



EJERCICIO 1 (4 puntos, 30 minutos):

Se ha de diseñar un microprocesador bajo los siguientes requisitos:

- Arquitectura Harvard
- Memoria de Programa de hasta 2Kpalabras de 8 bits (sólo direccionable a nivel de palabra)
- Memoria de Datos de hasta 1Kpalabras de 8 bits
- Arquitectura Load&Store: *todas las instrucciones trabajan únicamente con registros internos, salvo las de transferencia de información que mueven datos entre memoria y registros internos*
- 2 registros internos (que pueden ser utilizados tanto para almacenar datos, como direcciones de los datos)
- Las instrucciones pueden estar codificadas en una o en dos palabras de memoria de programa
- Instrucciones a contemplar:
 - 15 instrucciones aritmético/lógicas de operar entre registros, contemplando que el resultado siempre se guarda en uno de los dos registros de los operandos
 - Ejemplo: ADD Rd, Rs; $Rd \leftarrow Rd + Rs$
 - 15 instrucciones aritmético/lógicas con direccionamiento inmediato, donde el resultado se almacenará en el registro del otro operando. El dato será siempre del tamaño de 1 palabra.
 - Ejemplo: ADDI Rd, 115; $Rd \leftarrow Rd + 115$
 - 4 instrucciones de salto absoluto condicional
 - Ejemplo: JMP <direccion>; $PC \leftarrow \langle direccion \rangle$
 - 6 instrucciones de transferencia de información, con direccionamiento directo
 - Ejemplo: LD Rd, <direccion>; $Rd \leftarrow \langle direccion \rangle$
 - 9 instrucciones de transferencia de información, con direccionamiento indirecto
 - Ejemplo: LDI Rd, Ri; $Rd \leftarrow (Ri)$

Con todos estos datos, conteste a las siguientes preguntas de forma justificada (todas las preguntas son equivaloradas):

1. Tamaño de todos los buses de la CPU involucrados, salvo el bus de control (20%)

Como es una arquitectura Harvard, hay dos mapas de memoria, por lo que hay cuatro buses, dos de datos y dos de direcciones:

- *Memoria de Programa:*
 - *Bus de Direcciones: Como son 2K palabras, son 11 bits de bus de direcciones*
 - *Bus de Datos: Como son palabras de 8 bits, el bus de datos es de 8 bits.*
- *Memoria de Datos:*



UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID (Dpto. de Tecnología Electrónica)
Sist. Dig. Basados en Microprocesador (Gr. Ing. Telemática)

23 de Junio de 2014

EXAMEN FINAL CONV. EXTRAORDINARIA (2 horas)

*No se permiten ni libros, ni apuntes, ni calculadoras programables. Sólo se permite el manual del microcontrolador
Caja ejercicio se contestará en hojas independientes. Se pueden utilizar tantas hojas por ejercicio como considere
oportuno. Las respuestas han de entregarse escritas en bolígrafo o pluma*

- *Bus de Direcciones: Como son 1K palabras, entonces se trata de 10 bits de bus de direcciones*
- *Bus de Datos: como las palabras también son de 8 bits, el bus es de 8 bits.*

2. Tamaño de (30%):

a. Registro de Instrucción

Atendiendo a la codificación anterior, se necesitan 16 bits (2 palabras)

b. Contador de Programa

El contador de programa debe tener el tamaño del bus de direcciones de programa, es decir, 11 bits.

c. Registros internos

Los registros internos tienen que tener datos y direcciones de datos. Por lo tanto deberán tener 10 bits

3. Proponga una codificación cada uno de los tipos de instrucción que se han enumerado. Se valorará la utilización del menor número de palabras para cada tipo de instrucción (50%).

