

ELABORACIÓN DE UN IDENTIFICADOR DE BILLETES NACIONALES PARA PERSONAS CON LIMITACIÓN VISUAL¹

DEVELOPMENT OF A NATIONAL BANKNOTE IDENTIFIER
FOR VISUALLY IMPAIRED PERSONS

Recibido: 25 de julio del 2012

Aprobado: 30 de agosto del 2012

JULIÁN DAVID AMAYA BALLÉN*

ANDRÉS RICARDO SANABRIA GARAY**

Resumen

El proyecto de investigación "Identificador de billetes nacionales para personas con limitación visual" se desarrolló en el 2010 en la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, obteniendo los resultados presentados en este documento. Se parte del hecho de que tener acceso a la información de un billete por la sensación que este produce al tacto no siempre es suficiente para que personas con limitación visual determinen su valor y autenticidad. El dispositivo que se diseñó e implementó, brinda la oportunidad a una persona en esta condición de conocer la denominación y autenticidad de un billete de la unidad monetaria de Colombia que a la fecha está en circulación, es decir, billetes de \$1.000, \$2.000, \$5.000, \$10.000, \$20.000 y \$50.000, a partir del análisis realizado por un billeteo, generando señales auditivas apropiadas para el usuario del sistema, lo que minimiza el grado de dependencia que pueda tener de otras personas.

Palabras clave: billeteo, billetes, limitación visual, memoria de voz, microcontrolador.

Abstract

The research project "National Banknote Identifier for Visually Impaired Persons" was developed at the Universidad Distrital "Francisco José de Caldas" in 2010, its results are presented in this document. We deemed the project necessary because the identification of the information in a banknote through tact is not always enough for visually impaired persons to identify the value and authenticity of the bill. The device that was designed and implemented gives persons in this condition the possibility for determining the denomination and authenticity form the bills currently in use in Colombia. That is, it is able to recognize 1,000, 2,000, 5,000, 10,000, 20,000 and 50,000 pesos bills through the analysis made by a bill reader; it afterwards produces appropriate audible signals for the system user. The use of the device lessens the degree of dependence of visually impaired people to make economic transactions.

Keywords: bill reader, banknotes, visually impaired, voice memory, microcontroller.

Cómo citar este artículo: J.D. Amaya Ballén, A.R. Sanabria Garay. "Elaboración de un identificador de billetes nacionales para personas con limitación visual". *Revista Ingeniería Solidaria*, vol. 8, núm. 15, 2012, pp. 53-60.

¹ Artículo de investigación derivado del proyecto de investigación "Elaboración de un identificador de billetes nacionales para personas con limitación visual", desarrollado en el 2010 en la Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

* Tecnólogo en Electrónica de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Cursa octavo semestre de Ingeniería en Control en la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Tiene capacitación y experiencia en mantenimiento de equipo biomédico e instalación, mantenimiento y gestión de equipos de comunicaciones móviles. Técnico de soporte de Avantel. Correo electrónico: juliamaya@msn.com

** Tecnólogo en Electrónica de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Cursa octavo semestre de Ingeniería en Telecomunicaciones en la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Tecnólogo en Administración de Redes de Computadores del SENA. Certificado como auditor interno en ISO 27001 – SGSI. Trabaja en soporte y mantenimiento de Redes de Datos en la Comunidad Cristiana Manantial de Vida Eterna. Correo electrónico: arsg1a@gmail.com

Introducción

Las personas ciegas no tienen acceso por sí mismas a la información visual que brinda un billete, dada su condición, salvo al área impresa en alto relieve. Características como la visualización a contraluz de la marca de agua, los hilos de seguridad y las imágenes coincidentes o registro perfecto, el cambio de color en las impresiones con tintas ópticamente variables y la visualización de la imagen oculta al inclinar el billete, no pueden ser percibidas por una persona con limitación visual.

En la Constitución Política de Colombia, en el Artículo 13, se habla de la igualdad que tiene ante la ley toda persona nacida en Colombia [1]; sin embargo, esa igualdad se ve vulnerada para quienes tienen limitación visual cuando, por su condición, no tienen acceso a la información. Este proyecto gira en torno al acceso a la información de los billetes de la moneda colombiana por parte de personas con limitación visual.

De acuerdo con el análisis y seguimiento de esta situación problemática, se plantea como objetivo general diseñar e implementar un dispositivo electrónico para personas con limitación visual, que permita tener acceso a la información de denominación y autenticidad de un billete (unidad monetaria de Colombia), mejorando de esta manera su calidad de vida. Es importante mencionar que en el país este dispositivo no tiene antecedentes.

