

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO PARA LA DETECCIÓN DEL TONO DE OCUPADO Y EL CIERRE DE LÍNEA TELEFÓNICA

Daniel Andrés González Ochoa

Estudiante de la Carrera de Ingeniería Electrónica en Automatización y Control

Escuela Politécnica del Ejército

Sangolquí-Ecuador

e-mail: danielgonzalez1990@yahoo.es

Resumen

El objetivo principal de este proyecto es brindar una solución para el estado de línea telefónica abierta que se presenta en centrales telefónicas provistas del servicio de contestación automática. Este inconveniente se suscita bajo el caso que el usuario finalice la comunicación telefónica mientras se ejecuta la respuesta automática en una línea telefónica analógica. Este estado imposibilita la entrada de nuevas llamadas telefónicas y repercute en la calidad de comunicación brindada por las empresas a sus clientes. El proyecto además integra una herramienta de control remoto vía telefónica. Este control permite la activación por pulso de diversos dispositivos eléctricos de corriente alterna dedicados a la preservación de la integridad física de los equipos electrónicos presentes en las salas técnicas. El proyecto fue realizado a través de la metodología de diseño concurrente, la cual permite el planteamiento de alternativas para cada módulo definido y la evaluación valorada

de las mismas con respecto a los atributos sobresalientes de los componentes que los conforman. El sistema permite la detección automática del tono de ocupado a través del uso de un potenciómetro digital y un detector de tonos. Finalmente, el desarrollo del proyecto permite crear un equipo electrónico de altas prestaciones y expectativas de comercialización a nivel nacional. El desarrollo integral de este equipo presenta una solución real al problema descrito y contribuye al engrandecimiento del país.

Palabras claves: Microcontroladores, línea telefónica abierta, control remoto.

I. Introducción

En la actualidad, los proveedores de telefonía pública en Ecuador ofrecen varias alternativas de líneas troncales, entre ellas las IP, digitales E1, y analógicas. Estas

últimas, a pesar de ser las más antiguas en cuanto a tecnología, continúan siendo las más utilizadas tanto en nuevas implementaciones como en migraciones de sistemas de telefonía corporativa IP.

La utilización de troncales analógicas en sistemas dedicados de voz, provistos de contestadoras automáticas y sistemas de respuesta interactivos de voz, presentan problemas de desconexión de las llamadas debido a la finalización por parte del usuario mientras se ejecuta una respuesta automática. Este inconveniente imposibilita la entrada de nuevas llamadas y ocasiona que las líneas telefónicas permanezcan en estado abierto.

El mecanismo utilizado hasta la actualidad para cerrar las líneas analógicas ha sido su desconexión manual, ya sea de forma física o a través de comandos ingresados en la central telefónica; lo cual genera molestias. Para plantear esta solución, se requeriría un recurso humano permanente; situación que la mayoría de empresas no puede permitirse. El proveedor local del servicio telefónico no posee un sistema de cierre automático de la línea telefónica, pero suministra la señal de tono de ocupado ante una desconexión de una llamada externa. A nivel mundial, la

señalización telefónica no está normalizada pese a las recomendaciones dadas por la Unión Internacional de Telecomunicaciones, por lo que depende de los proveedores del servicio telefónico de cada país la modificación y valores que poseen los tonos audibles. Esto dificulta un sistema general para el cierre de la línea telefónica cuando el proveedor de servicio telefónico no posee el servicio de desconexión de la línea telefónica.

En consecuencia, la falta de un sistema de cerrado de la línea telefónica genera una degradación inevitable del servicio de comunicación a las empresas que manejan troncales analógicas con sistemas de respuesta interactivos.

Cabe recalcar que otro aspecto importante para los servicios de comunicación es mantener la integridad física en las salas técnicas o a los armarios electrónicos a través de alarmas de intrusión, alarmas de incendio o sistemas de control de acceso. Por lo que, a pesar de su instalación y uso local, una herramienta de control remoto que se integre a sistemas propios de seguridad fortalecerá la continuidad en el funcionamiento de los diferentes equipos electrónicos.

La solución a la problemática es detectar automáticamente la frecuencia del tono de ocupado, monitorizarlo y activar un conmutador que permita regresar al tono de marcación a la línea telefónica.

Tono	Frec. Hz	Cadencia en segundos
Tono de ocupado.	425	0.33 alto y 0.33 bajo
Tono para marcación.	425	Continuo

Tabla 1. Frecuencia de tono de ocupado según la recomendación UIT-T E.180 (Unión Internacional de Telecomunicaciones, 2010)

II. Métodos y materiales.

El diseño concurrente es una técnica utilizada para el desarrollo eficiente de proyectos de ingeniería, a través de actividades simultáneas que sirven para: reducir los tiempos de desarrollo, mejorar la calidad, planificar el uso de recursos, aumentar la flexibilidad, etc. (Riba, 2002). Se define el ciclo de vida de un producto en 6 pasos.

