

Tema 10: Diseño de sistemas electrónicos

SOLUCIÓN DE EJERCICIOS PROPUESTOS

Ejercicio 1

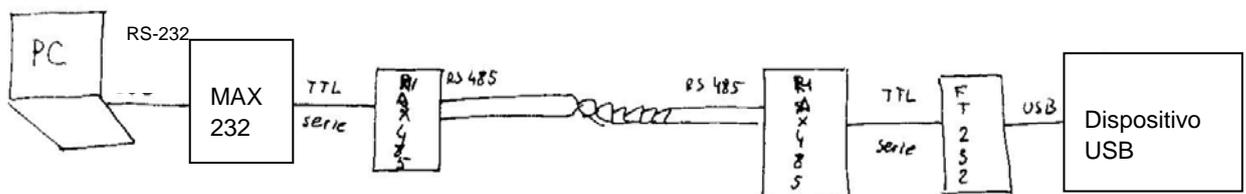
Se quiere conectar un dispositivo USB a un PC1 muy antiguo separado por 700 metros (PC1).

a) Dibuja el diagrama de bloques de la solución, justificando cómo implementarías la comunicación teniendo en cuenta que el único puerto serie del PC1 es un puerto RS-232.

b) Ahora hay que ampliar este sistema para que este PC (PC1) pueda comunicarse con otro PC (PC2) situado a 200 km. El PC1 ya tiene todos los puertos serie ocupados (incluido el del apartado a) y el PC2 tiene todos los puertos de comunicación ocupados excepto un puerto USB. Describe la solución tecnológica para el sistema, ampliando el diagrama de bloques del punto A con los nuevos dispositivos y comunicaciones. Justifique las respuestas.

c) Si se tiene la siguiente trama para enviar, 10001010-1001010100-01010010-01111110, cuál sería el código LRC a añadir. Justifique la respuesta.

a) Para obtener esta distancia, es necesario sustituir la comunicación USB y la comunicación RS-232 por otro tipo de comunicación que permita superar los 5-25 metros, por ejemplo utilizando la comunicación RS-485. Esto se puede hacer convirtiendo de RS-232 a TTL (con un transductor MAX232) y luego convirtiendo de TTL a RS-485 (con un transductor MAX485). En el otro extremo de la comunicación hay que cambiar de RS-485 a TTL (con un transductor MAX485) y luego cambiar de TTL a USB (con un transductor FT232).