Este documento presenta un sistema diseñado e implementado para cumplir este objetivo a partir del uso de un billeteo y un conjunto de circuitos integrados (microcontrolador, memoria de voz, amplificador de audio, entre otros), que convierte los datos procesados por este artefacto en señales de audio para el usuario.

Metodología

Producto de la investigación aplicada, la solución propuesta para que las personas con limitación visual tengan acceso a la información de un billete se presenta en la figura 1.

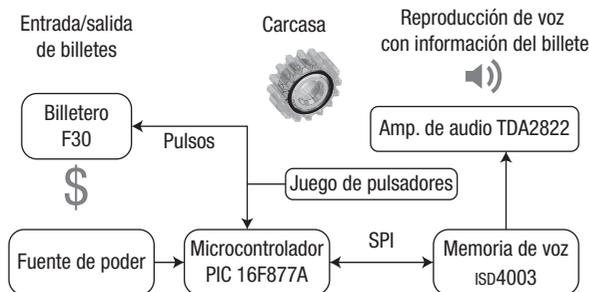


Figura 1. Diagrama de la solución planteada
Fuente: los autores

El sistema se compone de un billeteo F30 marca EDUE, una empresa italiana con amplio recorrido en el reconocimiento de billetes que tiene representación en Bogotá. La figura 2 muestra las dimensiones físicas del billeteo F30, y sus características eléctricas de alimentación se presentan en la tabla 1.

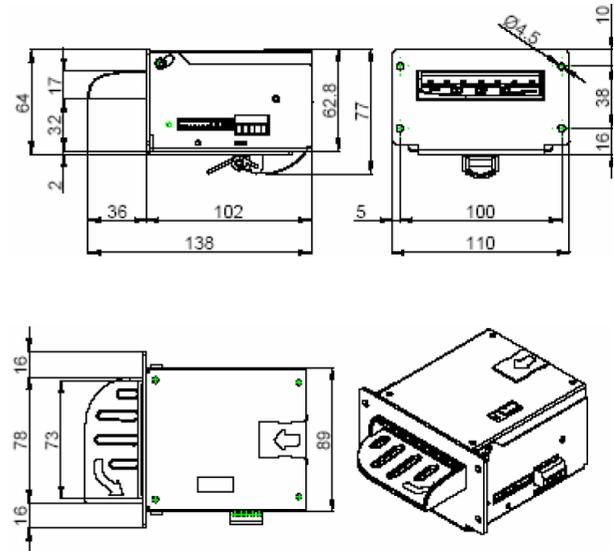


Figura 2. Dimensiones físicas en milímetros del Billetero F30 de EDUE
Fuente: Manual F30N [2]

Tabla 1. Características de alimentación eléctrica del Billetero F30

Parámetro	Valor a 25 °C			Unidad
	Min.	Tip.	Máx.	
Vdc	11,5		39	V
Icc		0,5	1,5	A
Vac	12		28,8	VRMS
Iac (pico)		1,2	2	A
Vp (out)	dc (input)	Vdc-1		V
	ac (input)	(1,41*Vac)-1,6		V
Ip (out)	dc (input)		0,1	A
	ac (input)		00,5	A

Fuente: Manual F30N [2]

El billeteo maneja diversos protocolos de comunicación, pero para esta aplicación se ha seleccionado el de pulsos. La interfaz de pulsos ha sido configurada para que, por cada mil pesos, el billeteo, a través del pin 4 del conector identificado como C4 (tabla 2), envíe dos pulsos con un periodo de 150 ms para cada pulso, del que para el sistema 100 ms es el Ton (tiempo en alto del pulso) y 50 ms el Toff (tiempo en bajo del pulso), lo que representa un ciclo útil de la señal del 66%. La forma de los pulsos se presenta en la figura 3, como es descrita en el Manual F30N[2].

Tabla 2. Pines del conector C4

Pin	Descripción
1	0 Vdc
2	+ Vdc / Vac
3	Vac
4	Out 1
5	In 1

Fuente: Manual F30N [2]

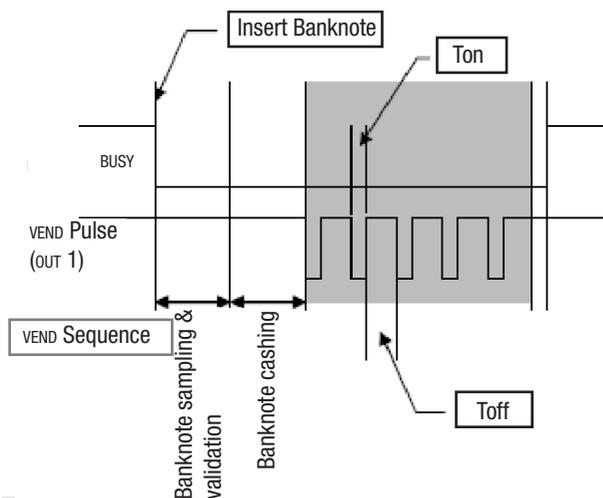


Figura 3. Señal de salida pulsos pin 4 conector C4

Fuente: Manual F30N [2]

De esta forma queda claro que para un billete de diez mil pesos se tendrán 20 pulsos; el valor de cada billete se verá reflejado en una doble cantidad de pulsos.

