

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

MODULACIÓN POR IMPULSOS CODIFICADOS “MIC o PCM”

Por

SARA VILLALOBOS VIVES

LUIS ALFREDO YEPES LOPEZ

**MONOGRAFÍA presentada como
uno de los requisitos para obtener
el título de Ingeniero Electrónico**

CARTAGENA

COLOMBIA

2010

MODULACION POR IMPULSOS CODIFICADOS “MIC o PCM”

SARA VILLALOBOS VIVES

LUIS ALFREDO YEPES LOPEZ

MONOGRAFIA presentada como uno de los requisitos para obtener el titulo de
Ingeniero Electrónico

ASESOR

GONZALO LOPEZ VERGARA

Ingeniero Electrónico

UNIVERSIDAD TECNOLOGICA DE BOLIVAR

FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRONICA

CARTAGENA

COLOMBIA

2010

NOTA DE ACEPTACION

FIRMA PRESIDENTE DEL JURADO

FIRMA JURADO

FIRMA JURADO

CARTAGENA 11 DE MAYO DE 2010

Cartagena de Indias, Noviembre de 2010

**Señores
COMITÉ CURRICULAR
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR**

Respetados señores:

Por medio de la presente nos permitimos informarles que la monografía titulada **MODULACION POR IMPULSOS CODIFICADOS “MIC o PCM”** ha sido desarrollada de acuerdo a los objetivos y justificaciones establecidas con anterioridad.

Como autores de la monografía consideramos que el trabajo investigativo es satisfactorio y merece ser presentado para su evaluación.

Atentamente,

**SARA CAROLINA VILLALOBOS VIVES
T00014497**

**LUIS ALFREDO YEPES LOPEZ
T00012935**

Cartagena de Indias D. T. y C., Noviembre de 2010

Señores
COMITÉ CURRICULAR
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR

Respetados Señores:

A través de la presente me permito poner en consideración para su respectiva evaluación, la monografía titulada **MODULACION POR IMPULSOS CODIFICADOS “MIC o PCM”**, la cual fue realizada por los estudiantes SARA CAROLINA VILLALOBOS y LUIS ALFREDO YEPES LOPEZ , a quien asesoré en su ejecución.

Atentamente;

GONZALO LOPEZ VERGARA
Director de Monografía

AUTORIZACIÓN

Cartagena de Indias D. T. y C., Noviembre de 2010

Yo **SARA CAROLINA VILLALOBOS VIVES**, identificado con cédula de Ciudadanía N° 1.0128.054.832 de Cartagena, autorizo a la UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR, para hacer uso de mi trabajo de grado y publicarlo en el catálogo ONLINE de la biblioteca.

Cordialmente,

SARA CAROLINA VILLALOBOS VIVES
T00014497

AUTORIZACIÓN

Cartagena de Indias D. T. y C., Noviembre de 2010

Yo **LUIS ALFREDO YEPES LOPEZ**, identificado con cédula de Ciudadanía N° 73.215.334 de Cartagena, autorizo a la UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR, para hacer uso de mi trabajo de grado y publicarlo en el catálogo ONLINE de la biblioteca.

Cordialmente,

LUIS ALFREDO YEPES LOPEZ
T00012935

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de grado, a mis padres, personas que me han inspirado a vivir y luchar por alcanzar mis metas, quienes siempre me han inculcado valores tales como la honestidad y la responsabilidad, doy gracias a Dios por permitirme tenerlos como ejemplo de vida y así mismo por darme la oportunidad de vivir.

Luis Alfredo Yepes López.

A mis padres Mónica y Víctor por creer en mi, por su ayuda, su amor e incluso por ayudarme a estudiar, a veces hasta trasnochar en el comienzo de mi carrera. A mis hermanos, a toda mi familia en general, por el apoyo brindado. A mis amigos y compañeros que durante toda la carrera estuvieron a mi lado, a Luis Yepes mi apoyo a lo largo de este trabajo.

Sara Carolina Villalobos Vives

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos en primer lugar al Ingeniero Gonzalo López Vergara, quien nos permitió conocer el mundo de las telecomunicaciones, y de esa manera inclino nuestros gustos y aficiones hacia este universo, también reconocemos el acompañamiento del Ingeniero Eduardo Gómez, quien también al impartirnos materias que hacen parte del área nos abrió nuevos horizontes, en el desarrollo del trabajo de grado, damos gracias a los alumnos y al monitor Harold José Medrano, integrantes de la materia comunicaciones II quienes junto con el director del trabajo de grado y nosotros hicimos pruebas con el dispositivo y se pudo comprobar de manera practica su correcto funcionamiento.

CONTENIDO

Pagina	
PAGINA DE APROBACION.....	III
DEDICATORIA.....	IV
AGRADECIMIENTOS.....	V
LISTA DE FIGURAS Y TABLAS.....	VIII
1. INTRODUCCION	
2. JUSTIFICACION	
3. OBJETIVOS	
3.1 GENERALES	
3.2 ESPECIFICOS	
4. MODULACIÓN POR PULSOS CODIFICADOS	
4.1. PRINCIPIO DE MUESTREO	
4.2. PRINCIPIO DE CUANTIFICACIÓN.	
4.2.1 CUANTIFICACION UNIFORME Y NO UNIFORME	
4.2.2. RUIDO DE CUANTIFICACION	
4.3. PRINCIPIO DE CODIFICACIÓN	
4.4. REGENERACIÓN	
4.5. DECODIFICACION Y FILTRADO	
4.6. MULTILPEXADO Y SINCRONIZACIÓN	
4.7. VARIANTES DE PCM	
4.8. CUANTIFICACIÓN Y CODIFICACIÓN VISTA DESDE	
EL MONTAJE	
5. DESCRIPCIÓN DEL CIRCUITO	
5.1 DISEÑO DEL CIRCUITO	

5.2 Circuito para prácticas de telefonía digital PCM

5.2.1 Reloj universal

5.2.2. Muestreo y retención. (Sample and Hold (S/H))

5.2.3 Expansión y compresión.

5.2.4 Conversión Análoga/Digital y conversión

Digital/Análoga.

6. DISEÑO DE LAS GUÍAS PARA EL ESTUDIANTE DEL CIRCUITO PARA PRÁCTICAS DE TELEFONÍA DIGITAL

6.1 Objetivos.

6.2 Equipos.

6.3 Preliminares.

6.4 Temas de consulta.

6.5 Bibliografía.

6.6 Pre laboratorio.

6.7 Procedimiento experimental.

6.8 Preguntas de repaso.

6.9 Conclusiones

6.10 Esquemático del circuito

7. CONCLUSIONES

8. BIBLIOGRAFIA

ANEXOS

GUÍA DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO

GUIA DE LABORATORIO PARA EL PROFESOR

IMÁGENES DEL CIRCUITO

LISTA DE FIGURAS Y TABLAS

Fig. 1	Diagrama de bloques codificador/ transmisor	14
Fig. 2	Diagrama de bloques decodificador/receptor	14
Fig. 3	Diagrama de bloques regeneración de la señal	15
Fig. 4	Ejemplo de señal original y la misma muestreada.	16
Fig. 5	Cuantificación uniforme	17
Fig. 6	Cuantificación no uniforme	18
Fig. 7	Señal sinusoidal cuantificada junto con su error de cuantificación	19
Fig. 8	Ejemplo de codificación para los 6 tipos de códigos de línea	22
Fig. 9	Diagrama de bloques de un regenerador/ transmisor	24
Fig. 10	Diseño original de la tarjeta	28
Fig. 11	Foto del circuito	29
Fig. 12	Foto del circuito	29
Fig. 13	Configuración de pines C.I. 74HC4049	30
Fig. 14	Configuración de pines CD4520	31
Fig. 15	Circuito de reloj universal	31
Fig. 16	Diagrama de S/H	32
Fig. 17	Configuración de pines del C.I. del LF398N	32
Fig. 18	Circuito de muestreo y retención	33
Fig. 19	Configuración de pines C.I. NE572.	34
Fig. 20	Circuito Expansor y compresor.	35
Fig. 21	Configuración de pines ADC 0804	37
Fig. 22	Configuración de pines DAC 0800	37

1. INTRODUCCION

Este trabajo se ha diseñado con el fin de implementar diversas prácticas de laboratorio, para conocer de manera práctica la modulación PCM. Para ello inicialmente debemos conocer la definición de términos tales como muestreo, cuantificación, codificación y señales análogas y digitales; seguidamente se utilizara un circuito de comunicaciones digitales se realizaran prácticas en introducción a la telefonía, circuitos de muestreo y retención, circuito compresor y expansor, y circuito convertidor (A/D) y (D/A).

A través de estas prácticas se pudo comprobar el proceso de conversión de señales Análogas a Digitales y Digitales a Análogas, principios generales de la operación de circuitos de muestreo y retención, principios de operación del circuito compresor y expansor, y cuantizacion de señales análogas.

Estas prácticas se implementaron con el fin de que la Universidad Tecnológica de Bolívar cuente con una base adecuada para la consulta y realización de laboratorios de modulación PCM; para dar apoyo a los procesos de enseñanza aprendizaje de las asignaturas Comunicaciones I y Comunicaciones II, impartidas en pregrado.

2. JUSTIFICACION

Las comunicaciones digitales a diferencia de las análogas, han posibilitado que el hombre pueda comunicarse con mayor eficiencia y eficacia, en la actualidad nos permiten la interconexión de computadores, lo cual ha permitido que empresas y personas agilicen mucho más su trabajo. La telefonía digital fue una de las primeras aplicaciones en este campo y aún tiene mucha aplicabilidad.

Es por ello que se hace necesario para cumplir y complementar el contenido programático de las asignaturas Comunicaciones I y Comunicaciones II, hacer el circuito de Comunicaciones digitales con sus respectivas guías y realizar las pruebas de laboratorio.

3. OBJETIVOS

3.1 GENERALES

Diseñar cuatro practicas de laboratorio para el estudio de la Modulación por Impulsos Codificados (MIC ó PCM), usado el circuito de Comunicaciones Digitales y desarrollar las guías para alumno y docente.

3.2 ESPECIFICOS

- Describir el proceso usado para convertir señales a análogas a formato digital.
- Describir la operación de un circuito de reloj.
- Describir los principios generales de la operación de los circuitos de muestreo y retención.
- Definir los términos que se aplican a los dispositivos de muestreo y retención.
- Conocer las características que deben tener los condensadores utilizados en los circuitos de muestreo y retención.
- Diseñar un circuito S/H básico.
- Describir como opera el circuito integrado compresor/expansor analógico NE572.
- Describir como un circuito compansor es usado en aplicaciones de PCM.
- Describir como un convertidor análogo a digital (CAD) cuantiza un voltaje análogo y como un convertidor digital a análogo (CDA) convierte dígitos paralelos en una señal análoga.

4. MODULACIÓN POR PULSOS CODIFICADOS

La modulación por pulsos codificados o Pulse Code Modulation (PCM) en inglés es un método para llevar información analógica en forma digital. La conversión de la señal analógica en una digital se basa en los principios de **muestreo**, **cuantificación** y **codificación**. Los sistemas de transmisión PCM consisten de un transmisor, una línea de transmisión y un receptor.