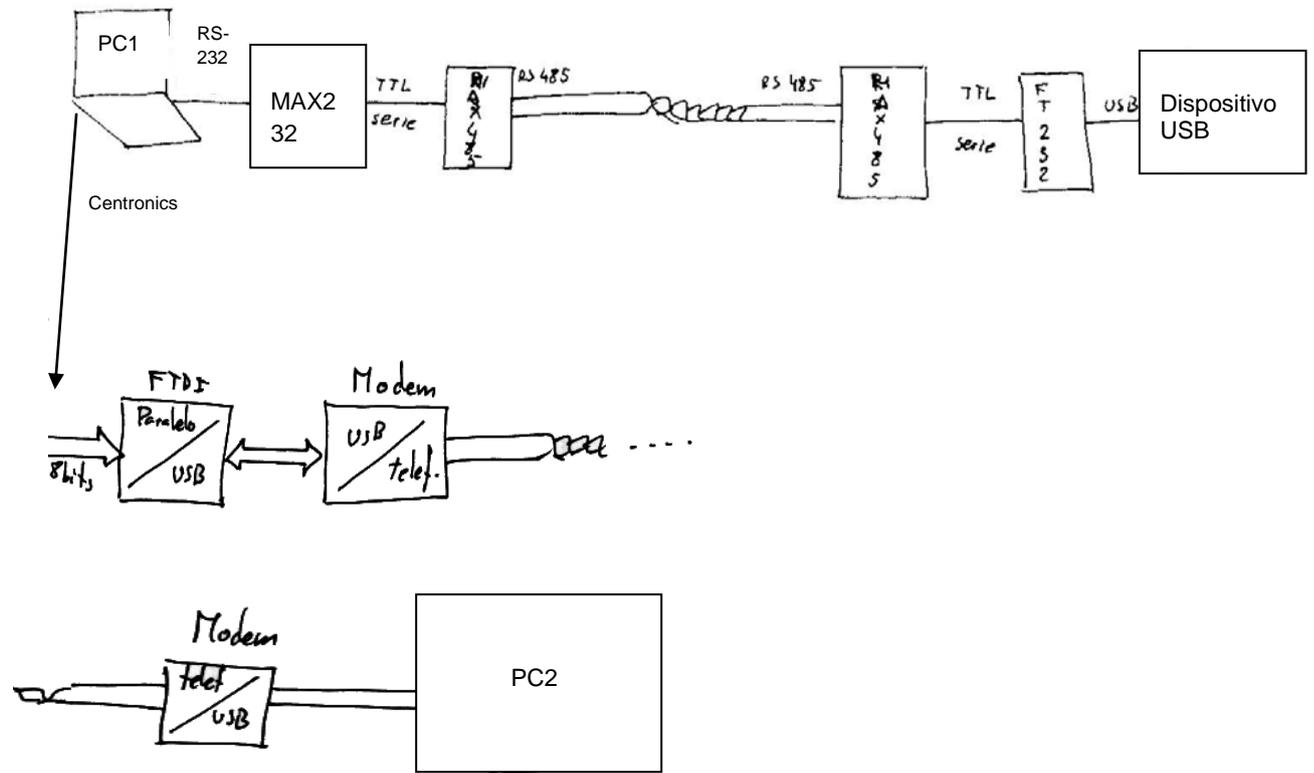


b) La distancia es tan grande que no es posible utilizar una solución tecnológica "local" (comunicación paralela, I2C, SPI, RS-232, RS-485, USB o Firewire).

Por tanto, es obligatorio utilizar la red telefónica. Los PC son antiguos, por lo que la solución ADSL no parece la más razonable. La solución debe ser utilizar la comunicación por módem, utilizando un módem normal de 56 Kbps.

El PC1 tiene todos sus puertos serie ocupados, pero no se dice nada del puerto Centronics, por lo que se podría convertir de paralelo a USB (con un transductor FT245) y conectar la señal USB al módem.

En el otro extremo, el módem podría conectarse directamente al puerto USB del PC2. El diagrama de bloques podría ser el siguiente.



c) Con la trama 10001010-10010100-01010010-01111110 hay que hacer la operación XOR de toda la trama y sumar este resultado al final.

```

10001010
10010100
----- XOR
00011110 Resultado
01010010
----- XOR
01001100 Resultado
01111110
----- XOR
00110010 Resultado
    
```

Por lo tanto, la trama final a enviar sería la siguiente.

10001010-10010100-01010010-01111110-**00110010**

Ejercicio 2

Hay que diseñar una estación meteorológica y de vigilancia en los Pirineos. Esta estación debe gestionar lo siguiente.

- La temperatura suministrada por un sensor de temperatura y dada mediante tensiones entre 0,2 y 4,3 V, con un rango de temperatura entre 0 y 50 °C. La temperatura debe ser suministrada con una precisión mínima de 0,05 °C por un ADC externo.
- La velocidad del viento dada por un sensor de viento digital, que suministra la información a través de una interfaz I2C.
- La cantidad de lluvia dada por un sensor serie RS-232 utilizando una precisión de 0,1 l/m² con un rango máximo de 0-500 l/m².
- La humedad relativa dada en % de una tensión analógica con un rango entre 0 y 3,3V y utilizando una precisión mínima del 1% por un ADC externo.
- La probabilidad de incendio dada por un sensor digital de 8 bits con una interfaz síncrona en serie.

La estación meteorológica debe obtener esta información cada segundo, almacenarla y calcular el valor medio cada 10 medidas, almacenando estos valores, y enviando estos valores medios a un servidor central cada hora. Supongamos que existe una conexión telefónica entre la estación meteorológica y el servidor central.

Debe diseñar lo siguiente.

- a) Requisitos técnicos para cada interfaz conectada al microcontrolador de la estación.
- b) Requisitos técnicos de la conexión entre la estación meteorológica y el servidor central.
- c) Requisitos de almacenamiento.
- d) Dibuje el diagrama de bloques completo para la solución, dibujando todos los bloques dentro y fuera del microcontrolador.

a) Requisitos técnicos para cada interfaz conectada al microcontrolador de la estación.

