico que inicia en la glotis y termina en los labios. Este genera un número grande de resonancias pero se pueden considerar más importantes las denominadas formantes y son las que se encuentran en un intervalo de frecuencias entre los 100 y 3,500 Hz. Las señales de voz pueden contener componentes de frecuencias de hasta 10 kHz, aunque la mayor parte de los sonidos de



la voz se encuentra por debajo de los 5 kHz, solamente los sonidos fricativos llegan a alcanzar los 10 kHz [19].

Las señales de voz se clasifican en dos grupos: las señales sonoras (ej. "a" o "e") son producto de la vibración de las cuerdas vocales, generando pulsos semi-periódicos de aire que excitan el tracto vocal. Las señales no sonoras (ejemplo: "s" o "f"), se producen al contraer el tracto vocal y forzar al aire a través de él; también se conocen como sonidos fricativos[19]. Esta clasificación es de gran utilidad para el tratamiento de la voz.

El procesamiento digital es aplicable a cualquier tipo de señal analógica y la eficiencia del tratamiento depende de la forma de onda en particular. Existen varias ventajas en el uso de técnicas digitales para el procesamiento de señales. Muchas funciones que pueden realizarse con procesamiento digital no pueden implementarse por medio de sistemas analógicos.

Estas ventajas son evidentes en cuanto a que brindan al sistema características como: Programabilidad, estabilidad, repetibilidad, mayor facilidad al implementar algoritmos adaptables y la habilidad de implementar códigos de corrección de errores y funciones especiales tales como filtros de fase lineal[9].

Es posible usar sensores electrónicos para convertir presión, temperatura o sonido a señales eléctricas pero será necesario convertir estas señales obtenidas a valores numéricos para su procesamiento digital [1].

En el tratamiento digital de señales analógicas, específicamente de la voz, se requiere hacer uso de convertidores analógico-digitales primero,

y de convertidores digital-analógicos después para la recuperación de la señal. Para ilustrar la diferencia entre la representación analógica y digital de una cantidad, se plantea el caso de un voltaje que varía en un intervalo de 0 a 15v, dentro del cual hay un número infinito de valores.

En el caso de una representación digital, usando un código binario de 4 bits, sólo pueden definirse 16 valores. Pueden representarse más valores entre 0 y + 15 volts, usando más bits en el código digital. Así, una señal analógica puede representarse con cierto grado de aproximación, con un código digital que especifica valores discretos dentro del rango.

Este concepto se ilustra en la figura 1.3, donde la función analógica mostrada es una curva suave que toma valores entre 0 y 15v, 0000 y 1111 respectivamente. Si se usa un código de 4 bits para representar esta curva, cada número binario representa un punto discreto (de muestreo) sobre dicha curva.

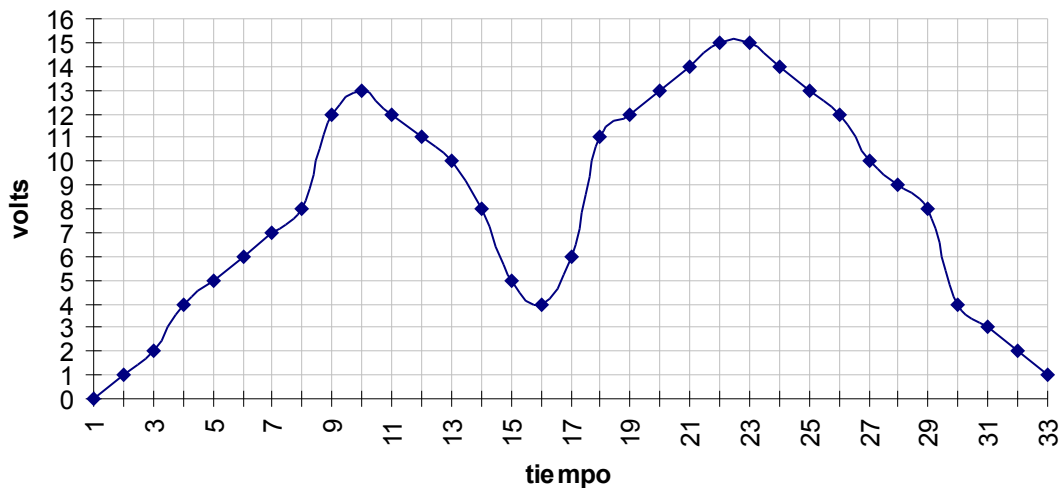


Fig. 1.3 Función analógica con puntos de muestreo

En lo que concierne al tratamiento de la voz, este se inicia con la captura del sonido haciendo uso del micrófono (sensor electrónico). Cuando las ondas de sonido llegan al micrófono, el movimiento mecánico se traduce en una señal eléctrica. Esta señal se denomina

Se mide o muestrea el voltaje sobre la curva analógica en cada uno de los 33 intervalos iguales. El voltaje en cada uno de ellos se representa mediante un código de 4 bits. En este punto, se tiene una serie de números binarios que representan varios valores de voltaje junto con la curva analógica. Esta es la idea básica de una conversión analógica-digital (A/D).

Una aproximación de la función analógica de la figura 1.3, puede reconstruirse a partir de la secuencia de números digitales que se ha generado, esto es la base de la conversión digital a analógica [3]. La figura 1.4, ilustra la representación digital de la curva analógica que se toma como ejemplo (figura 1.3).

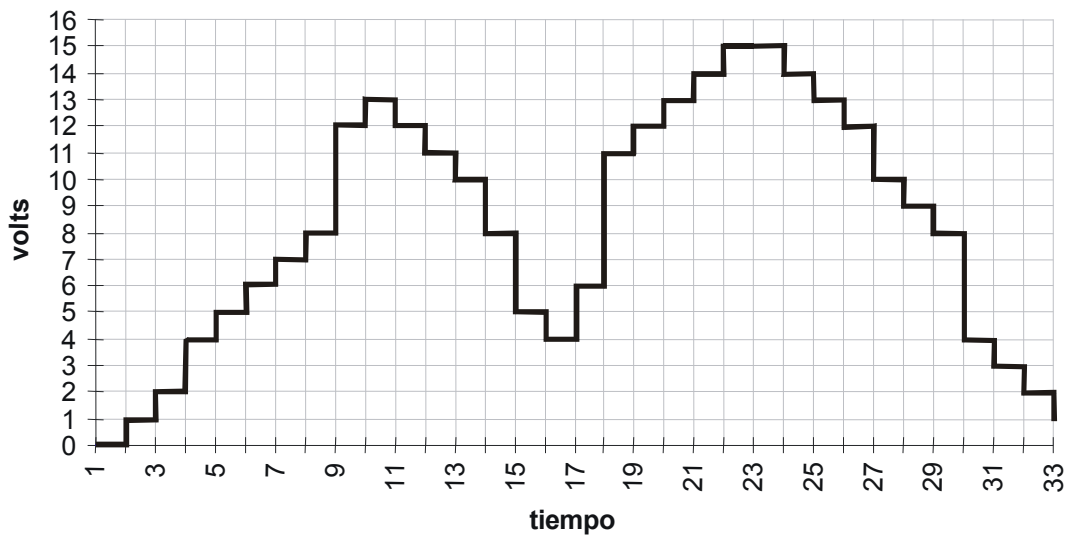


Fig. 1.4 Representación digital aproximada de la función analógica

En lo que concierne al tratamiento de la voz, este se inicia con la captura del sonido haciendo uso del micrófono (sensor electrónico). Cuando las ondas de sonido llegan al micrófono, el movimiento mecánico se traduce en una señal eléctrica. Esta señal se denomina

señal analógica porque es una señal continua en el tiempo, análoga al sonido original.

Una vez obtenida la señal eléctrica analógica, se van tomando valores discretos de su amplitud a intervalos de tiempo pequeños. Evidentemente, será más fiable la reproducción cuantas más muestras por segundo se tomen. A estos valores obtenidos se les asigna un valor digital para procesarlos como se requiera.

Para muestrear una señal analógica, se utiliza por lo general la extracción de valores periódicos uniformes; tomando en cuenta la siguiente relación:

$$Y[n] = Y_s(nT) \quad -\infty < n < \infty$$

Donde  $Y(n)$  es la señal muestreada resultante a partir de la señal analógica  $Y_s$  con intervalos de tiempo de  $T$  segundos. Este intervalo de tiempo entre muestras consecutivas  $T$ , se denomina periodo de muestreo, y su inversa  $F_s = 1/T$  es la velocidad del muestreo o frecuencia de muestreo.

La frecuencia de muestra (también denominada frecuencia de muestreo) debe ser lo suficientemente alta para que los sonidos de alta frecuencia, como el sonido del cristal de una copa de vino o el del arqueo de un violín, puedan recogerse con precisión. Según el teorema de Nyquist, es posible repetir con buen grado de exactitud una forma de onda si la frecuencia de muestreo  $F_s$ , se garantiza que sea mayor al doble de la frecuencia de la componente de mayor frecuencia  $F_{\max}$  [10].

Es decir:

$$F_s > 2F_{\max}$$

De lo contrario, se producirán falsas frecuencias al momento de restituir la señal digital a su forma analógica, este efecto es conocido como "aliasing"[1]. Lo anterior se ilustra en la gráfica de la figura 1.5, donde se aprecia el cruce de los espectros de la señal ya que  $F_{\max} > 2F_s$ , esto no permite extraer la señal adecuadamente pues se producen muestras idénticas en el área del cruce.

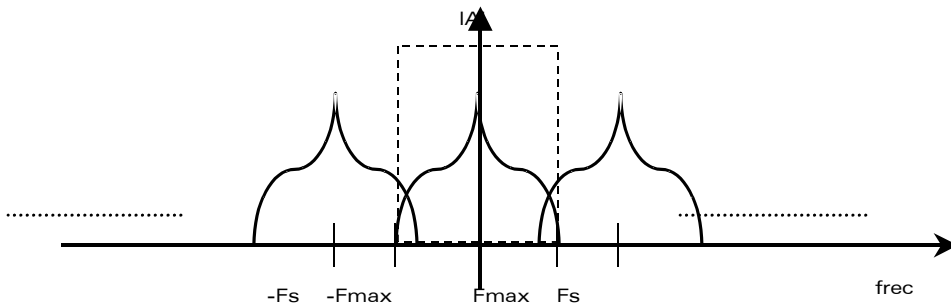


Fig. 1.5 Aliasing producido cuando  $F_s < F_{\max}$

Matemáticamente, se puede describir el proceso de muestreo como la multiplicación de una onda analógica con una función periódica "delta", "dirac" o "impulso"; la cual se expresa de la siguiente manera:

$$\int_{-\infty}^{\infty} \delta(t) \cdot dt = 1$$

En un sistema idealizado, la forma de onda muestreada consiste en un tren de impulsos espaciados con un periodo  $T$ , describiendo la función de muestreo  $s(t)$ , como la suma de todos los impulsos individuales:

$$s(t) = \delta(t-\infty)+\dots+\delta(t-2T)+ \delta(t-T)+ \delta(t)+ \delta(t+T)+ \delta(t+2T)+\dots+ \delta(t+\infty)$$

esto es:

$$s(t) = \sum_{n=-\infty}^{n=\infty} \delta(t-nT)$$

Si ahora se multiplica esta función por una señal analógica,  $F(t)$  por ejemplo; se obtiene un tren de impulsos cuya área es igual a la amplitud de  $F(t)$  en ese momento. Matemáticamente, la salida de la forma de onda muestreada,  $Y(t)$ , es sólo la multiplicación de  $s(t)$  con la señal analógica  $F(t)$ :

$$Y(t) = \sum_{n=-\infty}^{n=\infty} F(t) \cdot \delta(t-nT)$$

Para ilustrar lo descrito se puede observar la figura 1.5, donde se muestra el tren de impulsos, la señal analógica y su muestreo.

Fig. 1.6 La señal muestreada  $Y(t)$  se obtiene a partir de  $F(t)$  y  $S(t)$

En lo que respecta al muestreo, se han expresado de forma general los fundamentos matemáticos para su realización. A continuación se enfoca el muestreo y tratamiento a los sonidos que percibe el ser humano.

La frecuencia más alta que puede percibir el oído humano está cercana a los 20 kHz, de modo que cualquier frecuencia de muestreo mayor será suficiente. En la figura 1.6, se observa como ejemplo una señal muestreada a 44.1 kHz (tamaño de muestra de 8 bits), utilizada hoy en día por los reproductores de audio CD [17].

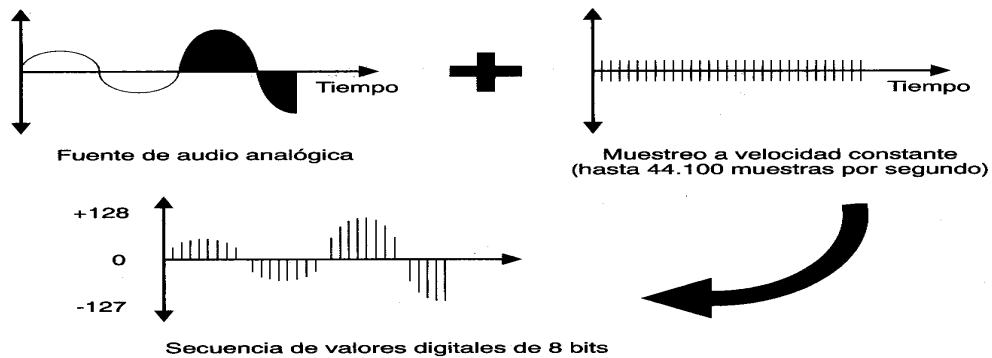


Fig. 1.7 Ejemplo :Muestreo del sonido en un CD.

A medida que aumenta la frecuencia de muestreo, aumenta la calidad del sonido. Por ejemplo, una frecuencia de muestreo de 6 kHz (6.000 muestras por segundo) es buena para una voz masculina típica, pero no lo es para una voz femenina típica, que tiene componentes con una frecuencia más alta. Una frecuencia de muestreo de 8 kHz proporciona una grabación de la voz femenina de mayor calidad [17].

Existen varias razones para no utilizar las frecuencias de muestreo más altas. En primer lugar, las frecuencias de muestreo altas necesitan gran capacidad de almacenamiento.

La cuantificación es dar valores a la amplitud de la señal muestreada dentro de un número finito de valores permitidos por el tamaño de muestra. El tamaño de muestra controla el rango dinámico que puede grabarse. El rango dinámico se expresa como  $DR=2^B$ . Donde B, es el número de bits por muestra. En decibeles, se tiene:

$$DR(\text{dB}) = 20 \log_{10} (2^B) = 6.02B$$



Un mayor rango dinámico indica que la relación señal a ruido de cuantificación mejora alrededor de 6dB, por cada bit añadido al tamaño de muestra. Por ejemplo, las muestras de 8 bits limitan el rango dinámico a 256 pasos ( 50 dB). Por el contrario, una muestra de 16 bits tiene un rango dinámico de 65.536 pasos (98 dB) una mejora sustancial.

El oído humano percibe diferencias entre estos dos tamaños de muestra. Los oídos son sensibles a la detección de diferencias en el tono, pero son más sensibles a la fuerza del sonido[2].

La fidelidad, empleada para expresar la exactitud en la réplica de la señal original del sonido, depende de la selección de la frecuencia correcta de muestreo y del tamaño adecuado de la muestra; siendo este último, el número de bits utilizados para almacenar cada muestra[11].

Para recuperar la señal de voz se emplea el proceso inverso que básicamente consiste en extraer los valores de las muestras en el mismo orden que fueron tomados y utilizar unos filtros tipo pasabajo, los cuales se encargarán de convertir esa señal resultante de valores discretos en una señal analógica . Esto es la base de la conversión digital-analógica[3].

Se podría asumir que todo lo que hay que hacer para obtener buen sonido (como el de un CD ), es grabar a una frecuencia de muestreo límite de 44.1 kHz con muestras de 16 bits (2 bytes). El único problema que aparece si se graba en estéreo, tomando muestras simultáneamente en los canales izquierdo y derecho a 44.1 kHz, es que una muestra de sonido de un minuto necesita un espacio para almacenarse de 10.58 MB[17].

Lo aconsejable es usar la frecuencia de muestreo más baja posible. Por ejemplo, si se requiere grabar una conversación telefónica. Se tiene que el ancho de banda en una línea telefónica es de sólo 3 kHz. De acuerdo con el teorema de Nyquist, la grabación será adecuada, si la frecuencia de muestreo es mayor a los 6 kHz.

El tratamiento que se aplica a una señal para ser manipulada digitalmente, se denomina procesamiento digital de dicha señal. Existen circuitos integrados especializados que realizan esta función y son conocidos como DSP (Procesadores Digitales de Señales)[1].

Los componentes de un sistema típico de procesamiento de señales digitales se muestran en la figura 1.8. Comprende básicamente un chip DSP, memoria, un convertidor analógico-digital (ADC), un convertidor digital-analógico (DAC), y canales de comunicación[9].

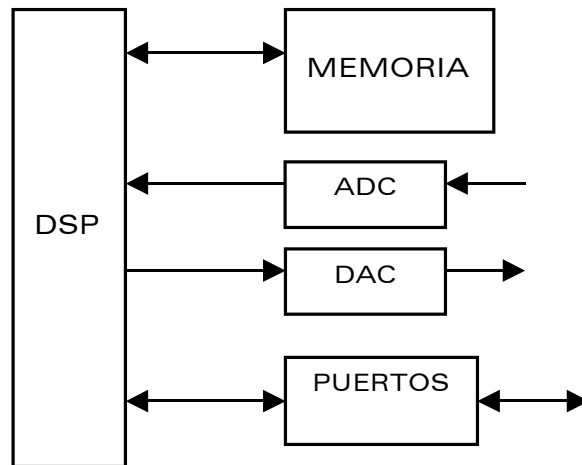


Fig. 1.8 Sistema de procesamiento digital de señales

No todos los sistemas tienen la misma arquitectura con los mismos componentes. La selección de éstos depende de la aplicación.

El procedimiento general para tratar la voz y grabarla, al igual que para otras señales analógicas, se muestra en la figura 1.9 que ilustra los bloques principales para dicho tratamiento:

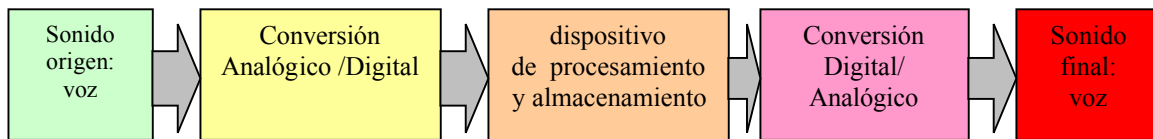


Fig. 1.9 Tratamiento de la voz

Un vocoder, o codificador del habla, es una aplicación específica de los procesadores de señales digitales DSP, éste analiza el contenido espectral de la voz para tratar de identificar ciertos parámetros que sean comprensibles por el oído humano. Dichos parámetros son usados en un receptor para sintetizar el patrón de la voz. Así se generan las señales: sonoras (bloque de excitación periódica) y fricativas (bloque de ruido aleatorio) como se observa en la figura 1.10

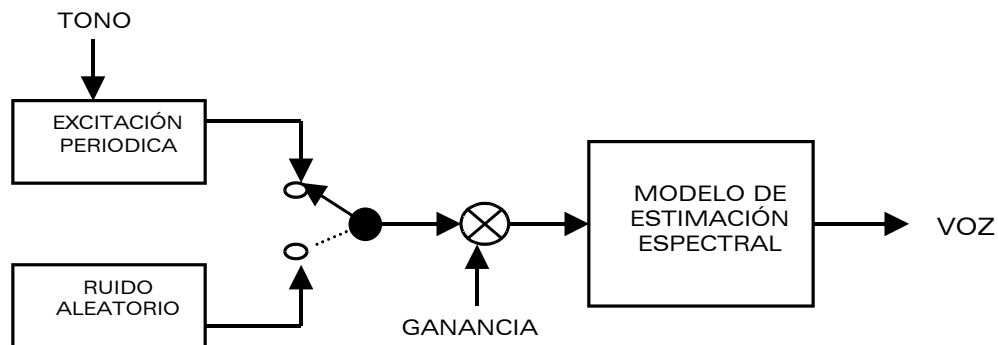


Fig. 1.10 Bloques de un vocoder genérico

El resultado de la forma de onda obtenida, puede no parecerse a la señal original de la voz pero las diferencias no son perceptibles al oído.

