

Boletín 4: Ejemplo de un computador real

Última modificación: 05/07/16

Problema 1

Considere la siguiente situación inicial, donde se indica en hexadecimal el contenido de ciertos registros y direcciones de memoria

<i>Dirección</i>	<i>Contenido</i>	<i>Registro</i>	<i>Contenido</i>
\$200	\$08	R0	\$00
\$201	\$03	R1	\$FF
\$202	\$01	YH	\$02
\$203	\$00	YL	\$01

Indique el valor que tendrá el registro R0 después de ejecutar la instrucción indicada en cada uno de estos casos:

- a) MOV R0,R1
- b) MOVW R1:R0,Y
- c) LD R0,Y+
- d) LD R0,-Y
- e) LDD R0,Y+3

Problema 2

Para cada una de las siguientes instrucciones describa la operación que realiza e indique los registros internos y palabras de memoria que intervienen. Proponga para ellos unos valores iniciales concretos y determine qué valores alcanzarán finalmente.

- a) STS \$100,R16
- b) ST -X,R2
- c) STD Z+10,R16
- d) LPM R19,Z+
- e) IN R4,PINB
- f) OUT PORTB,R0

Problema 3

Para cada una de las siguientes instrucciones describa la operación que realiza e indique los registros internos y palabras de memoria que intervienen. Proponga para ellos unos valores iniciales concretos y determine qué valores alcanzarán finalmente.

- a) PUSH R4
- b) STS \$100,R0
- c) POP R3
- d) LDS R19,\$202
- e) LPM
- f) MOVW X,Y

Boletín 4: Ejemplo de un computador real: El Atmegax8pa

Problema 4

Describe las siguientes instrucciones del ATMEGA48P

- | | |
|-------------------|---------------|
| a) SBCI Rd,K | f) ROL Rd |
| b) INC Rd | g) NOP |
| c) CP Rd,Rr | h) SLEEP |
| d) RCALL etiqueta | i) WDR |
| e) BREQ etiqueta | j) CPSE Rd,Rr |

Problema 5

Se desea mover una palabra de 32bits desde la dirección \$100 de la memoria SRAM a la dirección \$200 de la memoria SRAM. Indique las distintas formas de hacerlo especificando las instrucciones necesarias.

Problema 6

Con las instrucciones del microcontrolador ATmega168 escriba el programa que implemente la instrucción de alto nivel:

```
FOR i=<valor_inicial> TO <valor_final> DO
    cálculo1
siguiente_instrucción_tras_el_bucle
```

Donde *cálculo1* es una secuencia de operaciones que no es necesario programar y *valor_inicial* y *valor_final* son dos variables con los límites del bucle FOR

Problema 7

El procesador Atmega168 tiene el reloj funcionando a una frecuencia de 1Mhz. Se dispone de un dispositivo que envía 1000 valores de tamaño byte a cierta frecuencia. El procesador atiende los datos mediante interrupciones, siendo la rutina de interrupción la siguiente:

```
RECIBE_BYTE:  PUSH R0
              LDS  R0,UDR0
              ST   Y+,R0
              POP  R0
              RETI
```

Indique cada cuantos microsegundos puede enviar el dispositivo un byte sin que se pierda ninguno.

Problema 8

En una posición de memoria DATO existe un número binario entero positivo N. Se pretende obtener el valor $SUMA=N+(N-1)+(N-2)+ \dots +2+1$ que se guarda en una dirección de la SRAM.

- Obtenga una subrutina en ensamblador que calcule SUMA siendo tanto los datos como el resultado de tamaño byte. Suponga que no existe desbordamiento.
- Repita el apartado anterior si los datos son de tamaño Word

Boletín 4: Ejemplo de un computador real: El Atmegax8pa

- c) Indique las modificaciones a realizar en los apartados anteriores si se quiere contemplar el desbordamiento.

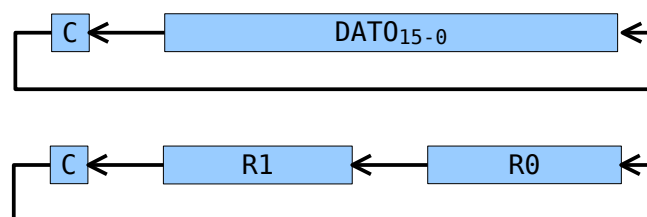
Problema 9

Realice una subrutina para sumar dos vectores de 10 números enteros de 8 bits que se almacenan en posiciones consecutivas de memoria. La dirección de memoria en que se encuentra el primero de ellos es el contenido del registro de direcciones X y la del segundo está en Y. Almacene el resultado a partir de Z suponiendo que no existen problemas de desbordamiento.