Una vez el billettero no sólo es energizado sino también habilitado a través de los pines del conector C4 (recuerde la tabla 2), el billettero queda listo para recibir billetes por la bandeja de entrada; al insertar el billete, este es trasladado por una banda transportadora al interior del artefacto, tal como lo hace una impresora con una hoja de papel. Un 90% de la superficie del billete sale por la parte posterior del dispositivo, si la validación y el análisis del billete son correctos por parte del billettero, este termina de liberar el 10% del billete, es decir, se completa la salida por detrás. Si la validación no se realiza, el billete se devuelve por la misma banda transportadora y sale por la bandeja principal de alimentación. Las razones para que esto ocurra pueden ser varias, entre ellas, la no autenticidad del billete, un billete muy deteriorado o una inserción incorrecta del billete (un billete no alineado con la bandeja de entrada).

Durante la aceptación del billete y su salida por la parte posterior se desarrolla lo que se denomina *secuencia de vending* y, en caso de tener éxito la señal de pulsos, se hace presente en el pin 4 (figura 3). En este punto conviene dividir en dos el funcionamiento del sistema: primero se hace referencia al *hardware* (como están conectados los dispositivos) y luego se presenta el algoritmo o parte lógica con la que son controlados.

Para capturar este conjunto de pulsos y controlar la operación de todo el sistema se emplea un microcontrolador de microchip: el PIC 16F877A. Un microcontrolador combina los recursos fundamentales disponibles en un microcomputador, es decir, la unidad central de procesamiento (CPU), la memoria y los recursos de entrada y salida en un único circuito integrado, como lo mencionan Valdés y Pallás [3].

El PIC 16F877A es un circuito integrado con tecnología CMOS que maneja entradas y salidas compatibles con tecnología TTL. Es fabricado en diversos tipos de encapsulado: PDIP, PLCC, QFN, TQFP, y es de 40 pines. Se alimenta con 5 V y tiene una disipación total de 1W, puede operar con un oscilador (cristal) de 20 MHz, cuenta con 14,3 KB como memoria del programa, con 368 bytes en SRAM, 256 bytes de EEPROM, 33 de sus 40 pines pueden ser configurados como entradas y salidas, 8 canales A/D de hasta 10 bit, 2 módulos de captura, comparación y PWM, puerto serial sincrónico (SSP) con SPI, en modo maestro e I²C en modo maestro/esclavo, tiene 5 puertos (A, B, C, D y E). En la figura 4 se muestra la distribución de pines.

40-Pin PDIP

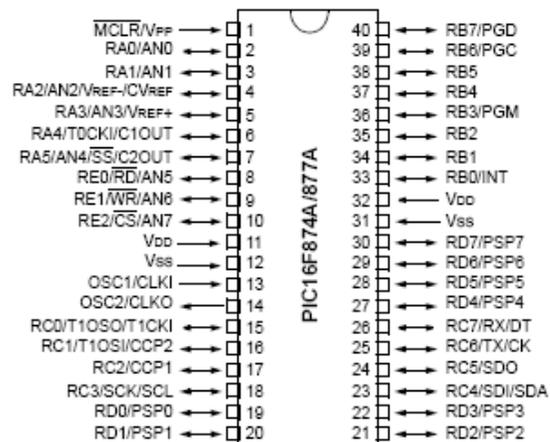


Figura 4. Distribución de pines PIC 16F877A

Fuente: Microchip Technology Inc. [4]

Para capturar los pulsos se emplea el pin 33, que forma parte del puerto B y tiene la característica de que sobre él se puede aplicar una interrupción externa, es decir, puede capturar flancos tanto de subida como de bajada de una señal cuadrada (como la que entrega el billeteo), empleada en el programa –del que se hablará más adelante– para hacer el conteo de pulsos y determinar por el algoritmo el valor del billete examinado. El resto de pines del puerto B (RB1, RB2, RB3, etcétera) es empleado para el juego de pulsadores con los que el usuario maneja el sistema.