- Para la temperatura: Tenemos una precisión de 0,05 °C con un rango de 50°C (= 50-0°), por lo que el número de niveles que tenemos para el ADC necesario debe ser de 1000 como mínimo (= 50/0,05). Si el ADC se conecta a los límites de referencia del sensor de temperatura ($V_{ref-} = 0,2V$ y $V_{ref+} = 4,3V$), un ADC de 10 bits podría cubrir los 1000 pasos necesarios como mínimo (10 bits = 1024 pasos -> $0,2V = 0^{\circ}C = 0000000000$ y $4,3V = 50^{\circ}C = 1111111111$, por lo que el error de cuantificación por cada paso sería de 2,001 mV (= $4,1V / 1024 / 2$). Para el tiempo de conversión, las conversiones deben hacerse cada segundo y esto es extremadamente lento y soportado por cualquier DAC.
- Para la velocidad del viento: Sería suficiente una comunicación I2C pudiendo enviar sólo un byte más el bit de acuse (8+1 bits = 9 bits). Esto significaría una velocidad de 9 bps, perfectamente soportada por I2C.

- La cantidad de lluvia: Se da con una comunicación serie asíncrona. Esta información viene dada por 13 bits (hay 5000 valores posibles (= 500/0,1)). La información se capta cada segundo, es muy lenta y está perfectamente soportada por TTL y RS-232, por lo que la conexión se realiza mediante la USART del microcontrolador y un MAX-232 externo.
- La humedad relativa: Viene dada por un sensor analógico por lo que necesitamos un ADC. Como los valores deben darse en %, hay 100 niveles entre 0 y 3,3V. Si el ADC se conecta a los límites de referencia del sensor de temperatura ($V_{ref-} = 0V$ y $V_{ref+} = 3,3V$), un ADC de 7 bits tendría 128 niveles (7 bits = 128 niveles $\rightarrow 0V = 0\% = 0000000$ y $3,3V = 100\% = 1111111$) y el error de cuantificación para cada paso sería de 12,89 mV (= $3,3V / 128 / 2$). Esto alcanza el requisito mínimo para el problema. Para el tiempo de conversión, las conversiones deben hacerse cada segundo y esto es extremadamente lento y soportado por cualquier ADC.
- Para la probabilidad de incendio: Sólo se dice que el valor es digital con 8 bits, por lo que se puede utilizar la interfaz SPI o I2C. Esto significaría una velocidad de 8 bps, perfectamente soportada por SPI o I2C.

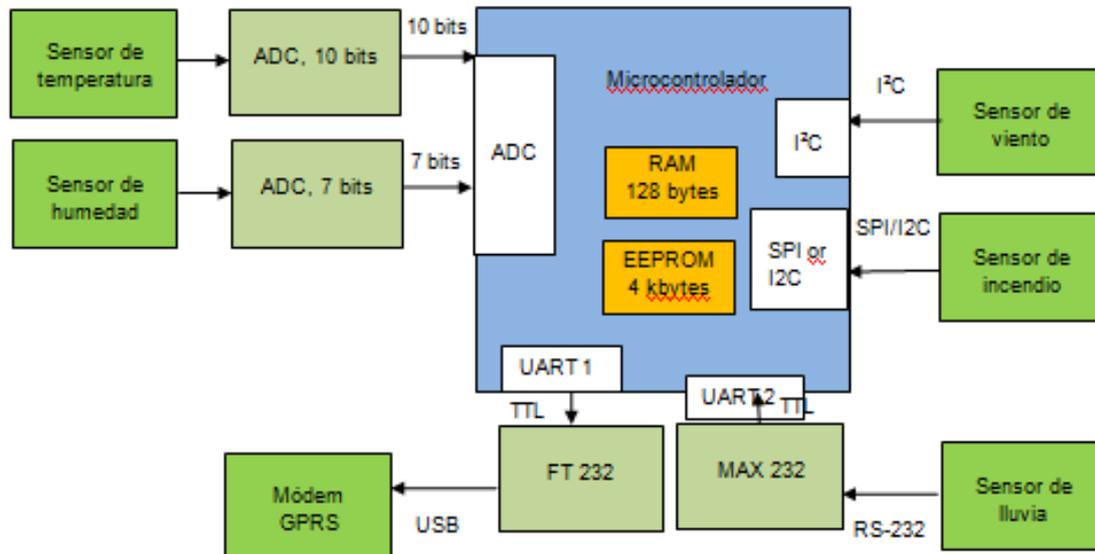
b) Para la conexión entre la estación meteorológica y la estación central, hay que pensar en la cantidad de información que tenemos (10 bits + 9 bits + 13 bits + 7 bits + 8 bits = 47 bits) cada segundo. Luego hay que calcular la media de cada valor cada 10 segundos. Podríamos pensar en una cabecera para estos datos de hasta 128 bits. Como hay que enviar los valores medios cada hora, hay que enviar 128 bits * 6 medidas medias/minuto * 60 veces/hora = 46.080 bits por hora. Esta velocidad es perfectamente aceptable para cualquier sistema de comunicación. Dado que existe una conexión telefónica entre la estación meteorológica y el servidor central, podemos utilizar un módem con interfaz USB. La comunicación entre el módem y el microcontrolador debe realizarse mediante un FT232 conectado a uno de sus puertos USART.

c) Tenemos dos requisitos diferentes para el almacenamiento de la información.