¿Qué modificaciones habría que llevar a cabo si los números son de 32 bits?

Problema 10 (junio-2015)

1. Explique en qué consiste la tabla de vectores de interrupción del AVR.
2. Explique la diferencia entre las instrucciones RET y RETI del AVR.
3. Si el registro R1 contiene 0xC9, explique cual será su contenido tras ejecutar la instrucción ASR R1.
4. Si el registro R1 contiene 0xC9, explique cual será su contenido tras ejecutar las instrucciones CLC y ROL R1 una a continuación de la otra.
5. Indique qué bits del registro de estado se modifican y qué nuevo valor tomarán dichos bits tras ejecutarse cada una de las siguientes instrucciones:
LDI R21,0xC9
LDI R22,0x92
ADD R21,R22
6. Explique qué registros de entrada/salida del AVR intervienen y de que forma cuando se realizan operaciones de entrada y salida en los pines PB7-0.
7. Se quiere realizar la operación que realiza la instrucción ROL pero sobre datos de 16 bits. Suponga que el dato se encuentra almacenado en los registros R1 y R0, siendo R1 el registro que contiene la parte más significativa, tal y como se muestra en la figura inferior. Diseñe una subrutina que lo permita:



Problema 11

A partir de la dirección de memoria DIR de un sistema basado en un microcontrolador Atmega168 se dispone de una tabla de 20 elementos con signo de tamaño byte. Se desea diseñar una subrutina que permita calcular el valor medio del absoluto de los elementos, es decir: No tenga en cuenta posibles desbordamientos.

$$res = \frac{|tabla[0]| + |tabla[1]| + \dots + |tabla[19]|}{20}$$

Boletín 4: Ejemplo de un computador real: El Atmegax8pa

donde $|x| = x$ si $x \geq 0$ o $-x$ si $x < 0$.

¿Qué modificaciones habría que hacer para datos de tamaño palabra?

Problema 12 (dic-15)

Observe el siguiente programa del ATmega328p

```
.cseg
.org 0
call InicializarAyB
call ProcesarAyB
call ProcesarC
fin: rjmp fin

.dseg
.org 500
TablaA: .byte 100
TablaB: .byte 100
TablaC: .byte 200
```

Complételo escribiendo la subrutina `ProcesarAyB`, que cuando sea llamada debe procesar las tablas `TablaA` y `TablaB`, que contienen números de 8 bits con signo, para obtener la tabla `TablaC`, de la siguiente forma: El elemento i -ésimo de `TablaC` se obtiene como el opuesto del valor absoluto del producto del elemento i -ésimo de la `TablaA` por el i -ésimo de la `TablaB`. Dicho de otro modo, tenemos que:

$$TablaC[i] \leftarrow -|TablaA[i] \times TablaB[i]|$$

Con respecto a si la subrutina `ProcesarAyB` debe preservar los valores de los registros que usa, debe explicar si es necesario hacerlo o no y actuar en consecuencia.

Problema 13 (dic-14)

En la posición \$10 0 de la memoria de datos del un microcontrolador Atmega328P existe un dato de tamaño byte. Se desea obtener el resultado de aplicar la siguiente expresión.

$$R = \sum_{i=0}^7 2^i X = X + 2X + 4X + \dots + 128X$$

R es una variable de 16 bits que se guarda a partir de la dirección \$200. Realice un programa que permita implementar el cálculo de R siguiendo un proceso iterativo en el que para cada iteración se calcule $2^i X$ y se sume a una variable acumulador, también de 16 bits.

Problema 14 (dic-13)

Realice un programa para el AVR que, a partir de una tabla de 10 datos tamaño byte situada en la posición 0x100 de la memoria de datos sea capaz de generar otra tabla similar a partir de la posición 0x200 en la que los elementos aparezcan en orden inverso. La inicialización de la tabla original de 10 elementos debe hacerse también desde el

Boletín 4: Ejemplo de un computador real: El Atmegax8pa

propio programa. Modifique su programa para que opere con datos de 16 bits. Tenga en cuenta que se utilizará el criterio de escritura little endian para cada uno de los datos.