El acople entre el billeteo y el microcontrolador para la interfaz de pulsos se hace mediante un transistor PNP 2N3906, que funciona como *switch* electrónico; de esta forma, la señal procedente del billeteo lleva a estados de corte y saturación al transistor, reproduciendo los niveles altos y bajos en el pin RB0 del microcontrolador al que este se encuentra conectado.

El control del encendido y apagado del billeteo, así como su habilitación, se hace a través de los pines RD1 y RA1 del PIC, respectivamente. El pin RD1 pone en corte y saturación un transistor NPN 2N2222, el cual, a su vez controla la bobina de un rele de 5 VDC que, al momento de energizarse, enciende el billeteo al conmutar su pin común con el pin normalmente abierto, suministrando 12 VDC al billeteo.

Por su parte, el pin RA1, que también emplea como acople con el billeteo un transistor 2N3906, lleva a un nivel lógico bajo el pin 5 del conector C4 del billeteo, habilitando su operación para empezar a recibir billetes.

Los mensajes de voz son almacenados en una memoria ISD4003 y el control de esta se realiza por SPI (Interfaz Periférica Serial); para ello se utiliza el puerto C del microcontrolador, ya que este puede manejar las cuatro señales relacionadas con esta interfaz, más dos que son propias de este circuito integrado.

La interfaz periférica serial (conocida como SPI) fue desarrollada por Motorola para proveer una interfaz simple y de bajo costo entre microcontroladores y chips periféricos (en algunos casos, la SPI también es llamada interfaz de cuatro líneas). Esta interfaz puede ser usada con memorias (para almacenamiento de datos), conversores análogo-digitales y digital-análogos, LCD, sensores, chips de audio y, eventualmente, otros procesadores. La lista de componentes que soporta la SPI es bastante larga y sigue creciendo.

A diferencia de un puerto serial tipo, la SPI es un protocolo síncrono en el que todas las transmisiones son referenciadas a un reloj común generado por el maestro

(procesador). El periférico receptor (esclavo) usa el reloj para sincronizar esta adquisición del flujo de bits serial. La SPI emplea cuatro señales principales: Master Out Slave In (MOSI), Master In Slave Out (MISO), Serial Clock (SCLK o SCK) y Chip Select (CS) para el periférico. Algunos procesadores tienen un chip de selección dedicado para seleccionar por la SPI llamada Select Slave (SS) [4]. En la figura 5 se presenta la conexión básica de un sistema con SPI.

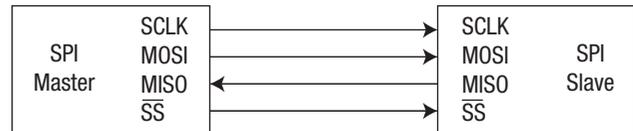


Figura 5. Conexión básica SPI con un solo esclavo
Fuente: Catsoulis [5]

En este sistema, el dispositivo maestro es el microcontrolador y el esclavo es la memoria ISD4003; la distribución de los pines de este circuito integrado se muestra en la figura 6.

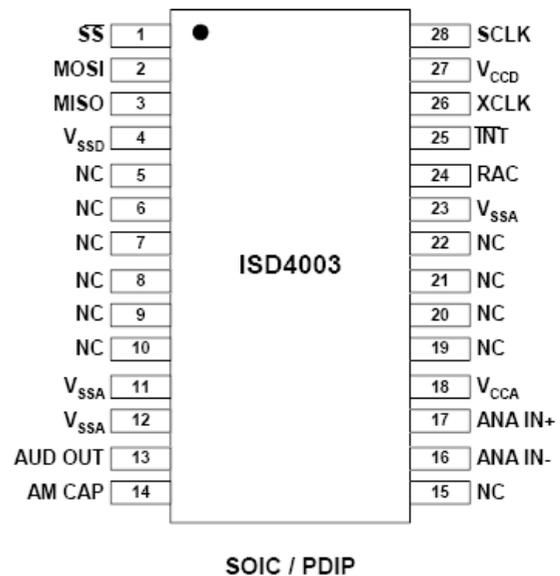


Figura 6. Distribución de los pines de la memoria ISD4003
Fuente: Serial peripheral interface [6]

La serie de circuitos integrados ISD4003 Chip Corder provee alta calidad en soluciones de grabación y reproducción, de 4 a 8 minutos en un único chip, ideal para aplicaciones de teléfonos celulares y otros productos portables. El circuito basado en tecnología CMOS incluye un oscilador interno, filtro anti-aliasing, filtro smoothing, opción de automute, y amplificador de audio.