Como se tienen 2 registros sólo, se necesita sólo 1 bit para codificarlo

15 o 9 instrucciones se codifican en 4 bits

6 instrucciones se codifican en 3 bits

4 instrucciones se codifican en 2 bits

Las direcciones de programa son 11 bits

Las direcciones de los datos son 10 bits

Con la codificación que se propone hay instrucciones que sólo ocupan una palabra y otras que ocupan dos palabras. Las que sólo usan una palabra utilizan



UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID (Dpto. de Tecnología Electrónica)
Sist. Dig. Basados en Microprocesador (Gr. Ing. Telemática)

23 de Junio de 2014

EXAMEN FINAL CONV. EXTRAORDINARIA (2 horas)

*No se permiten ni libros, ni apuntes, ni calculadoras programables. Sólo se permite el manual del microcontrolador
Caja ejercicio se contestará en hojas independientes. Se pueden utilizar tantas hojas por ejercicio como considere
oportuno. Las respuestas han de entregarse escritas en bolígrafo o pluma*

como bit más significativo un 0, y las de dos palabras, el bit más significativo de la primera palabra es un 1.

	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
<i>Grupo1</i>									0	0	<i>opcode</i>				<i>Rs</i>	<i>Rd</i>
<i>Grupo2</i>	1	0	1	<i>opcode</i>			<i>Rd</i>	<i>dato</i>								
<i>Grupo3</i>	1	0	0	<i>opcode</i>	<i>Dirección de programa</i>											
<i>Grupo4</i>	1	1	<i>opcode</i>		<i>Rd</i>	<i>Dirección de datos</i>										
<i>Grupo5</i>									0	1	<i>opcode</i>				<i>Ri</i>	<i>Rd</i>



EJERCICIO 2 (6 puntos, 90 minutos):

Se quiere desarrollar un sistema de control de velocidad instantánea en autopista, basado en bandas de presión y tiempos, de tal forma que si la velocidad detectada no se encuentra dentro de un determinado rango, se actúe en consecuencia.

Para ello se cuenta con la posibilidad de desarrollar el sistema utilizando un STM32L152RB con clk de 15MHz. Para detectar la velocidad se colocarán dos bandas de presión separadas entre sí un espacio de 20 cm. Cada vez que una rueda pisa una banda, ésta ofrece al microcontrolador una señal que va desde el "1" lógico, al "0" lógico, volviendo a "1" en cuanto la rueda deja de presionar la banda. Se presupone que debido a la distancia entre bandas, nunca va a pisar la banda más de una rueda de forma perpendicular. Además, como las bandas se colocan en una recta, se va a presuponer despreciable el efecto de que un coche tenga dos ruedas en paralelo. Por último, para simplificar el problema, se va a considerar que este sistema se instala sólo en un carril de la autopista, por lo que será despreciable el caso de circulación de coches en paralelo.

Si el sistema detecta que la velocidad es inferior a 60km/h, activará una salida (la pondrá a "1") que le indicará a un sistema de video que empiece a grabar. Por otro lado, si la velocidad detectada es superior a 140km/h, se activará otra salida (la pondrá también a "1") que activará el sistema de radar.

En cualquiera de los dos casos, el sistema enviará un mensaje por GSM al centro de control, indicando la fecha, hora y velocidad detectada. Para enviar por GSM, se utilizará un modem que se conecta al microcontrolador mediante una conexión serie de 115000, 8, N, 1.

Con esta información, conteste a las siguientes preguntas (*justifique todas las respuestas y si tiene que hacer alguna presunción, indíquela y justifíquela*):

- Indique, y haga los cálculos necesarios, cómo va a medir la velocidad de los coches. Tenga en cuenta que como se desconoce el diámetro de las ruedas de los coches (cada coche tiene un diámetro de rueda distinto), deberá utilizar la información dada por las dos bandas (20%)
- Realice el diagrama de bloques del sistema (10%)
- Indique los distintos periféricos del microcontrolador que va a utilizar, y cómo los configurará (30%)
- Haga el diagrama de flujo de toda la solución (40%)



a) Indique, y haga los cálculos necesarios, cómo va a medir la velocidad de los coches. Tenga en cuenta que como se desconoce el diámetro de las ruedas de los coches (cada coche tiene un diámetro de rueda distinto), deberá utilizar la información dada por las dos bandas (20%)