- **Decisión y definición.** Concierno a la decisión de crearlo y a la tarea de definirlo a través de especificaciones técnicas.

- **Diseño y desarrollo.** Encierra las actividades que permitirán conceptualizar un producto respetando las especificaciones planteadas a través de coordinación de las tareas.
- **Fabricación.** Son las acciones destinadas a la elaboración efectiva del producto con escenarios aceptables de calidad y costos.
- **Distribución y comercialización.** Tema que concierne a la empresa auspiciante.
- **Utilización y mantenimiento.** Tema que concierne a la empresa auspiciante.
- **Fin de vida.** Es la última etapa de un producto la cual determina su fin de vida útil. Este aspecto, a pesar de caer sobre los clientes, requiere el planteamiento de criterios para reutilización y reciclaje.

i. Decisión y definición.

Concepto	Descripción
Decisión	Origen Dar solución a la problemática de línea abierta
	Creación Petición de la empresa LYNX SOURCE.

Definición

Tabla 2. Planificación de los puntos de decisión y definición.

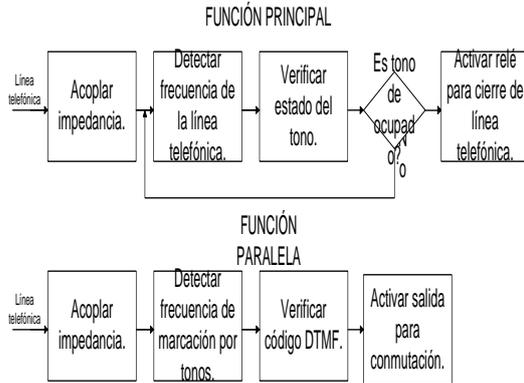


Figura 1. Función principal y paralela del sistema diseñado.

ii. Diseño y desarrollo.

Para el proceso de diseño y desarrollo se planteó lo siguiente

Concepto	Descripción
Diseño y desarrollo	Detectar la señal del tono de ocupado.
	Cerrar la línea telefónica.
	Agregar control remoto vía telefónica.

Tabla 3. Planificación de los puntos de diseño y desarrollo.

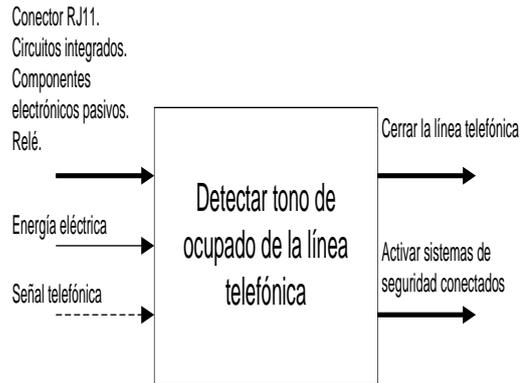


Figura 2. Módulo del sistema. Nivel 1.

El diseño concurrente permite definir varios módulos identificados por su actividad. Cada una de las actividades se complementa y se obtiene la función principal. Dentro del estudio, se desarrolló el análisis morfológico y el método de residuos ponderados para la obtención de las soluciones para cada módulo.

Matriz morfológica

La matriz morfológica es una herramienta utilizada en la técnica metódica-combinatoria llamada análisis morfológico. Esta técnica fue creada por Fritz Zwicky en 1969 con el fin de obtener diversas opciones para resolver un problema. Igualmente, esta técnica plantea que todos los objetos pueden ser descompuestos en elementos que deben ser analizados desde diversos puntos de vista: físico, mecánico, funcional, etc. (Cañabate, 2012).

La matriz morfológica permite la combinación de varios criterios a través de un arreglo filas vs columnas. Todas las combinaciones o alternativas obtenidas deben cumplir con el funcionamiento global objeto evaluado (Fernandez, 2005). Se cita a continuación la tabla resumen de los módulos y sus respectivas soluciones.

Métodos de residuos ponderados

El método ordinal corregido de criterios ponderados permite decidir que alternativa es la más apropiada de acuerdo a la estimación numérica de cada solución frente a criterios especificados.

