

# DEPURADOR DE PROGRAMAS Y KIT DE DESARROLLO PARA EL MICROCONTROLADOR DS5000T

GONZALEZ, FABIO ING.  
MORENO, CESAR ING.  
MONTALVO, LUIS ING.  
ESCUELA POLITECNICA NACIONAL

## RESUMEN:

Se presenta la realización de un depurador de programas y un kit de desarrollo para el microcontrolador DS5000T. El conjunto de estas herramientas es capaz de simular, ejecutar en forma controlada y cargar serialmente un programa para dicho microcontrolador mediante la utilización de un computador personal IBM o compatible. El depurador fue desarrollado en forma modular utilizando el lenguaje Assembly del microprocesador i8086.

## ABSTRACT:

The implementation of a software debugger and development kit for the DS5000T microcontroller is presented. The ensemble of these tools is capable of simulating, executing in a controlled way and serially loading a program for such a microcontroller by using an IBM or compatible personal computer. The debugger was developed in a modular way using the i8086 Assembly Language.

## 1. INTRODUCCION:

El DS5000T es un microcontrolador compatible con el estándar industrial i51 tanto en su set de instrucciones como en su configuración de pines; tiene todas las características del i8051 y adicionalmente el siguiente conjunto de prestaciones propias que lo hacen adecuado para constituirse en una herramienta didáctica y profesional poderosa:

- Batería de litio interna que preserva la memoria y las funciones de reloj en ausencia de energía.
- 32 Kbytes de memoria incluidos en el chip que pueden ser utilizados como ROM y/o RAM.
- Partición interna de memoria de programa y/o datos dinámica, realizable por el usuario.
- Reloj/calendario en tiempo real incluido en el chip, lo cual permite el registro de eventos relacionados con fecha y hora.
- Descarga del programa del usuario por medio de un puerto serial full-dúplex del propio chip.
- Encriptador residente que protege el programa de un acceso no autorizado.

Estas características del microcontrolador permiten que se pueda realizar sistemas con poca circuitería adicional, lo que redundo en una simplicidad del hardware requerido para una aplicación determinada.

Sin embargo, en la Facultad de Ingeniería Eléctrica de la Escuela Politécnica Nacional no se contaba con las herramientas que permitan desarrollar programas en los cuales se aprovechen todas las características del microcontrolador DS5000T, lo cual hizo que se piense hacer un Depurador de Programas y un Kit de Desarrollo, los cuales le faciliten al programador la creación de

sistemas basados en el microcontrolador DS5000T.

Tomando en cuenta la existencia de depuradores de programas para microcontroladores y microprocesadores, bastante conocidos y utilizados tales como AVSIM51, AVSIMZ80, AVSIM48 y PRD, el Depurador de Programas para el DS5000T debía ser similar a estos. Las características principales que tienen son:

- Ejecutables en computadores personales.
- Utilización intensiva de la pantalla del computador para visualizar los elementos más importantes para el programador.
- Manejo de opciones en base a menús.

Por tanto, se decidió realizar un paquete de software que tenga estas características y un kit de desarrollo, en el cual se pueda probar la ejecución del programa del usuario en el propio microcontrolador aprovechando la capacidad que tiene el DS5000T de recibir un programa mediante su puerto serial para realizar la descarga de programas desde el computador personal en forma serial hacia el microcontrolador utilizando el protocolo EIA RS-232C.

## 2. DESCRIPCION GENERAL DEL PROGRAMA:

El depurador de programas para el DS5000T está concebido para tener las siguientes características:

- uso fácil
- familiarización rápida
- despliegue en pantalla de los elementos del microcontrolador que interesen al programador:
  - código desensamblado
  - registros
  - banderas
  - áreas de memoria
  - puertos
- ensamblado de instrucciones
- ejecución del programa en varias modalidades (paso, corre, reversa)
- inserción de puntos de ruptura
- modificación de recursos del microcontrolador
- conteo de ciclos.

Estas características del programa, hacen que se requieran procedimientos rápidos por lo cual se optó por que el lenguaje de programación sea un lenguaje assembly. Siendo los computadores personales IBM y compatibles los más conocidos y difundidos, los cuales están basados en el microprocesador i8086, el programa está desarrollado en forma modular utilizando el lenguaje assembly de este microprocesador. Las tareas que deben ser realizadas por el programa general se distribuyeron en los siguientes módulos:

INTHMAQ.ASM Interfaz hombre máquina  
 DEP.ASM Depurador de programas  
 ENS.ASM Ensamblador de un mnemónico  
 DESENS.ASM Desensamblador de un código de máquina  
 SIMULAR.ASM Simulador de instrucciones del DS5000T en el computador personal.  
 COMSER.ASM Administrador de comunicación serial

convertir el código de máquina de cualquier instrucción válida para el DS5000T en una cadena alfanumérica que contenga el mnemónico de la instrucción correspondiente antes de mostrarlo en pantalla.