- Almacenamiento temporal de cada grupo de valores de medida. Almacenamos cada valor en una palabra (cubrir todos los valores posibles) por lo que elegimos una memoria de 16 bits. Necesitaremos 5 palabras para cada medida cada segundo, pero debemos guardar 5 valores cada 10 segundos, por lo que necesitamos una memoria RAM de 50 palabras = 100 bytes, redondeando a una RAM de 128 bytes. Después de 10 segundos, la memoria se borra y el conteo comienza de nuevo.
- Almacenamiento de los valores medios. Cada valor de medida tiene 16 bits. Tenemos 5 palabras para cada valor medio cada 10 segundos. En un minuto, eso significa 30 palabras, y en una hora eso significa 1800 palabras = 3600 bytes, redondeando a 4 kbytes. Esta memoria debe ser reescribible pero debe soportar un apagón, por lo que debe ser una memoria RAM con batería o una EEPROM. Después de una hora, la memoria se borra y el conteo comienza de nuevo.

Las memorias pueden estar dentro o fuera del microcontrolador. De todas formas, cualquier opción podría ser válida, pero sería mejor utilizar las memorias internas del microcontrolador para facilitar la solución.

d) Diagrama de bloques de la solución.



Ejercicio 3

Un cliente acaba de comprar una casa nueva y quiere domotizarla completamente, además de disponer de canales de comunicación de altas prestaciones con el exterior (audio, vídeo y datos).

a) Olvidando las prestaciones de vídeo y audio, diseñe los requisitos del usuario y proponga tecnologías que cubran estos objetivos de forma que se resuelvan los requisitos del usuario (domotización, comunicación de datos con el exterior y comunicación con los dispositivos interiores).

b) Describa los bits necesarios para el ADC y el DAC para los siguientes sensores y actuadores: detección de luz exterior, control de luz interior, detección de temperatura exterior, control de temperatura interior y detección de incendios.

a) Los requisitos pueden dividirse en 3 aspectos muy diferentes.

- Domotización: Para domotizar la casa, la solución más razonable es instalar una red ZigBee con sensores y actuadores (que están diseñados para este objetivo). La conexión de los dispositivos ZigBee se puede realizar mediante una topología de malla para garantizar la mayor resistencia a futuras ampliaciones o errores en el sistema.
- Comunicación de datos con el exterior: Teniendo en cuenta que se trata de una comunicación doméstica, se podría considerar una de las tres opciones siguientes (aunque en realidad se podría considerar un uso mixto de algunas de ellas).
 - Teléfono fijo: Utilizando una conexión telefónica fija, podría contratar un servicio ADSL para conectarte a Internet.