En la modulación por pulsos codificados, la señal es muestreada y cada muestra se redondea al más cercano de un conjunto finito de posibles valores. Así tanto la amplitud como el tiempo son discretos. De esta forma la información se puede transmitir con impulsos codificados. La utilización de señales digitales PCM en lugar de analógicas tiene tres ventajas:

- En comunicación a larga distancia, las señales PCM pueden regenerarse completamente en estaciones repetidoras intermedias porque toda la información está contenida en el código. En cada repetidora se transmite una señal esencialmente libre de ruido. Los efectos del ruido no se acumulan y sólo hay que preocuparse por el ruido de la transmisión entre repetidoras adyacentes.
- Los circuitos de modulación y demodulación son todos digitales, alcanzando gran confiabilidad y estabilidad, adaptándose rápidamente al diseño lógico de un circuito integrado.
- Las señales pueden almacenarse y escalarse en el tiempo eficientemente. Por ejemplo, los datos de PCM pueden generarse en un satélite orbital una vez por minuto durante una órbita de 90 minutos y después retransmitirse a una estación terrestre en cuestión de pocos segundos.

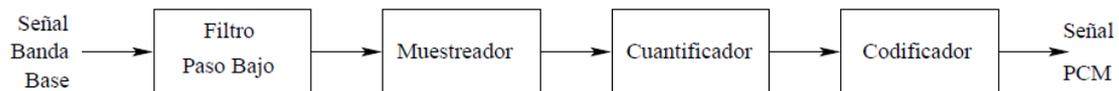
En resumen las ventajas se reducen a:

- Robustez frente al ruido y las interferencias.

- Regeneración eficiente de la señal codificada a lo largo del camino de transmisión.
- Formato uniforme para diferentes tipos de señales banda base.

Claro está que además de ventajas como inconveniente se puede citar el incremento del ancho de banda, así como el incremento de la complejidad. Con el incremento de disponibilidad de sistemas de banda ancha y la mejora de las tecnologías, los sistemas digitales se han puesto en práctica en muchos casos. En la figura 1 se puede ver el esquema del codificador/transmisor de PCM

Figura 1. Diagrama de bloques codificador/ transmisor

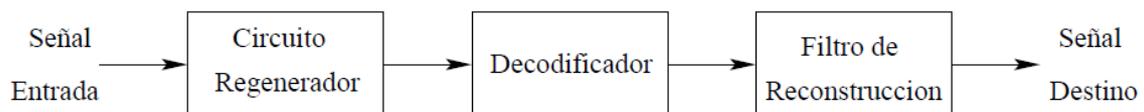


Fuente: FERNÁNDEZ MARTIN. Modulación análoga y digital de pulsos. Universidad de Valladolid.

El muestreo, cuantificación y codificación se suelen realizar en un único sistema denominado conversor Análogo/Digital (A/D).

El esquema del decodificador/receptor de PCM se puede ver en la figura 2.

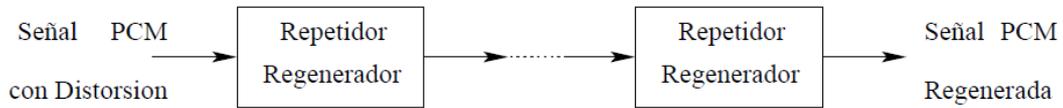
Figura 2. Diagrama de bloques decodificador/receptor



Fuente: FERNÁNDEZ MARTIN. Modulación análoga y digital de pulsos. Universidad de Valladolid.

Además en puntos intermedios a lo largo del canal de comunicaciones se puede regenerar la señal según como puede verse en la figura 3. Cuando se multiplexan varias señales PCM para generar una trama TDM-PCM es necesario que el transmisor y el receptor estén sincronizados.

Figura 3. Diagrama de bloques regeneración de la señal



Fuente: FERNÁNDEZ MARTIN. Modulación análoga y digital de pulsos. Universidad de Valladolid

4.1. PRINCIPIO DE MUESTREO

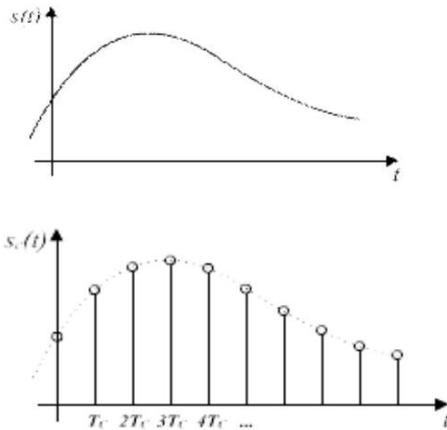
La señal analógica de entrada para este tipo de modulación se muestra con un tren de pulsos rectangulares estrechos que aproximen al muestreo instantáneo. Para asegurar la reconstrucción de la señal original en recepción, la tasa de muestreo debe ser mayor que la de Nyquist, cuya teoría dice que si una señal $f(t)$ se muestrea a intervalos regulares de tiempo con una frecuencia mayor que el doble de la frecuencia significativa más alta de la señal, entonces las muestras así obtenidas contienen toda la información de la señal original. En otras palabras, se debe muestrear la señal original con el doble de su frecuencia, y con los valores obtenidos, normalizándolos a un número de bits dado se puede codificar dicha señal. Por ejemplo, con 8 bits habría que distinguir entre 256 posibles valores de amplitud de la señal original a cuantificar.

En el receptor, este proceso se invierte, pero por supuesto se ha perdido algo de información al codificar, por lo que la señal obtenida no es exactamente igual que la original, pues se le ha introducido ruido de cuantización.

En telefonía se usa una velocidad de muestreo de 8000 Hz para los sistemas PCM, esta velocidad es algo superior de la frecuencia más alta de la banda, 3400 Hz, a causa de la dificultad en la construcción de filtros pasa bajos altamente

Selectivos. En la figura 4 se representa una señal original y la señal después de haber sido muestreada.

Figura 4. Ejemplo de señal original y la misma muestreada.



Fuente: http://iespuigcastellar.xeill.net/Members/vcarceler/c1/didactica/apuntes/ud1/na5/sampled_signal.png

A menudo se dice que la señal muestreada está modulada por amplitud de impulsos (PAM) porque consiste en un tren de impulsos, cuyas amplitudes han sido moduladas por la señal original.

4.2. PRINCIPIO DE CUANTIFICACIÓN.

Las muestras moduladas PAM como ya se mencionó son sensibles al ruido, por tal razón se prefiere codificar cada muestra con grupos de pulsos y no pulsos, todos con la misma amplitud; la amplitud de cada muestra tiene un rango continuo de valores. Dentro del rango finito en amplitud donde varían las muestras de la señal banda base, se puede encontrar un número infinito de posibles niveles de amplitud. En la práctica, sólo pueden diferenciar un número finito de niveles de amplitud. Esto significa que cada muestra se va a poder aproximar por una amplitud discreta de un conjunto finito de posibles valores, procurando reducir el error en la aproximación tanto como sea posible. La existencia de un número finito de amplitudes es una característica diferencial de una señal PCM. Si se eligen estos niveles de amplitud lo suficientemente cercanos entre sí, el error cometido

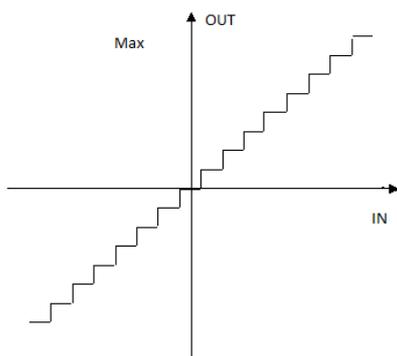
entre la señal original y la cuantificada será despreciable, por lo que en la práctica, ambas señales serán indistinguibles.

La conversión de una muestra continua a formato digital, es decir, a una muestra con amplitud discreta, se denomina proceso de cuantificación. La característica entrada/salida de un cuantificador tiene forma de escalera. La diferencia entre dos valores adyacentes se denomina tamaño del escalón. Un cuantificador se diseña para un rango de valores de entrada esperados ($-Amáx, Amáx$). Siempre que la señal de entrada caiga en este intervalo, se dice que el cuantificador está funcionando en su zona lineal de trabajo. Si el valor de la señal de entrada cayera fuera de este intervalo, se dice que el cuantificador está funcionando en zona de saturación.

4.2.1 CUANTIFICACION UNIFORME Y NO UNIFORME.

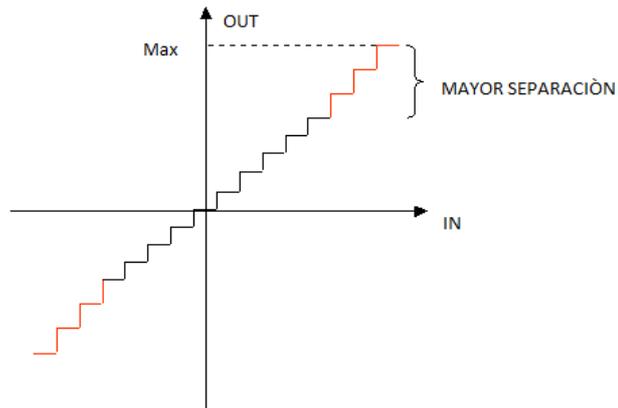
La cuantificación es uniforme cuando los niveles de cuantificación están espaciados uniformemente, o dicho de otra manera, cuando los escalones tienen la misma altura, como se puede apreciar en el esquema de la figura 5.

Figura 5. Cuantificación uniforme



En algunas aplicaciones de telefonía y procesamiento de imágenes, es conveniente cuantificar los valores pequeños de señal con niveles menores, es decir de manera más fina que los valores altos. Esto se ilustra en la figura 6.

Figura 6. Cuantificación no uniforme



El empleo de un cuantificador uniforme equivale a pasar la señal en banda base por un compresor y luego aplicar la señal comprimida a un cuantificador uniforme.

Hay dos métodos de cuantificación no uniforme, uno designado como ley μ y otro como ley A. La cuantificación de acuerdo a la ley μ sigue la regla siguiente:

$$|v| = \frac{\log(1 + \mu|m|)}{\log(1 + \mu)}$$

Donde m y v son los voltajes normalizados de entrada y salida y μ es una constante positiva. Si $\mu = 0$, la cuantificación es uniforme. La cuantificación de acuerdo a la ley μ es aproximadamente lineal para niveles pequeños de la señal de entrada, que corresponden a $\mu|m| \ll 1$ y, aproximadamente logarítmica para niveles grandes de la señal de entrada cuando $\mu|m| \gg 1$.

Por otra parte, la ley A está definida como:

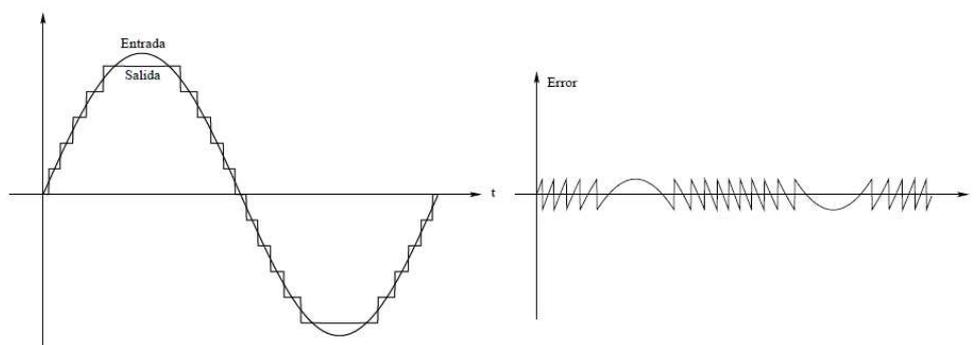
$$v = \left\{ \begin{array}{ll} \frac{A|m|}{1 + \log A} & 0 \leq m \leq \frac{1}{A} \\ \frac{1 + \log(A|m|)}{1 + \log A} & \frac{1}{A} \leq m \leq 1 \end{array} \right\}$$

En este caso la cuantificación uniforme se tiene cuando $A = 1$. Con el empleo de compresión no uniforme se consigue mejorar la relación señal a ruido a niveles bajos de señal, a expensas de la relación señal a ruido para señales grandes.