El proceso de determinar los parámetros del modelo matemático es llamado análisis (para reconocimiento de voz) y el proceso para generar la voz (algunos sistemas parlantes) partiendo de dichos parámetros es la síntesis [1].

En este proyecto, el tratamiento de las señales de voz se simplifica gracias a uno de los circuitos integrados de la serie ISD2500 (Winbond Electronics). Se trata del ISD25120, el cual realiza el tratamiento del sonido internamente y que más adelante se analiza.

#### 1.4 Microcontroladores

En alguna parte del proyecto presentado, se necesita contar con una etapa de control para garantizar un adecuado funcionamiento. Es por ello que en este apartado se expone algo de teoría sobre microcontroladores.

Un controlador es un dispositivo que se emplea para el gobierno de uno o varios procesos. Su implementación física ha variado con el transcurso del tiempo: hace tres décadas se fabricaban exclusivamente con componentes de lógica discreta; posteriormente se emplearon los microprocesadores, que se rodeaban con chips de memoria y Entradas /Salidas sobre una tarjeta de circuito impreso.

En la actualidad todos los elementos del controlador se han podido incluir en un chip, el cual recibe el nombre de microcontrolador.

Un microcontrolador es un circuito integrado de alta escala de integración que incorpora la mayor parte de los elementos que

configuran un controlador: Se dice que es “la solución en un chip” porque su reducido tamaño minimiza el número de componentes y el costo [6].

Un microcontrolador dispone normalmente de los siguientes componentes:

Procesador o UCP (Unidad Central de Proceso)

Memoria RAM para contener los datos.

Memoria para el programa tipo ROM/PROM/EPROM

Líneas de E/S para comunicarse con el exterior.

Diversos módulos para el control de periféricos (Temporizadores, Puertos Serial y Paralelo, CAD, CDA, etcétera).

Generador de impulsos de reloj que sincronizan el funcionamiento de todo el sistema.

Dependiendo del modelo que se trate, el tamaño y tipo de memoria, líneas de E/S y módulos de control; los microcontroladores pueden diferir. La diversificación de modelos permite seleccionar el más adecuado según la aplicación de que se trate.

Algunas ventajas que brinda un microcontrolador en aplicaciones diversas son las siguientes:

Aumento de prestaciones que mejoran el funcionamiento

Aumento de fiabilidad en la ejecución de procesos

Reducción de tamaño en el producto acabado

Mayor flexibilidad para reprogramar funciones

Algunos campos en donde se emplean más los microcontroladores son:

- Periféricos y dispositivos auxiliares de cómputo.
- Electrodomésticos
- Aparatos portátiles y de bolsillo
- Juguetería
- Instrumentación
- Control industrial y robótica
- Electromedicina
- Sistemas de seguridad y alarmas

Los PIC (Programmable Instructions Controller) forman parte de la familia de microcontroladores fabricados por Microchip Inc., por su reducido costo, fácil manejo y programación, se consideran los microcontroladores más populares. En el proyecto se utiliza el PIC12C508 para ejecutar la secuencia de reproducción de sílabas.

Se pueden obtener sin problema en el mercado, siendo parte de equipos diversos como: decodificadores de TV por cable, microondas, equipos de música, relojes, por mencionar algunas de sus aplicaciones[12].

Dentro de las características más representativas de los PIC se tienen:

1<sup>a</sup> La arquitectura del procesador sigue el modelo Harvard. En esta arquitectura, la UCP se conecta de forma independiente y con buses distintos con la memoria de instrucciones y con la de datos.

Permitiendo a la UCP acceder simultáneamente a las dos. Para ilustrar este modelo se presenta la figura 1.11

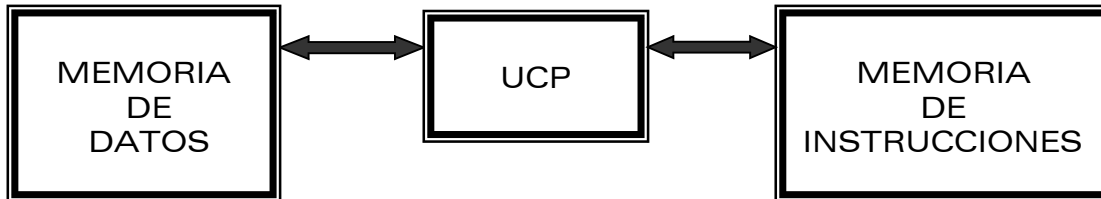


Fig. 1.11 Arquitectura Harvard usada en los PIC

2ª Se aplica la técnica de segmentación en la ejecución. Esta permite al procesador ejecutar al mismo tiempo una instrucción y la búsqueda de código de la siguiente. La segmentación aparenta que las instrucciones son ejecutadas en un ciclo de máquina, donde un ciclo de máquina equivale a cuatro ciclos de reloj [6]. Las instrucciones de salto ocupan dos ciclos.

3ª El formato de todas las instrucciones tiene la misma longitud. Todas las instrucciones de los microcontroladores de la misma gama (baja, media o alta) son de la misma longitud. Lo cual es una ventaja en la optimización de la memoria de instrucciones y facilita la construcción de ensambladores y compiladores en cada gama[6].

## 1.5 Grabadores de voz

Un dispositivo grabador de voz, es aquel que permite que el ser humano pueda plasmar mensajes de voz y que dichos mensajes se puedan extraer cuando se requiera. Los medios para almacenar la voz

son diversos: desde los discos magnéticos, audiocassettes, CD's hasta los más sofisticados circuitos integrados (usados en telefonía, agendas electrónicas, juguetes, etcétera). Se requieren grabadores y reproductores separadamente para los tres primeros. En lo que respecta a los últimos, existen circuitos integrados de gran escala que permiten el grabado, almacenamiento y reproducción a la vez. Estos CI son los que interesan para el desarrollo del presente proyecto.

En realidad no hay más limitaciones que la propia imaginación para encontrar aplicaciones de una máquina parlante, desde actividades de carácter recreativo o doméstico. Pero dichas aplicaciones van más allá: pues conectando convertidores analógico / digitales a los grabadores de mensajes de voz, pueden brindar información sobre el funcionamiento de máquinas industriales que puedan dar aviso de alertas a los operadores o realizar mediciones en instrumentos para ciegos.

Dispositivos capaces de saludar a los invitados en el hogar o a clientes en el negocio, dar mensajes de promociones y publicidad; juguetes que indiquen cuando el jugador esta equivocado y que lo guían a través del juego. En los automóviles el monitoreo constante de las funciones del mismo que previenen al conductor sobre alguna falla, evento no deseado, permitirían tomar acciones adecuadas[11].

Estas son algunas de muchas aplicaciones de los dispositivos y máquinas parlantes.

Una vez que se han presentado los preámbulos teóricos, concernientes al proyecto, en el siguiente capítulo se lleva a cabo la implementación del sistema electrónico propuesto.



## **CAPÍTULO 2**

---

### **DISEÑO Y REALIZACIÓN DEL SISTEMA**

En este capítulo se describe el desarrollo y realización del sistema electrónico portátil denominado “lector de sílabas”, para que el producto final sea satisfactorio y cumpla con el objetivo planteado. Este Lector de Sílabas, como ya se planteó, puede apoyar en el proceso de alfabetización inicial para aprender a leer las primeras letras. Se pretende que el usuario, al momento de armar palabras cortas (de dos sílabas) y escuchar a la vez su pronunciación mediante el sonido que reproduce el aparato, lo encuentre ameno y divertido debido a la novedad que puede representar para él,

#### **2.1 Descripción general del sistema**

Como ya se ha dejado ver se propone un pequeño sistema que permita apoyar en el aprendizaje de las sílabas básicas, aquellas formadas por dos letras; brindando como salida del mismo, el sonido correspondiente a las sílabas armadas. El sistema brinda la posibilidad de unir dos de éstas para así formar palabras cortas.

Al igual que en otros sistemas se requiere de: la entrada de datos, que en este proyecto serán las sílabas formadas por el usuario; con esto se podrá iniciar el funcionamiento específico del sistema de reproducción que después de cierto manejo de los datos proporcionará como salida, el sonido correspondiente a la sílaba o sílabas de entrada.

Un primer diagrama a bloques del “lector de sílabas” se presenta en la figura 2.1

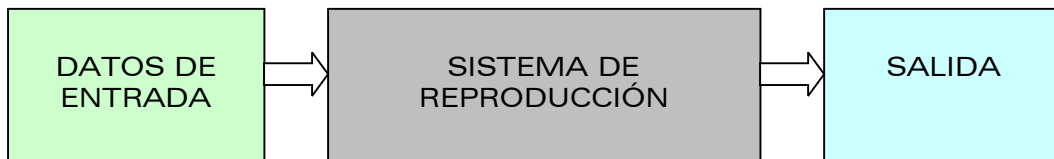


Fig. 2.1 Esquema general del sistema

Adicionalmente, se buscó que el sistema sea portátil y sencillo en su manejo. Además se proporciona un conjunto de fichas impresas en una de sus caras con letras del alfabeto, que se pueden combinar para formar las sílabas, y al unir dos de éstas en un espacio o hueco llamado casillero (diseñado específicamente para ello), se armen pequeñas palabras en la superficie de lo que es el gabinete del “lector de sílabas”.

El usuario tiene la posibilidad de armar, letra por letra, las palabras simples que desee. Esto con la finalidad de que el proceso de manipulación sea ameno y didáctico. Una vez que la palabra esté armada sobre el casillero, el usuario puede pulsar un botón para que el sistema reproduzca a través del altavoz, es decir “lea”, la palabra que forman las fichas insertadas.

El hueco o “casillero”, solo permite insertar cuatro de las fichas como máximo pero también se tiene la posibilidad de que se inserten solo dos para leer una sílaba e incluso una sola ficha para conocer los nombres de las letras que se utilizan.

Este es, a grandes rasgos, el funcionamiento general del "Lector de Sílabas" y tiene un aspecto similar al de la figura 2.2

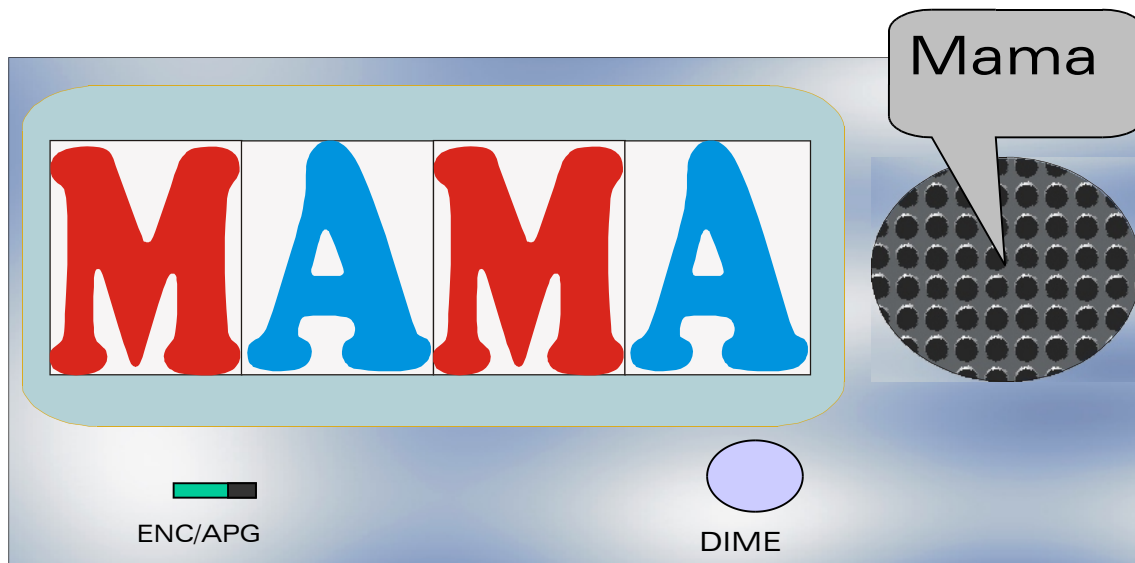


Fig. 2.2 Dibujo preliminar del lector de sílabas

Para poder analizar el sistema electrónico más a fondo, se presenta un diagrama específico del mismo partiendo del esquema general presentado anteriormente. Los bloques adicionales, donde se aprecian las partes más significativas del conjunto se muestran en la figura 2.3:

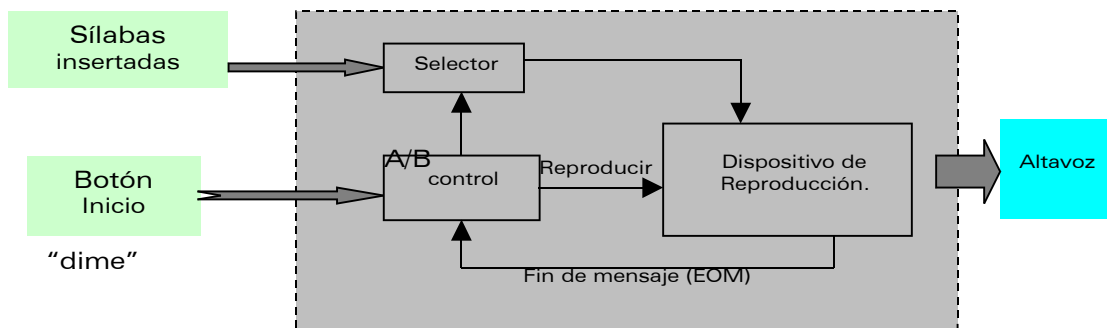


Fig. 2.3 Diagrama específico del sistema

En este diagrama, se observan dos bloques de entradas: las que forman parte de los datos (sílabas insertadas) y, las de accionamiento (botón de inicio, encendido). En el bloque central se encuentra el dispositivo de reproducción, que interactúa con una etapa de control de acciones y con otra de selección; que envía las señales correspondientes para la reproducción de cada una de las dos sílabas. Finalmente, se encuentra la etapa de salida de información sonora: bocina.

Las señales de entrada de datos son generadas por el usuario al posicionar las letras en el casillero, con lo que se forma un conjunto único de señales eléctricas por sílaba. Esto es por que el sonido más pequeño que se utiliza es la sílaba (partiendo del hecho que la pronunciación de la lengua hablada es silábica). Por lo tanto, para formar una palabra solo se necesita unir las sílabas respectivas que la integran.

En el caso del Lector de Sílabas realizado, se concatena el sonido de la primera sílaba con el sonido de la segunda para formar las palabras simples.

Las señales de entrada que falta describir se manejan como accionadores y son: el botón de inicio "DIME" (activa la reproducción), encendido / apagado y el de REINICIO con los cuales el usuario activa al "lector de sílabas". Este último, se decidió que sea el mismo empleado para el encendido y apagado.

El bloque que entrega la señal de salida esta formado por un altavoz, que emite el sonido que genera el dispositivo de reproducción.

Cuando dos sílabas están insertadas en el casillero, el conjunto de señales que ambas generan es permanente en la entrada de datos, por lo que se necesita seleccionar cada conjunto para manipularlo individualmente. Esta función se realiza en el bloque selector.

El dispositivo de reproducción permite obtener los sonidos de cada una de las sílabas, almacenados en la memoria interna del dispositivo reproductor (previamente grabados), y enviarlos al altavoz de salida según las sílabas formadas en el casillero. En el siguiente apartado se mencionan las características del dispositivo seleccionado para la reproducción: el ISD25120.

La etapa de control es muy importante pues es la que se encarga de dar orden al proceso de reproducción; activa los selectores y el dispositivo de reproducción, brindando la secuencia y temporización adecuada en cada parte del proceso.

En el siguiente apartado, se describen a detalle las distintas etapas del sistema electrónico desarrollado, así como las diferentes opciones probadas en cada una de ellas que permiten obtener el mejor funcionamiento del conjunto.

## 2.2 El sistema electrónico desarrollado

En el capítulo uno se ha descrito el tratamiento de la voz, partiendo de su forma analógica y llevando a cabo su procesamiento digital.

Esto comprende a grandes rasgos: sensar el sonido de la voz humana a través de un micrófono para obtener una señal eléctrica analógica,

convertirla de analógica a digital para un mejor tratamiento, obteniendo muestras de la señal original y posteriormente dar valores a cada muestra, es decir: cuantificarlos.

Realizado lo anterior, se requiere almacenar las muestras para utilizarlas cuando sea necesario. Para ello se deben tomar las muestras siguiendo un proceso de digitalización y hacer la conversión digital a analógica para obtener una señal eléctrica que pueda ser enviada a un altavoz/bocina.

El desarrollo específico, en lo que a los sonidos respecta, del proyecto “lector de sílabas” se puede dividir en dos fases:

1ª Comprende el grabado de los sonidos de cada una de las sílabas seleccionadas, las cuales se puedan reproducir en el momento que se quiera, para esto se necesita almacenar la información. Esta fase se realiza una sola vez y es previa a la implementación del sistema. Empieza desde sensor el sonido y termina con el almacenamiento de la información.

2ª Esta fase empieza con la extracción de la información sonora almacenada y termina con la replica de la señal original para su reproducción. Ésta se realiza en las pruebas de verificación de cada sílaba y cuantas veces se ponga en funcionamiento el lector ya implementado.

Como una primera opción para implementar el sistema, en el procesamiento digital de la voz se puede utilizar un DSP (ver capítulo 1) como chip central, convertidores ADC, DAC, memoria,... principalmente; este es normalmente el procedimiento a seguir

desarrollar sistemas similares, como se ilustra en la figura 2.4, donde se observan las dos fases de la implementación.