- Teléfono móvil: Si no está interesado en contratar una conexión de teléfono fijo, podría considerar el uso de una conexión de teléfono móvil, que normalmente tiene una velocidad de transferencia inferior a la del ADSL, además de algunos problemas de mantenimiento de la conexión por falta de cobertura o desbordamiento de la red. No obstante, puede ser interesante por la reducción de costes (no es necesario contratar la conexión telefónica fija) y la ventaja de la movilidad.
 - Servicio de datos con fibra óptica: Si el cliente está interesado en disponer de otros servicios adicionales, como la televisión de pago, puede ser interesante que la conexión de datos se realice a través de un proveedor de servicios (utilizando siempre cable de fibra óptica). En este caso, la conexión telefónica y la conexión a Internet podrían estar integradas en el mismo sistema de conexión. Esta solución proporcionará la mayor velocidad de transferencia y sería la solución preferida, siempre que este servicio esté disponible en el entorno de la casa y el coste del contrato pueda ser aceptado por el cliente.
 - Comunicación con los dispositivos interiores: En este caso hay que pensar en cómo conectar diferentes dispositivos como ordenadores portátiles o teléfonos móviles dentro de la casa. Dado que estos dispositivos ya disponen de conexiones inalámbricas interiores, la solución más razonable sería utilizar una red WiFi local dentro de la casa, protegida con el mecanismo de seguridad más robusto disponible (por ejemplo, WPA2). Esta conexión también podría utilizarse con el dispositivo domótico central.
- b) En cuanto a los sensores y actuadores, los requisitos necesarios son los relacionados con una aplicación doméstica, por lo que los requisitos técnicos no deben ser especialmente elevados. Por ejemplo.
- La detección de luz exterior se hará normalmente para conocer el grado de luminosidad, tanto externamente (para saber si es de día o de noche, si el cielo está cubierto o no, o si es el amanecer o el atardecer) como internamente (para ajustar la luz para la actividad a realizar). Así que 256 niveles de luz son suficientes para eso (demasiado en realidad), por lo que los ADCs de los sensores podrían tener 8 bits o incluso menos.
 - La misma consideración se podría hacer sobre los actuadores de luz interior, donde 256 niveles son demasiado, por lo que los DACs podrían tener 8 bits o incluso menos. (tal vez con 16 o 32 niveles podría ser suficiente).
 - Para la detección de la temperatura exterior, hay que suponer que es necesario detectar temperaturas exteriores entre -20 y $+60$ °C (diferencia de 80 °C). Así, para las temperaturas exteriores, la precisión del sensor podría ser de $0,5$ °C y sería suficiente con 160 niveles para los ADC (8 bits) .
 - Para el control de la temperatura interior, se supone que estén entre 5 ° y 30 °C (diferencia de 25 °C). Aquí interesa tener una precisión de $0,1$ °C y sería suficiente con 250 niveles para los ADCs (de nuevo 8 bits).
 - Para la detección de incendios, los datos a enviar al PC central serán únicamente "detección" o "no detección" o quizás un nivel de alarma (por ejemplo 4 niveles de alarma: un nivel para indicar que no hay peligro y 3 niveles de alarma diferentes). Así que el ADC para el sensor tiene 2 bits.

Ejercicio 4

Está trabajando en el diseño de un nuevo avión comercial para la empresa Boeing. Es el responsable del diseño del sistema de entretenimiento para los pasajeros que tendrá los siguientes requisitos.

- Una pantalla individual de 10" para cada pasajero, situada en el asiento trasero del pasajero delantero y capaz de reproducir información con una resolución de 1024 x 768 píxeles.
- Las pantallas son táctiles, pero el pasajero dispondrá de un mando a distancia para controlar tanto la pantalla como sus 20 botones, dos de ellos encargados del control del volumen.
- La pantalla puede reproducir vídeos, series de televisión y música.
- El pasajero podrá elegir en cualquier momento lo que quiere ver/escuchar con la siguiente oferta de entretenimiento.
 - 25 películas en color con una duración de 2 horas, 50 pantallas por segundo, a pantalla completa y en color verdadero encapsulado en 32 bits. La codificación de las películas tiene una compresión de 10:1.
 - 50 episodios de series de televisión con una duración de 50 minutos, 50 pantallas por segundo y $\frac{3}{4}$ de pantalla. La codificación de las series de TV tiene una compresión de 5:1.
 - 2000 canciones de gran calidad (frecuencia de muestreo = 40 KHz) y con una duración de 10 minutos para cada canción. Cada muestra está codificada en 8 bits. La codificación de la música tiene una compresión de 2:1.
- La oferta multimedia es la misma para todos los pasajeros.
- WiFi está absolutamente prohibido.

Teniendo en cuenta estos requisitos y buscando soluciones que afecten lo menos posible a los instrumentos de navegación del avión y permitan la libre circulación de los pasajeros, responda razonablemente a las siguientes preguntas.

a) Calcule las necesidades de almacenamiento para la oferta de entretenimiento.

b) Suponiendo que sólo hay un asiento de pasajero en el avión (un único pasajero), calcule las necesidades de comunicación para cada caso (películas, series de televisión y música) y elija una tecnología para cada caso. Justifique la viabilidad de las posibles soluciones.

a) Calcule las necesidades de almacenamiento para la oferta de entretenimiento.

Es necesaria la siguiente cantidad de información para el almacenamiento de cada película.

$1024 * 768 \text{ píxeles/pantalla} * 4 \text{ bytes/píxel} * 50 \text{ pantallas/segundo} * 2 \text{ horas} * 3600 \text{ segundos/hora} * (1/10 \text{ de compresión}) = 113.246.208.000 \text{ bytes} = 113,2 \text{ GB.}$

Este resultado debe multiplicarse por 25 películas, dando un resultado de 2.830 GB = 2,83 TB.