Con los datos que aporta el enunciado, la medida de la velocidad se tendrá que hacer midiendo el tiempo que transcurre entre que las dos bandas son pisadas, y teniendo ese tiempo medido, se utiliza para medir la distancia de 20cm entre bandas. De esta manera, los tiempos que se plantean medir podrán ser calculados por las velocidades límite que se exponen en el enunciado:

$$60\text{km/h} = 0.20 * 10^{-3} / t1 \rightarrow t1 = 3,33 * 10^{-6} \text{ h} \rightarrow t1 = 12\text{ms}$$

$$140\text{km/h} = 0.20 * 10^{-3} / t2 \rightarrow t2 = 1,42 * 10^{-6} \text{ h} \rightarrow t2 = 5,14\text{ms}$$

Para realizar esta medida se pueden utilizar distintas aproximaciones:

- Detectar el paso por una banda con una interrupción externa. A partir de ahí arrancar un temporizador reseteado. Mirar el valor del temporizador al detectar el paso por la segunda banda con otra entrada de interrupción externa.*
- Detectar el paso por una banda, con una interrupción externa. A partir de ahí arrancar un temporizador reseteado con el Capture activado por flanco de bajada frente a la segunda banda. Cuando ocurra el evento, el valor del CR correspondiente tendrá la información del tiempo de una forma más precisa que en el caso anterior.*
- Tener un temporizador corriendo de forma continua, con dos Capture activados, uno para cada banda. Estar pendiente única y exclusivamente de que salte el evento de la segunda banda, y una vez ocurrido esto, coger el valor de los dos CR y restarlo. Esta forma da la medida más exacta y, a la vez, resulta más sencillo el programa a realizar.*

Se tomará la tercera aproximación y, para obtener una resolución adecuada de la medida del tiempo se pondrá al temporizador a medir intervalos de décima de milisegundo (100us). De esta forma, si el tiempo medido es superior a 120, saltará el primer caso (velocidad menor de 60km/h), y si es inferior a 51 saltará el segundo caso.

Solo en ambos casos, una vez superado el umbral, será necesario hacer el cálculo exacto de la velocidad, para enviar la información. En el caso de no ser necesario actuar (velocidades intermedias), no hace falta consumir recursos del microcontrolador para hacer el cálculo exacto de la velocidad.

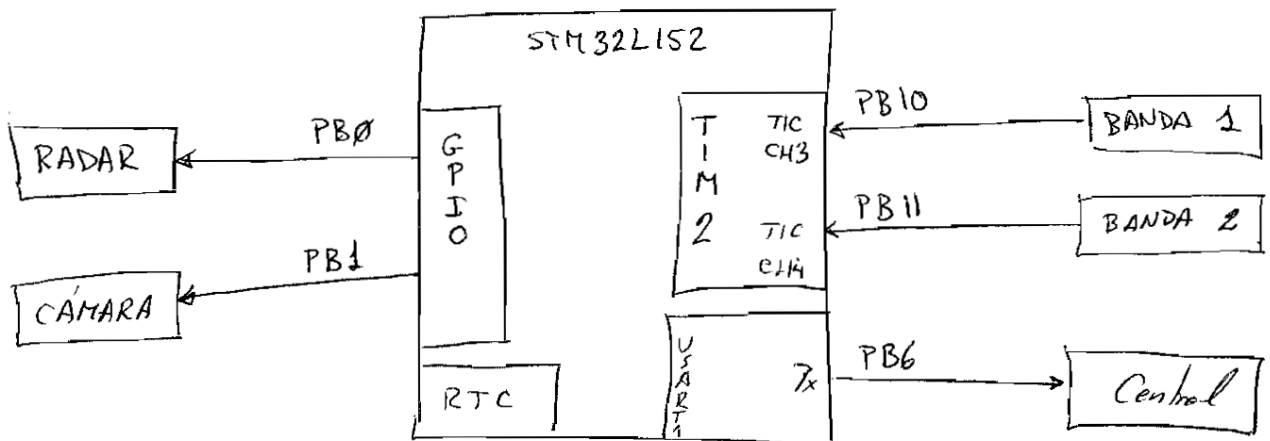


b) Realice el diagrama de bloques del sistema (10%)