Problema 15

A partir de la dirección \$100 se han almacenado, consecutivamente, 16 bytes de datos. Se pide la realización de un programa que obtenga el número de bits a 1 lógico que se encuentran en dichos 16 bytes, y lo almacene en el registro R16. Como paso previo a la realización del programa, se debe realizar una subrutina que permita obtener el número de bits a 1 existentes en el registro R1, y almacenar el resultado en el registro R2. El programa principal debe usar, obligatoriamente, dicha subrutina.

Problema 16 (sep-14)

a) Realice una subrutina para el ATmega328P llamada PRODUCTO, que tome como entrada un número positivo de 8 bits en R0 y otro número positivo de 32 bits en R19:R18:R17:R16 y realice el producto de ambos números devolviéndolo en los registros R19:R18:R17:R16. Al terminar, la subrutina no debe alterar el valor de R0 ni tampoco el valor de cualquier otro registro de propósito general que haya necesitado usar. Se recomienda que emplee el algoritmo de sumas sucesivas para hacer la multiplicación y que no tenga en cuenta problemas de desbordamiento.

b) Realice una subrutina para el Atmega328P llamada FACTORIAL que tomando como entrada un número en R0, positivo, menor que 13, calcule su factorial y lo devuelva en los registros R19:R18:R17:R16. Tenga en cuenta que $12!$ es $12 \cdot 11 \cdot \dots \cdot 2 \cdot 1 = 479001600$, que es un número que necesita 4 bytes para ser almacenado. Al terminar, la subrutina no debe alterar el valor de R0 ni tampoco el valor de cualquier otro registro de propósito general que haya necesitado usar. Se recomienda que la subrutina FACTORIAL haga uso de la subrutina PRODUCTO para realizar las multiplicaciones que necesita hacer para hallar el factorial de R0.

Problema 17

Indique los valores que tomarían los pines del microcontrolador Atmega168 tras la ejecución de cada una de las siguientes instrucciones. El contenido de la posición de memoria SRAM \$150 es \$0A

```
.DEF TMP=R16
LDI  TMP,$FF
OUT  DDRB,TMP
EOR  TMP,TMP
OUT  DDRC,TMP
LDS  TMP,$202
OUT  PINB,R1
SBI  PINB,6
CBI  PINB,2
IN   R0,PINC
```

Problema 18

En los pines PB7-0 de un microcontrolador AT9mega328p se han conectado diodos luminosos cuyos cátodos están a tierra y en el pin PD4 se ha conectado el extremo de un