Es necesaria la siguiente cantidad de información para el almacenamiento de cada serie de TV.

$1024 * 768 \text{ píxeles/pantalla} * \frac{3}{4} * 4 \text{ bytes/píxel} * 50 \text{ pantallas/segundo} * 50 \text{ minutos} * 60 \text{ segundos/minuto} * (1/5 \text{ de compresión}) = 70.778.880.000 \text{ bytes} = 70,8 \text{ GB.}$

Este resultado debe multiplicarse por 50 episodios, dando un resultado de 3,54 TB.

La cantidad de información para el almacenamiento de cada canción será la siguiente.

$40.000 \text{ muestras/segundo} * 1 \text{ byte/muestra} * 10 \text{ minutos} * 60 \text{ segundos/minuto} * (1/2 \text{ compresión}) = 12.000.000 \text{ bytes} = 12 \text{ MB}$. Este resultado debe multiplicarse por 2.000 canciones, lo que da un resultado de 24 GB.

Sumando toda esta información, las necesidades completas de almacenamiento son de 2,83 TB + 3,54 TB + 0,024 TB = 6,4 TB.

b) Suponiendo que sólo se tiene un asiento de pasajero en el avión (un único pasajero), no es necesario compartir información. Hay que tener en cuenta que es imposible mostrar más de una opción de entretenimiento al mismo tiempo (esto significa, por ejemplo, que es imposible ver 2 películas al mismo tiempo). También es importante señalar que los requisitos para la comunicación de la oferta de entretenimiento (especialmente las películas) son mucho más importantes que los requisitos para los elementos del asiento (pantalla táctil, mando a distancia, etc.). Por lo tanto, las necesidades de comunicación para el sistema de almacenamiento y el sistema de visualización son las siguientes.

Películas.

- Si se quiere transmitir toda la película al sistema una vez, habría que enviar 113,2 GB lo más rápido posible, lo que da un resultado de 905 Gbits. Teniendo una conexión 1000-BaseT (1Gbps), la película necesitará 905 segundos para ser transmitida (= 15 minutos). Esta no es una solución lógica.
- Si se quiere transmitir la información mientras se ve en la pantalla (streaming), hay que transmitir con la siguiente velocidad de transferencia: $1024 * 768 \text{ píxeles/cuadro} * 32 \text{ bits/píxel} * 50 \text{ pantallas/segundo} * (1/10 \text{ de compresión}) = 125.829.120 \text{ bits/s} = 125,8 \text{ Mbps}$. Esta velocidad de transferencia obliga a utilizar un sistema de cableado (Wifi está prohibido), lo que no es un problema en este caso porque los asientos son fijos (sólo hay que tener en cuenta que los cables deben estar bien apantallados para no hacer interferencias con los instrumentos de navegación). La solución tecnológica con estos datos podría ser GigaEthernet (1000-BaseT) o FireWire con fibra óptica de plástico (cualquier versión).

Series de TV.

- Si se quiere transmitir toda la serie de TV al sistema una vez, se necesitaría enviar 70,8 GB lo más rápido posible, lo que da un resultado de 566 Gbits. Teniendo una conexión 1000-BaseT (1Gbps), la película necesitará 566 segundos para ser transmitida (= 9,5 minutos). De nuevo, esta no es una solución lógica.
- Si se quiere transmitir la información mientras se ve en la pantalla (streaming), hay que transmitir con la siguiente tasa de transferencia: $1024 * 768 \text{ píxeles/cuadro} * \frac{3}{4} * 32 \text{ bits/píxel} * 50 \text{ pantallas/segundo} * (1/5 \text{ de compresión}) = 188.743.680 \text{ bits/s} = 188,7 \text{ Mbps}$. Ya se tiene un sistema de cableado para las películas, así que la solución más lógica sería utilizar este sistema para optimizar el sistema, porque GigaEthernet (1000-BaseT) o FireWire con fibra óptica de plástico (POF) también garantizan los requisitos de las películas.

Música.