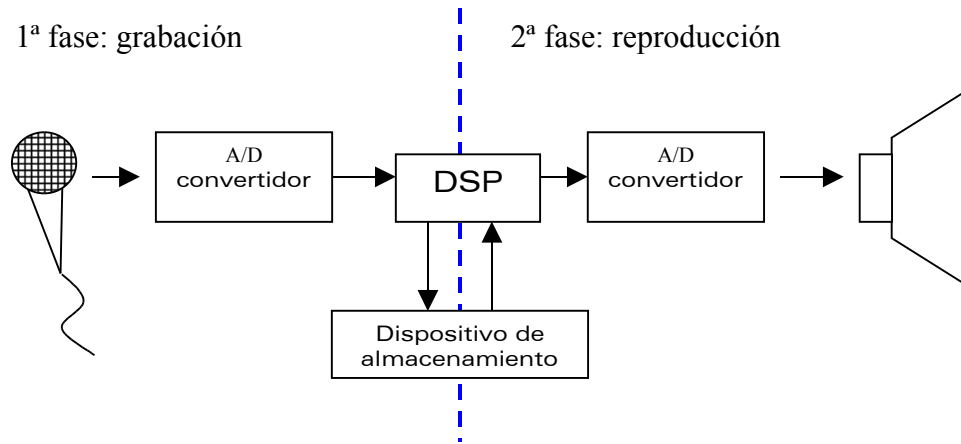


Figura 2.4 Una opción para desarrollar el proyecto es utilizar un DSP

Buscando alternativas, se investigó sobre elementos o dispositivos que permitieran apoyar en el desarrollo del sistema: específicamente dispositivos especializados que graban voz y sonidos, de los que se pueden mencionar:

El TMS50C20 (Texas instruments), en tecnología CMOS, puede combinar hasta 512 palabras en 256 frases diferentes, generando hasta 8 minutos de habla sintetizada.

Un dispositivo con características similares pero más poderoso es el MSP50C30, también de Texas Instruments [11]. Desgraciadamente es difícil encontrarlos pues han sido descontinuados.

El ML2502 (OKI semiconductors) es un chip de grabado y reproducción de señales analógicas en forma directa con 128 Kbit de memoria flash, su frecuencia de muestreo es de 4.0, 5.3 o 6.4 kHz, pero solo permite grabar dos frases de 10 segundos de duración cada una.

El ML2517 es considerado el mas avanzado de la familia de grabadores-reproductores de voz y sonidos de OKI semiconductores, similar al anterior sólo que pueden obtenerse hasta 17 minutos de grabación. Se controla mediante una interfase serie para microcontrolador. Esto es un inconveniente encontrado y el tiempo de grabación resulta ser muy grande para este proyecto. Además, por ser más sofisticado su costo es superior. Ambos se presentan en encapsulado tipo SOP de 32 pines.[18]

Otros dispositivos que permiten la grabación de sonido y voz con gran fidelidad son los ISD en las series 1000a y 2500 (Winbond electronics). Los tiempos de grabación de estas series son de 16-20s y 60-120s respectivamente.

Estos últimos, son unos dispositivos diseñados especialmente para la grabación y reproducción de audio y voz sin necesidad de conversión y compresión digital ni técnicas para sintetizar las señales, además permiten extraer mensajes en forma individual mediante pines de direccionamiento. Ya que la manipulación es directa, no se requiere de ninguna interfase adicional para su programación [15].

Estas características, hablando específicamente de la familia ISD2500, son las que más se adecuan a lo que inicialmente se busca para poder realizar un armado compacto del sistema y sin quedar sobrados en funciones; además tiene ventajas sobre los otros dispositivos pues requiere de un mínimo de componentes externos, cuenta con memoria interna y aunque su tiempo de grabación, llega a ser inferior que el TMS50C20 o el ML2517 por ejemplo, es suficiente para el proyecto.



Dentro de esta familia se ha seleccionado el ISD25120 para trabajar porque, de los cuatro dispositivos que la forman, es el que brinda mayor tiempo de grabación.

Otro factor importante, por el cual se eligió el ISD25120, es que se puede adquirir sin mayor problema en el mercado y su costo es menor (9 dólares aproximadamente) si se compara con el que generarían sus similares (o algún DSP) que requieren circuitos integrados adicionales y más elementos externos.

No obstante que aquellos dispositivos son quizás más poderosos para otras aplicaciones, el ISD25120 (seleccionado) satisface en forma suficiente los requerimientos del sistema.

Existen otros dispositivos de la misma marca que permiten grabar hasta 8 minutos pero son mas caros y complejos en su manipulación.

Continuando con la descripción del sistema desarrollado, el "lector de sílabas" consta en su parte interna -bloque de reproducción- de varios componentes electrónicos, donde el circuito integrado ISD25120 es el componente principal. Este permite la grabación de hasta 120 segundos, forma parte de una familia de chips cuya diferencia principal es el tiempo de grabación y reproducción.

Una característica importante de este circuito integrado, y esencial para el proyecto que se presenta, es que permite la grabación de sonidos y voz en forma individual, gracias a sus pines de direccionamiento, haciendo posible el acceso directo a cada mensaje grabado.

Esto permite asignar una dirección específica a los sonidos que se van a utilizar y acceder a ellos para su reproducción según convenga o se requiera.

La tabla 2.1, permite apreciar los distintos dispositivos de la serie a la que pertenece el ISD25120 junto con los valores de duración grabación / reproducción, frecuencia de muestreo y filtro pasanda por cada uno ellos.

NUMERO DE PARTE	DURACIÓN MAX. DE GRABADO (segundos)	FRECUENCIA DE MUESTREO (KHz)	FILTRO PASABANDA TIPICO (KHz)
ISD2560	60	8.0	3.4
ISD2575	75	6.4	2.7
ISD2590	90	5.3	2.3
ISD25120	120	4.0	1.7

Tabla 2.1 sumario de dispositivos ISD serie 2500

En el filtro pasabanda típico (ancho de banda del chip), la frecuencia baja de corte esta determinada por el valor de un capacitor de acoplamiento, conectado al pin de entrada de micrófono que tiene una resistencia interna de 10 Kohms[15]. En el Lector de Sílabas, un capacitor de 0.1μF ofrece una frecuencia de corte de 160 Hz., la fórmula utilizada para obtener esta frecuencia es:

$$F = \frac{1}{2\pi RC}$$

El ISD25120 consta de 28 pines, la distribución de estos se aprecia en la figura 2.5, la descripción detallada se puede consultar en las hojas de datos[15]. Entre otras cosas contiene: oscilador, preamplificador de

micrófono, control automático de ganancia, amplificador de bocinas, y alta densidad de almacenamiento multinivel.

VCCA, VCCD Entradas de voltaje  
 VSSA, VSSD Entradas de tierra  
 PD Entrada para modo de reposo  
 CE Entrada para habilitar el chip  
 P/R Entrada de reproducción/grabación  
 MIC Entrada de micrófono  
 EOM Señal de fin de mensaje  
 MIC REF Entrada de referencia micrófono  
 OVF Señal de fin de memoria/saturación.  
 AGC Entrada de ajuste de ganancia  
 ANA OUT Salida analógica  
 ANA IN Entrada analógica  
 XCLK Entrada para reloj externo  
 SP+/SP- Salidas para altavoz.  
 AUX I Entrada auxiliar  
 A0-A9 Entradas para direccionamiento

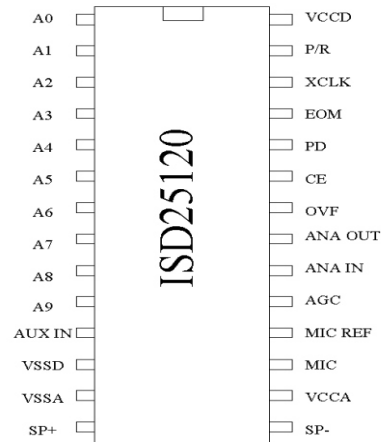


Figura2.5 Pines del ISD25120

Para minimizar el ruido, los circuitos análogo y digital en los dispositivos de la serie ISD2500, usan buses de alimentación separados (VCCA, VCCD). Estos buses están conectados a pines diferentes y deben mantenerse los más cerca posible a la fuente de alimentación. También tienen pines separados para tierra (VSSA, VSSD) [15].

Es compatible con microcontroladores lo que permite el ensamblado complejo de mensajes por su direccionamiento. También es posible conectarlos en cascada para lograr mensajes de mayor duración. En el apéndice A se describen otras características del chip.

### 2.2.1 Selección de datos

Una vez que se ha descrito el dispositivo de reproducción utilizado para el proyecto se debe continuar con la descripción de los dispositivos utilizados en la etapa de selección de datos y en la de control, que complementan el sistema de reproducción.

En la etapa de selección de datos, se utilizan dos circuitos integrados 74LS157 cada uno con cuatro multiplexores: dos líneas a una línea[7]; es decir, permite elegir una de dos entradas (es necesario seleccionar una de las dos sílabas insertadas para su reproducción), la salida se selecciona por el pin 1 (nivel alto ó bajo). Esta configuración permite manipular conjuntos de señales de hasta 8 bits. La señal de selección es proporcionada por el dispositivo de control.

La distribución de pines del 74LS157 se puede apreciar en la figura 2.6

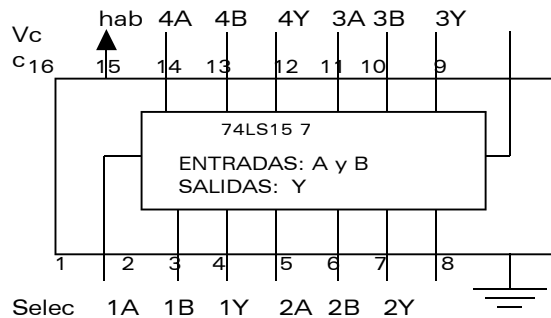


Fig.2.6 Descripción de pines del 74LS157

### 2.2.2 Control

Esta etapa se desarrolló una vez verificado el funcionamiento del dispositivo reproductor y de los selectores; lleva a cabo el proceso que

consiste en recibir la señal generada por el usuario a través del botón de inicio, activar la selección de datos (sílabas1 y sílabas2 respectivamente), activar el ISD25120 para la reproducción y finalizar el ciclo, hasta una nueva señal. Todo según el orden requerido.

Se evaluó y probó el uso de compuertas lógicas TTL hasta llegar a pruebas de microcontroladores PIC's. Determinando que el uso de un PIC pequeño representaba una mejor opción sobre las compuertas; desde el tamaño, menor número de circuitos integrados, posibilidad de programar tiempos, es más confiable y reduce al mínimo el uso de componentes externos. Además, se concluye que el costo sería similar en la implementación de ambas opciones.

El microcontrolador seleccionado es el PIC12C508. Todas las conclusiones están basadas en resultados prácticos.

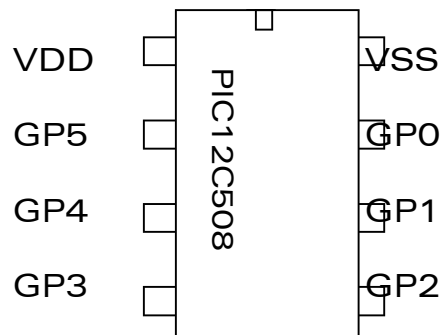


Fig.2.7 Diagrama de pines del microcontrolador

El PIC12C508 forma parte de la familia de microcontroladores PIC12C500 que son de bajo costo y alto rendimiento, con solo 8 pines (figura 2.7), una frecuencia de operación de 4 Mhz, con 5 pines de entrada / salida: GP0/GP5 excepto GP3 que solo es de entrada, con una memoria de programa de 512 kb o 1024 kb EPROM, según el chip.

Emplea una arquitectura RISC, con solo 33 instrucciones simples. Todas las instrucciones son de un ciclo de máquina (1 microsegundo) excepto para programas con bifurcaciones las cuales toman dos ciclos. Los productos de la familia 12C5XX están equipados con características especiales que reducen el costo de sistemas y los requerimientos de alimentación.

El power on reset (POR) y el dispositivo temporizador de reset (DRT) eliminan la necesidad de circuitería de reset externa. Hay cuatro formas de configuración para el oscilador, incluyendo el modo INTRC de oscilador interno. Esta es una característica empleada en el presente proyecto, se evita la utilización de un reloj externo [8].

Para un adecuado control, en la activación de los circuitos integrados usados como selectores y del ISD25120, dentro del funcionamiento de todo el sistema; el PIC12508 permite evitar una respuesta inadecuada. Además de controlarlo, brinda al usuario la oportunidad de contar con un sistema más eficaz y fácil de operar; brindando un sistema “robusto”.

Se habilitan, para la secuencia de control del lector de sílabas, en el PIC12C508 dos pines de salida: SELECTOR y CE (reproducción), y dos más como entrada: START (inicio) y EOM (fin de mensaje). Esto se ilustra en el diagrama de la figura 2.8

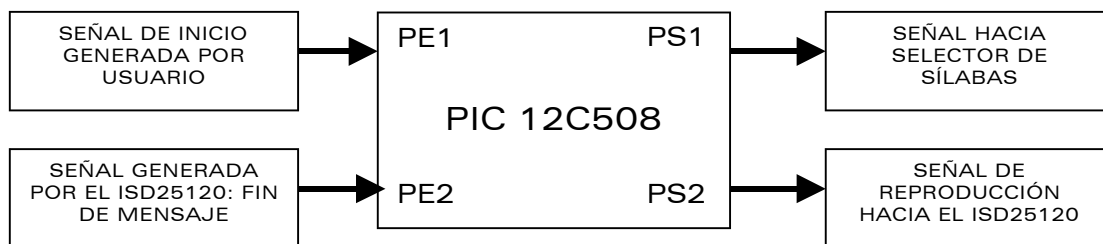


Fig.2.8 Diagrama a bloques de puertos utilizados en el pic12C508

Las funciones del microcontrolador consisten en: leer la señal del botón de inicio en el pin de entrada denominado START, controlar la secuencia de ejecución generando en el pin SELECTOR la señal que selecciona la primera sílaba, enseguida a través de CE accionar al ISD25120 para reproducirla.

Al reproducir la primera sílaba, el ISD25120 genera una señal de fin de mensaje (EOM). Esta señal es leída por el PIC en el pin EOM y una vez que la recibe, genera una segunda señal (opuesta a la primera) hacia el selector, con esto la segunda sílaba es seleccionada y nuevamente una señal a través de CE hace que el ISD25120 la reproduzca. Reproducida la segunda sílaba, la secuencia termina cuando el PIC lee la señal EOM por segunda vez, volviendo el sistema al estado inicial.

Un algoritmo simple para la secuencia de control es :

- 1 Leer señal de inicio generada por el usuario
- 2 Enviar al selector, la señal correspondiente a la sílaba 1
- 3 Enviar la señal de reproducción al ISD25120
- 4 Leer la señal de fin de mensaje de la sílaba 1
- 5 Enviar al selector, la señal correspondiente a la sílaba 2
- 6 Enviar la señal de reproducción al ISD25120
- 7 Leer la señal de fin de mensaje de la sílaba 2
- 8 Finalizar acciones

La secuencia de control se puede comprender mejor con la ayuda del diagrama de flujo de la figura 2.9, donde se observan cada uno de los pasos.

DIAGRAMA DE FLUJO PARA EL CONTROL DE LA REPRODUCCIÓN DE SÍLABAS POR MEDIO DE UN PIC12508

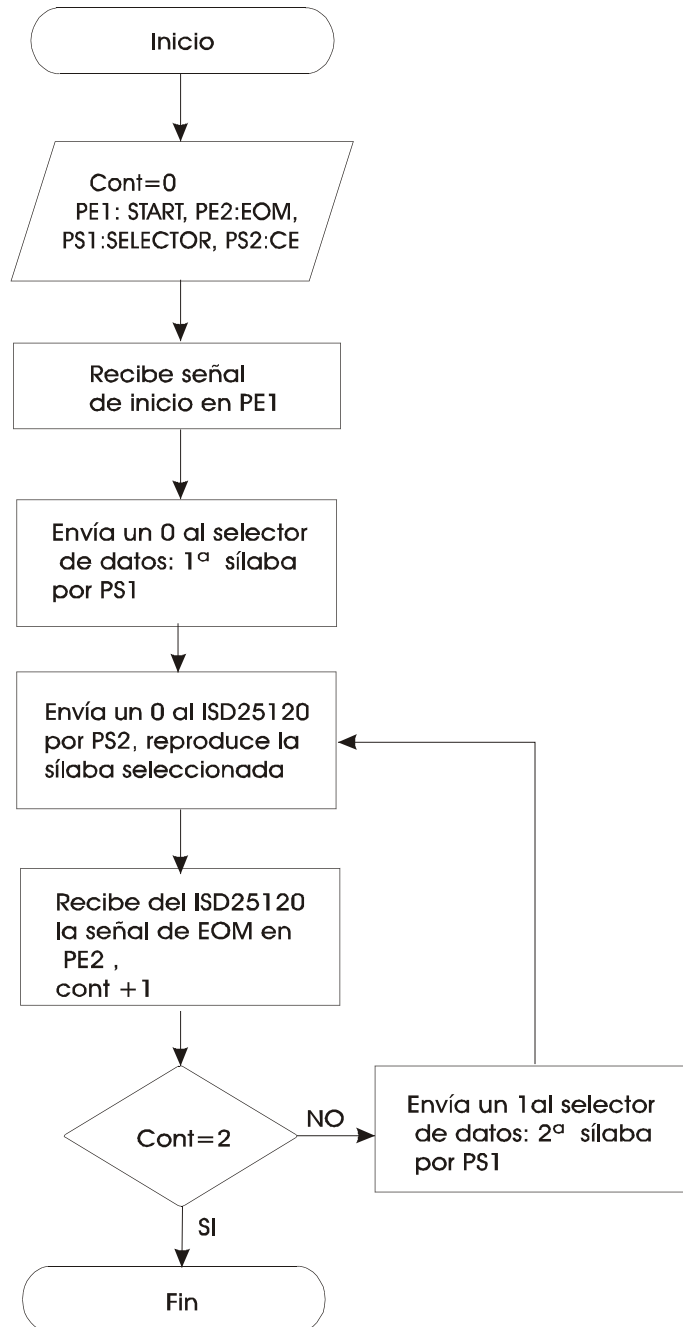


Figura 2.9 Flujo de control



Después de analizar el diagrama de flujo se puede pasar a la programación de la rutina de control. Para ello se utiliza el software llamado MPLAB, el cual es parte de las herramientas proporcionadas por el fabricante de los microcontroladores: Microchip Technology Inc. para grabar los diferentes PIC's que fabrica.

Este software de desarrollo (MPLAB), permite editar el programa correspondiente y depurarlo antes de pasar a la etapa de grabación del chip para revisar y corregir posibles errores [14].

Esto último, se realiza por medio de una interfase electrónica que se conecta al puerto serial de una PC para descargar el programa, y por medio de señales eléctricas se graban los PIC's con el programa previamente depurado y probado. El apéndice C contiene el código de programa que se grabó en el PIC12C508 del sistema.

Como los tiempos de duración de una instrucción son muy cortos, es necesario contar con rutinas de retardo que permiten que los tiempos de disparo en el dispositivo sean lo suficientemente grandes para que se active cualquier operación deseada.

En el proyecto, los tiempos que deben considerarse para lograr el funcionamiento correcto del dispositivo principal (ISD25120), indicados en las hojas de datos del fabricante[15], son:

$T_{CE}$  tiempo para habilitar el chip = 100nseg

$T_{play}$  tiempo del pulso de reproducción= 25mseg

$T_{com}$  tiempo del pulso al fin de mensaje= 25mseg

Básicamente, se han mostrado y descrito los componentes más importantes del sistema desarrollado, considerando inherentes los capacitores y resistencias para el acoplamiento de los mismos. Más adelante en la figura 2.9, se muestran las principales interconexiones de los CI, utilizando al 74LS157 y el PIC12C508, etapas de selección y control respectivamente.