Boletín 4: Ejemplo de un computador real: El Atmegax8pa

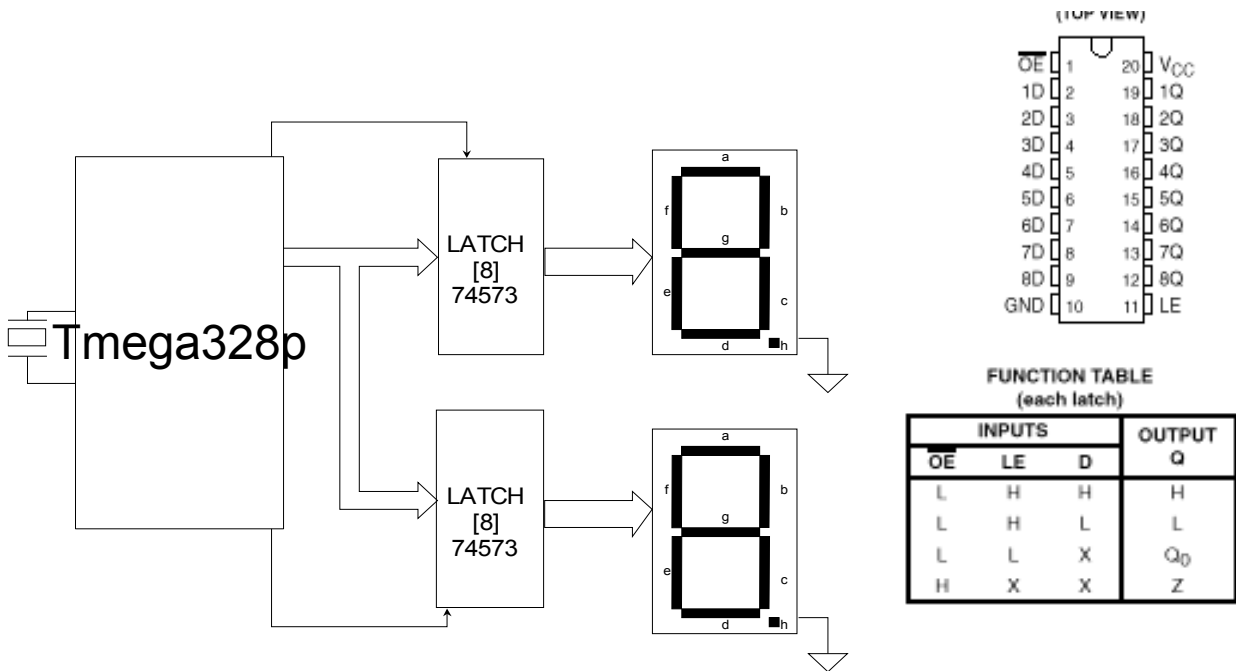
pulsador mecánico (cuyo otro extremo se encuentra tirado a tierra) junto con una resistencia de pull-up. Se desea realizar un programa que permita mostrar a través de los diodos el número de pulsaciones que se generan en el pulsador. ¿Qué modificaciones habría que llevar a cabo si no existiese resistencia de pull-up externa?.

Problema 19

Configure el ATmega328pa para que genere interrupciones cada 5ms aproximadamente, sabiendo que este microcontrolador dispone de un oscilador de cuarzo de 1Mhz. ¿Qué modificaciones deberíamos realizar para el Atmega48pa?.

Problema 20

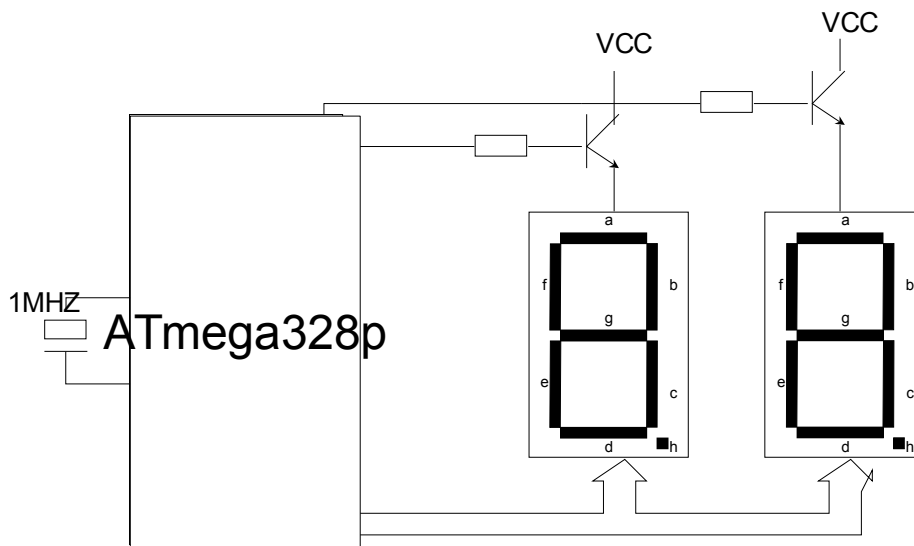
El sistema digital de la figura está construido con un microcontrolador ATmega648p, dos registros de 8 bits (74573) y 2 visualizadores de siete segmentos. Se desea obtener un conjunto de subrutinas que permitan la representación de cualquier número entre 0 y 99 en los displays de 7 segmentos. Además se pide definir las interconexiones entre el microcontrolador y los latches y entre estos últimos y los displays de siete segmentos.