4.2.2. RUIDO DE CUANTIFICACION.

La cuantificación de una señal introduce un error de cuantificación, definido como la diferencia entre el valor real de la señal y el valor de la señal cuantificada, es decir, la diferencia entre la magnitud de la señal de entrada y la de salida. El cuantificador redondea el valor de la señal de entrada al valor más cercano de los posibles niveles de cuantificación. El nivel de decisión para el redondeo hacia arriba o hacia abajo, suele tomarse a la mitad del intervalo de cuantificación. El tipo de redondeo para un nivel de entrada igual al nivel de decisión se define en el diseño. El error de cuantificación representa, de hecho, ruido adicional que depende del número de niveles de cuantificación. Cuanto menor sea éste, mayor será el ruido. En la figura 7 se ilustra una señal cuantificada con su error.

Figura 7. Señal sinusoidal cuantificada junto con su error de cuantificación



Fuente: FERNÁNDEZ MARTIN. Modulación análoga y digital de pulsos. Universidad de Valladolid

4.3. PRINCIPIO DE CODIFICACIÓN

Combinando muestreo y cuantificación se ha convertido la señal banda base continua en un conjunto de valores discretos de un conjunto finito de posibles valores. Sin embargo, esta representación no es adecuada para su transmisión. Para aprovechar las ventajas de los sistemas digitales se requiere la codificación para obtener una señal con una forma más apropiada para su transmisión. En general el tamaño del escalón se determina utilizando cualquier forma de representar cada uno de los valores discretos del conjunto finito se denomina código. Cada evento discreto del código se denomina elemento del código o símbolo. Por ejemplo, un símbolo se puede representar por la presencia o ausencia de un pulso.

Un código binario tiene dos símbolos que se denotan por 0 y 1. En un código ternario hay 3 símbolos, etc. En presencia de ruido el código binario es el que tiene un mejor comportamiento puesto que cada símbolo puede soportar un nivel de ruido relativamente elevado y es más fácil de regenerar.

La señal que representa a cada 1 o 0 se denomina código de línea. Existen muchos códigos de línea. Es deseable que tenga una componente continua (dc) lo menor posible, que tenga el menor ancho de banda posible y que permita recuperar el sincronismo a nivel de bit. Los más utilizados son los siguientes:

NRZ (Nonreturn to zero) unipolar (on-off). El símbolo 1 se representa transmitiendo un pulso de amplitud constante durante todo el intervalo de bit y el 0 se representa mediante la ausencia de pulso. En los periodos largos de varios unos o ceros consecutivos se puede perder el sincronismo de bit. Presenta siempre componente continua. Tiene un ancho de banda relativamente pequeño.

NRZ polar. El símbolo 1 y el 0 se representan mediante pulsos de igual amplitud positiva y negativa respectivamente durante todo el intervalo de bit. En los periodos largos de varios unos o ceros consecutivos se puede perder el sincronismo de bit. Cuando los bits son equiprobables desaparece la componente continua. Tiene un ancho de banda relativamente pequeño.

RZ (Return to zero) unipolar. El símbolo 1 se representa transmitiendo un pulso de amplitud constante durante la mitad del intervalo de bit y el 0 se representa mediante la ausencia de pulso. En periodos largos de varios ceros consecutivos se puede perder el sincronismo de bit, no es así en periodos largos de varios unos consecutivos debido al flanco de bajada a mitad de intervalo de bit. Tiene un ancho de banda mayor debido a que la duración de los pulsos es menor. Tiene componente continua aunque esta es menor que para NRZ unipolar. Tiene un ancho de banda relativamente pequeño.

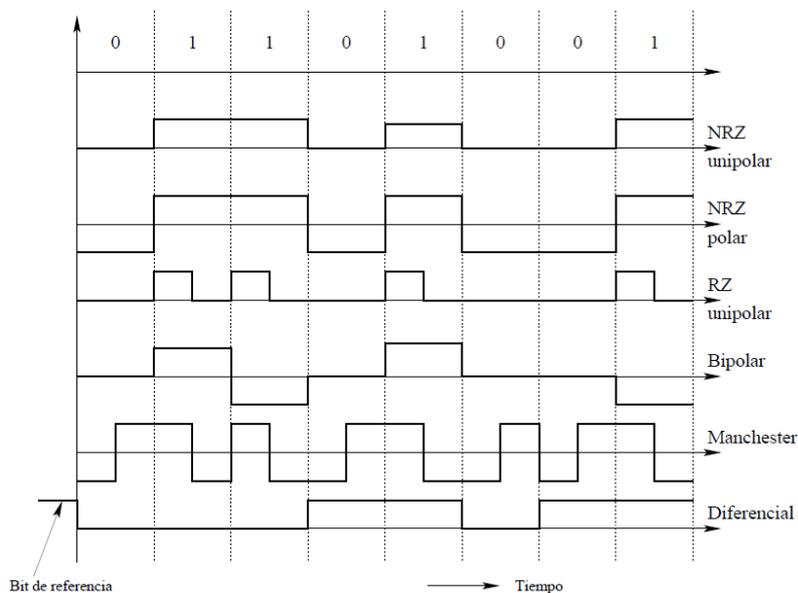
Bipolar. Se utilizan tres niveles de amplitud. Para representar el símbolo 1 se utilizan alternativamente pulsos positivos y negativos de igual amplitud y de duración igual a todo el intervalo de bit. El símbolo 0 se representa mediante la ausencia de pulso. En periodos largos de varios ceros consecutivos se puede perder el sincronismo de bit, no es así en periodos largos de varios unos consecutivos debido a la alternancia de pulsos positivos y negativos. Tiene componente continua cero. Tiene un ancho de banda relativamente pequeño.

Código Manchester (Split-phase). El símbolo 1 se representa mediante un flanco de bajada, es decir un pulso de amplitud positiva de duración la mitad del tiempo de bit seguido de otro pulso de la misma amplitud pero negativa de la misma duración. El símbolo 0 se representa mediante un flanco de subida, es decir un pulso de amplitud negativa de duración la mitad del tiempo de bit seguido de otro pulso de la misma amplitud pero positiva de la misma duración. No tiene nunca componente continua y mantiene el sincronismo a nivel de bit independientemente de los bits transmitidos puesto que siempre presenta un flanco a mitad de tiempo

de bit. Sin embargo, tiene un mayor ancho de banda debido a que la duración de los pulsos es menor (tiene mayor número de transiciones por unidad de tiempo).

Diferencial. En este caso la información se codifica en términos de transiciones en la señal. El símbolo 0 se codifica mediante una transición en la señal, mientras que el símbolo 1 se codifica mediante ausencia de transición (se mantiene el valor de la señal). En ambos casos la señal se mantiene durante toda la duración del bit. Se permite pulso con amplitud constante y ausencia de pulso. La información se recupera comparando los pulsos adyacentes para determinar la presencia o ausencia de transiciones. Hay presencia de componente continua. Tiene un ancho de banda relativamente pequeño. Una inversión de la polaridad no va a afectar a la recuperación de la información. Una secuencia larga de unos (no transición) va a provocar la pérdida de sincronismo a nivel de bit. Una secuencia larga de ceros (siempre transición) no presenta problemas de sincronismo de bit. En el esquema de la figura 8 se ve un ejemplo de codificación para cada tipo de código de línea.

Figura 8. Ejemplo de codificación para los 6 tipos de códigos de línea



Fuente:

http://4.bp.blogspot.com/_Mlep8iq5r00/SvfhRZD5d7I/AAAAAAAAABHc/Mrq86GE1TAw/s640/sistemas_de_codificacion.PNG

4.4. REGENERACIÓN

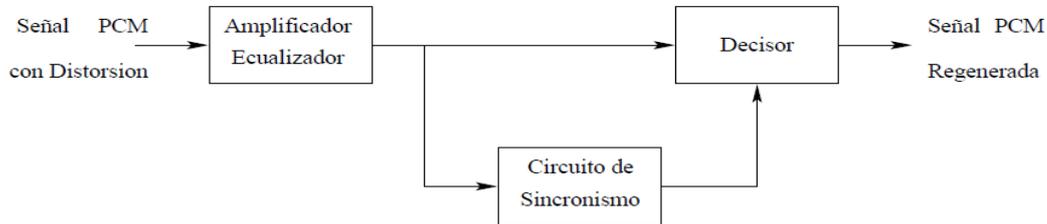
Una de las características más importantes de PCM es la posibilidad de controlar los efectos de la distorsión y el ruido debidos a su transmisión a través de un canal de comunicaciones. Esta capacidad se logra mediante la inserción de repetidores/regeneradores a lo largo de la línea de transmisión, colocados a la distancia adecuada. En la figura 9 se puede ver esquemáticamente un repetidor/regenerador. El repetidor/regenerador conlleva tres procesos: ecualización, recuperación del reloj y decisión.

El ecualizador conforma los pulsos recibidos para compensar los efectos de distorsión en amplitud y fase introducidos por el canal. El circuito de reloj genera un tren de pulsos periódicos obtenido a partir de la señal recibida ya ecualizada, para poder muestrear esta señal en el mejor instante de forma que la relación señal a ruido (SNR) sea máxima. El decisor es el encargado de muestrear la señal recibida ecualizada en los instantes indicados por la señal de reloj y de decidir cuál fue el símbolo enviado para poder regenerarle y transmitirle hasta el próximo repetidor o hasta el receptor.

En la práctica, hay dos cosas a tener en cuenta que pueden hacer que la señal regenerada no sea igual a la transmitida:

- La presencia de ruido y distorsión hace que el decisor se confunda ocasionalmente dando lugar a bits erróneos en la señal regenerada.
- Si el espaciado entre los pulsos se modifica con respecto al de la señal transmitida se produce un fenómeno que recibe el nombre de jitter que va a afectar a la posición de los pulsos regenerados dando lugar a la distorsión de la señal.

Figura 9. Diagrama de bloques de un regenerador/transmisor



Fuente: FERNÁNDEZ MARTIN. Modulación análoga y digital de pulsos. Universidad de Valladolid

4.5. DECODIFICACION Y FILTRADO

En el receptor la primera operación es la regeneración de la señal: conformar los pulsos y decidir cuál fue el símbolo transmitido generando una señal limpia. Esta señal binaria se debe agrupar de n en n bits para formar palabras código. Ahora cada palabra código se mapea en el valor cuantificado correspondiente, dando lugar a una señal PAM cuantificada.