Con lo expuesto en el enunciado y en el apartado anterior queda claro que los elementos que hay que utilizar son los siguientes:

- Un temporizador (TIM2) con dos entradas de TIC (CH3 y CH4), conectadas respectivamente, a la primera banda y a la segunda banda.
- Una USART en modo de transmisión (no se comenta nada de protocolo de recepción, aunque se supone que en un sistema real sí que se tendría)
- Un RTC para llevar la fecha y hora del sistema.
- Dos pines del GPIO para activar, respectivamente, la cámara de video y el radar.

El diagrama de bloques quedaría de la siguiente manera:



c) Indique los distintos periféricos del microcontrolador que va a utilizar, y cómo los configurará (30%)

Siguiendo con la explicación de los apartados anteriores, los periféricos a utilizar sería:

GPIO: Se utilizarán 5 pines del puerto B, de los cuales PB0 y PB1 serán salidas digitales, mientras que los PB6, PB10 y PB11 serán funciones alternativas, siendo la primera la de la USART y los otros dos del TIM2. Por lo tanto la configuración sería así:



UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID (Dpto. de Tecnología Electrónica)
Sist. Dig. Basados en Microprocesador (Gr. Ing. Telemática)

23 de Junio de 2014

EXAMEN FINAL CONV. EXTRAORDINARIA (2 horas)

*No se permiten ni libros, ni apuntes, ni calculadoras programables. Sólo se permite el manual del microcontrolador
Caja ejercicio se contestará en hojas independientes. Se pueden utilizar tantas hojas por ejercicio como considere
oportuno. Las respuestas han de entregarse escritas en bolígrafo o pluma*

- **En el GPIOB->MODER:**
 - $b1\ b0 = 01$; Salida digital de PBO
 - $b3\ b2 = 01$; Salida digital de PB1
 - $b13\ b12 = 10$; Función Alternativa PB6
 - $b21\ b20 = 10$; Función Alternativa PB10
 - $b23\ b22 = 10$; Función Alternativa PB11
- **En el GPIOB->AFR[0]:**
 - $b27 - b24 = 0111$; Función USART para PB6
- **En el GPIOB->AFR[1]:**
 - $b11 - b8 = 0001$; Función TIM2 para PB10
 - $b15 - b12 = 0001$; Función TIM2 para PB11
- **En el GPIOB->BSRRH:**
 - $b1\ b0 = 11$; se ponen a cero las dos salidas

Se supone que no hay unos requisitos especiales como para que la salida no estén conectadas en formato por defecto: push-pull y 400KHz

USART: Se configura la transmisión a 115000, 8, N, 1. Habría que hacer una definición de trama, para ver el tiempo que se tarda en enviar un mensaje, y descubrir si es necesario utilizar interrupciones. Podemos suponer que se enviarían 6 bytes, que a 115000 implica un tiempo de transmisión algo superior a los 410 microsegundos, lo que nos indica un tiempo suficientemente pequeño como para no necesitar interrupciones (suponemos que un mismo coche, y por tanto entre dos coches, tardan más en que lleguen las siguientes ruedas). Por tanto no vamos a utilizar interrupciones. Por tanto la configuración queda (utilizando un pclk de 15MHz):

- **USART1->BRR:**
 - $115000 = 15000000 / (8 \times 1 \times \text{USARTDIV})$; Usando OVER8 = 1
 - $\text{USARTDIV} = 16,304$; Mantisa = 16; Fracción 0,304
 - $0,304 \times 8 = 2,432$; Parte fraccionaria = 2
 - $\text{USART1->BRR} = (16 \ll 4) | 2$;
- **USART1->CR1:**
 - OVER8 (b15) = 1
 - UE (b13) = 1; Habilidad USART
 - M (b12) = 0; 8 bits
 - PCE (b10) = 0; Sin paridad



UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID (Dpto. de Tecnología Electrónica)
Sist. Dig. Basados en Microprocesador (Gr. Ing. Telemática)