La serie ISD4003 fue diseñada para trabajar en un sistema con microprocesador o microcontrolador. El direccionamiento y control de la memoria se realiza a través de la SPI o Interfaz Microware Serial para minimizar el número de pines utilizados en el sistema.

Características de la ISD4003: un solo chip para grabación y reproducción de voz, el chip se alimenta con 3 V, bajo consumo de energía: corriente, operando: $ICC_{Play} = 15 \text{ mA}$; $ICC_{Rec} = 25 \text{ mA}$, corriente en standby: $ICC_{Standby} = 1 \mu\text{A}$. Duración de 4, 5, 6 y 8 minutos, full direccionamiento de múltiples mensajes, Interfaz serial SPI o Microware, almacenamiento de mensajes no volátil, 100 K ciclos de regrabación, retención de 100 años del mensaje. Las características de automute y autoapagado para reducir el consumo son: presentación en encapsulados PDIP, SOIC y TSOP, temperatura de operación: $0 \text{ }^\circ\text{C} - 70 \text{ }^\circ\text{C}$. Los mensajes en la memoria se almacenaron con el circuito de la figura 7.

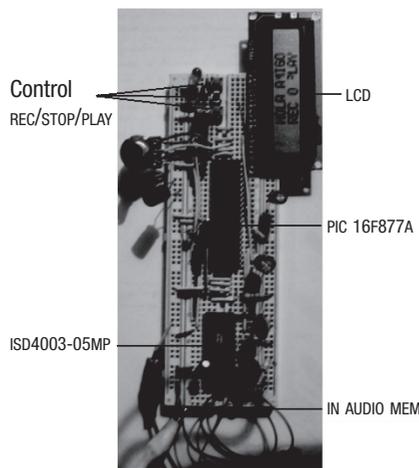


Figura 7. Circuito de grabación y reproducción de mensajes en la memoria ISD4003-05MP

Fuente: los autores

El programa desarrollado para esta tarea fue elaborado en PCWH compiler PICC IDE, versión 3,43; PCB, versión 3,190; PCM, versión 3,190; PCH, versión 3.190. Emplea una de las librerías de este software la ISD4003.c para gestionar la ISD con las funciones de Rec/Stop/Play por SPI y una interrupción externa, para determinar las posiciones de la memoria en las que va almacenando el mensaje; la información de la posición de la memoria hasta la que se grabó se muestra en la LCD, reflejando cuál es el valor que será necesario configurar en el microcontrolador para que este llame los mensajes luego de examinar el billete.

Los mensajes fueron grabados con voz de hombre y voz de mujer, para darle la oportunidad al usuario de

escoger con qué tipo de voz desea escuchar el resultado del análisis del *identificador de billetes para personas con limitación visual*.

Con los mensajes grabados en la memoria de voz es posible continuar con el programa para el control de todo el sistema. También es necesario mencionar que el dispositivo cuenta con dos pulsadores, un dip switch de 4 posiciones y el control de volumen. Uno de los pulsadores es el de inicio de operación y otro el de fin de operación, la primera posición del dip switch define si la reproducción de los mensajes se va a escuchar con voz de hombre o mujer, los otros tres establecen el número de veces que el usuario escuchará el mensaje del valor del billete, el rango está entre 1 y 3 repeticiones. El algoritmo que controla el funcionamiento de todo el sistema se presenta en la figura 8.