Como el sistema es portátil, se alimenta por medio de una batería de 9v la cual se conecta a un regulador de voltaje, el 7805, para obtener una tensión de 5 voltios constante. Se ha colocado un plug que permite la alimentación externa del sistema usando un eliminador de uso general de 9v.

## 2.3 Funcionamiento

La lógica de funcionamiento del sistema se basa en una característica, ya mencionada, del integrado principal: ISD25120; la cual permite el direccionamiento para poder extraer mensajes pregrabados en forma directa. Para ello cuenta con 10 pines: A0/A9, de los cuales se utilizan A2/A8 para formar las distintas direcciones que corresponden a cada una de las sílabas grabadas, como se explica más adelante.

### 2.3.1 Direccionamiento

Los dispositivos de la serie ISD2560/90/120 tienen un sistema de almacenamiento con 480 Kceldas, diseñadas para brindar 60 segundos de almacenamiento en el rango de frecuencia de muestreo de 8.0 kHz. Estos dispositivos tienen dos pines más de direccionamiento,

respecto a la serie ISD1000A, para garantizar que la resolución sea la misma[11].

El espacio de direcciones de cada dispositivo es divisible en 600 incrementos con direcciones válidas en un intervalo de 00 a 257 Hex [15].

Debido a que se utiliza el sistema binario -nivel alto y bajo- para la introducción de señales en los pines de direccionamiento del chip, el paso entre direcciones consecutivas del ISD25120 puede ser de 1 si se direcciona a partir del pin A0; de 2 si se empieza desde el pin A1; de 4 si el pin de inicio es A2, y así sucesivamente (según convenga).

Lo anterior se debe a que el chip grabador contiene un arreglo de memoria con segmentos fijos. Esto ocasiona que mensajes largos (de varios segmentos) incluyan direcciones sucesivas y que, el mensaje grabado se pueda seccionar en cada una de ellas.

Por ejemplo, si se graba el mensaje "Hola amigos como están..." y se comienza a grabar en la dirección 00 en una dirección posterior es posible obtener el mensaje "... como están..."

Por ser fijos los segmentos de memoria, las direcciones tienen tiempos de grabación iguales entre una y otra, esto hace necesario dar un margen entre direcciones para evitar encimar o mutilar los mensajes al grabarlos. El ISD25120 permite grabar en cada dirección y sin traslape, mensajes con un tiempo de duración aproximado de:

$$T_{\text{mens}} = 120 \text{ segundos}/600 = 0.2 \text{ segundos}$$

Con base a estas deducciones teóricas, en el caso del Lector de sílabas, se comprueba el tiempo estimado para la grabación de una sílaba, ya que el tiempo promedio por sílaba es poco menos de un segundo. Por lo tanto, se verifica que cada mensaje consecutivo (sílabas) a grabar debe tener 4 direcciones de separación, se direcciona a partir del pin A2, ya que  $4T_{mens}$  es el tiempo de grabación entre sílabas contiguas sin traslape.

Se manipulan 7 pines de direccionamiento A2/A8, de los cuales se utilizan A2/A5 para combinar 16 consonantes y A6/A8 para combinar las 5 vocales. Se genera un código binario al unir una consonante y una vocal que corresponde a una dirección del ISD25120, como se explica más adelante.

Una vez investigada la forma de grabar los sonidos, se hizo necesario definir cuantos y cuales se grabarían, de acuerdo a las prestaciones del dispositivo seleccionado y a sugerencias recibidas por especialistas en la alfabetización[21].

El número de sílabas, aunque sólo sean de 2 letras, es bastante grande. Por lo tanto, se tuvo la necesidad de definir y delimitar en forma estratégica, el universo de letras y en consecuencia el número de fichas a utilizar.

Un primer resultado de lo anterior, es que la primera letra de las sílabas será consonante y la segunda vocal. Es decir, las palabras que permite el lector de sílabas tendrán el siguiente formato:

consonante-vocal-consonante-vocal

Ejemplos de este tipo de palabras son: PATO, MAMA, FOCA...etc. No obstante, también se pueden armar palabras de 3 letras, siguiendo el formato:

### libre-vocal-consonante-vocal

dejando la primera casilla libre, ya que el lector de sílabas puede reproducir las vocales directamente, lo que permite formar palabras como: ECO, AMO, OLA

No se contemplan las sílabas con orden inverso (vocal-consonante), entre otras razones:

- 1 por que el tiempo de grabado se sobrepasaría sin abarcarlas todas,
- 2 tienen un mayor grado de dificultad para el educando y,
- 3 la forma de direccionarlas, no podría efectuarse letra por letra: El código generado, (4 bits por consonante + 3 bits por vocal), duplicaría algunas direcciones ya contempladas. Por ejemplo, la S=1011 y la E=010 generan el código 1011010, correspondiente a la sílaba SE. Si se invierte el orden, el código generado es 0101101 asignado a la sílaba ÑU y no a la sílaba ES.

Como resultado se tiene que, palabras como ARTE, PEON, ALTO, no son cubiertas por el sistema ya que solo se han seleccionado las sílabas básicas; las cuales son las más fáciles de aprender en el proceso inicial de alfabetización.

La R no se contempla debido a que es una letra con mayor grado de dificultad en el aprendizaje, tanto en su pronunciación como en las formas de su escritura. Por ejemplo, algunas veces es necesario poner doble R para que se lea igual que cuando es inicial (roca, carro). Eso implicaría una casilla más y aumentar el grupo de sonidos a grabar.

Los puntos mencionados en los párrafos previos, son susceptibles de solucionar pero ello implicaría entre otras cosas: añadir más elementos de grabación. También, se tendría la necesidad de buscar una forma distinta de codificar y modificar el diseño propuesto. Sin embargo, todo ello es factible de cubrirse dentro de un proceso evolutivo del mismo proyecto; al que ha llamado perspectivas.

### 2.3.2 Un código corresponde a una dirección

Ya que se determinó la forma de direccionamiento con el ISD25120, fue necesario ver la manera de acceder a dichas direcciones, para ello se ha llamado código al conjunto de 7 bits (0`s y 1`s) que corresponden a las direcciones (previamente seleccionadas para cada sílaba) del chip, a partir del pin A2 hasta el pin A8. Los pines A0 y A1 no se utilizan por lo que van conectados a tierra (00), al igual que A9.

No se usan los dos primeros pines del ISD25120, A0 y A1 porque con ellos se generan pasos más pequeños de lo que se necesita, y A9 no es requerido ya que las direcciones utilizadas no abarcan ese pin; por lo que su valor es 0. Por ello van conectados a tierra.

El código físicamente se forma al unir dos letras (sílabas), produciendo un conjunto de 7 señales eléctricas por cada sílaba en el casillero. El

sonido de la sílaba es un mensaje grabado en alguna dirección, donde los valores de A2-A8 corresponden al código de dicha sílaba .

Para generar las señales de datos desde el casillero, se probaron varias formas entre las que destacan la utilización de interruptores de presión (Push Button) activados por el peso de las fichas; interruptores ópticos activados cuando las fichas bloqueaban la luz; las laminillas de contacto verticales (en un lado del cajón del casillero), activadas con la presión ejercida por las fichas sobre una placa conectada a tierra.

Este último es el que mejores resultados ofreció, siendo más económico que los demás. En el capítulo 3 se explica ampliamente cada una de las opciones probadas. Las fichas de las letras al hacer contacto con ciertas laminillas del casillero, envían las señales de tierra (0's del código de la sílaba respectiva) a los selectores de datos.

El casillero permite insertar cuatro fichas, 2 sílabas a la vez. Si se inserta una sílaba, el sistema reproducirá su sonido correspondiente, por las casillas vacías no reproduce nada. También se puede conocer el nombre de las consonantes y vocales, en el apéndice D se indica el procedimiento para esto.

Como se ha expuesto anteriormente, para evitar que los mensajes consecutivos queden traslapados o mutilados al ser grabados, se hace necesario que el paso entre uno y otro sea de 4 direcciones. Por ejemplo, si la primera sílaba grabada esta en la dirección 0 000000 00, la segunda estará en la dirección 0 000001 00, la tercera en 0 000010 00 y así sucesivamente.

Ya que no se utilizan los 2 primeros bits de direccionamiento ni A9, ya que siempre valen 0, el código tendrá solo siete dígitos (combinación de 0's y 1's) pero en realidad las direcciones son de 10.

SIGNIFICADO DE BIT	MAYOR ← ..... → MENOR									
	A9	A8	A7	A6	A5	A4	A3	A2	A1	A0
PINES DEL ISD										
PASO POR PIN INICIAL	512	256	128	64	32	16	8	4	2	1
CODIFICACIÓN DE LETRAS	SIN USAR	VOCAL			CONSONANTE				SIN USAR	
VALORES DE LOS BIT UTILES POR FICHA		4	2	1	8	4	2	1		

Tabla 2.2 Descripción de pines para consonantes y vocales

Viendo la tabla 2.2, se observa que hay 2 grupos de fichas: consonantes y vocales. Como se requiere que el orden de las direcciones sea consecutivo (para utilizar eficientemente la memoria del chip), se asignaron los 4 bits menos significativos a las consonantes y los 3 mas significativos a las vocales.

Lo anterior es porque el numero de consonantes es mayor que el de vocales y si se asignarán los primeros bits a éstas, sólo se usarían 5 consecutivos y los 3 siguientes quedarían sin usar provocando huecos grandes; que consumirían todo el espacio para grabar las sílabas.

Este inconveniente dejaría inutilizables 16 direcciones por cada una de las 3 combinaciones sin uso. Es decir, por cada consonante se dejan de usar 3 direcciones, como lo muestra la tabla 2.3



Dirección	Consonantes (16 combinaciones)				Vocales (8 combinaciones)			
0	0	0	0	0	0	0	0	A
1	0	0	0	0	0	0	1	E
2	0	0	0	0	0	1	0	I
3	0	0	0	0	0	1	1	O
4	0	0	0	0	1	0	0	U
5	0	0	0	0	1	0	1	Sin usar
6	0	0	0	0	1	1	0	
7	0	0	0	0	1	1	1	
8	0	0	0	1	0	0	0	A
9	0	0	0	1	0	0	1	E
...	...				...			...

Tabla 2.3 Codificación inadecuada para las letras

Por el contrario, utilizando los bits menos significativos para las consonantes, sí se combinan los 16 valores con los 5 de las vocales y también se utilizan todas las combinaciones consecutivas de los 4 bits.

Una vez agotados esos 16 valores, se produce un cambio en los 3 bits mas significativos (vocales); pudiendo utilizar nuevamente las mismas 16 combinaciones. Esto se hace de igual forma para el resto de las vocales. La tabla 2.4, ilustra mejor la codificación de sílabas.

Con la codificación planeada se abarca la mayor parte de las letras del alfabeto, descartando aquellas de mayor complejidad.

Para combinar las 16 consonantes consideradas más importantes con las vocales se obtiene el siguiente conjunto de letras:

vocales           A, E, I, O, U

consonantes    B, C, D, F, G, H, J, K, L, M, N, Ñ, P, S, T, Y

opcionales      V, X, Z

Aunque solo se grabaron 80 sonidos se pueden abarcar la V, X y Z, por tener sonidos similares a alguna de las 16 consonantes consideradas. Letras como la Q ó R, se descartan porque la primera requiere combinarse con la vocal U y la segunda bajo ciertas combinaciones puede producir 2 sonidos diferentes, por lo que según especialistas de la enseñanza[21]; son consideradas en una etapa posterior dentro del proceso de lecto-escritura.

Lo que se pretende, al hacer esta elección del formato de direcciones: dividir el código en dos, es poder hacer más interactivo el “lector de sílabas”, ya que brinda al usuario la libertad de formar sus propias sílabas desde su componente más simple que es la letra. Esto también, según comentarios de profesoras de preescolar[21], lo ayuda a ser autodidacta.

Por otra parte, el número de fichas se reduce mucho más que si se utilizara una ficha por cada sílaba; ya que se han seleccionado 80 sílabas diferentes.

Con base en lo anterior, se puede determinar que para formar las sílabas sin requerir 80 fichas: una por cada sílaba diferente (16x5), se puede manipular una ficha por cada letra y combinarlas: consonante y vocal, para generar el código de 7 bits que corresponda a cada una de las sílabas grabadas, reduciendo en gran parte la cantidad de fichas a

utilizar de 80 a sólo 21 (16+5). Este número de fichas se debe duplicar para el caso en que una sílaba se repita.

VOCAL	A8	A7	A6		A2	A3	A4	A5	CONSONANTE
A	0	0	1		0	0	0	0	B
	0	0	1		1	0	0	0	C
E	0	1	0		0	0	0	0	B
	0	1	0		1	0	0	0	C
I	0	1	1		0	0	0	0	B/V
	0	1	1		1	0	0	0	C

Tabla 2.4 Ejemplo de la codificación de algunas letras del “lector de sílabas”.

El código de la primera sílaba es 001 0000 (dirección 0001 0000 00). Esto porque en la primera dirección (0000000000) se tiene grabado el mensaje: “sílabas incorrectas” que se reproduce cuando en alguna sílaba se invierte el orden de las letras.

El diseño de fichas y casillero permite que cualquier ficha insertada en una casilla que no corresponde, ponga a tierra todas las laminillas de esa casilla. Cualquier vocal genera el código de la B (0000). Se considera mejor prevenir al usuario, en lugar de eliminar una consonante y su familia de sílabas para evitar este inconveniente.

En el caso de que las casillas, correspondientes a una sílaba, estén vacías el código generado es 111 1111 y se tendrá un silencio.

El lector de sílabas, puede leer los nombres de las letras. Para leer una vocal sólo se tiene que colocar la ficha en la casilla respectiva (2ª ó 4ª) y dejar las otras 3 casillas vacías. El nombre de las consonantes se

puede saber, insertando una ficha auxiliar en la casilla de la vocal que le corresponde.

En resumen, si se tienen 16 consonantes y 5 vocales entonces, sólo se necesitan 4 dígitos para cada consonante y 3 por cada vocal, ya que  $2^4 = 16$  y  $2^3 = 8$  respectivamente. De las 3 combinaciones que no se utilizan para las vocales una de ellas es usada para leer los nombres de las consonantes, otra para mensaje de sílaba incorrecta y otra permite generar un silencio.

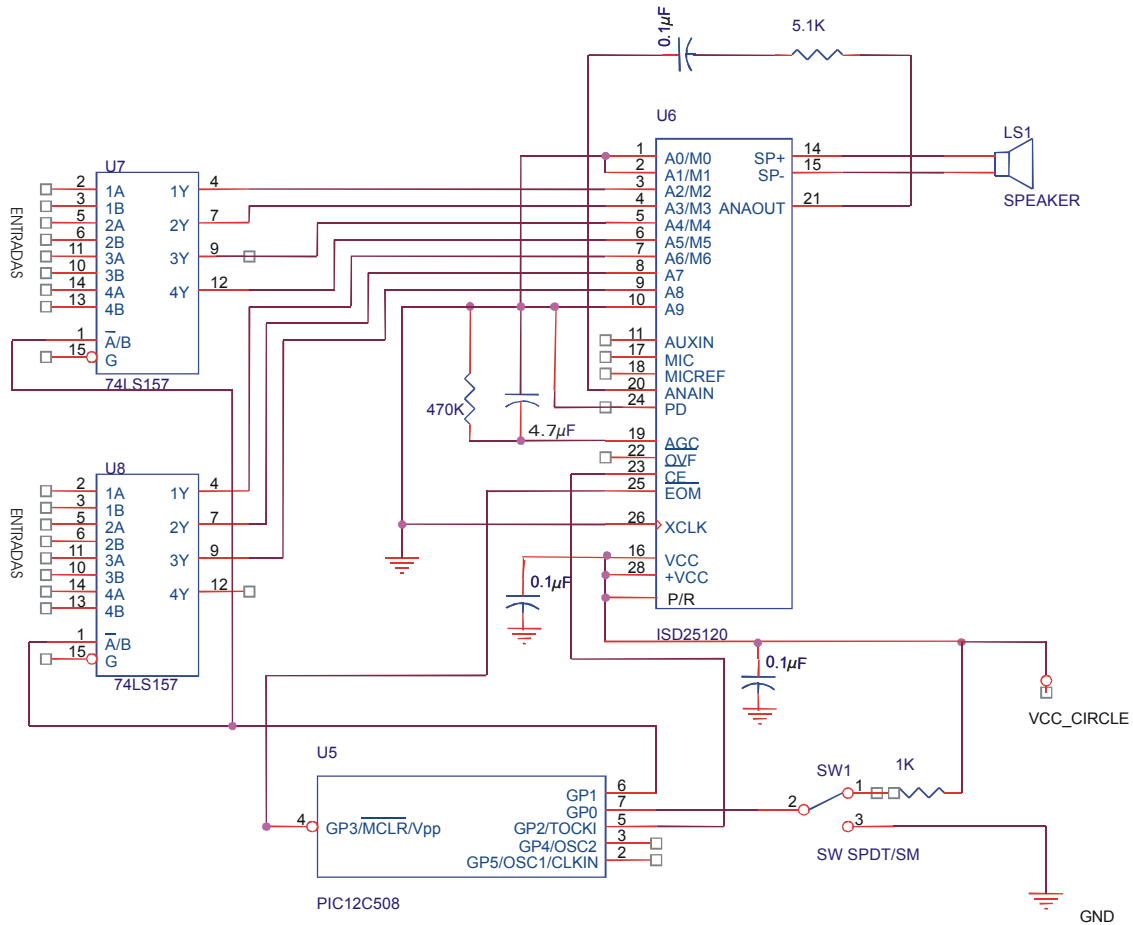
Como cada consonante debe ser combinada con las 5 vocales y las direcciones deben ser consecutivas (tomando en cuenta el paso establecido de 4); para optimizar el espacio de grabación, es necesario tomar los 3 dígitos de mayor peso para las vocales y los 4 menores para las consonantes. Ejemplo: 001, 0000 respectivamente A y B, formando la sílaba BA.

Se ha determinado que, el número de fichas necesario para formar palabras de 2 sílabas solo será de 42, gracias a la segmentación del código en dos. Esto es, 2 fichas iguales por cada letra y no 2 por cada una de las 80 sílabas, en el caso de que la sílaba se repita en el casillero. En el apéndice B se tiene la tabla de codificación de todas las sílabas grabadas.

## 2.4 Generando el prototipo

Con todo lo descrito previamente, se inició el armado en conjunto de los distintos bloques del sistema, obteniendo el circuito de la figura 2.10, que comprende los componentes electrónicos ya descritos (ISD25120, PIC12C508 y 74LS157) y sus conexiones principales.

El circuito mostrado, corresponde al prototipo final del lector de sílabas realizado.



NOTA: TODAS LAS ENTRADAS ANTES SE DERIVAN A VCC POR MEDIO DE UNA RESISTENCIA 10k AL CASILLERO

Fig. 2.10 Conexiones de los dispositivos internos con el ISD25120

### 2.4.1 Aspecto físico

El gabinete es la caja que contiene en su interior todos los elementos electrónicos del sistema, su forma es rectangular y en la parte superior muestra el casillero en donde se insertan hasta cuatro letras.