Problema 21

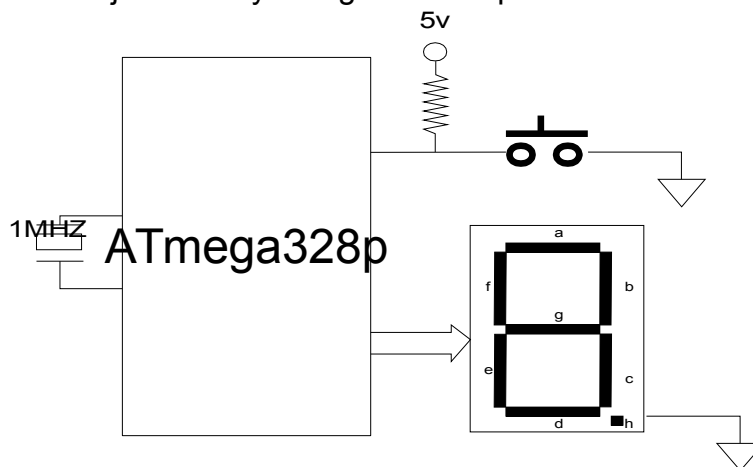
Repita el ejercicio anterior para la siguiente estructura en la que se ha eliminado los latches. Además la alimentación de los displays dispone de unos transistores conectados, a través de resistencias, con salidas del microcontrolador. Esto implica que cuando la salida del microcontrolador está a 1, el transistor se activa permitiendo el flujo de corriente hacia el display correspondiente, mientras que si la salida está a 0 el transistor se desactiva provocando el corte de suministro al display, por lo que sus diodos se apagan.

Boletín 4: Ejemplo de un computador real: El Atmega8pa



Problema 22

Se desea diseñar un programa para el microcontrolador ATmega328p que permita el conteo del número de veces que se pulsa una tecla conectada al puerto (tecla pulsada = 0, tecla sin pulsar = 1), y muestre el valor de cuenta en un display de siete segmentos, tal como muestra la siguiente figura. (Se entiende que sólo es posible mostrar del 0 al 9 y por tanto cuando el conteo sea mayor o igual a 10 aparecerá la letra U).



Problema 23

Se desea controlar un proceso industrial formado por una línea de producción que contiene una serie de máquinas y sensores. En concreto, existen 5 máquinas: M0...M4 cada una de ellas con una entrada digital que, si vale 1, activa la máquina y ,si vale 0, la desactiva. Además se han distribuido un total de cuatro sensores digitales: S0..S3 que informan si la máquina M0...M3 ha terminado su producto (valor 1) o no (valor 0). En cambio, para saber si la máquina M4 ha finalizado su producto se utilizará el temporizador del microcontrolador. Éste se activará cuando la máquina M4 empiece su producción. Transcurridos 5 segundos , la máquina M4 finaliza su labor. El producto de la máquina M0 es procesado por la M1, el de ésta por la M2, y así sucesivamente hasta el producto final. Un pulsador conectado a alguno de los pines del microcontrolador

Boletín 4: Ejemplo de un computador real: El Atmegax8pa

determinará cuándo comienza el proceso. Asimismo, se ha conectado un display de 7 segmentos a cuatro salidas del mismo por el que se debe mostrar el número de máquina en la que se encuentra el producto.

- a) Desarrolle una rutina de configuración de los puertos de entrada/salida suponiendo que las máquinas M0,...M4 se han conectado a los pines PB0..PB4 y que los sensores S0..S3 a los pines PD2..PD5.
- b) Realice una rutina de configuración del TIMER para que, mediante interrupciones, se ponga a 1 la variable CINCOSEG, una vez hayan transcurrido los cinco segundos. Implemente la rutina de interrupción también.
- c) Ensamble las rutinas anteriores con el programa de gestión del proceso industrial.

Problema 24

En los pines del puerto B del microcontrolador se han colocado leds hasta un total de ocho (uno por cada pin del puerto), de modo que un 1 lógico en el pin, enciende el LED y un 0 lógico, lo apaga. En el pin PD2 se ha conectado un pulsador mecánico de modo que si éste está presionado, introduce un 0 lógico en el pin, y un 1 cuando está en reposo. Al inicio, todos los leds estarán apagados y el microcontrolador esperando que la tecla se pulse. Cuando el microcontrolador contabilice dos pulsaciones, todos los leds se pondrán en intermitencia con periodo de 1 segundo (0.5 segundos encendidos y 0.5 segundos apagados). Diseñe el programa usando interrupciones para el temporizador. Supóngase que la frecuencia de reloj es de 4Mhz (periodo de 250×10^{-9} s).