Dentro del depurador existe la posibilidad de reemplazar y ejecutar instrucciones ingresadas por el usuario, estas instrucciones son ingresadas con sus mnemónicos los mismos que necesitan ser ensamblados a su correspondiente código de máquina, tarea que es realizada por el módulo ENS.ASM. El ensamblado de una

En la figura 1 se muestra con un diagrama de bloques la forma en que se encadenan estos módulos.

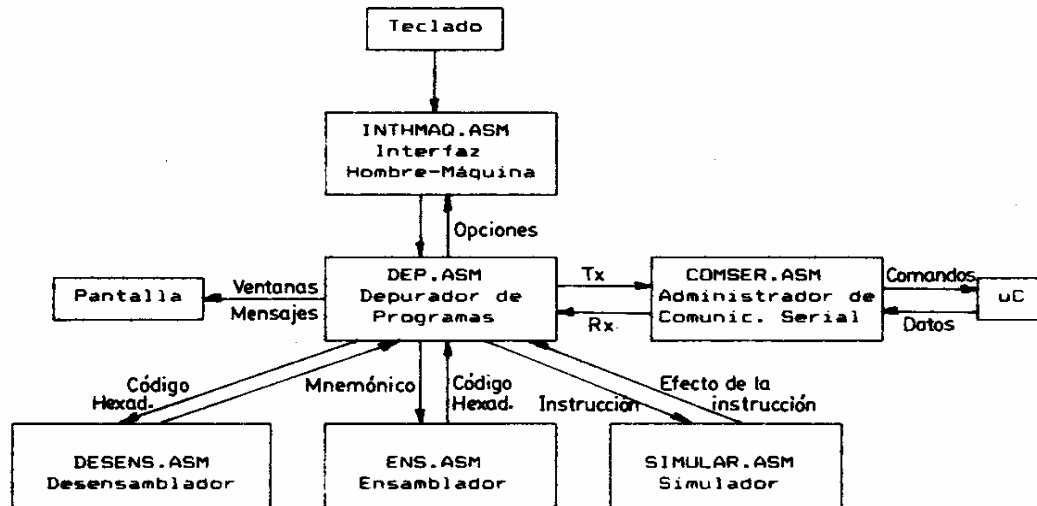


Figura 1.- Diagrama de bloques del depurador del DS5000T.

El módulo INTHMAQ.ASM es el encargado de mantener informado al usuario sobre todas las opciones del programa permitiéndole elegir, mediante menús, aquella que le permita realizar la tarea por él deseada. Una vez cumplida la tarea seleccionada, este módulo recobra el control sobre las opciones del depurador.

El módulo DEP.ASM es el que realmente controla las tareas de depuración, en él se cumplen las rutinas mandadas a ejecutar desde el interfaz hombre máquina. En este módulo es donde se preparan y muestran ventanas y mensajes de información al usuario sobre los cambios que produce la acción por él seleccionada.

Una vez que el módulo DEP.ASM toma el control, en adelante es él que decide que tareas se deben cumplir y dependiendo de ellas transfiere control a los otros módulos.

La pantalla del depurador está compuesta por ventanas, las cuales presentan el estatus del microcontrolador. Una de estas ventanas es la ventana de código, la misma que presenta el código desensamblado de las instrucciones advacentes a la instrucción apuntada por el PC del usuario. Las rutinas del módulo DESENS.ASM se encargan de

instrucción se lo realiza en dos pasos, lo cual facilita el análisis de la cadena de caracteres a ensamblar ya que una vez que se ha realizado el primer paso de ensamblado, se dispone de una serie de códigos numéricos en donde es más fácil analizar la estructura y la sintaxis de la instrucción que se desea ensamblar.

La simulación de instrucciones del DS5000T, es procesada y llevada a cabo por el módulo SIMULAR.ASM. Se puede simular la ejecución de cualquier instrucción válida para el DS5000T; incluida la simulación de TIMERS/COUNTERS, interrupciones, puerto serial y reloj en tiempo real interno del DS5000T. La simulación de una instrucción se la realiza en base a la información proporcionada por el fabricante sobre el efecto que tiene una determinada instrucción en el estatus del microcontrolador. Se incluye también la posibilidad de simular ejecución reversa de las instrucciones.