Módulo	Solución
Regulación de energía eléctrica	Regulador de voltaje 7805
Acoplamiento de impedancias	Capacitor con diodo a tierra y transformador
Detección de frecuencia informativa telefónica	Circuito integrado de la familia 567 y potenciómetro digital
Regulación de tono de ocupado	Circuito Schmitt trigger
Detección de frecuencia de marcación por tonos	Circuito integrado de la familia 8870
Control, monitorización y verificación de datos	Microcontrolador ATMEL ATtiny 2313
Accionamiento de salidas	Relé/Optoacoplador y triac

Tabla 4. Solución a los diferentes módulos

El desarrollo de software se basa en el siguiente esquema.



Figura 3. Definición del programa del microcontrolador

- Accionamiento de sistemas externos conectados.

Comunicación SPI con el potenciómetro digital

- Envío serial del dato de inicialización.
- Envío serial del dato definido para el cambio de resistencia

Interrupciones

- Interrupción 0 por flanco de subida: Detección del pulso el cual inicia el barrido del potenciómetro digital.
- Interrupción 1 por flanco de subida: Contador del número de pulsos del tono de ocupado.
- Interrupción PC4: Contador de dígitos del control remoto vía telefónica.
- Interrupción de temporizador 0: Define el tiempo desde el primer cambio de flanco del tono de ocupado hasta su validación.

Subrutinas

Control remoto vía telefónica

- Cambio de clave de activación.
 - Almacenamiento de la nueva clave de activación.
 - Ingreso de clave de activación.
 - Validación de clave de activación.

Tono audible de confirmación y de equivocación

- Envío de 1 y 0 lógico cada 1 ms para tono audible agudo (confirmación).
- Envío de 1 y 0 lógico cada 2ms para tono audible grave (equivocación).

Almacenamiento de datos en memoria EEPROM para barrido de potenciómetro

- Inicialización del potenciómetro digital.
- Envío de datos al potenciómetro en comunicación SPI.
- Verificación de frecuencia del tono de ocupado.
- Almacenamiento del dato obtenido en la búsqueda de frecuencia.

Desconexión de la línea telefónica.

- Validación del tono de ocupado por tiempos.

Programa principal

- Lectura de memoria EEPROM para potenciómetro digital.
- Activación de LED indicador de frecuencia hallada.

iii. **Fabricación.**

Para el proceso de fabricación se planteó lo siguiente

Concepto	Descripción
Fabricación	Planificación Dos prototipos: Individual y combinado de 6 líneas telefónicas.
	Componentes Eléctricos y electrónicos de venta a nivel nacional. Conectores de entrada/salida.
	Dimensiones Individual: Criterio enfocado a bajo costo. Combinado: Estándar IEC 60297 para racks electrónicos.
	Documentación Manual de usuario.

Tabla 5. Planificación del punto de fabricación.

Fabricación del circuito impreso

A continuación se cita los puntos más sobresalientes sobre las recomendaciones IPC-2221. (Association Connecting Electronics Industries, 1998).

- Ubicación de elementos
 - Entrada de energía eléctrica única a un extremo del circuito electrónico.
 - Circuitos integrados con la misma orientación de muesca.
 - Elementos pasivos ubicados horizontal o verticalmente respecto a la base.
- Trazado de pista
 - Evitar ángulos rectos en el trazado de pistas.
 - De preferencia intersecciones tipo Y en lugar de tipo T.
- Ancho de pista
 - Recomendación IPC-2221 para cálculo de ancho de pista

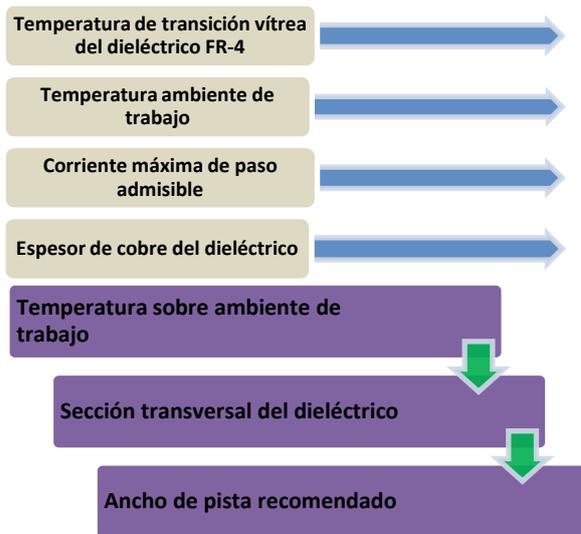


Figura 4. Criterios para cálculo de ancho de pista en una placa electrónica.

- Estructura individual de policarbonato
 - Material no conductor y resistente a temperaturas de hasta 130 °C.
 - Sin recubrimiento para promoción del producto.
- Estructura combinada metálica
 - Recubierta con pintura de caucho.
 - Diseñada para dimensiones dadas por la recomendación IEC-60297
- Características generales.