- La transmisión completa supondrá $12 \text{ MB} \times 8 \text{ bits} = 96 \text{ Mbps}$, lo que da un resultado de aproximadamente 0,1 s de transmisión utilizando la conexión 1000-BaseT (1Gbps). Esto es ahora aceptable, por lo que la canción podría ser transferida completa en el momento de iniciar su ejecución, ya que GigaEthernet (1000-BaseT) o FireWire con fibra óptica de plástico (POF) también garantizan los requisitos de la música.
- Si los requisitos se cumplen enviando el completo, la transmisión en streaming es absolutamente posible usando la misma tecnología, así que la solución más lógica sería usar este sistema para optimizar el sistema, porque GigaEthernet (1000-BaseT) o FireWire con fibra óptica de plástico (POF) también garantizan los requisitos de TV y películas.

Ejercicio 5

Un casino ha instalado 10 cámaras de vídeo a lo largo del edificio. Las cámaras de vídeo funcionan todo el día y utilizan infrarrojos (escala de grises) con una resolución de 1024 x 768 y una velocidad de refresco de 15 pantallas por segundo.

Debido a una necesidad empresarial, el casino quiere guardar en tiempo real los registros del último mes. Además quiere evitar posibles problemas por errores de registro o fallos en los dispositivos de almacenamiento. Y debido a los requisitos del sistema, la comunicación debe garantizar una transmisión en tiempo real con modo isócrono.

Teniendo en cuenta estos datos y considerando una tasa de compresión de 10:1, responda razonablemente a las siguientes preguntas:

- ¿Qué necesidades de almacenamiento tendrá una cámara individual y todo el sistema?
- ¿Qué tecnología de almacenamiento utilizaría?. Justifique su selección.
- ¿Qué tecnología de comunicación utilizaría y cómo configuraría el sistema?. Justifique su selección.

a) Teniendo en cuenta los datos del problema.

$1024 * 768 \text{ píxeles/pantalla} * 1 \text{ byte/píxel} * 15 \text{ pantallas/segundo} * 3600 \text{ segundos/hora} * 24 \text{ horas/día} * 31 \text{ días/mes} * 1/10 \text{ de compresión} = 3.159.569.203.200 \text{ bytes} = 3,15 \text{ TB por cada mes.}$

Para el sistema completo es necesario multiplicar este resultado por 10 cámaras = 31,5 TB.

b) El sistema de almacenamiento a utilizar sería necesario un sistema RAID con 2 HD de 4 TB por cada cámara. El número total de HD sería de 20 porque hay que evitar problemas con los errores de grabación. Debido al coste y a la tasa de refresco, los HD serían magnéticos porque los discos duros basados en semiconductores son demasiado caros para un tamaño de 4 TB.

c) Para garantizar el tiempo real con el modo isócrono para el sistema de comunicación, la única solución es FireWire, utilizando fibra óptica de plástico para asegurar la distancia entre la cámara y el servidor por si acaso.

Ejercicio 6

Tiene que diseñar un nuevo dispositivo de supervisión para presos de 3º nivel. Para ello tiene que diseñar un dispositivo que se pueda llevar en la muñeca (como un reloj) y que tenga las siguientes funciones.

- Debe controlar la hora actual.
- Debe conectarse con un chip de posicionamiento basado en GPS, que contenga una interfaz I2C. El GPS debe trabajar en modo esclavo y responderá a la petición del maestro con la posición actual mediante una trama de 8 bytes.
- Debe estar conectado con un módem GSM que se utiliza para enviar mensajes periódicamente a la estación central en cuanto se activa una alarma.
- Si el preso supera una distancia límite del punto de control, debe sonar una alarma mediante un altavoz. Este sonido tiene una frecuencia de 1 KHz y parpadea cada 0,5 segundos mientras exista la condición de alarma. La alarma se apagará en cuanto el usuario vuelva a estar dentro de la zona permitida.
- Debe medir la impedancia de la piel del preso mediante un sensor de piel, para detectar que el dispositivo está siempre en contacto con la muñeca del preso. El sensor devolverá el valor de la impedancia a partir de una tensión analógica. Si ésta marca entre 1,3 y 1,8V, la piel se detecta correctamente. En caso de que el valor sea diferente, se activará también una alarma. Esta alarma hará sonar el altavoz parpadeando cada segundo, pero ahora con una frecuencia de sonido de 2 KHz.