También, en la superficie del gabinete (parte inferior del casillero), se tienen los botones para activar al lector de sílabas: “encendido” y “dime”. La bocina se encuentra al lado derecho del casillero.

El casillero, como se ha mencionado, no es más que el hueco en el cual se insertan las letras para formar las palabras a leer. En éste, se encuentran 14 laminillas para generar las direcciones correspondientes a las 2 sílabas. El aspecto de las laminillas del prototipo se observa en la siguiente imagen figura 2.11,

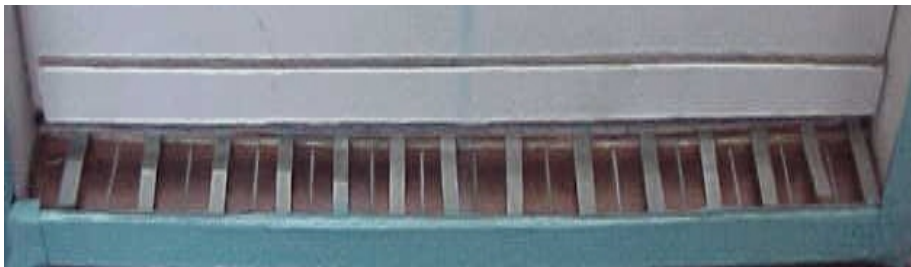


Fig.2.11 Laminillas del casillero

Cuando se insertan las fichas, algunas laminillas se ponen en contacto con una placa metálica conectada a tierra (0 lógico) y otras quedan al aire (1 lógico). Se genera, por cada sílaba, una combinación de 7 bits que son enviados a los selectores 74LS157 para su manipulación. Cada

laminilla se conecta a Vcc a través de una resistencia. Las combinaciones de 0`s y 1`s permiten acceder a cada sílaba grabada.

En la cara lateral del gabinete se tiene un plug que permite operar el lector de sílabas cuando no tenga batería mediante un eliminador de 9v.

El aspecto físico planeado para el gabinete, pretende ser lo más atractivo a los usuarios (figura 2.12), que por lo general serán niños de entre 4 y 6 años aproximadamente, aunque no se descarta su uso para personas adultas .

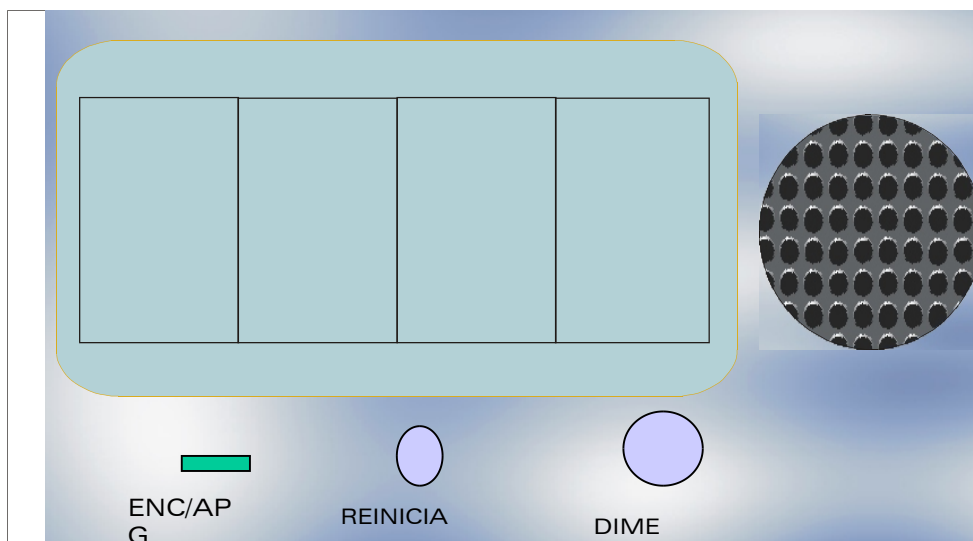


Figura 2.12 Diseño preliminar del gabinete

En seguida, se proyectó el diseño y elaboración de las letras que están hechas de material flexible y elástico, para garantizar la presión

suficiente sobre las laminillas del casillero y la placa de tierra, para que estos a su vez generen la señal correcta para el código.

Se determinó, después de probar varios materiales, que el foami (una goma-espuma sintética usada en la fabricación de algunos rompecabezas) de aproximadamente 0.5cm de grosor es una buena opción. Aunque el grosor puede variar si se garantiza la presión suficiente y ajuste dentro del casillero.

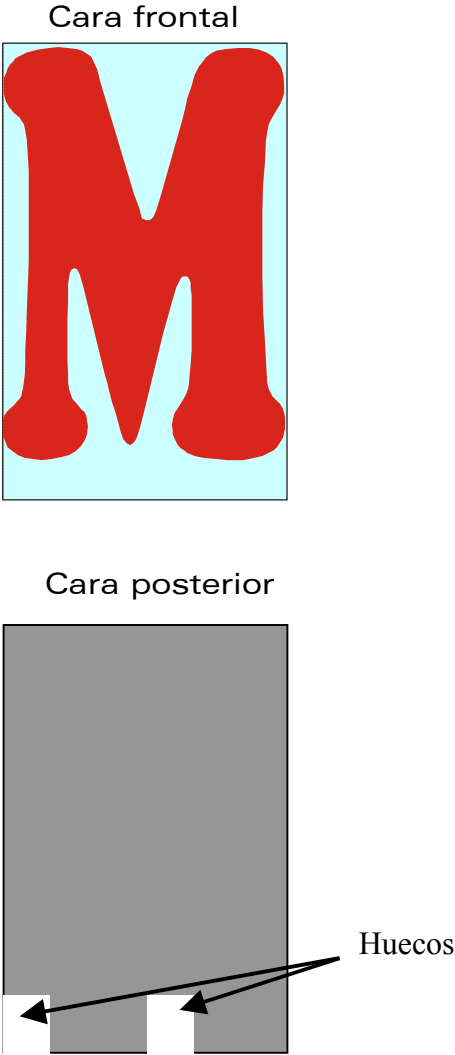


Fig. 2.13 Fichas



Las fichas, como se observa en la figura 2.13, se han ranurado de manera que los códigos que no requieren que algunas laminillas se presionen, permanezcan con su valor ALTO, es decir al aire.

Estas letras se proponen de varios colores (fuertes y/o vivos) y habrá 2 fichas por letra como se explicó anteriormente para poder formar palabras con la misma letra. Ejemplo: MAMA.

Al insertar las fichas sobre el casillero del gabinete, se tiene algo similar a lo que se muestra a continuación en la figura 2.14:



*Fig. 2.14 Prototipo preliminar*

El diseño del sistema presentado, es la integración de los diferentes factores involucrados: resultados obtenidos derivados de la planeación inicial del proyecto, análisis de alternativas, así como de la experimentación y pruebas realizadas; sufriendo durante el desarrollo del mismo algunas modificaciones que tuvieron como único fin obtener el mejor producto final posible.

## CAPÍTULO 3

---

### PRUEBAS Y RESULTADOS

Este capítulo recopila y detalla cada paso de las pruebas realizadas para la integración de las diferentes etapas del sistema, descritas en el capítulo dos, así como las dificultades y contratiempos encontrados para su realización. Se pretende explicar la razón por la que se seleccionaron los diferentes elementos utilizados en cada etapa o bloque desarrollado del prototipo final.

#### 3.1 Implementando el sistema electrónico

El sistema electrónico se ha desarrollado por etapas que, como se ha descrito anteriormente, integran el “lector de sílabas”. Cada una de estas, implica una serie de pruebas que permiten obtener un buen resultado en la implementación del conjunto. El trabajo realizado en cuanto a éstas pruebas, comprende: la manipulación del dispositivo de grabación y reproducción de mensajes (ISD25120), selección de mensajes, distintas formas para introducir datos mediante el diseño de fichas y casillero, pasando por la etapa de control.

La fase final en la implementación, corresponde al armado sobre la placa de cobre y el montaje de ésta en el gabinete del lector de sílabas.

### 3.1.1 El ISD25120: grabación y reproducción

Una de las primeras pruebas que se realizó, una vez adquirido y estudiado el ISD25120 (dispositivo seleccionado), fue la grabación de mensajes simples. Como se observa en el circuito de la figura 3.1, todos los pines de direccionamiento se encuentran conectados a tierra, es por ello que al grabar un nuevo mensaje, quedaba almacenado en la dirección inicial 00000000 borrando el anterior.

El circuito de la figura 3.1, permitió comprobar y entender el funcionamiento de los pines de activación: habilitar el chip (CE) y grabar/reproducir (P/R) del ISD25120.

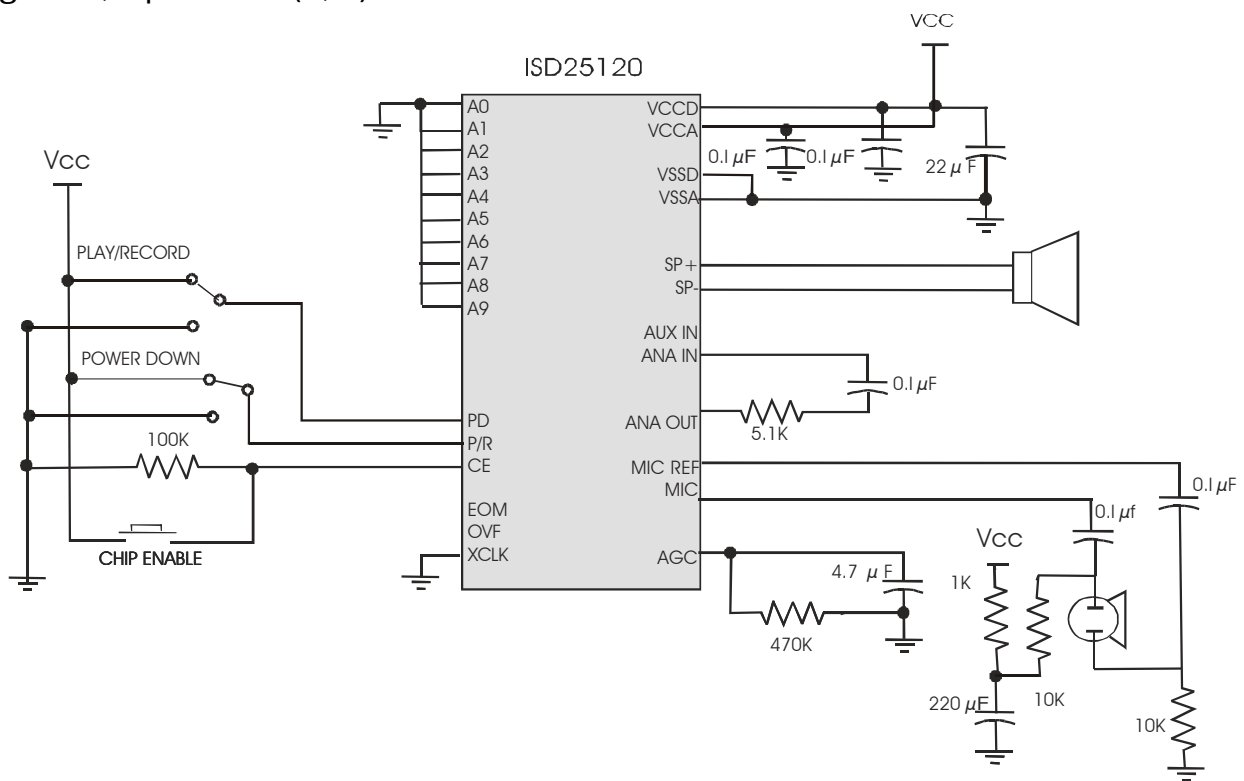


Figura 3.1 Circuito preliminar: pruebas de grabación/reproducción

Después de esto se llevaron a cabo las pruebas preliminares de direccionamiento, para las cuales se utilizó un dip switch de 8 selectores conectados a tierra (nivel BAJO). El ISD25120 utiliza señales de 0 y 1 lógicos (tierra y 5v respectivamente) para activar sus pines de direccionamiento A0/A9.

Todos los pines de direccionamiento del ISD25120 a utilizarse, fueron conectados a Vcc, por medio de una resistencia; para tener un nivel ALTO permanente. Antes de la resistencia se tiene, una derivación directa al dip switch y de éste una conexión a tierra. El diagrama de la figura 3.2 ilustra esto.

Cuando los selectores del dip switch están abiertos se genera un nivel ALTO (1 lógico) en los pines del ISD25120 debido a la resistencia conectada a Vcc; por el contrario si se cierran estos selectores, al ponerse en corto con tierra la señal generada es de nivel BAJO (0 lógico) debido a que la resistencia impide el paso de corriente a través de la conexión evitando un corto entre Vcc y tierra.

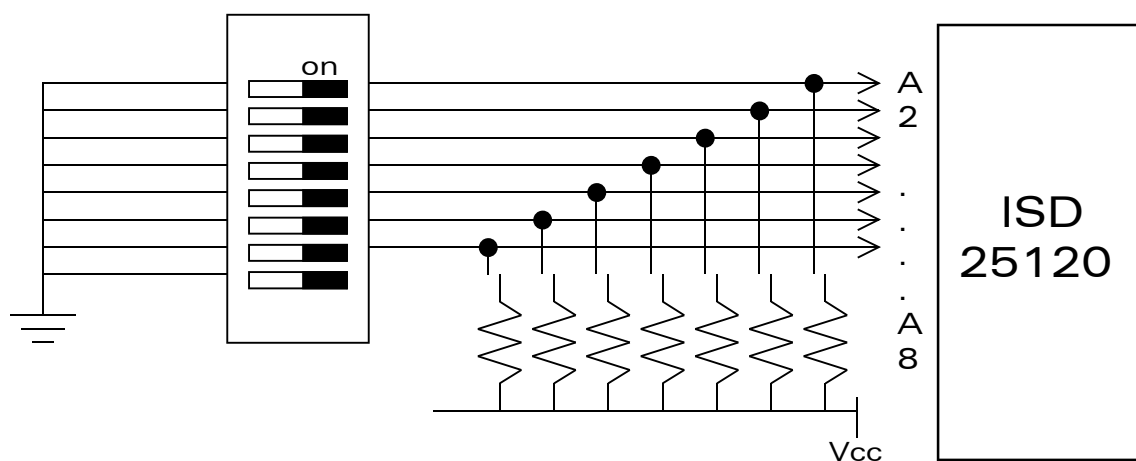


Figura 3.2 Conexiones de los pines a Vcc y tierra.

Sólo se debe seguir la tabla de codificación, planteada en el capítulo anterior, manipulando los selectores para grabar las 80 sílabas en sus direcciones asignadas. Si se quiere un nivel ALTO se abre el selector del dip switch correspondiente y si se requiere un nivel BAJO se cierra. El circuito utilizado para ello se muestra en la figura 3.3.

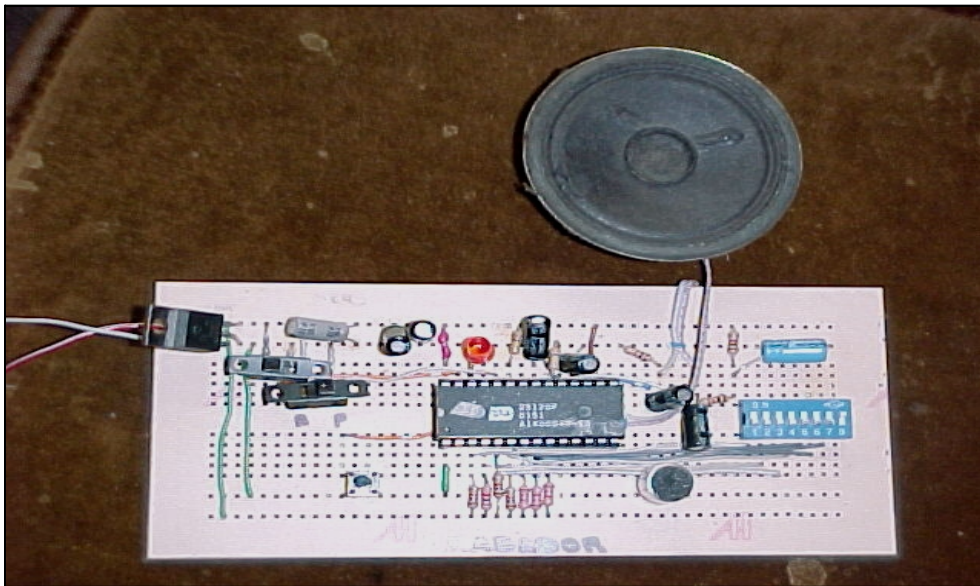


Figura 3.3 Foto del circuito utilizado para grabar

Un inconveniente encontrado fue que, al grabar en direcciones separadas con pasos de uno en uno, las sílabas se traslapaban a la hora de reproducirlas. Finalmente, el paso mínimo para grabar sílabas contiguas se verificó que era de 4, como se ha presentado y analizado en el capítulo anterior.

El tiempo de duración de cada sílaba con una dicción aceptable es aproximadamente de 0.8 segundos y, el tiempo que se obtiene entre

direcciones consecutivas, con este paso de cuatro direcciones, es alrededor de 1 segundo; suficiente para evitar traslapes.

Los pasos o saltos entre direcciones son de 4, dentro del intervalo permitido por los 10 pines de direccionamiento; desde  $0=2^0$  hasta  $1024=2^{10}$ . Los pines A0 y A1 deben valer 0, de lo contrario generarían pasos menores y eso reproduciría sílabas (mensajes) mutiladas.

Una dirección válida en el "lector de sílabas" es cualquier múltiplo de 4 como por ejemplo  $010\ 0101\ 00 = 148$ . Como sólo se utilizan 7 de los 10 pines para generar los códigos de las sílabas, se han conectado a tierra los 3 restantes: A0, A1 y A9 para garantizar la presencia de un 0 en los mismos.

El pin de direccionamiento A9, no cambia debido a que el número de direcciones utilizadas para grabar las sílabas empleadas, no es tan grande como para producir un cambio en el valor de dicho pin: se usan menos de las 128 direcciones posibles con el paso establecido (la cantidad de direcciones utilizables hasta el pin A8=  $512/4$ ).

Una vez grabados los 80 sonidos correspondientes a diferentes sílabas, previamente escogidas, se verificó que su direccionamiento y código respectivo fueran iguales. Esto se realizó supervisando que los valores escogidos en el dip switch correspondieran con los de la tabla de codificación. Las 80 sílabas se reprodujeron de manera aleatoria para hacer más confiables las pruebas.

Hasta aquí, se consideró satisfactorio el trabajo experimental realizado en lo que a las funciones básicas del dispositivo reproductor respecta.

La mayor parte de las pruebas se realizaron sobre un protoboard para facilitar la interconexión de los distintos componentes (ver figura 3.4).