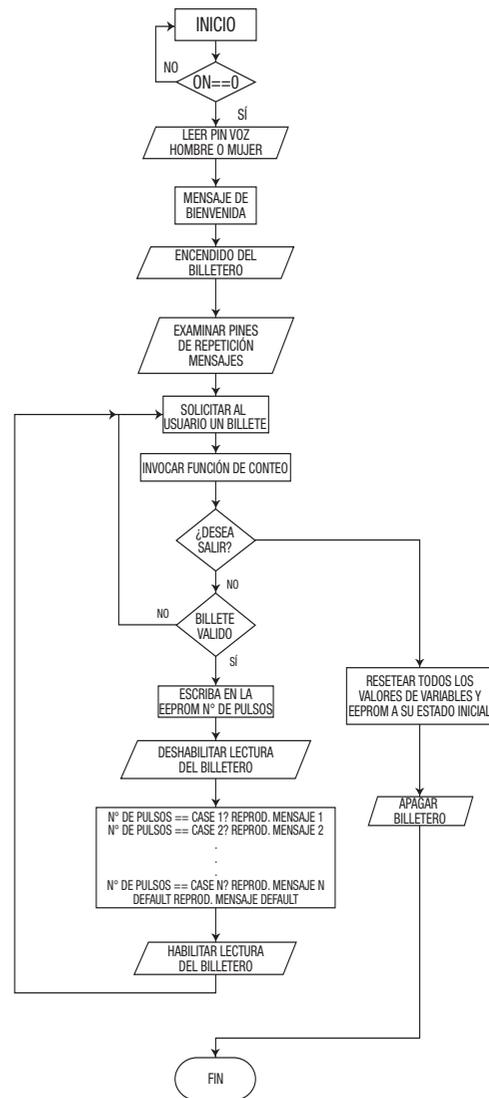


Figura 8. Diagrama de flujo algoritmo de control del sistema

Fuente: los autores

Este programa pone en marcha todo el sistema, desde el encendido del billettero hasta la reproducción de los mensajes que el usuario ha de escuchar, bien sea por el parlante o con la ayuda de audífonos. En este punto no se ha dado mucha importancia a la amplificación de la señal de salida de la memoria de voz, sin embargo, en el sistema se utilizó el circuito integrado TDA 2822 en configuración de bridge (figura 9). Es un amplificador de audio que se conecta a un parlante de 0,25 W y 45 Ω, y a un jack para que el usuario pueda emplear el dispositivo con audífonos (las características eléctricas se presentan en la tabla 3).

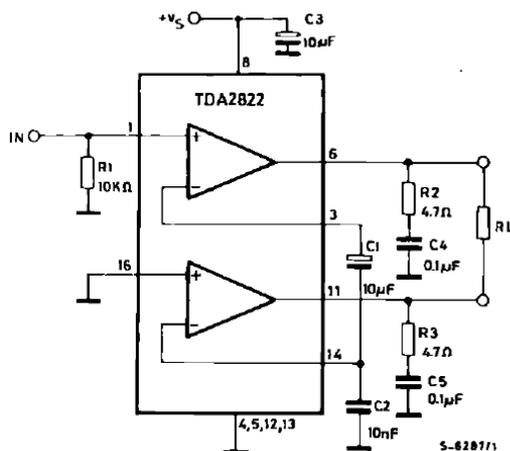


Figura 9. Amplificador de Audio TDA 2822 en configuración de bridge

Fuente: tomado de: http://www.st.com/internet/com/TECHNICAL_RESOURCES/TECHNICAL_LITERATURE/DATASHEET/cd00000132.pdf

Tabla 3. Características eléctricas del amplificador de audio TDA 2822

V_s	Supply Voltage		3	15	V	
I_d	Quiescent Drain Current	$R_L = \infty$		6	12	mA
V_{os}	Output Offset Voltage	$R_L = 8\Omega$		10	60	mV
I_b	Input Bias Current			100		nA
P_o	Output Power	$d = 10\%$ $f = 1$ kHz $V_s = 9V$ $R_L = 8\Omega$ $V_s = 6V$ $R_L = 8\Omega$ $V_s = 4.5V$ $R_L = 4\Omega$	2.7 0.9	3.2 1.35 1		W W W
d	Distortion ($f = 1$ kHz)	$R_L = 8\Omega$ $P_o = 0.5W$		0.2		%
G_v	Closed Loop Voltage Gain	$f = 1$ kHz		39		dB
R_i	Input Resistance	$f = 1$ kHz	100			KΩ
e_N	Total Input Noise	$R_s = 10k\Omega$ $B = 22$ Hz to 22 kHz Curve A		3 2.5		μV μV
SVR	Supply Voltage Rejection	$f = 100$ Hz		40		dB

Fuente: STMicroelectronics [7]

Es imposible que el sistema funcione sin que cuente con una fuente de poder, por lo que para este proyecto se diseñó una fuente AC/DC que convierte 110 VAC en salidas de 12 VDC y 5 VDC, que alimentan todos los dispositivos del artefacto. El uso de reguladores como el LM7812 y LM7805 no son la excepción en la fuente de este aparato, así como un transistor de potencia TIP 32C, un puente de diodos de 2A, un condensador de 1.000 uF y un transformador de 110 VAC en el primario y salida de 18 VAC en el secundario con 500 mA.