Problema 25 (sept-2015)

Se desea diseñar un sistema basado en el ATmega328P trabajando con un reloj a la frecuencia de 1 Mhz. El micro recibe los datos de un sensor de temperatura que tiene conectado en los pines del puerto B, dichos datos están codificados mediante dos dígitos BCD, por lo que se utilizarán todos los pines del puerto. Se debe visualizar el valor de la temperatura cada 10sg. La visualización se realizará mediante 8 diodos LED conectados a los pines del puerto C en binario.

- a) Escriba la rutina de E/S que configura adecuadamente puertos y temporizador. El temporizador se manejará por interrupciones, se configurará para que genere una interrupción cada segundo.
- b) Escriba el programa principal. Dicho programa llamará a las subrutinas ConfiguraES y Representa en el caso de que hayan transcurrido los 10sg, lo que detectará tras la consulta de la variable contador.
- c) Escriba la rutina de interrupción. Esta rutina se encargará de incrementar adecuadamente la variable contador que nos permitirá saber cuando han transcurrido los 10sg.

Boletín 4: Ejemplo de un computador real: El Atmegax8pa

Problema 26 (jun-14)

Se desea diseñar un sistema basado en el ATmega328P que trabaja a una frecuencia de 1Mhz. Se dispone de un pulsador conectado por un extremo a tierra y por el otro extremo conectado al pin 2 del puerto C. Se debe diseñar un programa en ensamblador que tras arrancar el sistema cuente durante 4 segundos el número de pulsaciones que se hagan sobre el pulsador, almacene este número en la posición \$200 de la memoria de datos.

Problema 27 (sep-13)

Se desea diseñar un sistema de riego que pueda funcionar de forma automática y manual. El funcionamiento manual hace que al activarse un pulsador se abra la válvula de salida del agua durante 1 hora. El funcionamiento automático se basa en un sensor de humedad que es consultado cada 8 horas. Dicho sensor proporciona niveles de humedad de 0 a 255 codificados mediante 8 bits. El riego se activará si el valor detectado es inferior a 30.

El sistema diseñado se basará en el Atmega328P a 1Mhz. El pulsador (que no posee resistencia de pull-up) se conectará al pin 0 del puerto C. La señal que permite abrir la válvula de riego se conectará al pin 1 del puerto C. Los 8 bits que proporcionan el valor de la humedad se conectan al puerto B.

El tiempo será contabilizado mediante una subrutina de interrupción que cada vez que transcurre 1 segundo incrementará los registros R25-R24 (ADIW). Para comprobar que han transcurrido 1 u 8 horas se comparará con 3600 y 28.800 respectivamente (deberán utilizar CP y CPC y realizar la comparación en dos veces ya que son números que deben codificarse en 16 bits). Los registros R25-R24 deben reiniciarse al poner en marcha el riego y cada vez que el sensor de humedad es consultado.

El programa debe instalar adecuadamente las interrupciones del timer y contener las siguientes partes:

- a) Rutina de configuración de entrada salida. Que establezca los valores adecuados de los registros asociados a los temporizadores y puertos utilizados.
- b) Rutina de interrupción. Dentro de la misma debe programarse el incremento de los registros R25-R24
- c) Programa principal. Se basará en el valor del pulsador o del sensor de humedad para poner en marcha el riego. Pondrá a cero en los momentos adecuados R25-R24. Consultará R25-R24 para determinar si debe parar el riego o consultar el sensor de humedad.

Se deben de comentar y justificar adecuadamente el código

Boletín 4: Ejemplo de un computador real: El Atmegax8pa

Problema 28 (junio-13)

Para ahuyentar a los pájaros que se posan en la barandilla del balcón, se ha ideado un molinillo electrónico que permite rotar sus aspas cuando su entrada M está a 1 lógico. El funcionamiento del molinillo debe ser como se describe a continuación:

- Si es de noche, el molinillo deberá estar parado.
- Si es de día, el molinillo deberá mover sus aspas durante 15 segundos, y después, durante otros 15 segundos, deberán estar quietas. Dicho ciclo se repite hasta la noche.