Para poder llevar a cabo la ejecución controlada se hace necesaria la existencia de un interfaz que sea el encargado de controlar este modo de operación del depurador. El interfaz utilizado es el EIA RS-232C por las siguientes razones: necesidad de comunicación de datos en los dos sentidos entre el computador personal y

el microcontrolador, por la disponibilidad de puertos para comunicación serial tanto en el computador personal como en el microcontrolador y sobre todo por la característica interna del microcontrolador que es poseer un programa monitor para carga de programas a través del puerto serial.

En el módulo COMSER.ASM están incluidas las rutinas que administran la comunicación serial entre el computador personal y el microcontrolador. Estas rutinas son invocadas cuando el depurador opera en modo de carga o ejecución controlada.

Además de estos módulos, cuando se trabaja en modo de ejecución controlada se requiere un programa monitor, escrito en lenguaje de máquina del DS5000T, el cual debe ser cargado en el microcontrolador para permitir su control, este módulo se denomina DALLAS.ASM. Este programa monitor es el encargado de mantener en comunicación al uC con el computador personal. La comunicación es full-dúplex y está formulado para que el microcontrolador cumpla con alguna tarea específica, lo que se logra a través de comandos los cuales deben ser procesados en este programa monitor, estos comandos son enviados por el puerto serial del computador personal, al pin de recepción serial del microcontrolador. El programa monitor del microcontrolador está subordinado al programa depurador del computador personal, esto es necesario para que el programa depurador nunca pierda el control sobre el microcontrolador.

En la figura 2 se presenta la disposición de la pantalla del depurador de programas para el DS5000T.

### 3. DESCRIPCION GENERAL DEL KIT DE DESARROLLO:

El kit de desarrollo le va a permitir al programador de sistemas basados en el microcontrolador DS5000T, probar sus programas, además de depurarlos en hardware, eligiendo el modo de ejecución controlada.

El kit está constituido por un módulo central que contiene el microcontrolador DS5000T con los dispositivos necesarios para comunicación serial con un computador personal y para el control respectivo de carga y ejecución de programas.

Complementariamente a éste se han diseñado otros módulos, los cuales están concebidos básicamente para ser usados como entrada o salida de datos a través de los puertos del microcontrolador.

#### 3.1 Módulo Central:

Satisface los siguientes requerimientos:

- a) Descarga serial del programa del usuario desde el computador personal al microcontrolador.
- b) Modo de ejecución controlada.
- c) Operación autónoma una vez cargado el programa del usuario en el microcontrolador.

La configuración que responde a todos estos planteamientos es la que se muestra en la figura 3.

```

DEPURADOR DE PROGRAMAS PARA EL uc DS5000T FABIO GONZALEZ - CESAR MORENO 1991

      C O D I G O
ADDR MNEMO  PARAMTERS
0030H LDR   TA,#AAH
0033H LDR   TA,#55H
0036H LDR   PCON,#00H
0039H LDR   IE,#00H
003CH LDR   TMOD,#21H
003FH LDR   TWI,#FEH
0042H LDR   TLI,#FEH
0045H OR   PCON,#80H
0048H LDR   SCON,#52H
004BH LDR   TCON,#40H
004EH LDR   6BH,#10H
0051H LDR   69H,#00H
0054H BNB  RI,0054H
0057H BCLR RI
0059H LDR   6AH,A
005BH LDR   6CH,B
005EH LDR   72H,PSW
0061H LDR   6DH,R0
0063H LDR   6EH,R1
Paso Corra reverse Editor Memoria Ruptura Inserta eNsambla cCiclos Display
Ya ejecutando secuencialmente el programa

REGISTROS CPU
ACC:00 00000000
PC :0033 DP :0000
SP :00  B :00
RO :00  R1 :00
R2 :00  R3 :00
R4 :00  R5 :00
R6 :00  R7 :00
PCON:00000000

BANDERAS
C AC FO DV P
0 0 0 0 0

REGISTROS ESPECIALES
MCDN:11111000  TMOD:00000000
IE :0 00000  TCON:00000000
IP :x 00000  SCON:00000000
TIMERS
TH0: 00  TLO: 00  IN : 00
TH1: 00  TL1: 00  OUT: 00

Area 1 :Interna
0000:00 00 00 00 00 00 00 00
0008:00 00 00 00 00 00 00 00
0010:00 00 00 00 00 00 00 00
0018:00 00 00 00 00 00 00 00

Area 2 :Interna
0020:00 00 00 00 00 00 00 00
0028:00 00 00 00 00 00 00 00
0030:00 00 00 00 00 00 00 00
0038:00 00 00 00 00 00 00 00

Ciclos: 0
Display: ON

Puentes
P0 : 11111111
      11111111
P1 : 11111111
      11111111
P2 : 11111111
      11111111
P3 : 11111111
      11111111
  
```

Figura 2.- Pantalla del Depurador para el DS5000T.