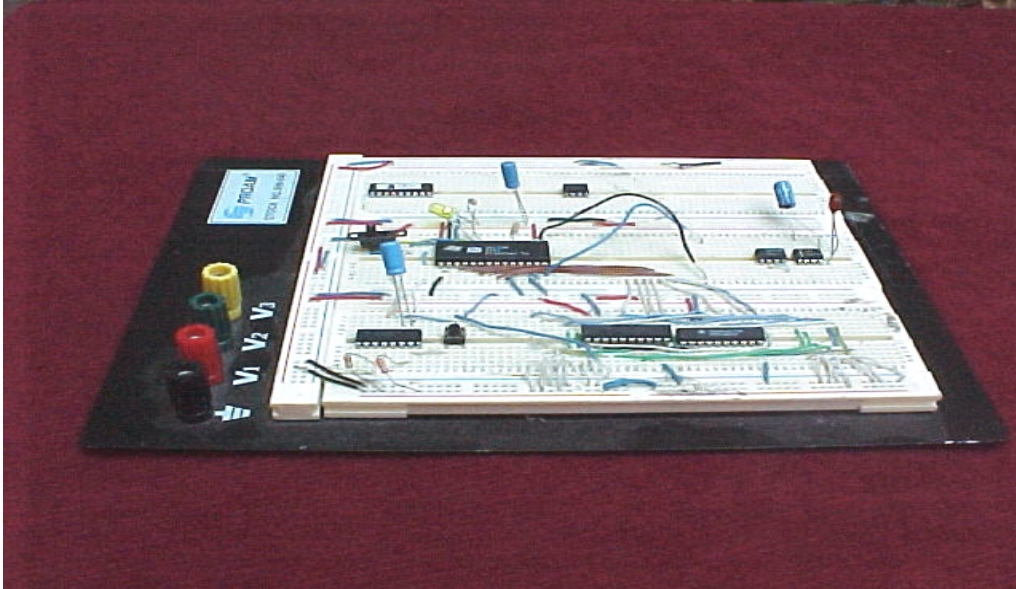


Figura 3.4 Protoboard de pruebas

### 3.1.2 Selección de datos

El siguiente paso a resolver fue seleccionar una de las dos sílabas a reproducir, ya que una vez insertadas las letras en el casillero del “lector de sílabas”; se tienen en forma permanente las señales generadas por cada una de ellas. Existe un total de 14 señales de entrada y sólo es posible enviar 7 a la vez al chip reproductor ISD25120.

Para la selección de datos, se hicieron pruebas con el 74LS157 que resultó práctico en la implementación debido a que tiene una salida común para dos posibles entradas y permite usar pocas conexiones[7].

Como son 7 señales por sílaba y los circuitos integrados 74LS157 sólo permiten seleccionar cuatro de ocho, se necesitaron dos: el primero manipula las señales correspondientes a las consonantes de ambas sílabas, mientras que el segundo circuito integrado selecciona las 3 que corresponden a las letras vocales, quedando dos entradas y una salida libres en este último. La figura 3.5 ilustra el flujo de señales en la etapa selección.

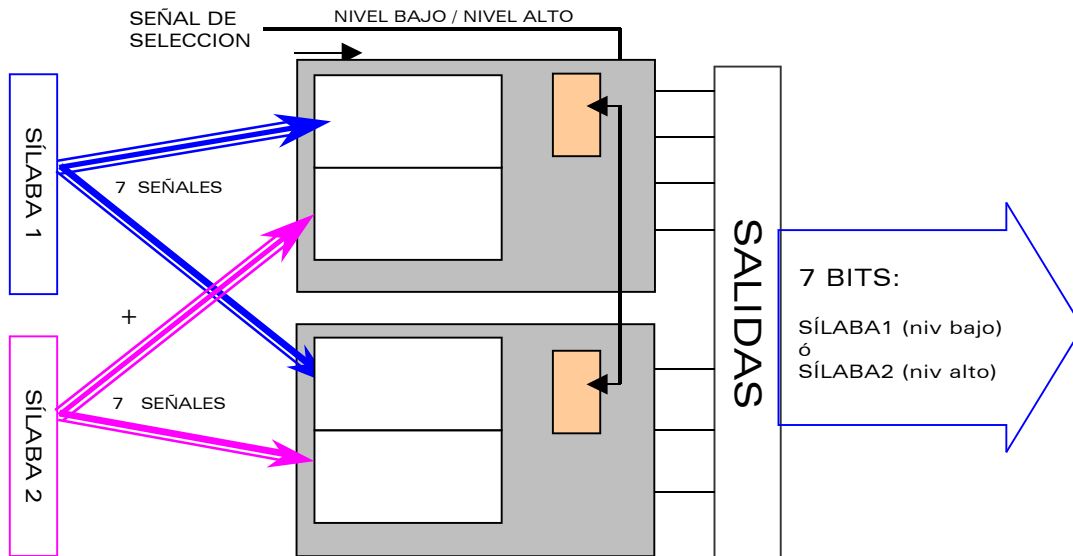


Figura 3.5 Diagrama de funcionamiento de los selectores

Los pines de selección de ambos integrados se ponen en corto para que, mediante una sola señal de nivel bajo, se envíen a la salida de los selectores las 7 señales del código generado por la primera sílaba; quedando inhibidas las otras siete, correspondientes al código de la segunda sílaba. Se invierte el caso cuando la señal de selección es de nivel alto.



Como se planteó en el diseño del sistema, con un solo botón el usuario debe activar en el “lector de sílabas”, el siguiente procedimiento:

- 1 seleccionar la sílaba 1,
- 2 enviar una señal de reproducción al IDS25120,
- 3 esperar del ISD25120 el fin del mensaje EOM,
- 4 seleccionar la sílaba 2,
- 5 enviar la señal de reproducción nuevamente al ISD25120,
- 6 esperar el EOM y
- 7 Parar.

Esto hace necesario que se emplee algún tipo de control programado para que realice dicho procedimiento.

### 3.1.3 Control y ejecución de acciones

Las prácticas que se realizaron para activar el “lector de sílabas” con un sólo botón, antes de contemplar el uso del PIC12508, comprenden pruebas con temporizadores y compuertas lógicas; obteniendo resultados aceptables con el circuito de la figura 3.6, que ilustra las conexiones principales entre integrados; la parte sombreada comprende el área de control de todo el sistema, donde el 555 actúa como monoestable.

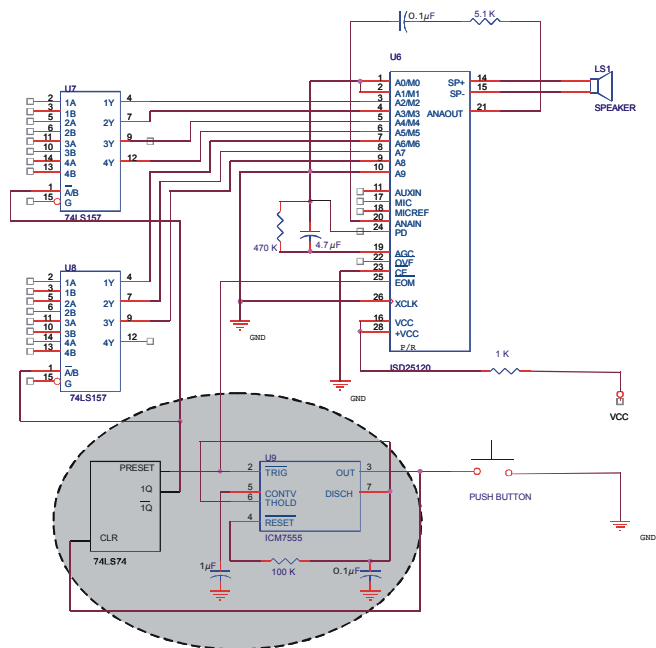


Figura 3.6 Circuito preliminar sin uso de PIC's para el control

El temporizador comprende capacitores y resistencias que, dependiendo de su valor, dan el tiempo suficiente para que las sílabas se reproduzcan sin percibir espacios entre ellas. Sin embargo la reproducción era inadecuada cuando el botón no se presionaba durante cierto tiempo, haciendo inestable el sistema.

Para solucionar este problema de reproducción, se decidió que la secuencia de control se realizará mediante el microcontrolador PIC12C508 (microchip).

Este tipo de PIC's tiene el inconveniente de que se graba un vez y ya no se puede regrabar, por lo que para experimentar y solucionar fallas de programación, se optó por programar un PIC16C84 que permite la grabación reiterativa[8].

El software MPLAB (Microchip), permite depurar las rutinas programadas en la computadora antes de grabar físicamente los PIC's, con esto el número de pruebas se redujo bastante.

Una vez que las pruebas con el PIC16C84 fueron satisfactorias, lo único que se hizo fue trasladar el código de programa al grupo de instrucciones correspondiente al PIC12C508. Sólo que en este último se utiliza el oscilador interno y con el primero se utilizó un cristal de 4 Mhz [8].

La razón por la que se utiliza el PIC12C508 específicamente, es que resulta mucho más barato que cualquier otro PIC y como el procedimiento de control que se requiere en este proyecto es sencillo, este chip es más que suficiente. Otro factor fue que su tamaño es muy reducido: solo 8 pines.

En lo que respecta al sistema electrónico interno (reproductor, control, selectores y otros elementos) y una vez verificado su funcionamiento, acorde a lo planeado, se pudo diseñar la placa del circuito impreso.

El diseño de ésta placa, se presenta en la figura 3.7, y es la que alberga de manera fija los componentes electrónicos; permitiendo su integración fácil al gabinete del "lector de sílabas" así como de los componentes externos del sistema (bocina, casillero, botones...).

Se han añadido a la placa, 4 zócalos para insertar fácilmente cada uno de los circuitos integrados; con la finalidad de poder sustituirlos sin complicaciones, en caso de que sea necesario.

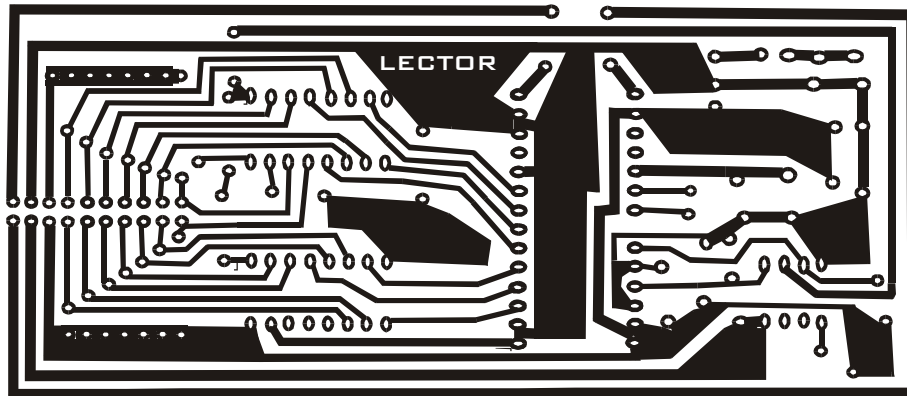


Figura 3.7 Diagrama del circuito impreso del "Lector de Sílabas"

#### 3.1.4 Introducción de los datos

Durante las pruebas del circuito electrónico del sistema, las señales de datos se introducían directamente utilizando dos dip switch para escoger el código de una sílaba cualquiera; realizado esto, se tuvo que diseñar el casillero y el tipo de interruptores que junto con las fichas sustituyen a estos dip switch.

Recordando que los pines de entrada de los selectores, tienen un nivel ALTO a través de una resistencia a Vcc; sólo se tiene que garantizar que cuando el código de una sílaba requiera un nivel BAJO en alguno

de los pines de direccionamiento, éste sea puesto a tierra. Esto se hará al insertar las fichas de las letras.

Dentro de las primeras pruebas realizadas, se intentó colocar debajo de las fichas partes metálicas que al ser insertadas en su casilla pusieran a tierra los pines de los selectores mediante metales en el casillero. Esta prueba no fue satisfactoria ya que los metales de las fichas difícilmente hacían buen contacto con los del casillero. Lo anterior se ilustra mejor en la figura 3.8

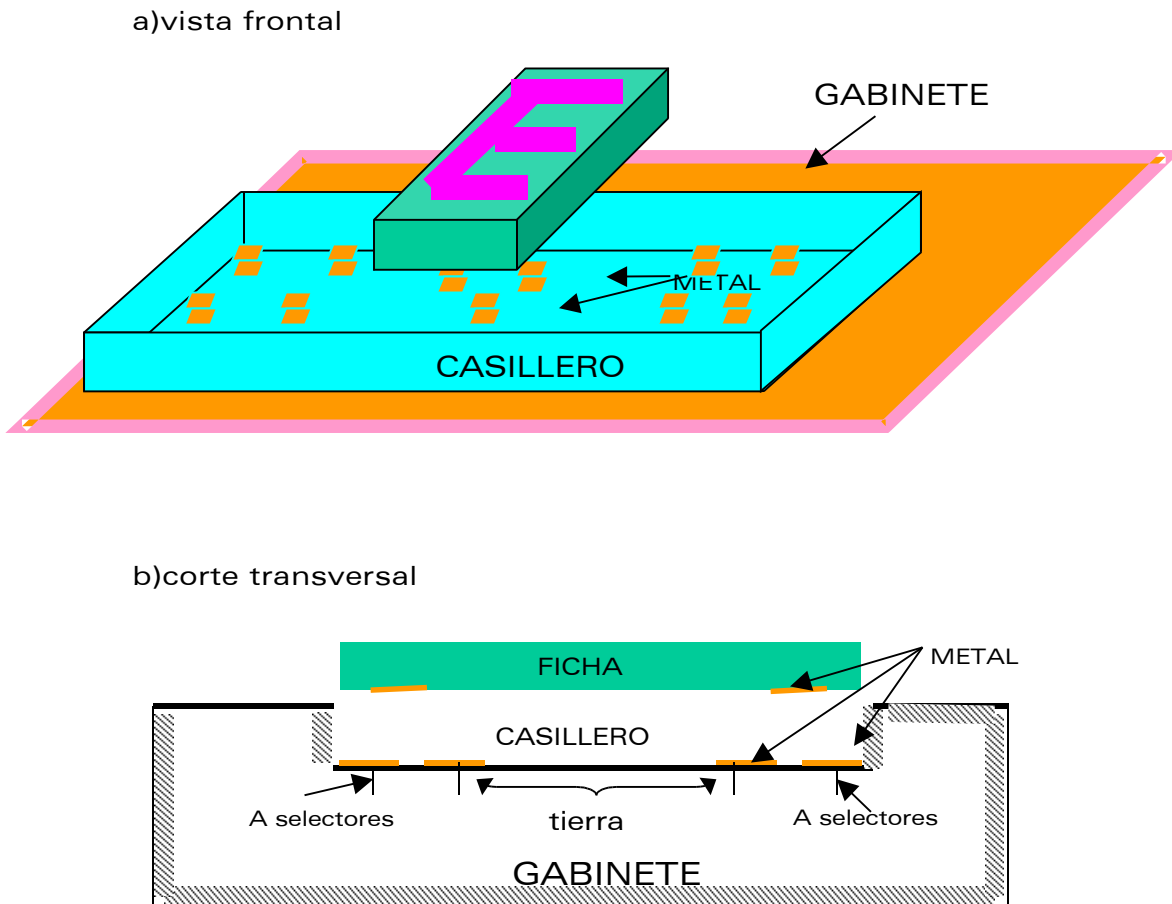


Figura 3.8 Fichas con placas metálicas horizontales

Siguiendo la misma idea pero ahora sustituyendo las partes metálicas por huecos que, al ser puestos sobre botones de presión; uno por cada pin de los selectores, dejan la señal ALTA y de lo contrario (sin hueco) la señal fuera puesta a nivel BAJO. Ver figura 3.9

Este segundo intento en el diseño de los interruptores de entrada, resultó poco conveniente puesto que el peso de las fichas tendría que ser muy elevado para presionar los diferentes botones; sin garantizar que el código generado fuera el correcto.

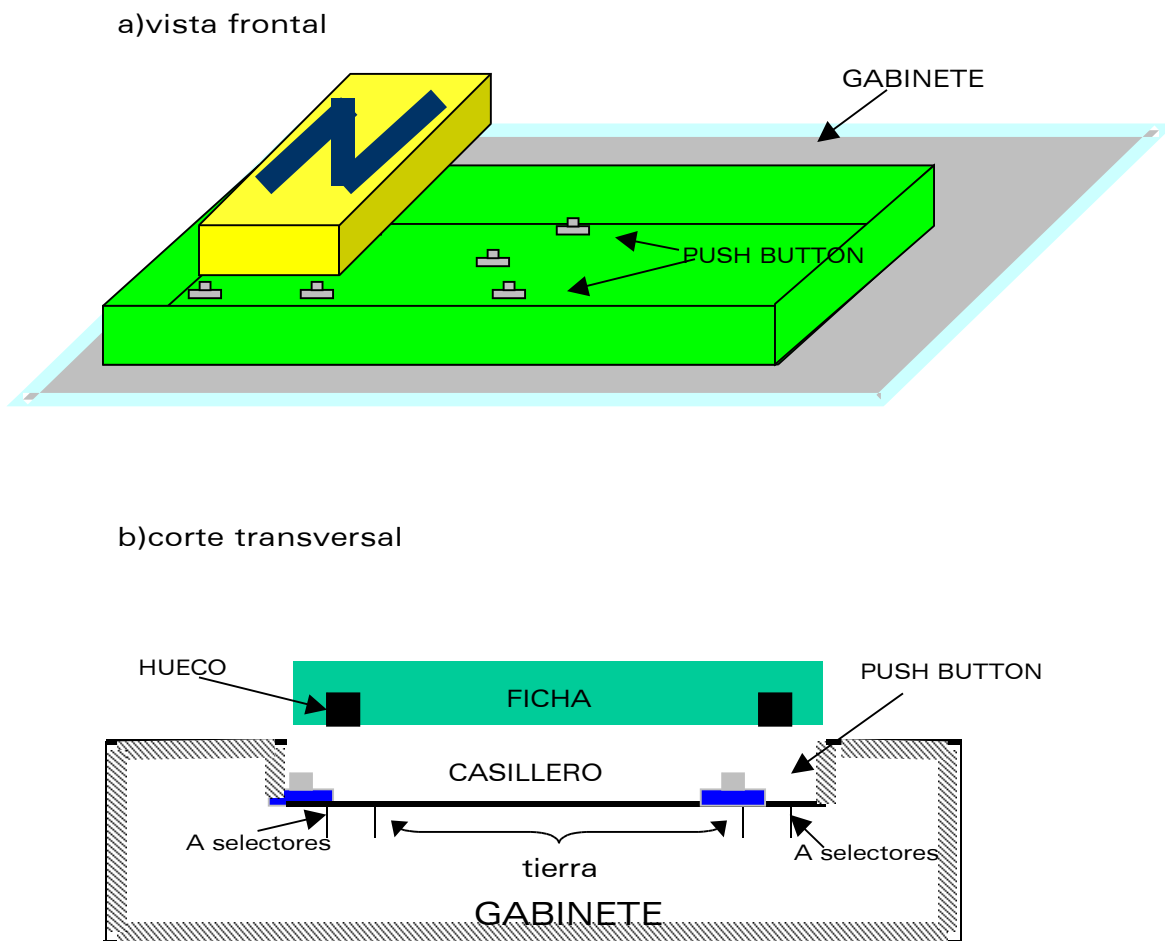


Figura 3.9 Push button y fichas con huecos

Un intento posterior, fue el introducir foto sensores (emisor-receptor) en cuya ranura, la ficha insertada dejaba pasar o no la luz; proporcionando así, una señal BAJA ó ALTA (0 ó 1). Esto se ilustra en la figura 3.10.