Resultados

Se elaboró un *identificador de billetes para personas con limitación visual*, que cuenta con las siguientes características: al presionar el pulsador de inicio de operación, el billettero se enciende y el sistema reproduce el mensaje “Bienvenido al reconocimiento electrónico de billetes, por favor, inserte un billete”; lo hace con voz de hombre o mujer, de acuerdo con la selección que haya realizado el usuario. El billettero es habilitado y, al insertar un billete, este lo traslada desde la bandeja principal del dispositivo hasta la parte posterior; si el billete no es validado, lo devuelve por la misma bandeja de entrada, pero si el billete es aceptado, termina de liberarlo por detrás y se reproduce el mensaje “Billete de (valor del billete insertado)” entre una y tres veces de acuerdo con la selección que el usuario haya elegido (a través de la posición de tres interruptores); inmediatamente, se repite el mensaje “Por favor, inserte un billete” y el *identificador de billetes para personas con limitación visual* vuelve a quedar a la espera de un nuevo billete. Si se presiona el pulsador de fin de operación, el sistema deshabilita el billettero, reproduce el mensaje “Hasta pronto, que tenga un buen día” y el billettero se apaga.

La tabla 4 presenta el resultado de una prueba con una muestra de 10 billetes auténticos de cada denominación (60 billetes en total) y el intento en el que fueron validados, para determinar la tasa de aceptación del sistema.

Tabla 4. Resultado porcentual de billetes validados y no validados. Tasa de aceptación

Denominación	Validado				No validado
	Int1*	Int2	Int3	Int4	
\$1.000	100%	0%	0%	0%	0%
\$2.000	100%	0%	0%	0%	0%
\$5.000	100%	0%	0%	0%	0%
\$10.000	90%	0%	0%	0%	10%
\$20.000	100%	0%	0%	0%	0%
\$50.000	100%	0%	0%	0%	0%
Total promedio	98,33%				1,67%

*Intento 1

Fuente: los autores

Para calcular este porcentaje se aplicó una operación OR sobre las 4 posibles formas de poner un billete en el sistema, es decir que si por lo menos en una de estas caras el billete es reconocido, se da por válido el intento (Int1, Int2, etcétera) en el que lo examinó el sistema.



(a) Manera 1. (b) Manera 2. (c) Manera 3. (d) Manera 4

Figura 10. Manera en la que pueden ingresar los billetes al sistema
Fuente: los autores

Esta muestra se puede considerar de una forma más detallada si, una vez establecidas las cuatro maneras de insertar el billete en el sistema (figura 10), se determina en qué porcentaje de aceptación para la primera, segunda, tercera y cuarta manera del total de billetes de cada denominación el sistema lo validó. Este detalle se presenta en la tabla 5.

Tabla 5. Porcentaje de billetes aceptados de acuerdo con la manera en que ingresan al sistema

Billete	Manera	Int 1*	Int 2	Int 3	Int 4	Validado
\$1.000	A	90	10	0	0	100%
	B	80	10	0	0	90%
	C	90	0	10	0	100%
	D	70	0	10	0	80%
\$2.000	A	100	0	0	0	100%
	B	80	10	10	0	100%
	C	100	0	0	0	100%
	D	70	20	10	0	100%
\$5.000	A	100	0	0	0	100%
	B	100	0	0	0	100%
	C	100	0	0	0	100%
	D	100	0	0	0	100%

(Continúa)

Billete	Manera	Int 1*	Int 2	Int 3	Int 4	Validado
\$10.000	A	90	0	0	0	90%
	B	70	10	0	0	80%
	C	70	10	10	0	90%
	D	90	0	0	0	90%
\$20.000	A	90	0	0	0	90%
	B	90	0	0	0	90%
	C	100	0	0	0	100%
	D	100	0	0	0	100%
\$50.000	A	100	0	0	0	100%
	B	70	20	0	0	90%
	C	100	0	0	0	100%
	D	90	0	0	0	90%

*Intento 1

Fuente: los autores

El tiempo que le toma al sistema validar un billete cambia de acuerdo con la denominación de este, por la cantidad de pulsos que emite el billetero para cada denominación. La tabla 6 presenta el tiempo de validación para cada denominación.

Tabla 6. Tiempo de validación para cada denominación

Denominación	Tiempo de validación
1.000 pesos	2 segundos
2.000 pesos	2,5 segundos
5.000 pesos	3 segundos
10.000 pesos	5 segundos
20.000 pesos	8 segundos
50.000 pesos	17 segundos

Fuente: los autores

La figura 11 presenta una vista frontal del sistema (donde ingresan los billetes) y la vista lateral de alimentación del dispositivo. La figura 12 muestra la parte posterior (por donde salen los billetes validados) y el costado de control del *identificador de billetes para personas con limitación visual* (pulsadores de selección voz de hombre o mujer y número de repeticiones).