Una vez que esta señal PAM cuantificada sale del decodificador, se puede recuperar la señal continua original, pasando la señal PAM a través de un filtro reconstructor pasa-bajos cuya frecuencia de corte sea igual al ancho de banda W de la señal banda base original.

4.6. MULTIPLEXACION Y SINCRONIZACION

Para aumentar la capacidad los sistemas PCM usan multiplex por división de tiempo (TDM) Como el código generado por cada muestra puede ser transmitido rápidamente, las muestras viniendo de diferentes fuentes pueden compartir un camino de transmisión común, usando diferentes intervalos de tiempo. De esta manera se forma un sistema PCM básico de 1er. orden.

Para que una trama TDM-PCM funcione correctamente es necesario que el reloj del receptor esté sincronizado a nivel de bit y a nivel de trama con el del transmisor, teniendo en cuenta por su puesto el tiempo gastado en la transmisión de la señal a través del canal de comunicaciones y los retardos introducidos tanto en el transmisor y el receptor como en las etapas regeneradoras a lo largo del canal. Una forma de sincronizar el receptor con el transmisor a nivel de trama consiste en transmitir un bit especial de sincronismo al final de la trama TDM-PCM. El bit de sincronismo alterna 0 con 1 a la tasa de trama, la cual coincide con la tasa de muestreo de cada canal PCM. El receptor busca esa señal alternando 0 con 1 a la tasa de trama y cuando la encuentra se logra el sincronismo de trama de forma que el sistema puede comenzar a funcionar correctamente, en ese momento se puede saber cuáles bits corresponden a cada canal PCM contando a partir del bit de sincronismo encontrado.

4.7. VARIANTES DE PCM

La modulación por codificación de pulsos requiere de un ancho de banda considerablemente mayor que el de la señal en banda base. Algunos métodos de modulación, basados en PCM permiten reducir en cierta medida el ancho de banda aprovechando algunas de las características de la señal; entre ellos puede mencionarse la modulación por codificación diferencial de pulsos (DPCM), la modulación delta (DM) y la modulación sigma-delta (D- Σ M).

4.8. CUANTIFICACIÓN Y CODIFICACIÓN VISTA DESDE EL MONTAJE

La señal muestreada PAM se aplica, a través de una cadena de divisores de voltaje, a una serie de comparadores, cuyo número es igual al de niveles de cuantificación. La otra entrada a los comparadores procede de un voltaje de referencia preciso, aplicado a un divisor de voltaje similar al anterior, con tantas

resistencias como niveles de cuantificación haya. Por ejemplo, para codificación a 8 bits se requieren $2^8 = 256$ niveles de cuantificación y, por tanto 256 comparadores. Debido a la acción de los divisores de voltaje, tanto para la señal como para el voltaje de referencia, los voltajes serán coincidentes a la entrada de uno solo de los comparadores de la cadena, el cual producirá una salida 1, en tanto que todos los restantes tendrán salida 0. Es decir, en cada punto de muestreo, solamente uno de los comparadores entregará una señal diferente a los demás, que corresponderá al nivel de cuantificación de la señal de entrada.

Las salidas de los comparadores se aplican a un conversor de código con 256 entradas y 8 salidas, de modo que a la salida del codificador se tendrá una palabra o símbolo de 8 bits en paralelo, correspondiente al nivel de cuantificación en el punto de muestreo de la señal de entrada. Mediante un registro de desplazamiento de entrada en paralelo y salida en serie, es posible convertir la salida en par.

5. DESCRIPCIÓN DEL CIRCUITO

5.1 DISEÑO DEL CIRCUITO

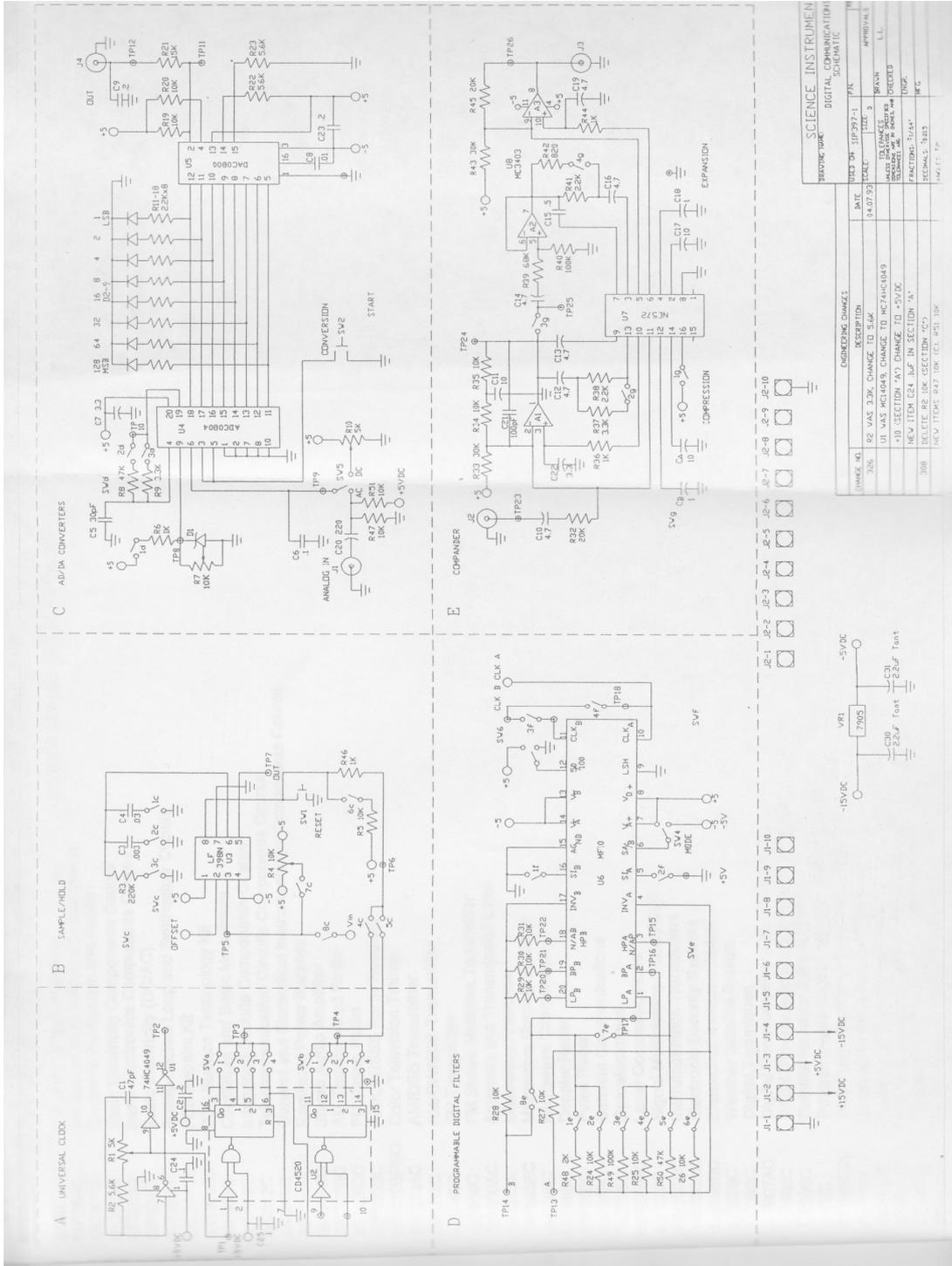
El circuito propuesto para el desarrollo de esta monografía surgió de una transferencia tecnológica. El diseño de este circuito está basado en el diseño del panel para comunicaciones digitales de referencia SIP397-1 de SCIENCE INSTRUMENTS CO. Por tanto para el montaje del circuito no fue necesario realizar cálculos de diseño.

Los integrados utilizados para este circuito incluyen:

- 74HC4049
- CD4520
- LF398N
- ADC0804
- DAC0800
- NE572
- U8MC3403

La figura 10 la cual es mostrada a continuación es el diseño original de la tarjeta SIP397-1, proporcionada por el fabricante.

Figura 10 Diseño original de la tarjeta.



CHANGE NO.	DESCRIPTION	DATE	DESIGNED BY	APPROVAL
100	REVISION 1	14/07/95	LL	LL
101	REVISION 2			
102	REVISION 3			
103	REVISION 4			
104	REVISION 5			
105	REVISION 6			
106	REVISION 7			
107	REVISION 8			
108	REVISION 9			
109	REVISION 10			
110	REVISION 11			
111	REVISION 12			
112	REVISION 13			
113	REVISION 14			
114	REVISION 15			
115	REVISION 16			
116	REVISION 17			
117	REVISION 18			
118	REVISION 19			
119	REVISION 20			
120	REVISION 21			
121	REVISION 22			
122	REVISION 23			
123	REVISION 24			
124	REVISION 25			
125	REVISION 26			
126	REVISION 27			
127	REVISION 28			
128	REVISION 29			
129	REVISION 30			
130	REVISION 31			
131	REVISION 32			
132	REVISION 33			
133	REVISION 34			
134	REVISION 35			
135	REVISION 36			
136	REVISION 37			
137	REVISION 38			
138	REVISION 39			
139	REVISION 40			
140	REVISION 41			
141	REVISION 42			
142	REVISION 43			
143	REVISION 44			
144	REVISION 45			
145	REVISION 46			
146	REVISION 47			
147	REVISION 48			
148	REVISION 49			
149	REVISION 50			
150	REVISION 51			
151	REVISION 52			
152	REVISION 53			
153	REVISION 54			
154	REVISION 55			
155	REVISION 56			
156	REVISION 57			
157	REVISION 58			
158	REVISION 59			
159	REVISION 60			
160	REVISION 61			
161	REVISION 62			
162	REVISION 63			
163	REVISION 64			
164	REVISION 65			
165	REVISION 66			
166	REVISION 67			
167	REVISION 68			
168	REVISION 69			
169	REVISION 70			
170	REVISION 71			
171	REVISION 72			
172	REVISION 73			
173	REVISION 74			
174	REVISION 75			
175	REVISION 76			
176	REVISION 77			
177	REVISION 78			
178	REVISION 79			
179	REVISION 80			
180	REVISION 81			
181	REVISION 82			
182	REVISION 83			
183	REVISION 84			
184	REVISION 85			
185	REVISION 86			
186	REVISION 87			
187	REVISION 88			
188	REVISION 89			
189	REVISION 90			
190	REVISION 91			
191	REVISION 92			
192	REVISION 93			
193	REVISION 94			
194	REVISION 95			
195	REVISION 96			
196	REVISION 97			
197	REVISION 98			
198	REVISION 99			
199	REVISION 100			

5.2 Circuito para prácticas de telefonía digital PCM

La finalidad de este prototipo es llevar la información análoga de forma digital, para lograrlo se necesita: muestrear, cuantificar y codificar. Cada módulo o porción del circuito está diseñado para cumplir una de esas funciones.

Se puede apreciar en la figura 11 el circuito terminado, en la figura 12 se muestra el circuito terminado además se deja ver el transformador y la fuente incluida para que el circuito opere correctamente.