Alimentación eléctrica	5 VDC	
Consumo de corriente individual (medido)	120 mA	
Consumo de corriente en modelo montable	6 unidades 720 mA	12 unidades 1440 mA
Temperatura de ruptura vítrea del circuito impreso	140 °C	
Dimensiones de las estructuras (largo x profundidad x altura)	Individual 14 cm x 9.8 cm x 3.8 cm	Montable en rack 45 cm x 35 cm x 4.5 cm
Corriente máxima para salida de control remoto (110 VAC)	7 A.	

Tabla 6. Características generales del equipo diseñado.

III. Resultados

Estructura física individual y montable en rack



Figura 5. Modelo unitario y montable en rack

Superación de la prueba de calidad en las ciudades de Quito.

- ✓ Obtención de las características de los dígitos numéricos del teclado telefónico
- ✓ Análisis en frecuencia de los dígitos numéricos del teclado telefónico
- ✓ Aplicación de la Transformada Rápida de Fourier
- ✓ Comparación entre datos obtenidos y dato de la recomendación UIT-R F.339-6

Prueba de funcionamiento del equipo.

- ✓ Establecimiento de comunicación telefónica.
- ✓ Verificación de recepción de clave maestra y código de activación
- ✓ Comprobación de accionamiento del equipo conectado.

Prueba de funcionamiento para cierre de línea telefónica.

- ✓ Prueba de funcionamiento del equipo.
- ✓ Verificación de detección del tono de ocupado automático.
- ✓ Verificación del cierre de la línea telefónica.

El sistema cumple satisfactoriamente las funciones de detección automática del tono de ocupado, el cierre de la línea telefónica

La herramienta de control remoto vía telefónica activa dispositivos de corriente alterna dedicados a salvaguardar la integridad física de los equipos electrónicos ubicados en los centros de datos de manera inmediata y económica.

El estudio realizado indica que las diferentes señales audibles, enviadas a través de la red telefónica del Ecuador, cumplen las recomendaciones dadas por la UIT-T E.180. Con esto, se asegura que el equipo diseñado funciona en países que se rijan a estas recomendaciones.

El equipo diseñado no ingresa ningún tipo de ruido a la línea telefónica. Esto se demuestra a través del análisis de las frecuencias de los diferentes dígitos en la red línea telefónica del Ecuador.

El análisis en frecuencia comprueba que las frecuencias de los dígitos en la red telefónica del Ecuador están dentro de

IV. Conclusiones

los valores estipulados por la norma UIT- Q.23.

- El empleo del diseño concurrente proporciona un desarrollo conceptual eficiente que permite la evaluación y cuantificación de las alternativas de cada etapa. Además, el diseño concurrente consiente el reciclaje de piezas y estructuras, convirtiéndose en una idea de alta estima para empresas que promuevan el cuidado ambiental.

V. Recomendaciones

- Se recomienda la instalación del equipo diseñado en ambientes aptos para el funcionamiento de dispositivos eléctricos basados en la norma TIA-942-A.
- La comunicación es un sistema de alta prioridad; por lo tanto, el uso de la herramienta de control remoto debe ser controlado. Por tal motivo, se habilita la opción de cambio de código de activación a través de una clave maestra. Esta clave maestra solo debe ser conocida por el jefe del departamento técnico.

- En cualquier implementación que maneje los tonos audibles de las líneas telefónicas, es prudente realizar una etapa de filtraje de hardware y software. Esta última es necesaria para evaluar tiempos definidos de cada tono audible.
- Se enfatiza el uso del estándar IPC-2221 para el desarrollo de circuitos impresos. Este estándar relaciona el flujo corriente con respecto a las propiedades físicas y ambientales del sistema. Esto permite estimar el ancho de pista necesario para un determinado paso de corriente.

- Es necesario realizar una verificación inicial del funcionamiento de los elementos del equipo. Para este caso, los *LEDs* se encenderán por un corto período cuando se conecte el equipo a la alimentación eléctrica.

VI. Bibliografía

Association Connecting Electronics Industries. (1998). *ANSI/IPC-2221: Generic Standard on Printed Board Design*. Northbrook: Association Connecting Electronics Industries.

Cañabate, A. (2012). *Toma de decisiones: Análisis y entorno organizativo*. Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya.

Fernandez, E. (2005). *Introducción a la gestión (Management)*. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.

Riba, C. (2002). *Diseño concurrente*. Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya.

Unión Internacional de Telecomunicaciones. (2010). *Diferentes tonos utilizados en las redes nacionales (según la recomendación UIT-T E-180)*. Recuperado el Febrero de 2013, de http://www.itu.int/dms_pub/itu-t/opb/sp/T-SP-E.180-2010-PDF-S.pdf