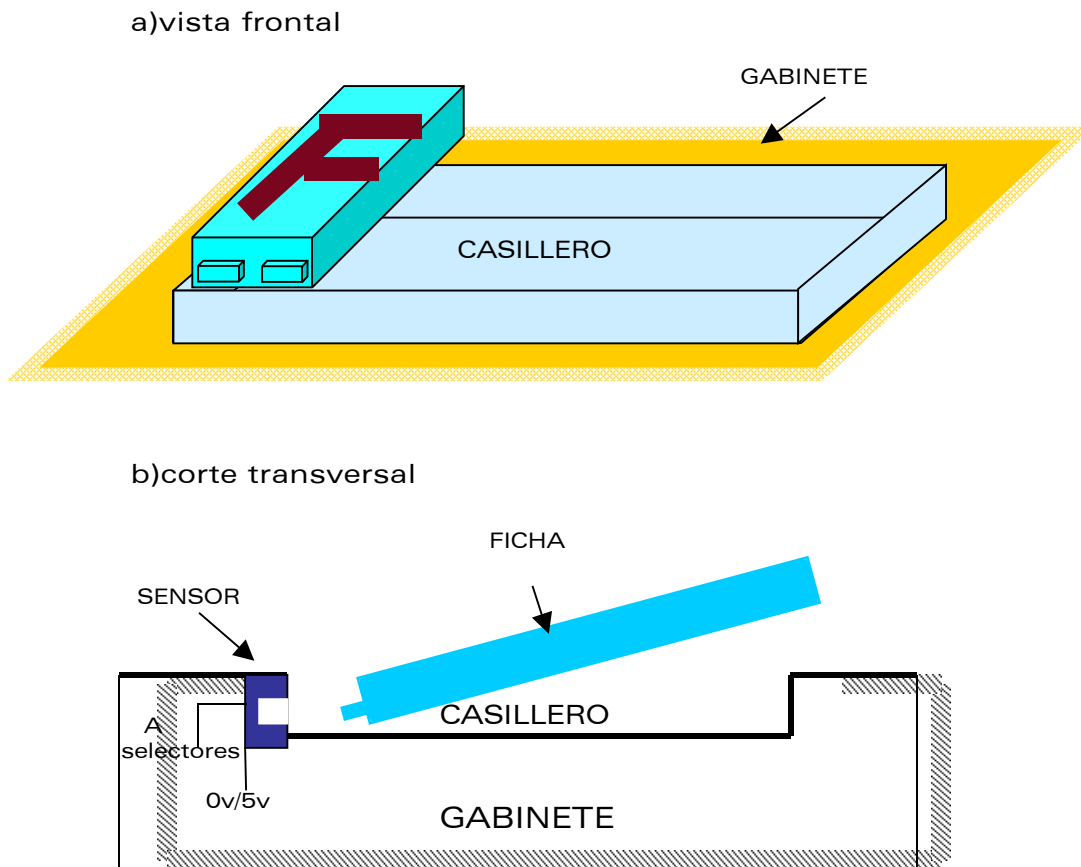
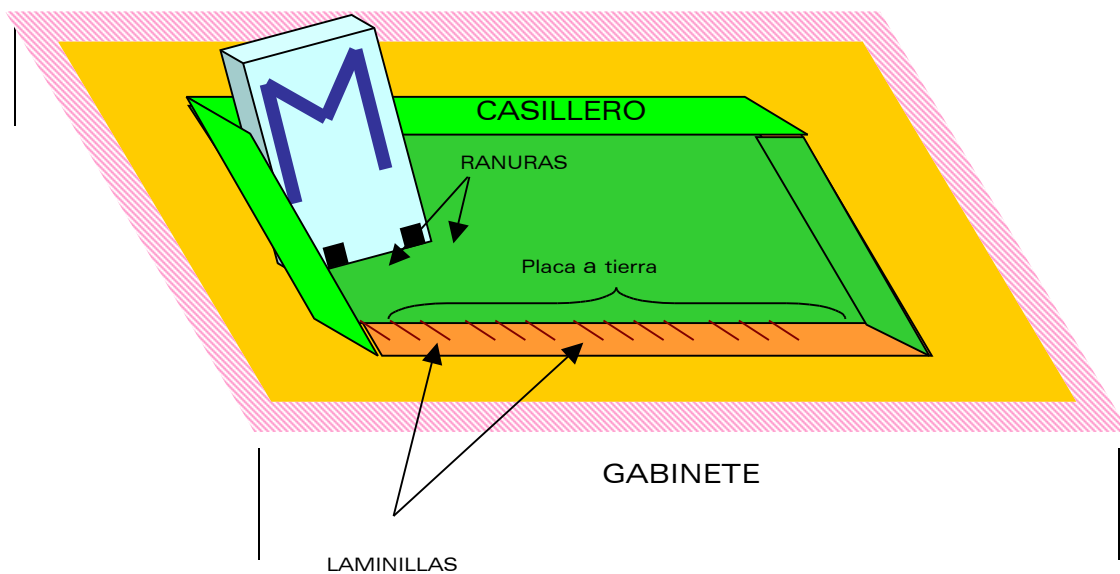


Figura 3.10 Sensor óptico y fichas con pestaña,

Esto no funcionó debido a que la resistencia del emisor de los sensores no llegaba a ser lo suficientemente baja, cuando se interrumpía la luz, para que el voltaje se redujera lo necesario y generar un nivel BAJO (0) en los selectores. Esto siempre generaba un nivel ALTO (1) en cualquier caso. Además, el consumo de corriente se incrementaba reduciendo el tiempo de duración de la pila.

El resultado final y más satisfactorio para generar las señales de entrada de datos, se obtuvo retomando la idea de montar laminillas, conectadas a los pines de los selectores, levemente separadas de una placa metálica conectada a tierra. La forma de colocar el conjunto (laminillas y placa), en lugar de ser sobre el plano horizontal se hizo sobre el vertical, como se aprecia en la figura 3.11, a lo largo del casillero en la parte inferior.

a) vista frontal



b) corte transversal

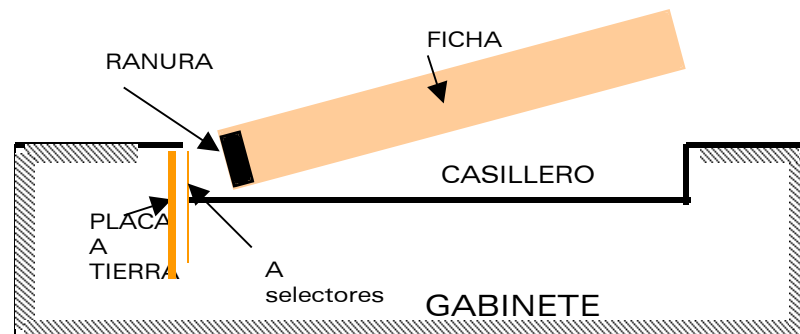


Figura 3.11 Laminillas de contacto en forma vertical



Esto permite que al introducir una ficha, esta presione bien la laminilla correspondiente contra la placa metálica; porque la letra encaja con cierta presión sobre el casillero.

La ficha se inserta diagonalmente: primero sobre el lado de las laminillas y después sobre el lado opuesto presionado hacia abajo.

Una ventaja adicional con respecto a las otras opciones probadas, es que el costo de su implementación resultó ser mucho menor que el de cualquiera de las alternativas descritas.

### 3.2 Resultados

Hablando de resultados, se puede hacer un análisis breve de lo que se ha obtenido en función de las pruebas realizadas, durante la puesta en marcha del proyecto:

Respecto al funcionamiento del sistema, se puede mencionar que: tiene la suficiente flexibilidad para su fácil manejo, el sonido de las sílabas a través del altavoz o bocina quizás no es de la más alta calidad y fidelidad; no obstante es comprensible y se distingue bien el sonido de cada sílaba. Esto se sustenta después de someter el prototipo final a pruebas con diferentes usuarios.

El manejo del sistema es muy simple y práctico como se planteó, ya que de todas las configuraciones y pruebas experimentadas sobre el diseño tanto de los circuitos, gabinete y fichas; como de los accionadores e interruptores del casillero; se obtuvo la mejor opción.

El gabinete es ligero y lo más pequeño posible, gracias a las dimensiones reducidas de componentes internos y su distribución en la placa diseñada; además el casillero tiene el grosor necesario para que las fichas queden colocadas sin ningún problema de sujeción ya que éstas, al ser flexibles y elásticas, garantizan la presión necesaria sobre las laminillas que requieran ir a tierra ( código de 0's y 1's).

En el fondo de cada casilla están impresas las letras que se pueden colocar en ella, para que el usuario se pueda orientar en la colocación de las fichas y evitar errores en el formato de sílabas establecido: consonante-vocal-consonante-vocal, Ver figura 3.12.

En resumen, el lector de sílabas desarrollado es un aparato robusto en cuanto a manipulación, funcionamiento interno y ensamblado se refiere. Esto no lo hace invulnerable a fallas pero sí se redujeron lo más posible al mínimo, gracias a las diversas pruebas experimentales y al diseño previamente planeado.

Si se habla de "fidelidad", al pensar en la calidad del sonido grabado; se debe tomar en cuenta que las prácticas fueron desarrolladas, en su mayor parte, en casa por lo que los sonidos en algún momento parecerán de no muy alta fidelidad. Sin embargo, sí se logra en la mayoría de los mensajes grabados tener una calidad aceptable en el sonido. Quizás algunas sílabas grabadas que tienen menor calidad en el sonido corresponden al grupo de la vocal "i".

Cabe mencionar que, la calidad es factible de ser mejorada si se utiliza un circuito integrado de menor tiempo de grabación pero con mayor frecuencia de muestreo, por ejemplo el ISD2590 [15]; también se podría grabar en un estudio profesional, eliminando el ruido ambiental y modulando la voz. No obstante, se considera que esto es un factor

que no repercute significativamente en el funcionamiento y para el propósito principal del proyecto.

El adecuado manejo y cuidado permitirá obtener mejores resultados en el desempeño del Lector de Sílabas, para ello se dan algunas recomendaciones para su buen uso en el apéndice D.

Otro resultado (satisfactorio), obtenido durante los trabajos de realización y pruebas, es el haber inscrito el Lector de Sílabas en el XVII congreso de la sociedad mexicana de instrumentación, que tuvo lugar en la ciudad de Mérida en octubre del 2002 (al cual se enviaron datos e imágenes del prototipo preliminar figura 2.14); siendo aceptado en el área de didáctica, para su publicación como parte de las memorias del mismo Congreso [20].



Figura 3.12 Prototipo final

# CAPÍTULO 4

---

## CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS

### 4.1 Conclusiones

El Lector de sílabas, desde su planteamiento y planeación pretendió ser un dispositivo útil para el aprendizaje de las primeras letras, complementando sonidos y vocablos, con un pequeño toque de diversión. El objetivo se fundamenta en el hecho de poder aprender jugando.

Se pueden expresar como parte de las conclusiones más importantes, los siguientes puntos:

- 1 El “lector de sílabas” cumple con el objetivo pretendido inicialmente y deja una perspectiva amplia para su perfeccionamiento y evolución.
- 2 El costo de un aparato sencillo y útil como el lector de sílabas, no siempre tiene que ser elevado.
- 3 Un dispositivo electrónico los de la serie ISD2500, ofrece características muy versátiles que le dan gran potencial para aplicaciones diversas: el “lector de sílabas” es sólo una de ellas.
- 4 Se puede pensar que la evolución de un proyecto así permitirá apoyar en la alfabetización de adultos de forma práctica y sencilla.

Haciendo un análisis de todo el trabajo desarrollado, es posible declarar que el objetivo del proyecto se cumple satisfactoriamente, pues dejando de lado el juicio personal se recopilaron opiniones (breve encuesta) de varios profesionales del área educativa además de comentarios favorables de algunos padres de familia.

En adición a lo hasta aquí descrito, el presente trabajo ha permitido comprender y comprobar el funcionamiento de dos importantes circuitos integrados, fundamentales dentro del proyecto desarrollado: el grabador de voz ISD25120 y el PIC12C508 con los cuales no se había tenido oportunidad de trabajar anteriormente, dejando abierta una amplia gamma de posibles aplicaciones prácticas.

Enfocándose al trabajo técnico, la experiencia en el manejo de microcontroladores (PIC's) y chips específicos (familia ISD25xxx) para el manejo de sonidos; enriquece bastante los conocimientos sobre esta materia, las dificultades presentadas son un complemento que permite afrontar el reto de lograr alternativas; quizás con pocos recursos pero que de igual forma puede funcionar bien y ser aprovechada.

Se debe reconocer que el proyecto presenta algunas limitaciones en cuanto a su campo de acción: el proceso educativo es muy amplio y vasto al que sólo se pretende apoyar en una pequeña parte, por otro lado en el aspecto tecnológico: productos similares, más sofisticados en cuanto a sus características de diseño y funcionamiento son competitivos por la infraestructura que los respalda.

## 4.2 Perspectivas.

Una vez trabajados y manipulados los componentes internos del “Lector de Sílabas”, y después de haber obtenido resultados satisfactorios con el prototipo final. Es factible encontrar dentro de las perspectivas, en cuanto a la evolución del producto, diversas tónicas que dependen del grado de complejidad que se quiera alcanzar.

Una forma de ellas, quizás la más fácil, implica grabar o regrabar el chip de voz con nuevas sílabas, fabricando las fichas con las letras correspondientes y verificando que los códigos que éstas generen coincidan con las direcciones donde se grabarán las nuevas sílabas.

Pensando ya en un producto más sofisticado, se puede idear un “lector de sílabas” cuyo casillero sea mas grande que incluso permita armar oraciones simples con el conjunto de sílabas ya aprendido en una etapa anterior.

En esta opción, las fichas pueden hacerse por cada sílaba con lo cual se puede utilizar el direccionamiento total del dispositivo sin tener que preocuparse por su codificación, algo que por fines didácticos no se plantea en el proyecto inicial. La figura 4.1 ilustra este concepto como parte de las perspectivas del proyecto.

A este último, quizás se requiera añadir un registro de corrimiento en la parte de control, que permita leer consecutivamente una a una las sílabas de la oración formada.

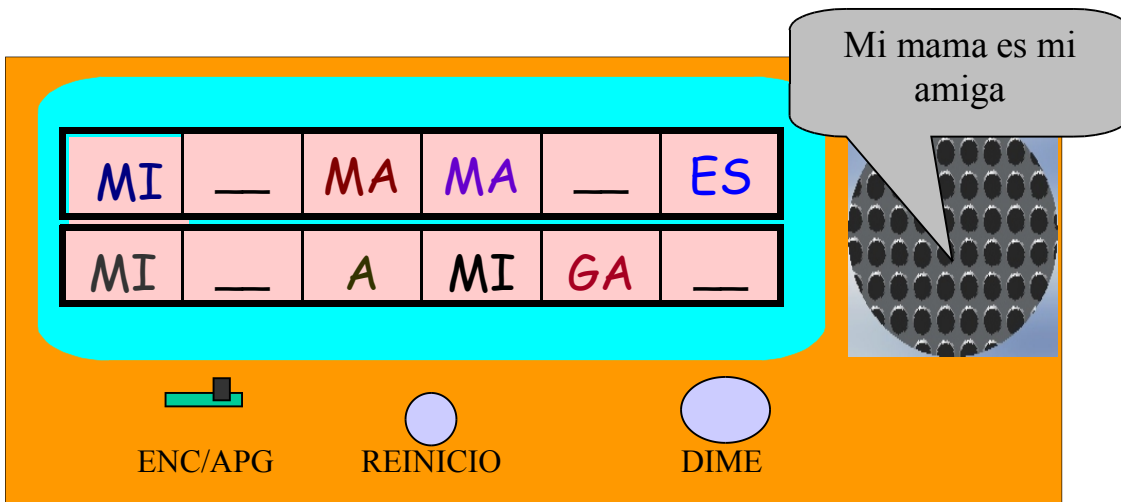


Figura 4.1 Perspectiva: Enunciados utilizando fichas por sílaba

Otro producto derivado del proyecto, comprende la sustitución del casillero y las fichas por una pantalla y teclado, algo que aumentaría considerablemente los componentes y costos. Existen productos con estas características aunque sus funciones específicas son muy diferentes.

Estos son sólo algunos de los productos que pueden ser parte de la evolución del proyecto Lector de Sílabas pero es muy factible que existan otros, incluso con mayor utilidad. Sin embargo el punto de partida inevitablemente será el proyecto ya realizado del "Lector de Sílabas".

## APÉNDICE A:

---

### ALGUNAS CARACTERÍSTICAS IMPORTANTES DEL ISD25120

#### CALIDAD DE SONIDO

La serie ISD25120, incluye dispositivos que ofrecen frecuencias de muestreo de 4.0, 5.3, 6.4 y 8.0 kHz; permitiendo al usuario escoger la calidad de sonido según estas opciones. Con el incremento del tiempo de grabación, la frecuencia de muestreo y el ancho de banda en los dispositivos disminuye, afectando la calidad del sonido. Las muestras se almacenan directamente en una memoria no volátil del chip sin requerir técnicas de digitalización y compresión. El almacenado analógico directo brinda un sonido natural en la reproducción de música, voz, tonos y efectos de sonidos.

#### DURACIÓN

La serie ISD2500 ofrece en un simple chip tiempos de grabación de 60,75, 90 y 120 segundos. Estos chip pueden ser conectados en cascada para lograr tiempos de grabación más largos.

#### ALMACENAMIENTO

Uno de los beneficios de la tecnología ChipCorder-IDS, es que se usa una memoria no volátil en el CI, sin requerir de alimentación para que los mensajes permanezcan almacenados. El mensaje es retenido hasta por 100 años. Además, estos dispositivos pueden ser regrabados más de 100,000 veces.

#### INTERFACES CON MICROCONTROLADOR

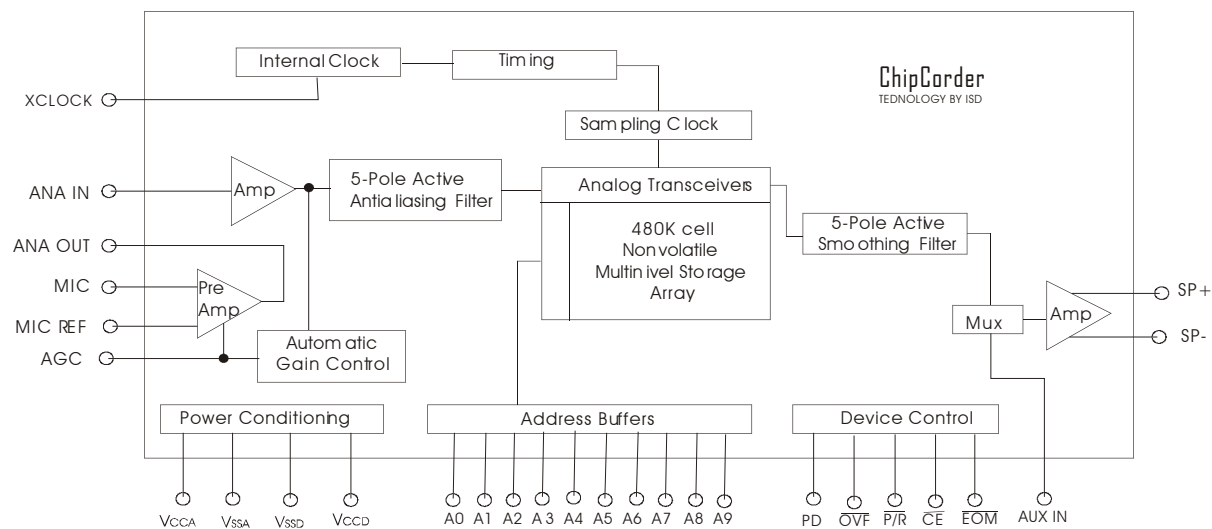
Además de su simplicidad y fácil uso, los dispositivos de la serie incluyen todas las interfaces necesarias para aplicaciones con microcontroladores.