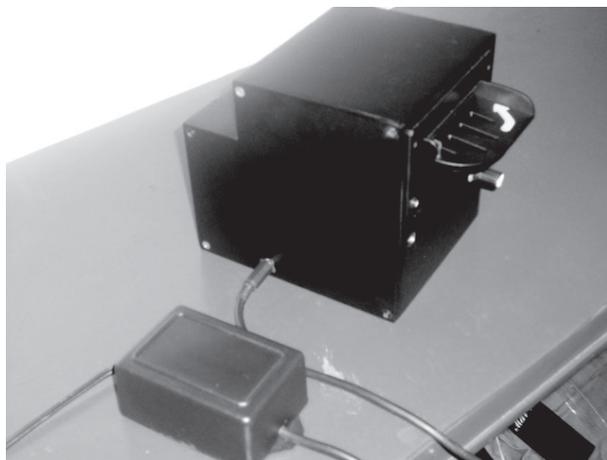


Figura 11. Vistas lateral izquierda y frontal del *identificador de billetes para personas con limitación visual*

Fuente: los autores

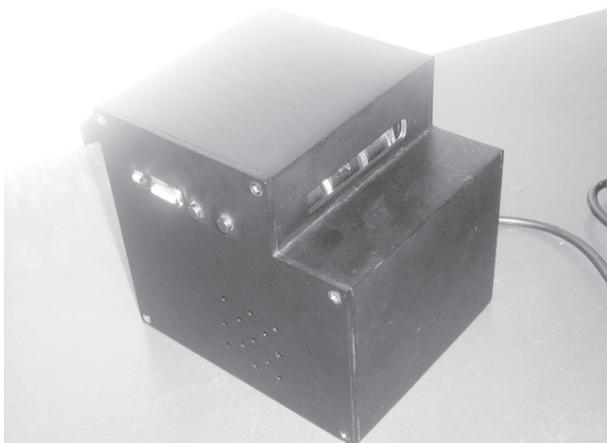


Figura 12. Vistas lateral derecha y posterior del *identificador de billetes para personas con limitación visual*

Fuente: los autores

La intensidad del audio de los mensajes del sistema se puede controlar con una perilla que ajusta el volumen tanto para la salida de audífonos como para el parlante.

Conclusiones

- La efectividad del sistema determinada por la tasa de aceptación de billetes es de 98,33%.
- El tiempo de validación se puede reducir disminuyendo los 150 ms de periodo que tienen los pulsos provenientes del billeteo y que son capturados por el microcontrolador.

- La manera 1 y 3, como se le llamó en este documento a la forma en que los billetes son ingresados al dispositivo, presenta los porcentajes más altos de aceptación para el primer intento en el que el identificador los examina.
- Fue posible diseñar e implementar un dispositivo que puede ser empleado por personas con limitación visual, para tener acceso a la información de un billete.
- La grabación de los mensajes de voz en la memoria ISD4003 exige un excelente filtrado de la fuente del circuito con el que se realiza esta operación, para evitar la presencia de ruido en el registro de la voz.
- Los ponentes de este proyecto se sienten complacidos por trabajar en el desarrollo de tecnología para personas con limitación visual que les facilite el acceso a la información de la que muchas veces se ven privados, no sólo por su condición, sino por las tendencias de una gran parte de la sociedad y la industria, que ignora el potencial y valor que tienen estas personas.
- El billeteo F30, por la tasa de aceptación obtenida, presenta una excelente relación costo-beneficio si se compara con otros billeteos en el mercado.

Referencias

- [1] “Constitución Política de Colombia”. Political Database of the Americas. Consultado el 10 de abril del 2012. Disponible en: <http://pdba.georgetown.edu/Constitutions/Colombia/colombia91.pdf>
- [2] Manual F30N. Validadores de Billetes Línea F30. EDUE Creativita & Tecnología, 2009.
- [3] F. E. Valdés Pérez y R. Pallás Areny. *Microcontroladores: fundamentos y aplicaciones con PIC*. Primera edición. Colonia del Valle, México: Marcombo, 2007, p. 14.
- [4] Microchip Technology Inc. Consultado 13 de abril del 2012. Disponible en: <http://ww1.microchip.com/downloads/en/devicedoc/39582b.pdf>
- [5] J. Catsoulis. *Designing Embedded Hardware*. Segunda edición. Gravenstein Highway North, Sebastopol: O’Reilly, 2005, pp. 161-162.
- [6] “Serial Peripheral Interface” (2012, 26 de marzo). *Wikipedia, la enciclopedia libre*. Consultado el 7 de noviembre del 2012. Disponible en: http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Serial_Peripheral_Interface&oldid=60852501.
- [7] STMicroelectronics. Consultado el 28 de marzo del 2012. Disponible en: http://www.st.com/internet/com/TECHNICAL_RESOURCES/TECHNICAL_LITERATURE/DATASHEET/CD00000132.pdf