23 de Junio de 2014

EXAMEN FINAL CONV. EXTRAORDINARIA (2 horas)

*No se permiten ni libros, ni apuntes, ni calculadoras programables. Sólo se permite el manual del microcontrolador
Caja ejercicio se contestará en hojas independientes. Se pueden utilizar tantas hojas por ejercicio como considere
oportuno. Las respuestas han de entregarse escritas en bolígrafo o pluma*

- TXEIE (b7) = TCIE (b6) = RXNEIE (b5) = 0; Sin IRQs
- TE (b3) = 1; *Habilitación Transmisión*
- RE (b2) = 0
- USART1->CR2:
 - STOP (b13 b12) = 00; 1 bit de parada

RTC: Se le configurará de forma tradicional, y durante el programa habrá que asegurarse que se le pone en hora.

- *Desprotección de la configuración del RTC:*
 - RTC->WPR=0xCA;
 - RTC->WPR=0x53;
- *Activación de la Inicialización:*
 - RTC->ISR |= (1<<7);
- *Configuración del reloj:*
 - RTC->PRER=255;
 - RTC->PRER|=127<<16;
- *Configuración de la Hora en RTC->TR*
- *Configuración de la Fecha en RTC->DR*
- *Formato 24h:*
 - FMT (b6) en RTC->CR a 0
- *Desactivación de inicialización:*
 - RTC->ISR &= ~(1<<7);
- *Protección de la configuración:*
 - RTC->WPR=0;

Timer 2: Como se ha comentado, se configurará para medir intervalos de 100us (TIC con pclk de 15MHz), y se utilizarán dos canales (dos CCR). El segundo CCR se activará para que indique el evento de comparación. Como el programa principal no tiene nada más que hacer, no será necesario que se utilicen interrupciones.

- TIM2->CR1 = 0; *Desactivación del Contador*
- TIM2->CR2 = 0;
- TIM2->SMCR = 0;
- TIM2->PSC = 1499; *intervalos de 100us*
- TIM2->CNT = 0; *inicialización del contador a 0*



UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID (Dpto. de Tecnología Electrónica)
Sist. Dig. Basados en Microprocesador (Gr. Ing. Telemática)

23 de Junio de 2014

EXAMEN FINAL CONV. EXTRAORDINARIA (2 horas)

*No se permiten ni libros, ni apuntes, ni calculadoras programables. Sólo se permite el manual del microcontrolador
Caja ejercicio se contestará en hojas independientes. Se pueden utilizar tantas hojas por ejercicio como considere oportuno. Las respuestas han de entregarse escritas en bolígrafo o pluma*

- *TIM2->ARR = 0xFFFF; permite el mayor recorrido del contador*
- *TIM2->DCR = TIM2->DIER = 0; Sin Interrupciones*
- *TIM2->CCMR1:*
 - *No se toca puesto que sólo vamos a trabajar con los canales 3 y 4*
- *TIM2->CCMR2:*
 - *b1 b0 = 01; CH3 como TIC*
 - *b7 - b2 = 000000; sin filtros*
 - *b9 b8 = 01; CH4 como TIC*
 - *b15 - b10 = 000000; sin filtros*
- *TIM2->CCER:*
 - *b11 b9 = 01; CH3: flanco de bajada*
 - *b8 = 1; CH3: activa el pin*
 - *b15 b13 = 01; CH4: flanco de bajada*
 - *b12 = 1; CH4: activa el pin*
- *TIM2->CR1:*
 - *b0 = 1; Activación del contador*
- *TIM2->EGR:*
 - *b0 = 1; Actualización de los valores*
- *TIM2->SR = 0; Limpia los flags.*

d) Haga el diagrama de flujo de toda la solución (40%)