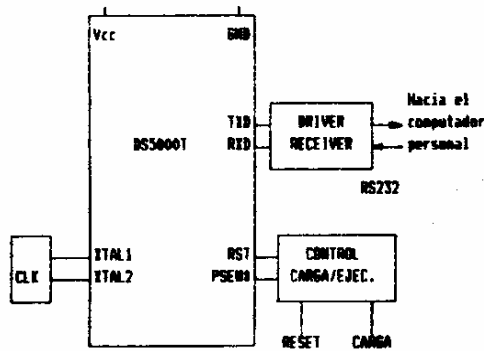


Figura 3.- Estructura del módulo central

Donde:

a) CLK:

Circuito de reloj, el cual determina la frecuencia de ejecución de los ciclos de máquina. Este circuito está constituido por un cristal de 3.58 MHz y dos capacitores de 27 nF.

b) CONTROL CARGA/EJEC.:

Este control es utilizado para determinar el tipo de trabajo que va a ejecutar el módulo central y permitir al usuario el uso de reset.

c) DRIVER Y RECEIVER:

Es el circuito que nos permite cambiar de niveles TTL a niveles EIA RS-232C y viceversa, esto es necesario para poder manejar la comunicación serial con el computador personal. Se utiliza un MAXIM 232 para tal efecto, este circuito tiene la ventaja de poder utilizar una sola fuente de 5 voltios para polarización.

La figura 4 muestra en detalle la estructura del módulo central.

### 3.2 Dispositivos de Entrada/Salida:

Además del módulo central o kit de desarrollo, se dispone de los siguientes módulos de hardware:

a) Dip-switches: Este módulo consta de 8 dip-switches para poder ingresar datos a través de los puertos mediante una conexión con optoacopladores.

b) Teclado: Está constituido por una matriz de teclado de 19 teclas que dispone de un codificador de teclado que entrega cinco salidas que corresponden al valor de la tecla presionada codificada en binario. Adicionalmente se dispone de la señal DATA AVAILABLE que se pone en alto cuando se ha presionado una tecla.

c) Leds: El arreglo está conformado por un conjunto de 8 leds que pueden ser conectados a cualquier puerto del microcontrolador para verificar el estado lógico de cada pin del puerto.

d) Displays: El conjunto de 6 displays está configurado de modo que se pueda activar un display a la vez. Este arreglo está orientado a ser usado como salida BCD de cualquiera de los puertos y el

usuario no puede manejar directamente los segmentos de los displays.

## 4. RESULTADOS:

Considerando que el paquete de depuración de programas para el microcontrolador DS5000T debe cumplir índices altos de confiabilidad, fue puesto a prueba por estudiantes de los últimos semestres de la Facultad de Ingeniería Eléctrica de la Escuela Politécnica Nacional.

A tal efecto se plantearon dos proyectos en los cuales se utilizó el microcontrolador DS5000T y que fueron planificados de manera que se usen todas las herramientas del depurador.

El desarrollo de estos proyectos involucró la simulación de los programas, la ejecución controlada en el propio microcontrolador, de aquellas rutinas donde era posible este tipo de depuración, y finalmente la carga serial del programa del usuario en el microcontrolador y su ejecución autónoma, haciendo uso de los módulos de hardware necesarios.

En los proyectos planteados se consideró el uso de la mayoría de los recursos del microcontrolador, para que se pudiese trabajar con todos ellos en la detección de posibles errores para su posterior corrección. Estos proyectos fueron:

### PROYECTO # 1:

#### Reloj - calendario:

Diseño y realización de un reloj-calendario dotado de:

a) Teclado para entrada de datos y arreglo de 6 displays para despliegue de su hora y fecha.

b) El reloj/calendario debía operar de acuerdo al siguiente esquema:

- i) Despliegue normal de la hora en el formato: HH.MM.SS
- ii) Despliegue de la fecha en el formato: AA.MM.DD, durante 5 segundos. (En respuesta a la presión de la tecla (A))
- iii) Ingreso a proceso de igualación de la hora. (En respuesta a la presión de la tecla (B))
- iv) Ingreso a proceso de igualación de la fecha. (En respuesta a la presión de la tecla (C))

Se sugirió utilizar el reloj-calendario en tiempo real que trae el DS5000T internamente.