Las líneas de control y de dirección pueden ser conectadas y manipuladas para realizar una gran variedad de tareas; incluyendo ensamblado, concatenación, segmentación de mensajes.

## PROGRAMACIÓN

La serie ISD25120, es ideal para aplicaciones que requieran sólo de reproducción, donde se activen mensajes sencillo ó múltiples a través de botones, interruptores o con un microcontrolador. Una vez que la configuración del mensaje deseado se haya creado, se pueden hacer duplicados fácilmente con un dispositivo programador de ISD.



La entrada posee un control automático "AGC" que limita la ganancia del micrófono, evita que se sature y mejora la fidelidad del sonido.

Los circuitos internos analógicos y digitales del IDS utilizan fuentes separadas VCCD y VCCA para minimizar el ruido en el chip. Estas conexiones son traídas hacia pines separados y deben ser conectadas tan cerca como sea posible de la fuente de alimentación. De manera similar, usa conexiones separadas VSSA y VSSD para minimizar ruido, y

de igual forma se deben tomar las mismas precauciones que para las entradas de voltaje.

La entrada de reproducción/grabación (P/R). Cuando la entrada CE (que permite habilitar el chip) recibe un valor BAJO, las operaciones de grabación y reproducción pueden llevarse a cabo a través de la entrada P/R en donde un valor ALTO selecciona el ciclo de reproducción y un valor BAJO el de grabación. Estas operaciones no se pueden hacer si la entrada CE tiene un valor ALTO.

#### CICLO DE GRABADO

Para un ciclo de grabado, las entradas de dirección A0/A9 generan internamente una dirección de inicio, la grabación continúa hasta que una de las entradas PD (power down) o CE sean llevadas a un nivel ALTO o que se detecte un desbordamiento (por ejemplo: que el chip este lleno). Cuando un ciclo de grabado se termina al poner PD o CE a ALTO, un marcador de final de mensaje (EOM) se almacena en memoria con la dirección actual. Con esto el mensaje queda delimitado en su inicio y fin dentro de la memoria para su manejo posterior.

#### CICLO DE REPRODUCCIÓN

Para un ciclo de reproducción, las entradas de direccionamientos proveen la dirección de inicio y el dispositivo reproducirá hasta que encuentre el marcador de EOM, la reproducción puede continuar si el CE se mantiene BAJO.

El EOM (fin de mensaje en inglés), es un marcador no volátil que se inserta automáticamente al final de cada mensaje grabado y permanece hasta que el mensaje es regrabado. Este genera un pulso de salida BAJO por un periodo de TEOM (25mseg) al final de cada mensaje en el pin correspondiente.

## APÉNDICE B

### TABLA DE CÓDIGOS POR SÍLABA

VOCAL	A8	A7	A6	A5	A4	A3	A2	CONSONANTE
A	0	0	1	0	0	0	0	B
	0	0	1	0	0	0	1	C
	0	0	1	0	0	1	0	D
	0	0	1	0	0	1	1	F
	0	0	1	0	1	0	0	G
	0	0	1	0	1	0	1	J
	0	0	1	0	1	1	0	K
	0	0	1	0	1	1	1	L
	0	0	1	1	0	0	0	M
	0	0	1	1	0	0	1	N
	0	0	1	1	0	1	0	Ñ
	0	0	1	1	0	1	1	P
	0	0	1	1	1	0	0	Y
	0	0	1	1	1	0	1	S
	0	0	1	1	1	1	0	T
	0	0	1	1	1	1	1	H
E	0	1	0	0	0	0	0	B
	0	1	0	0	0	0	1	C
	0	1	0	0	0	1	0	D
	0	1	0	0	0	1	1	F
	0	1	0	0	1	0	0	G
	0	1	0	0	1	0	1	J
	0	1	0	0	1	1	0	K
	0	1	0	0	1	1	1	L
	0	1	0	1	0	0	0	M
	0	1	0	1	0	0	1	N
	0	1	0	1	0	1	0	Ñ
	0	1	0	1	0	1	1	P
	0	1	0	1	1	0	0	Y
	0	1	0	1	1	0	1	S
	0	1	0	1	1	1	0	T
	0	1	0	1	1	1	1	H

## TABLA DE CÓDIGOS POR SÍLABA

VOCAL	A8	A7	A6		A5	A4	A3	A2	CONSONANTE
I	0	1	1		0	0	0	0	B
	0	1	1		0	0	0	1	C
	0	1	1		0	0	1	0	D
	0	1	1		0	0	1	1	F
	0	1	1		0	1	0	0	G
	0	1	1		0	1	0	1	J
	0	1	1		0	1	1	0	K
	0	1	1		0	1	1	1	L
	0	1	1		1	0	0	0	M
	0	1	1		1	0	0	1	N
	0	1	1		1	0	1	0	Ñ
	0	1	1		1	0	1	1	P
	0	1	1		1	1	0	0	Y
	0	1	1		1	1	0	1	S
0	1	1		1	1	1	0	T	
0	1	1		1	1	1	1	H	
O	1	0	0		0	0	0	0	B
	1	0	0		0	0	0	1	C
	1	0	0		0	0	1	0	D
	1	0	0		0	0	1	1	F
	1	0	0		0	1	0	0	G
	1	0	0		0	1	0	1	J
	1	0	0		0	1	1	0	K
	1	0	0		0	1	1	1	L
	1	0	0		1	0	0	0	M
	1	0	0		1	0	0	1	N
	1	0	0		1	0	1	0	Ñ
	1	0	0		1	0	1	1	P
	1	0	0		1	1	0	0	Y
	1	0	0		1	1	0	1	S
1	0	0		1	1	1	0	T	
1	0	0		1	1	1	1	H	

## TABLA DE CÓDIGOS POR SÍLABA

VOCAL	A8	A7	A6	A5	A4	A3	A2	CONSONANTE
U	1	0	1	0	0	0	0	B
	1	0	1	0	0	0	1	C
	1	0	1	0	0	1	0	D
	1	0	1	0	0	1	1	F
	1	0	1	0	1	0	0	G
	1	0	1	0	1	0	1	J
	1	0	1	0	1	1	0	K
	1	0	1	0	1	1	1	L
	1	0	1	1	0	0	0	M
	1	0	1	1	0	0	1	N
	1	0	1	1	0	1	0	Ñ
	1	0	1	1	0	1	1	Ñ
	1	0	1	1	0	1	1	P
	1	0	1	1	1	0	0	Y
	1	0	1	1	1	0	1	S
	1	0	1	1	1	1	0	T
	1	0	1	1	1	1	1	H
	1	1	0	0	0	0	0	B
	1	1	0	0	0	0	1	C
ALFABETO:	1	1	0	0	0	1	0	D
	1	1	0	0	0	1	1	F
NOMBRE	1	1	0	0	1	0	0	G
	1	1	0	0	1	0	1	J
DE	1	1	0	0	1	1	0	K
	1	1	0	0	1	1	1	L
LETRAS	1	1	0	1	0	0	0	M
	1	1	0	1	0	0	1	N
USADAS	1	1	0	1	0	1	0	Ñ
	1	1	0	1	0	1	1	P
	1	1	0	1	1	0	0	Y
	1	1	0	1	1	0	1	S
	1	1	0	1	1	1	0	T
	1	1	0	1	1	1	1	H

## APÉNDICE C

### CÓDIGO DE PROGRAMAS GENERADOS EN MPLAB

```
*****
CODIGO DE PROGRAMA DE CONTROL UTILIZANDO EL PIC12C508
PARA EL LECTOR DE SILABAS
*****
```

```
LIST P=I2C508A
#include <PI2C508A.INC>
__CONFIG 0x0A
;ERRORLEVEL -302
CE EQU 0
SELECTOR EQU 1
EOM EQU 2
START EQU 3
CBLOCK 0x07
CONT
NUM1
NUM2
NUM3
ENDC

ORG 0x00
MOVWF OSCCAL
MOVLW 0x0C ; ENTRADAS/SALIDAS 0000 1100
TRIS GPIO
MOVLW 0x0F ; CONDICIONES INICIALES
MOVWF GPIO ; 0000 1111

INICIO
BTFSF GPIO,START ; INICIO DE LECTURA
GOTO INICIO ; STNDBY CICLADO
CALL DELAY ; RETARDO PARA REBOTE (25.25 ms)
```

```

        MOVLW 0x02          ;INICIALIZA CONTADOR
        MOVWF CONT
        BSF  GPIO,SELECTOR    ; SELECCIONA SILABA 1
PLAY   CALL  DELAY           ; RETARDO (25.25 MS)
        BCF  GPIO,CE          ; REPRODUCE SILABA SELECCIONADA
        CALL DELAY           ; RETARDO (25.25 MS)
        BSF  GPIO,CE          ; REGRESA A PAUSA
EOM_I
        BTFSC GPIO,EOM        ; RECIBE EOM
        GOTO EOM_I
        BCF  GPIO,SELECTOR    ; SELECCIONA SILABA 2
        DECFSZ CONT,F
        GOTO PLAY
        GOTO INICIO

```

```

;*****
;*  ESTA RUTINA ES PARA GENERAR UN RETARDO.  *
;*****

```

DELAY

```

;*****
;*      RETARDO DE 30 MS      *
;*****

```

```

R25MS MOVLW    .20          ;
        MOVWF   NUM1        ;
TEM4   MOVLW    .23         ;
        MOVWF   NUM2
TEM5   MOVLW    .23
        MOVWF   NUM3
TEM6   DECFSZ   NUM3,F
        GOTO    TEM6
        DECFSZ  NUM2,F
        GOTO    TEM5
        DECFSZ  NUM1,F
        GOTO    TEM4
        RETLW   0
END

```

```

*****
CODIGO DE PROGRAMA DE CONTROL UTILIZANDO EL PIC16C84
PARA EL LECTOR DE SILABAS
*****

```

```

LIST P=16C84
#include <P16C84.INC>

__CONFIG _XT_OSC & _WDT_OFF

ERRORLEVEL -302

```

```

CE          EQU    0
SELECTOR   EQU    1
EOM        EQU    2
START      EQU    3

```

```

CBLOCK 0x0c
    CONT
    NUM1
    NUM2
    NUM3
ENDC

```

```

ORG 0x00
BSF STATUS,RP0 ; BANCO 1
MOVLW 0x0C ; ENTRADAS/SALIDAS 0000 1100
MOVWF TRISB ;
BCF STATUS,RP0 ; BANCO 0
MOVLW 0x0F ; CONDICIONES INICIALES
MOVWF PORTB ; 0000 1111

```



INICIO

```
BTFSF PORTB,START ; INICIO DE LECTURA
GOTO INICIO ; STNDBY CICLADO
CALL DELAY ; RETARDO PARA REBOTE (25.25 MS)
MOVLW 0X02 ;INICIALIZA CONTADOR
MOVWF CONT
BSF PORTB,SELECTOR ; SELECCIONA SILABA 1
PLAY CALL DELAY ; RETARDO (25.25 MS)
BCF PORTB,CE ; REPRODUCE SILABA SELECCIONADA
CALL DELAY ; RETARDO (25.25 MS)
BSF PORTB,CE ; REGRESA A PAUSA
EOM_I BTFSF PORTB,EOM ; RECIBE EOM
GOTO EOM_I
BCF PORTB,SELECTOR ; SELECCIONA SILABA 2
DECFSZ CONT,F
GOTO PLAY
GOTO INICIO
```

DELAY

```
*****
;* RETARDO DE 25 MS *
*****
R25MS MOVLW .15 ;
MOVWF NUM1 ;
TEM4 MOVLW .23 ;
MOVWF NUM2
TEM5 MOVLW .23
MOVWF NUM3
TEM6 DECFSZ NUM3,F
GOTO TEM6
DECFSZ NUM2,F
GOTO TEM5
DECFSZ NUM1,F
GOTO TEM4
RETURN
END
*****
```

## APÉNDICE D

---

### INSTRUCCIONES Y RECOMENDACIONES DE USO

Derivado de las pruebas finales hechas con el prototipo, más que instrucciones, enseguida se hacen unas recomendaciones que debe tomar en cuenta el usuario para el buen funcionamiento del Lector de Sílabas:

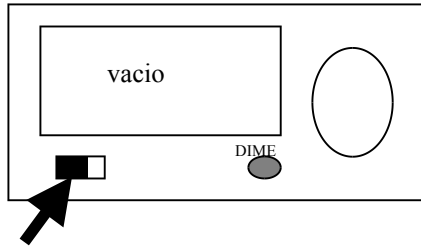
- 1 Cuando el sistema este encendido y se quiera reiniciar por alguna razón, se recomienda apagar y encender el lector.
- 2 Al insertar las fichas, se debe introducir primero la base, que oprime las pines deslizándola sobre el casillero y luego presionar la parte superior para que quede ajustada al cajón.
- 3 Cuidar el orden de las fichas según el formato : CVCV, ya que el lector no reproducirá aquellas que sean inversas VC ( C=consonante y V=vocal). En tal caso emitirá un mensaje de ERROR pues todas la fichas generan el mismo código: 000 0000 = ERROR..
- 4 Una vez formada la palabra o sílaba a reproducir se puede oprimir el botón de DIME, cuantas veces se requiera. Mientras se mantenga presionado se repetirá toda la palabra o sílaba.
- 5 Para leer los nombre de las letras, si es una consonante se recomienda poner la ficha auxiliar en la segunda casilla (vocales) y colocar las letras a leer en la primera casilla (consonantes), las otras dos quedan sin fichas. Si no se pone la ficha auxiliar no reproduce nada. Si la letra a leer es vocal, se recomienda usar la cuarta casilla (vocales) y dejar vacías las otras tres.

Es preferible retirar la fichas cuando no se utilice el lector de sílabas, para que no pierdan elasticidad.

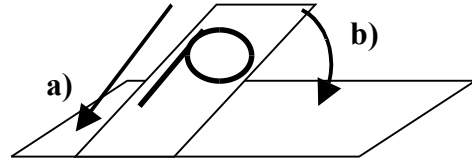
- ✓ El Lector puede utilizar pilas convencionales de 9v pero sin tener conectado el eliminador. Se puede prescindir de la pila, conectando solo el eliminador.

NOTA: Se puede dar el caso que se pongan 2 vocales juntas, en donde la primera generaría el código de la B. Esto se podría solucionar eliminando quizás una consonante pero se considera mejor explicar esto al usuario en lugar de prescindir de toda una familia de sílabas.

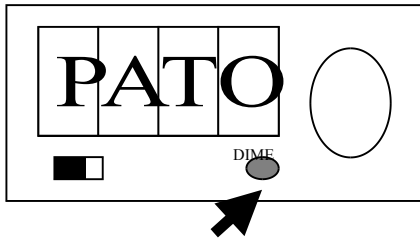
PASOS ILUSTRADOS



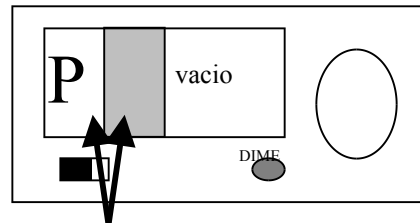
1º Encender Lector sin fichas, deslizar interruptor ENC/APAG



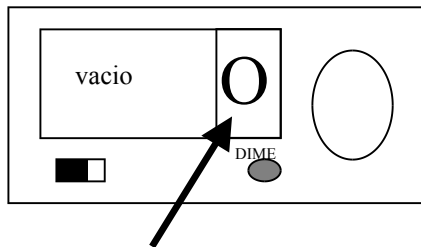
2º Insertar fichas de izquierda a derecha



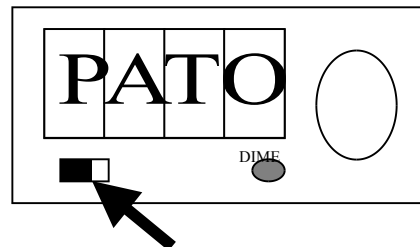
3º Insertadas las fichas, oprimir botón DIME



4º Para leer el nombre de consonantes en la primera casilla y ficha auxiliar en la segunda. Oprimir botón DIME



5º Para leer el nombre de vocales en la cuarta casilla y dejar vacias las tres primeras. Oprimir botón DIME



6º Para apagar el lector se pueden dejar las fichas de la última palabra. Deslizar interruptor ENC/APAG Retirar las fichas

Libros:

[1] A simple approach to Digital Signal Processing / Texas Instruments

Craig Marven – Gillian Evers

[2] Física: Principios con aplicaciones. Douglas C. Giancoli; Prentice Hall  
1997

[3] Fundamentos de Electrónica Digital, Floy, Thomas L.; México. LIMUSA,  
Noriega Editores, 1996.

[4] Geografía General del Estado de Oaxaca. Rodrigo Álvarez, Luis. Carteles  
editores, Oaxaca, México. 1994

[5] La enseñanza del Español en cursos comunitarios: Taller / Antología.  
CONAFE. Coord. General: Larios Lozano, Ma. Del Carmen

[6] Microcontroladores PIC: La solución en un chip. Cuenca, Martín  
Eugenio -Angulo Usartegui José Ma. – Angulo Martínez, Ignacio. Madrid,  
Editorial Paraninfo, 1998.

[7] Notas de Electrónica, Aplicaciones de circuitos integrados. Mims III,  
Forrest M. México, Mc-Graw Hill/Interamericana de México, s.a. de c.v.  
1990.

Internet:

Las páginas están vigentes al mes de junio del 2003

[13] Alfabetización del Concepto a la Práctica Pedagógica- Artículo  
<http://www.hottopos.com/vdletras4/silvia.htm>\*

[14] Curso de MPLAB / Fernando Remiro Domínguez

<http://club.telepolis.com/fremiro/mplab.htm>

[15] Datasheet isd25xxx Voice solutions in silicon

[http://www.winbond.usa.com/products/isd\\_products/chipcorder/datasheets/5008/](http://www.winbond.usa.com/products/isd_products/chipcorder/datasheets/5008/)

[16] Datasheet pic16c84, pic12c5xx Microchip,1998

<http://www.microchip.com/1010/search/prodsel/index.htm>

[17] Artículo: fundamentos de sonido digital

<http://www.ucm.es/info/Payap/taller/vgarcia/>

[18] Okisemiconductores inc.

<http://www2.okisemi.com/us/docs/PrdSpeechDocs.html>

[19] Procesamiento digital de voz artículo internet

<http://www.alek.pucp.edu.pe/~dflores/naturaleza.html>