Figura 11 foto del circuito

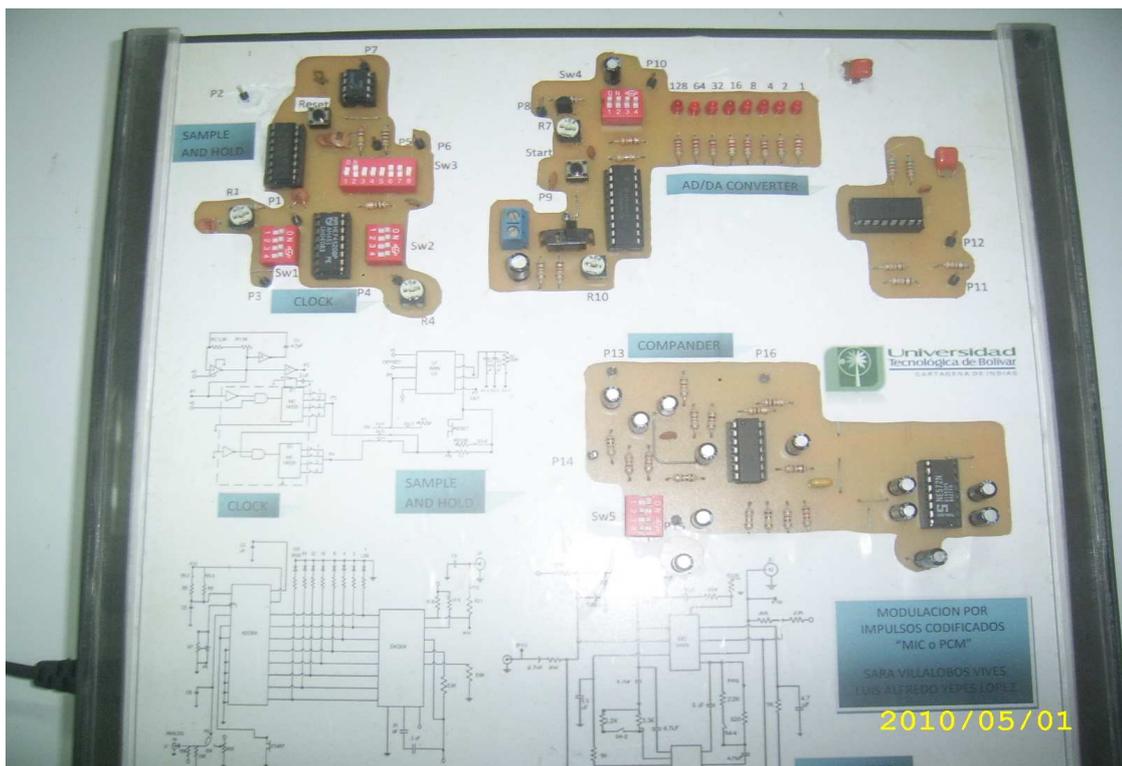
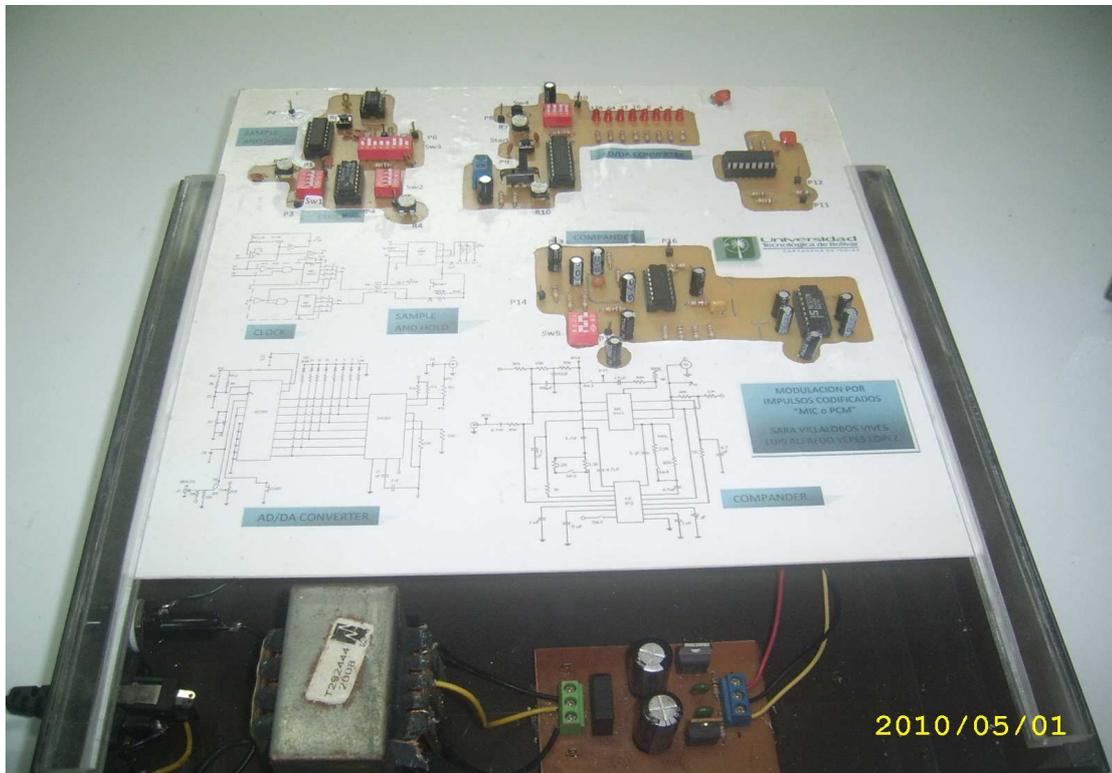


Figura 12 foto del circuito



El prototipo consta de varias secciones las cuales corresponden a las unidades funcionales para la aplicación. Estas secciones son las siguientes:

- Reloj universal.
- Muestreo y retención.
- Expansión y compresión.
- Conversión digital/análoga y conversión análoga/digital.

5.2.1 Reloj universal

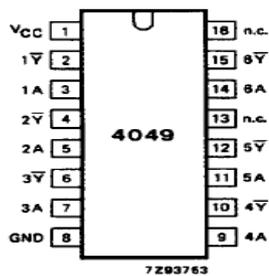
Para la comunicación digital se requiere por lo general un reloj para sincronizar el receptor al transmisor. En telefonía la tasa de muestreo estándar es de 8KHz. Los

relojes usados generalmente son controlados por cristales; en este caso en específico el reloj usa dos buffers y la frecuencia de oscilación se fija bajo la premisa de $(R_1/R_2)-C$. La salida es una onda triangular y para cada amplificador es usado un buffer.

Para este reloj se usaron dos circuitos integrados, uno que actúa como un contador y otro que contiene 6 buffers, usados como traductores de niveles lógicos, los cuales pueden cambiar de un nivel lógico alto a un nivel lógico bajo.

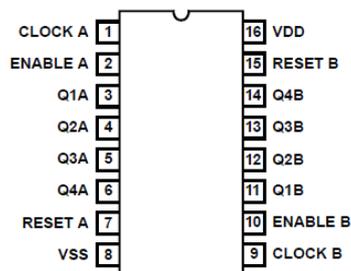
En la figura 13 observamos la configuración del integrado 74HC4049, que trabaja como contador, en la figura 14 se tiene la configuración del integrado CD4520, que es el que contiene los buffers.

Figura 13 Configuración de pines C.I. 74HC4049



Tomado de: datasheet fabricante, PHILIPS SEMICONDUCTORS

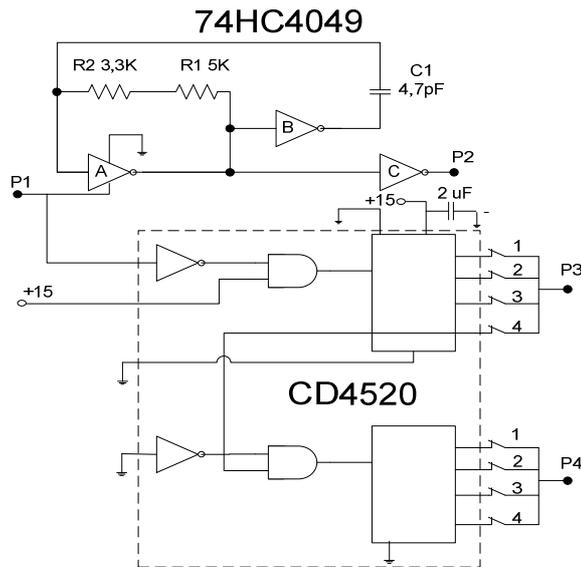
Figura 14 Configuración de pines CD4520



Tomado de: Datasheet fabricante, INTERSIL

En el diagrama a continuación (figura 15) está plasmado el circuito de reloj configurado para esta aplicación.

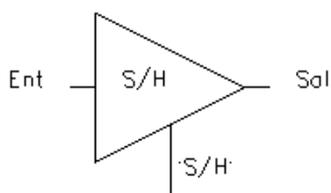
Figura 15 Circuito de reloj universal



5.2.2. Muestreo y retención. (Sample and Hold (S/H))

El circuito de muestreo y retención consta de una entrada y una salida y dispone de una entrada de control, S/H. Si S/H=1, el circuito se encuentra en muestreo, si S/H=0, entonces se encuentra en retención. La figura 16 es un diagrama simplificado de S/H.

Figura 16 Diagrama de S/H



Tomado de: http://www.dte.us.es/ing_inf/ins_elec/temario/Tema%206.pdf

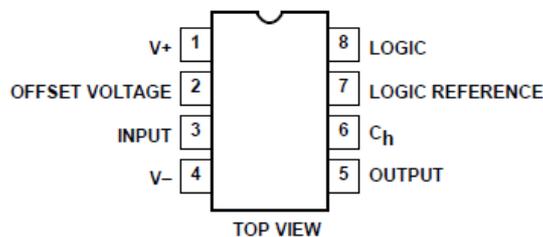
Cuando se encuentra en muestreo, la señal de salida sigue a la señal de entrada. Por el contrario, si se encuentra en retención, la salida se mantiene constante en el tiempo e igual al valor de la salida en el instante en que se conmutó de muestreo a retención.

Este circuito se podría interpretar como una memoria analógica. En SAMPLE está memorizando la señal de entrada, mientras que en HOLD la recuerda y la mantiene en el tiempo. Su principal finalidad consiste en mantener constante la señal que se quiere convertir con un conversor A/D.

Para esta aplicación únicamente se utilizó el circuito integrado LF398N. En la figura 17 está la configuración de pines de este C.I.

Este integrado es un circuito monolítico el cual utiliza tecnología JFET, para obtener una precisión DC, además opera como un seguidor de ganancia en DC.