Para controlar el funcionamiento del molinillo, se utilizará un Atmega328p y un sensor de día/noche, que se conecta al pin PB0. El sensor día/noche emite un 1 cuando es de día y un 0 cuando es de noche. Por otro lado, la salida PB1 del microcontrolador, se conecta a la entrada M del molinillo. Elabore:

- a) Una subrutina que permita la configuración de los pines de entrada/salida del microcontrolador.
- b) Una subrutina que permita configurar el timer para que genere interrupciones cada 1s, sabiendo que la frecuencia de reloj del Atmega328p es de $f_{clk} = 1\text{Mhz}$.
- c) Una rutina de interrupción, debidamente instalada, que produzca el incremento de una variable **Tiempo** que se encuentra en el registro R16.
- d) El programa principal que permita el funcionamiento descrito en el enunciado y proporcione la estructura general del fichero .asm

Problema 29 (junio-12)

Se quiere controlar el acceso a una sala con capacidad para 500 personas. La sala posee dos puertas de acceso, una de entrada y otra de salida. En cada puerta se ha situado un sensor que genera un pulso de nivel alto mientras que alguien pasa por la puerta. Cuando la sala está llena, la puerta de entrada debe cerrarse, y para ello se debe activar en alto una señal de control. Una vez esté llena la sala, si se detecta que sale alguien de la sala, se debe volver a abrir la puerta de entrada poniendo a cero la señal de control. Se pide realizar el control mediante el ATmega328P. Para ello:

- Se conectan los sensores de detección de paso por las puertas a los pines PB0 y PB1 del puerto B. Los sensores están a 0 en condiciones normales y generan un 1 durante el tiempo que la persona está atravesando la puerta correspondiente.
- Se conecta un pulsador a PC0 que permitirá inicializar el sistema al principio, poniendo la cuenta de personas a 0. La pulsación corresponde a valor cero y no se dispone de resistencia de pull-up externa.
- El pin PD0 controlará un diodo LED que ha de iluminarse cuando la sala esté completa y el pin PD1 enviará la señal de control de apertura/cierre de la puerta de entrada.

Se pide:

- a) Diseñar una subrutina de Entrada/Salida que permita configurar los puertos adecuadamente según la función que ha sido descrita en el párrafo anterior.
- b) Realice el programa principal que además de llamar a la subrutina de Entrada/Salida diseñada en el apartado a), deberá encargarse de preguntar por el estado de pulsador

Boletín 4: Ejemplo de un computador real: El Atmegax8pa

para poner en marcha el sistema, borrando el contador del número de personas y abriendo la puerta. Una vez realizada esta acción, chequeará de forma cíclica los sensores de la puerta entrada y salida y actuará en consecuencia según el caso.

Problema 30 (sep-12)

Se desea diseñar un programa para el ATmega328P que permita el control de un semáforo. En concreto, la luz verde debe estar activa durante 20 s, la luz ámbar durante 5 s y la luz roja durante 35 s. Para ello, siga los siguientes pasos:

- a) Configure los pines PD0, PD1 y PD2 como salidas. El pin PD0 controla la luz verde, el PD1 la luz ámbar y el PD2 la luz roja. Cada luz permanecerá encendida mientras el pin correspondiente esté a 5 V.
- b) Configure el Timer/Counter1 para que genere una interrupción cada 1 s sabiendo que la frecuencia del reloj del sistema, clk, es de 2 Mhz.
- c) Programe e instale correctamente una rutina de servicio de interrupción que se encargue de ir incrementando cada segundo el valor de la variable tiempo.
- d) Desarrolle el programa completo que permita el funcionamiento del semáforo, haciendo un uso adecuado de la variable tiempo.

Problema 31 (dic-12)

Se desea diseñar un sistema de control de ambiente de una habitación basado en el Atmega 328p. Para ello se dispone de:

- Dos sensores digitales de temperatura y luminosidad que proporcionan los datos codificados en binario con 8 bits y que se conectan a los pines de los puertos B y C respectivamente.
- Un actuador que pone en marcha el sistema de refrigeración y que se conecta al pin 0 del puerto D.
- Un actuador que permite encender las luces y que se conecta al pin 1 del puerto D.

En el pin 2 del puerto D se conecta un interruptor que pone en marcha el sistema. Si el interruptor está conectado se transmite un 0 por la entrada del puerto y un 1 en caso contrario. No se dispone de resistencia de pull-up externa. Si el sistema está conectado, se deben comprobar los sensores cada 30 s.