### PROYECTO # 2:

Desarrollo de software (tanto para el DS5000T como para un computador personal) para carga del código de un programa para el DS5000T, mediante comunicación serial desde un computador personal. Este código debía ser almacenado en la memoria definida como RAM del microcontrolador. La parte de la memoria ocupada por el código transmitido debía posteriormente ser modificada a ROM para que dicho código pudiese ser ejecutado.



características. En el programa monitor del DS5000T existen muchas rutinas que bien pueden ser utilizadas para desarrollo de otros proyectos, entre las cuales están las rutinas sobre comunicación serial, particionamiento dinámico de memoria, interrupciones, etc.

5.5 Considerando las características que debe tener un depurador de programas, esto es permitir visualizar rápidamente los cambios producidos en el estatus del microcontrolador, el lenguaje assembly resultó el más adecuado ya que se tiene un acceso directo a todos los recursos del computador personal, principalmente teclado, pantalla y puerto de comunicación serial.

La programación modular, factible en el lenguaje assembly, resultó un modelo de trabajo muy adecuado para desarrollar esta Tesis de Grado entre dos personas ya que permitió la realización de tareas separadas que posteriormente fueron integradas para conformar este depurador.

5.6 La forma en que se realiza la ejecución controlada, no es la única y posiblemente tampoco la mejor por lo que cabría la posibilidad de modificarla o reemplazarla, con el objeto de hacer más práctica esta forma de ejecución y así el depurador brinde una mejor ayuda al diseñador de programas basados en el microcontrolador DS5000T.

5.7 Respecto a los módulos de hardware conviene manifestar que han sido diseñados de manera simple y orientados a que puedan ser acoplados a los puertos del microcontrolador de la mejor manera posible.

5.8 Finalmente, se espera que las ideas planteadas en este artículo sirvan para lograr el mayor provecho de estas herramientas que se han desarrollado.

## 6. REFERENCIAS:

1. DALLAS SEMICONDUCTOR, DS5000 Soft Microcontroller User's Guide, Dallas Semiconductor Corporation, Dallas, 1989.
2. DALLAS SEMICONDUCTOR, Product Data Book, Dallas Semiconductor Corporation, Dallas, 1989.
3. ORDOÑEZ, I., ORTEGA, F., Depurador de Programas para el Microprocesador i8086, Quito, 1989.
4. LEIBSON, Steve, The Handbook of Microcomputer Interfacing, Tab Books, Inc., California, 1985.
5. RODRIGUEZ-ROSELLO, Miguel, 8088 - 8086/8087 Programación Ensamblador en entorno MSDOS, Ediciones Anaya Multimedia, Madrid, 1987.
6. NORTON, Peter, Guía del Programador para el IBM PC, Ediciones Anaya Multimedia, Madrid, 1987.
7. GONZALEZ, F., MORENO, C., Depurador y Kit de Desarrollo para el Microcontrolador DS5000T, Quito, 1991.

## 7. BIOGRAFÍAS:



GONZALEZ, FABIO. Nació en Guaranda, Provincia de Bolívar, el 8 de abril de 1966. Obtuvo el título de Bachiller en Humanidades Modernas en el Colegio Municipal Sebastián de Benalcázar en 1984. Sus estudios superiores los realizó en la Escuela Politécnica Nacional donde alcanzó el título de Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones en Diciembre de 1991. En la actualidad trabaja como Profesor Asistente de la Escuela Politécnica Nacional.



MORENO, CESAR. Nació en Anquamarca, Provincia de Cotacachi, el 21 de marzo de 1967. Obtuvo el título de Bachiller en Humanidades Modernas en el Colegio Nacional Mejía en 1984. Sus estudios superiores los realizó en la Escuela Politécnica Nacional donde alcanzó el título de Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones en diciembre de 1991. Actualmente trabaja en el Departamento de Servicio y Soporte Técnico de Apple Ecuador (InteleQ).



MONTALVO, LUIS. Nació en Quito el 3 de Agosto de 1955. Obtuvo el título de Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones en la Escuela Politécnica Nacional (1982). Becado por la Comisión Fulbright y auspiciado por la Escuela Politécnica Nacional obtuvo el título de MSc. en Computer Engineering en Ohio University, Athens, Ohio (1986). Fue asistente de cátedra en el Laboratorio de Robótica en el departamento de Ingeniería Eléctrica y Computación en Ohio University (1984 - 1986). Desde 1981 hasta la fecha trabaja en el Departamento de Electrónica y Telecomunicaciones de la EPN. Actualmente es Coordinador del Grupo de Microelectrónica de la EPN. Sus principales áreas de interés son: Microprocesadores, Diseño VLSI y Procesamiento de Imágenes.