Figura 17 Configuración de pines del C.I. del LF398N



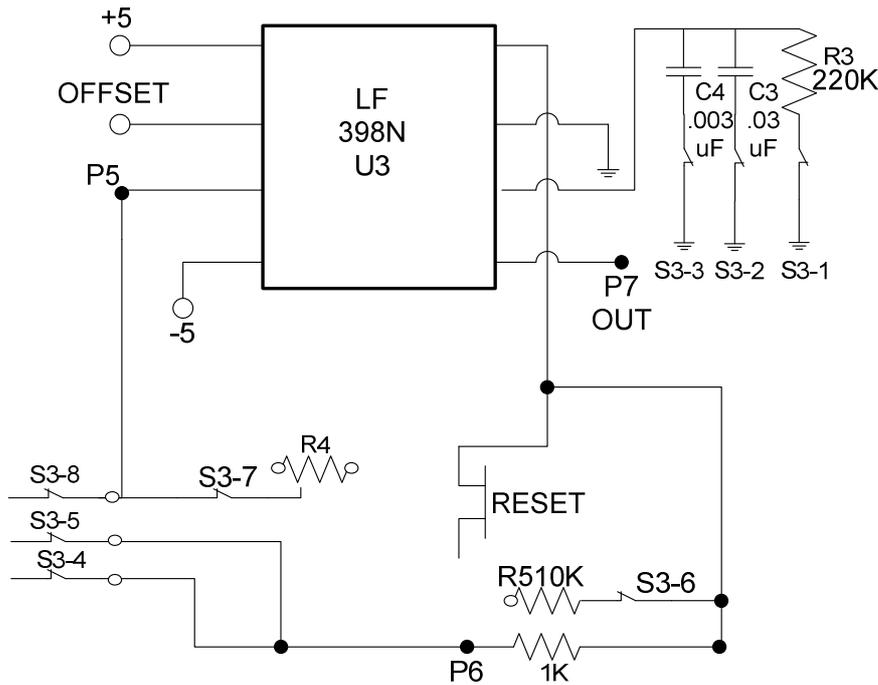
Tomado de: Datasheet fabricante, PHILIPS SEMICONDUCTORS

Este circuito va de la mano con el reloj universal, las frecuencias que se usan generalmente para operar el S/H son de 1.536, 1.544 o 2.048MHz, la señal entrada analógica es actualizada aproximadamente cada 25us después del final de la decodificación del time slot

En el modo receptivo de un circuito general de S/H produce un patrón de audio, que al filtrarse se convierte en la señal recibida de audio, hay que resaltar la importancia del capacitor dentro de este tipo de circuitos.

En la figura 18 se tiene la configuración para el circuito de muestreo y retención implementado.

Figura 18 Circuito de muestreo y retención



5.2.3 Expansión y compresión.

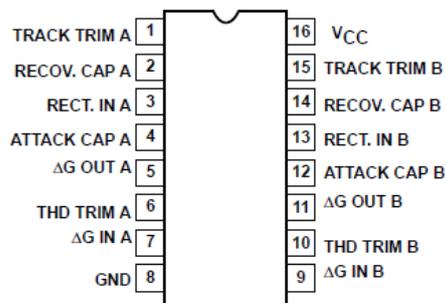
Los circuitos de expansión y compresión tienen la capacidad de expandir el rango dinámico de un amplificador o de un generador de pulso. Durante la compresión, las señales de mayor amplitud en la sección del transmisor son amplificadas menos que las de menor amplitud, y en la expansión ocurre el proceso contrario., mejora la relación señal/ruido en la línea. En otras palabras lo que hace este circuito es cuantificar la señal. Por lo general se presenta dificultad en la adaptación perfecta entre el compresor y el expansor. Para solucionar este problema, se utiliza un cuantificador no lineal y la función de compansión es obtenida fácilmente mediante la función logarítmica.

En la práctica, la curva es representada por varios segmentos de recta, cuyo número depende de la ley usada. La ley μ emplea como parámetro $\mu = 255$ en 15 segmentos, y es empleada en Estados Unidos, Canadá, México y Japón. La ley A emplea como parámetro $A = 87.6$ en 13 segmentos, y se utiliza en Europa, África y Sur América.

El circuito integrado encargado de expandir y comprimir la señal es el NE572, este dispositivo es dual pues de un lado se usa como compresor y del otro como expansor, la aplicación que se le da a este C.I. es para demostrar ambas funciones.

La configuración de los pines del NE572, son mostrados en la gráfica de la figura 19. Cada canal de este C.I. Tiene un rectificador de onda completa para detectar el valor medio de la señal de entrada y un buffer constante de tiempo dinámico. El búfer permite un control independiente de ataque dinámico y un tiempo de recuperación con mínimo de componentes.

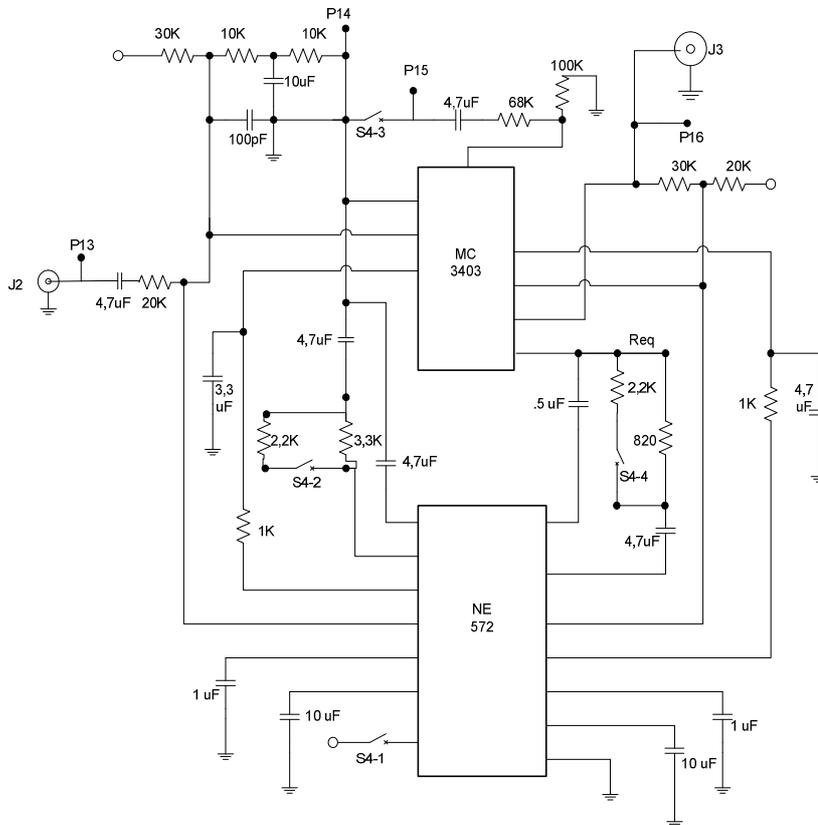
Figura 19 Configuración de pines C.I. NE572.



Tomado de: Datasheet fabricante, PHILIPS SEMICONDUCTORS

En la figura 20 se observa la configuración del circuito para las funciones deseadas:

Figura 20 Circuito Expansor y compresor.



5.2.4 Conversión Análoga/Digital y conversión Digital/Análoga

Los convertidores A/D y D/A se usan para codificar y decodificar señales análogas. A pesar de que los convertidores de 8, 12 y 16 bits son de uso general, las comunicaciones digitales relacionadas a los teléfonos hacen amplio uso de convertidores de 8 bits.

Convertidores (D/A). Los convertidores digital a analógico (D/A) convierten un código digital a voltajes de salida analógicos. De esta manera, los códigos digitales se pueden utilizar para impulsar dispositivos que requieren una entrada analógica, como los motores. Los convertidores D/A están disponibles en forma

de CI monolíticos hasta más o menos unos 10 bits digitales y en forma de CI híbridos para entradas de gran precisión con 16 o más bits digitales.

Existen diversos tipos de convertidores D/A, entre los más comunes se tienen:

- Red en escalera R/2R.
- Configuración de sumador (amplificador operacional) con resistencias de factores de ponderación binarios.

Convertidores (A/D). Los convertidores análogo a digital (A/D) convierten una entrada analógica en un código digital. Se emplean cuando un circuito o un sensor cuya salida es analógica, por ejemplo un puente sensor de temperatura, se debe convertir a un código digital para comodidad y economía del registro de información y de los cálculos. Los convertidores A/D se usan bastante en el control de procesos industriales y en las comunicaciones digitales, por decir dos de la gran cantidad de aplicaciones que tienen estos dispositivos.

Existen diversos convertidores análogo a digital de ocho a diez bits, y se producen convertidores A/D híbridos de 16 o más bits. En todos esos convertidores se usan uno o más comparadores, que son esenciales para su funcionamiento.

Para la aplicación de este tipo de conversión en el circuito es necesario utilizar un circuito integrado DAC (Digital- Analog Converter o conversor análogo-digital) y un ADC (Analog-Digital Converter o conversor análogo digital). Cuando estos dos circuitos están en cascada la salida del ADC debe ser igual a la entrada análoga.

Los circuitos integrados implementados para este montaje son el ADC 0804, que es el conversor análogo- digital y el DAC 0800, el cual es el conversor digital-análogo. Las salidas de 8 bits del ADC van directamente conectadas a los pines que van del 5-12 del DAC, la salida del pin 2 es filtrada por una resistencia y un capacitor, para remover la señal del reloj de la salida.

El conversor análogo digital ADC0804 tiene la capacidad de convertir una muestra analógica de entre 0 y 5 voltios y su resolución será respectivamente:

$$\text{Resolución} = \text{valor analógico} / (2^8)$$

$$\text{Resolución} = 5 \text{ V} / 256$$

$$\text{Resolución} = 0.0195\text{v o } 19.5\text{mv.}$$

$$\text{Resolucion} = \text{LSB}$$

Lo anterior quiere decir que por cada 19.5 mV que aumente el nivel de tensión entre las entradas como "Vref+" y "Vref-", éste aumentará en una unidad su salida

Por ejemplo:

Entrada - Salida

0 V - 00000000

0.02 V - 00000001

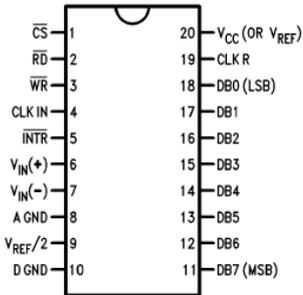
0.04 V - 00000010

1 V - 00110011

(5 V-LSB) – 11111111

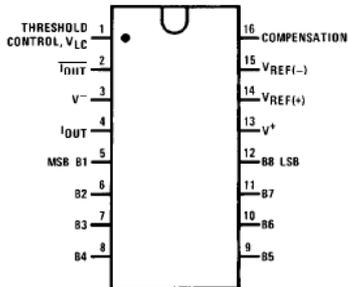
La gráfica de la figura 21 es la configuración de pines del C.I. ADC 804 y la figura 22 es la configuración de pines del C.I. DAC 0800.