- Con respecto a la temperatura, si esta es superior a 25º se pondrá en marcha el sistema de refrigeración. Si la temperatura es inferior a 23º se desconectará el sistema. Existe un margen de 23º a 25º donde no se realiza ninguna acción en el sistema.
- Con respecto a la luminosidad, si esta es inferior a 50 lux se activará el sistema de encendido de luces de la habitación.

(a) Realice una rutina de configuración de la entrada-salida que permita configurar:

Boletín 4: Ejemplo de un computador real: El Atmegax8pa

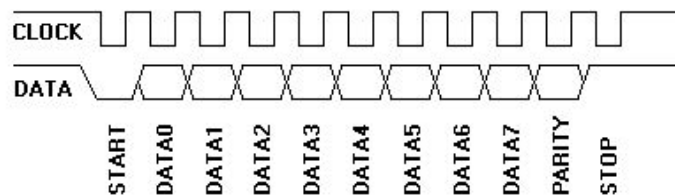
1. Los pines de los puertos B y C como entradas.
2. Los pines PD0-1 como salidas y PD2 como entrada.
3. La activación de la resistencia de pull-up del pin PD2.
4. El timer1 para que genere interrupciones cada 30s sabiendo que la frecuencia de reloj del microcontrolador es de $f_{clk} = 1\text{MHz}$

(b) Programe la rutina de interrupción (debidamente instalada en la tabla de vectores de interrupción). Esta rutina se encarga de hacer que se consulte el valor de los sensores cada 30 s y que se actúe según el valor medido.

(c) Diseñe el programa principal. Dicho programa deberá chequear la posición del interruptor conectado al pin PD2. Si el interruptor está conectado, activará interrupciones para que comience el funcionamiento del mismo. El programa también deberá chequear si el interruptor se desconecta, en este caso desactivará las interrupciones. Este programa contiene las rutinas diseñadas en los apartados a y b.

Problema 32

Se desea simular la pulsación de la tecla ENTER de un teclado de un PC usando un único pulsador externo que se conectará, mediante un microcontrolador ATmega328p, al puerto PS2 de dicho PC. Por sencillez, consideraremos que la comunicación sólo se realizará de forma unidireccional desde el microcontrolador al PC. En ese sentido, el interfaz PS2 consta de dos líneas: DATA y CLOCK. Normalmente esas líneas están a 1 lógico para representar que la transmisión se encuentra en estado de reposo. La siguiente figura representa el protocolo de comunicación a seguir, formado por 1 bit de start, 8 bits de datos, un bit de paridad impar y un bit de stop que siempre está a 1.



El microcontrolador debe generar la señal de reloj cuya duración máxima del nivel máximo o mínimo es de 40us. El PC capturaré el bit recibido por la línea DATA en el flanco de bajada. Cuando el usuario pulse el pulsador externo, el microcontrolador enviará el código \$5A al interfaz PS2 y cuando libere dicho pulsador, el microcontrolador deberá enviar el código \$F0 seguido del \$5A..

La señal de reloj es de 8Mhz, los terminales PB3 y PB4 se usarán para generar CLOCK y DATA respectivamente y el pulsador externo se ha conectado al puerto PD0, de forma que cuando está pulsado se introduce un 0 y cuando no, un 1.

- a) Diseñe una rutina que permita configurar los puertos y el timer1 para que pueda generar desbordamientos cada 40us. No use interrupciones para el temporizador.
- b) Diseñe una rutina que permita generar una ciclo de la señal de reloj. Esto es, usando el timer1, la rutina pondrá el pin de CLOCK a 1 durante 40us y después a 0 durante el mismo tiempo.

Boletín 4: Ejemplo de un computador real: El Atmegax8pa

- c) Diseñe una rutina que permita calcular el bit de paridad asociado a un byte almacenado en la dirección de memoria DATO (\$100 de la SRAM).
- d) Diseñe una rutina que permita transmitir la trama PS2 a partir de las rutinas anteriores y el dato almacenado en la dirección DATO.
- e) Diseñe el programa que permita conectar las rutinas anteriores con los procesos a seguir con la pulsación y liberación de la tecla ENTER externa.