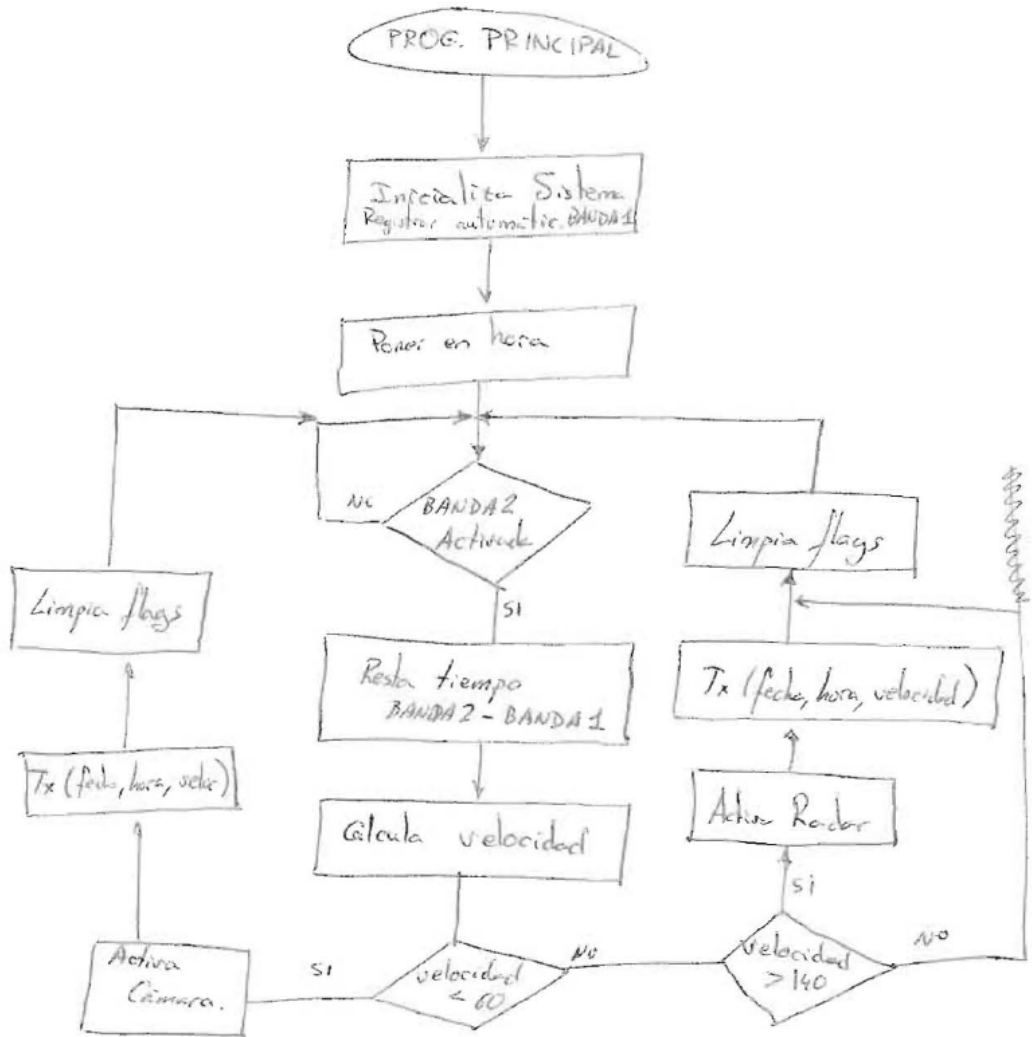
UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID (Dpto. de Tecnología Electrónica)

Sist. Dig. Basados en Microprocesador (Gr. Ing. Telemática)

23 de Junio de 2014

EXAMEN FINAL CONV. EXTRAORDINARIA (2 horas)

No se permiten ni libros, ni apuntes, ni calculadoras programables. Sólo se permite el manual del microcontrolador
Caja ejercicio se contestará en hojas independientes. Se pueden utilizar tantas hojas por ejercicio como considere oportuno. Las respuestas han de entregarse escritas en bolígrafo o pluma





No se permiten ni libros, ni apuntes, ni calculadoras programables. Sólo se permite el manual del microcontrolador
Caja ejercicio se contestará en hojas independientes. Se pueden utilizar tantas hojas por ejercicio como considere oportuno. Las respuestas han de entregarse escritas en bolígrafo o pluma