Figura 21 Configuración de pines ADC 0804



Tomado de: Datasheet fabricante, NATIONAL SEMICONDUCTOR

Figura 22 Configuración de pines DAC 0800

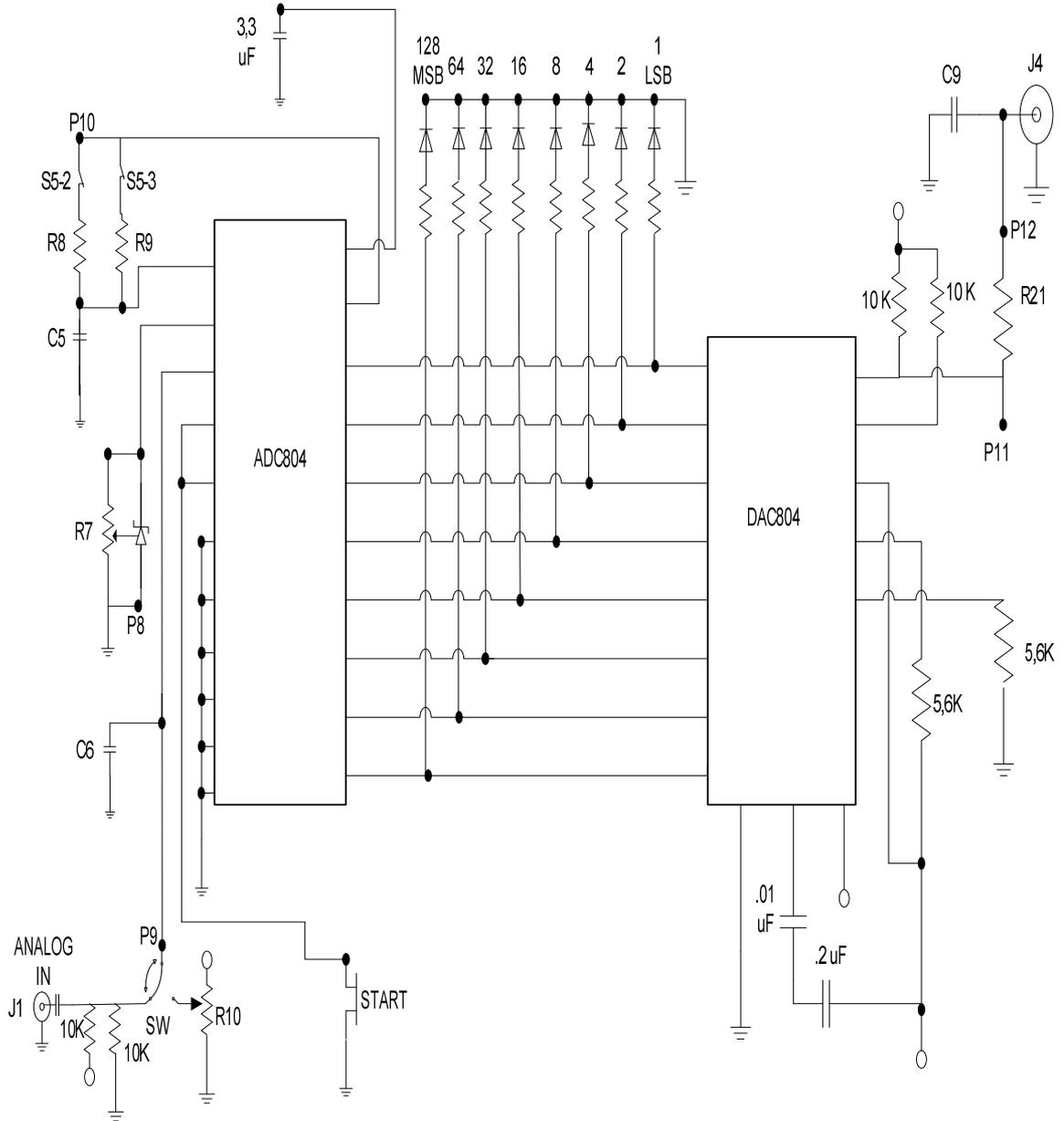


Tomado de: Datasheet fabricante, NATIONAL SEMICONDUCTOR

Como una manera de comprobar la conversión de análogo a digital se implementaron 8 LEDS, de manera que cada LED representa un nivel de voltaje que puede ser comparando con la salida del ADC.

El esquemático presentado como sigue, representa la configuración final del circuito. (Ver figura 23)

Figura 23 Circuito A/D y D/A



6. DISEÑO DE LAS GUÍAS PARA EL ESTUDIANTE DEL CIRCUITO PARA PRÁCTICAS DE TELEFONÍA DIGITAL

Las guías presentadas para las prácticas del circuito de introducción a la telefonía digital son adaptación y traducción de las guías creadas por el fabricante del circuito original (Science Instruments Company), para que puedan ser usadas en la versión del prototipo entregado.

Cada sección de la guía tiene un objeto o una finalidad que permite al estudiante aprender y entender el funcionamiento del circuito, que por ende aprende y entiende acerca de la modulación por impulsos codificados.

Cada guía de experimentación corresponde a una porción o sección del circuito, cada una de estas secciones fue dividida de acuerdo con su tarea, dependiendo de qué función dentro de la modulación cumpla.

Todas las guías se han descrito de la misma forma, conservan el mismo orden a fin de contener el mismo formato de aprendizaje. Estas guías se han dividido de la siguiente manera.

1. Objetivos
2. Equipos
3. Preliminares
4. Temas de consulta
5. Bibliografía
6. Pre laboratorio
7. Procedimiento experimental
8. Preguntas
9. Conclusiones
10. Además se incluye una figura del esquemático del circuito.

6.1 Objetivos

Se presentan los logros que se deben obtener al realizar cada una de las prácticas, en los cuales se tiene en cuenta la necesidad de aprendizaje de cada temática, de tal manera que se formulen paso a paso los logros que el estudiante debe alcanzar al finalizar la práctica.

Para recrear el sentido de los objetivos en la guía, se ha tomado como ejemplo los objetivos de la guía correspondiente a la práctica número uno, la cual se relaciona con la funcionalidad del reloj universal dentro del circuito modulador de pulsos codificados.

Ejemplo:

Objetivos.

- Describir el proceso usado para convertir señales a análogas a formato digital.
- Describir la operación de un circuito de reloj.
- Describir como se establecen las tasas bajas de reloj.

6.2 Equipos

Se describen los equipos necesarios para la realización de la práctica, incluso se incluye datos como la sensibilidad y el mínimo de dígitos necesarios para que el procedimiento y los datos adquiridos durante la experimentación sean los correctos.

El ejemplo está tomado nuevamente de la guía número uno.

Ejemplo:

Equipos.

- Circuito de Comunicaciones Digitales
- Fuente de poder

- Osciloscopio: Sensibilidad vertical de 5mV - 5 V/cm para cada canal; respuesta en frecuencia DC a 40 MHz; velocidad de barrido horizontal de 0.2 μ S/cm a 0.5 s/cm.
- Multímetro: con un mínimo de 3-1/2 dígitos
- Frecuencímetro: Rango de frecuencia de funcionamiento de 10 Hz a 10 MHz, con una sensibilidad de 20 mV o menos.

6.3 Preliminares.

Se exponen conceptos a manera de un pequeño marco teórico para contextualizar al estudiante con la temática de la experimentación que está a punto de realizar.

Se da información apta que permita al estudiante entender la función de la sección del circuito que va a estudiar, pero sin ser lo suficientemente extensa como para que el estudiante no tenga necesidad de buscar información por su cuenta.

Una vez más el ejemplo de esta parte de la guía, es tomada de la guía número uno, la cual corresponde al circuito del reloj universal.

Ejemplo:

Preliminares.

Muchos de los circuitos usados en comunicaciones digitales requieren una señal de reloj para la sincronización del receptor con el transmisor. En telefonía para la señal de voz se utiliza una frecuencia de muestreo estándar de 8 KHz; además cuando se transmiten varios canales al mismo tiempo se utilizan frecuencias de 1.54 MHz, y 2.048 MHz, y otras muchas mayores. Para este laboratorio en especial se calibran diferentes tasas de muestreo.

6.4 Temas de consulta

Con el fin de ayudar al estudiante en la búsqueda de información pertinente, para su preparación, para resolver dudas y curiosidades, se ha dispuesto este espacio donde se ofrecen temas de consulta que específicamente tienen que ver con la función de la sección del circuito que será utilizada.

El ejemplo es tomado de la guía número 1, involucrada con la sección del circuito del reloj universal.

Ejemplo:

Temas de consulta.

- Características de la transmisión digital.
- Estabilidad de frecuencia.
- Osciladores de cristal.
- Sintetizadores de frecuencia.

6.5 Bibliografía

Se proponen libros de consulta donde el estudiante puede empaparse más acerca del tema tratado, de la misma forma esta bibliografía le servirá para afianzar conocimientos y en algunos casos le facilite el trabajo que debe realizar en el pre laboratorio.

Se incluyen diferentes libros que el estudiante puede leer, y se informa las páginas exactas en que puede encontrar los temas.

El ejemplo a continuación es tomado de la guía número uno, la cual se refiere a la porción del prototipo del reloj universal.

Ejemplo:

Bibliografía

TISCHLER, Morris. Digital Communications and telephones. Baltimore: SIC, 1998. 313 p.

TOMASI, Wayne. Sistemas de Comunicaciones Electrónicas. México: Prentice Hall, 1996. 858p.

6.6 Pre laboratorio

Para garantizar la culminación exitosa del laboratorio, debe hacerse un trabajo previo en el cual se desarrollen las competencias necesarias para tener claridad acerca del funcionamiento de los circuitos a estudiar.

El ejemplo mostrado, está tomado de la guía número uno.

Ejemplo:

Pre laboratorio

Para el desarrollo de la experiencia se utiliza un reloj con varias salidas que se pueden calibrar para obtener varias frecuencias. Presente un resumen del análisis del circuito que se muestra en la figura 1.

6.7 Procedimiento experimental

Se describen las instrucciones que el estudiante debe seguir para realizar el experimento con el circuito, además se da información de que tipo de datos debe el estudiante recolectar durante el procedimiento. Hay espacios en blanco para llenar con datos obtenidos, además de tablas de datos y preguntas que deben resolverse con el desarrollo de la actividad.

El ejemplo es tomado de la guía número 1, involucrada con la sección del circuito del reloj universal.

Ejemplo:

Procedimiento experimental.

En esta experiencia se trabajará con la sección de reloj del circuito. (Ver Figura1, circuito de reloj).Energice el circuito.

1. Ajuste el potenciómetro del reloj R_1 , hasta que la frecuencia en P2 sea de 1.024 MHz. Debe verificar que P1 tenga la misma frecuencia.

$f =$ _____.

2. Cierre uno por uno los interruptores del Switch S1, de manera mientras cierra uno los demás estén abiertos y registre las frecuencias presentes en P3. Repita este procedimiento para los interruptores de S2 en P4.

S1-1 _____KHz

S2-1 _____KHz

S1-2 _____KHz

S2-2 _____KHz

S1-3 _____KHz

S2-3 _____KHz

S1-4 _____KHz

S2-4 _____KHz

3. ¿Se obtiene con el interruptor S1-1cerrado una división de frecuencia por 2?

4. ¿Cuáles son las frecuencias máximas y mínimas presentes en P2, dentro los límites de R1?

Mínima $f =$ _____KHz

Máxima $f =$ _____MHz

5. Si el oscilador fluctúa ± 100 Hz para una frecuencia de 1 MHz, para una frecuencia de 8 KHz el oscilador fluctuará en _____Hz.

6.8 Preguntas de repaso

Para que el estudiante tenga más claridad acerca del tema y cerciorarse de que él haya entendido la funcionalidad del circuito para la cual fue diseñado, comprendiendo cual es la tarea de este dentro de la modulación por pulsos codificados; se formulan unas preguntas. Las cuales deberán ser contestas correctamente por el estudiante que siguiera todo el proceso, desde leer la parte teórica hasta la realización del experimento.

De nuevo se toma el ejemplo de la guía número uno.

Ejemplo:

Preguntas de repaso

- ¿Cuál es la frecuencia con la suena el teléfono?
- ¿Qué definen los primeros 3 dígitos de un número telefónico?
- ¿Cuál es la frecuencia de muestreo utilizada en telefonía?
- ¿PCM es el método de modulación más usado?

6.9 Conclusiones

Se propone que el alumno llegue a una proposición final después de haber realizado el experimento, con esto se evalúa si el estudiante logró los objetivos iniciales de el laboratorio.

El ejemplo se ha tomado de la primera guía.

Ejemplo:

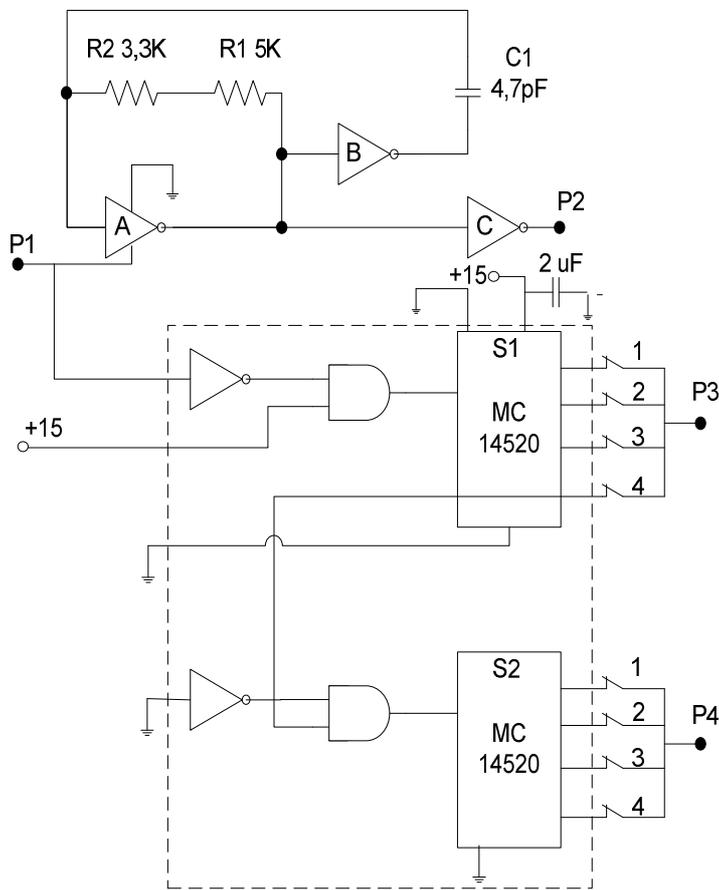
Conclusiones

6.10 Esquemático del circuito

Se incluye una figura del circuito para que el estudiante se guíe y pueda ubicarse en el prototipo con el cual debe hacer el experimento, además con este esquema el alumno puede realizar análisis acerca del funcionamiento de este.

El ejemplo del esquemático a continuación es tomado de la guía número uno; circuito de reloj universal.

Ejemplo:



Circuito de reloj universal

7. CONCLUSIONES

En este trabajo se observó que PCM no es más que un proceso digital de modulación para convertir una señal análoga en un código digital. En el cual la señal análoga se muestrea, es decir, se mide periódicamente. En un conversor análogo/digital, los valores medidos se cuantifican, se convierten en un número binario y se descodifican en un tren de impulsos. Este tren de impulsos es una señal de alta frecuencia portadora de la señal análoga original.

Para la descripción del proceso usado para convertir señales análogas a formato digital, fue necesario conocer el principio de funcionamiento de un circuito de reloj encargado de proporcionar los tiempos de muestreo, sincronizando el transmisor y el receptor, aplicados en los circuitos de muestreo y retención.

Con el diseño de las cuatro prácticas de laboratorio de Modulación por Impulsos Codificados (PCM), se logró un refuerzo en el proceso de enseñanza aprendizaje de las asignaturas en las que interviene, permitiéndole al docente tener un apoyo en este proceso y a los alumnos fuentes de práctica y consulta.

8. BIBLIOGRAFIA

Constantino Pérez Vega
Dpto. de Ingeniería de Comunicaciones
Universidad de Cantabria
Sobre modulación capitulo 7

Paper de
Marcos Martín Fernández
E. T. S. de Ingenieros de Telecomunicación
Universidad de Valladolid
Titulado modulación analógica y digital de pulsos
capitulo 8

<https://www.itescam.edu.mx/principal/sylabus/fpdb/recursos/r38785.PDF>

Ultimo acceso: 14 - febrero – 2010

Título: Codificación y modulación.

http://iie.fing.edu.uy/ense/asign/dsp/proyectos/2001/grupo_g_codif_subbandas/proyecto/index.htm

Ultimo acceso: 1 – Marzo – 2010

Título: Codificador en sub-bandas

<http://ayudaelectronica.com/introduccion-telecomunicaciones-3/>

Ultimo acceso: 4 - Marzo – 2010

Título: Introducción a las telecomunicaciones

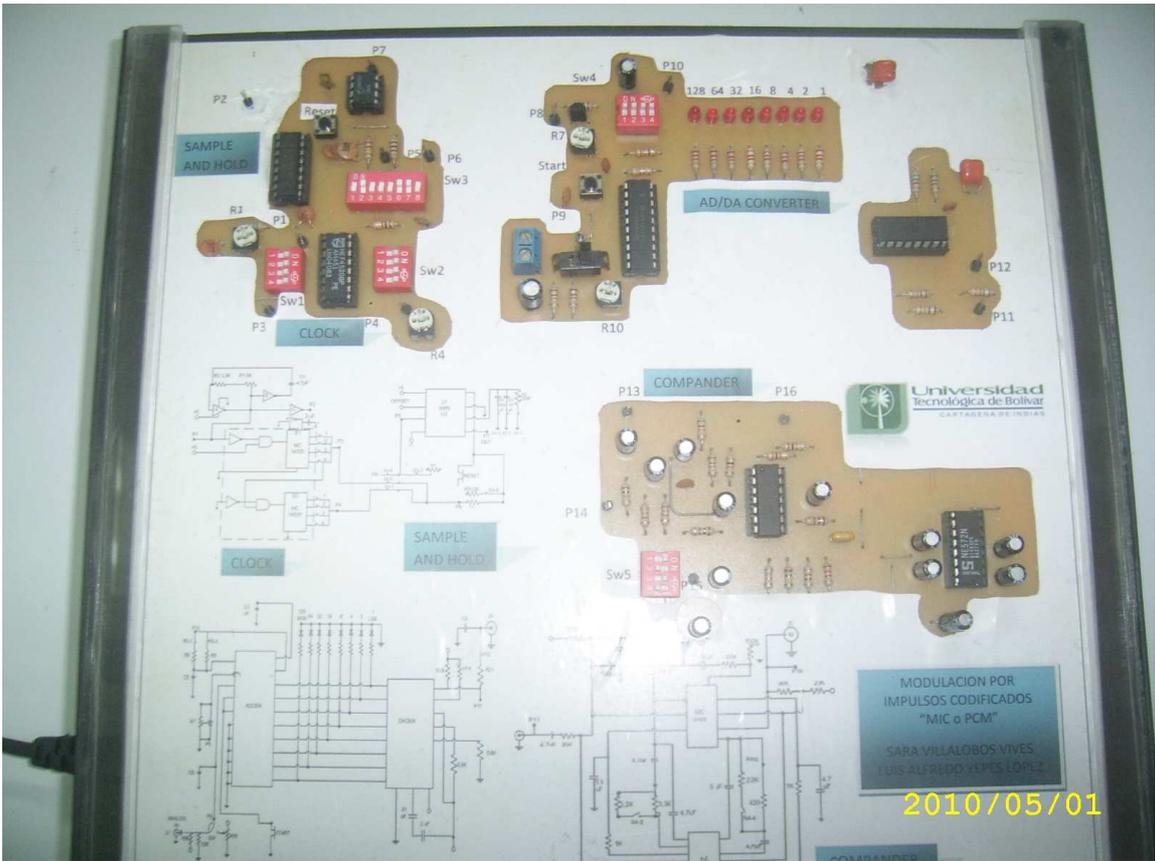
<http://www.eltallermd.com.ar/apuntes/digitalizaciondeaudio.htm>

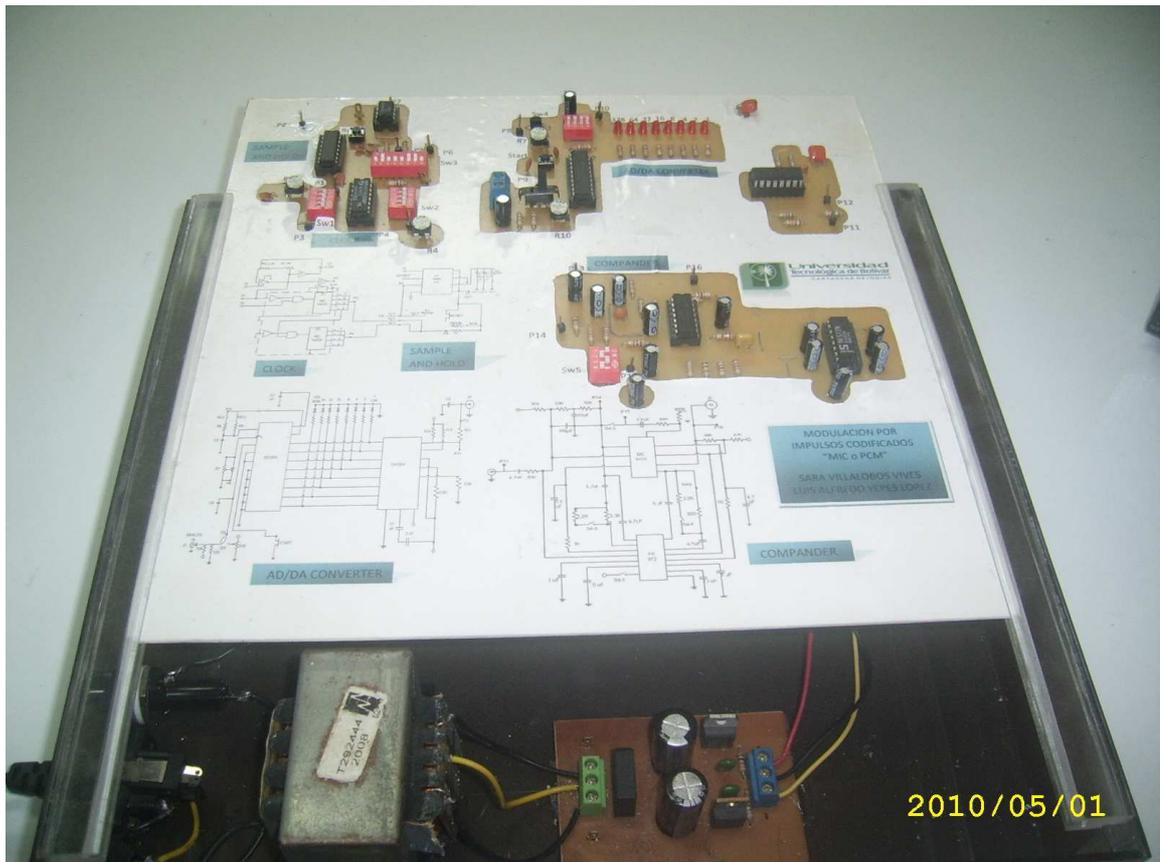
Ultimo acceso: 8 – Abril - 2010

Título: Digitalización de audio.

ANEXOS

IMÁGENES DEL CIRCUITO





2010/05/01