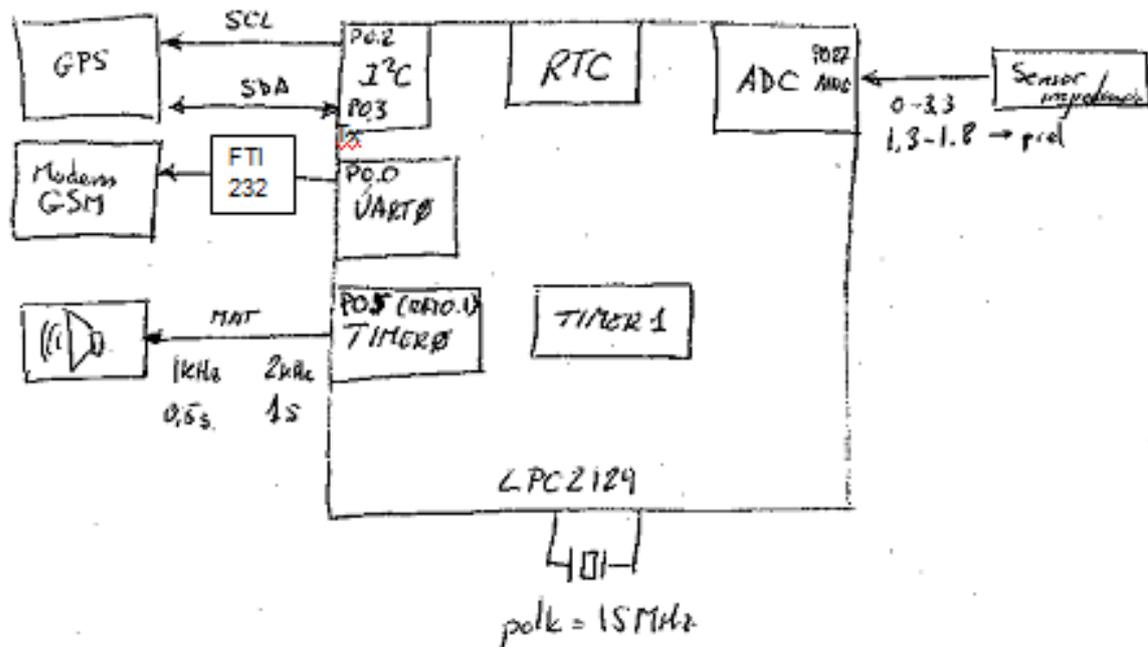
Dibuje el diagrama de bloques de todo el sistema con el microcontrolador y explique sus decisiones.

El diagrama de bloques podría ser el siguiente.

- Tenemos que controlar la hora actual, por lo que es necesario utilizar el módulo RTC del microcontrolador.
- Como el módulo GPS es siempre esclavo, la interfaz I2C del microcontrolador se configurará en modo maestro para conectar con el módulo GPS.
- No se dice nada sobre los posibles mensajes recibidos de la central en el módem GSM, por lo que no se considera el uso de la recepción en la UART, sólo el envío. Suponemos que el módem GSM tiene un puerto USB, por lo que necesitamos un transceptor FTI 232 conectado al puerto USART del microcontrolador.
- La alarma de distancia límite se genera utilizando un temporizador (por ejemplo, el temporizador 0) y un puerto PWM, pero las frecuencias de parpadeo son generadas por otro temporizador (por ejemplo, el temporizador 1).
- El mismo HW podría ser utilizado para implementar el sonido con el sensor de impedancia, suponiendo que ambas señales nunca se enciendan al mismo tiempo.

- El sensor de impedancia debe conectarse a una de las entradas del ADC
- Por último, el temporizador 1 también se utiliza para pedir los datos al módulo GPS cada segundo (se supone que el prisionero no puede moverse más rápido).

Con lo que el diagrama de bloques de todo el sistema con el microcontrolador podría ser el siguiente.



Ejercicio 7

Es necesario instalar un control de acceso para las diferentes puertas y el acceso principal de una empresa muy importante. Además, también es necesario controlar la posición de cada empleado y guardar toda esta información (ID, número de sala en la que se encuentra el empleado, hora y fecha de acceso, y hora y fecha de salida). Las ubicaciones son las diferentes salas de la empresa y los espacios comunes como pasillos, comedor, etc.

Toda esta información debe estar disponible en tiempo real para el supervisor de seguridad y debe almacenarse durante 2 años, ya que ésta puede ser solicitada por cualquier cliente y por la dirección de la empresa.

Además, en cada habitación y espacio común se han instalado 2 webcams monocromo de 640 x 480 píxeles, que toman una fotografía cada 15 minutos, que deben ser almacenadas siguiendo los requisitos indicados anteriormente. Supongamos que las webcams tienen una tasa de compresión de 10:1.

Por último, hay que tener en cuenta los posibles visitantes, que deben ser identificados en el momento del acceso a la empresa, comprobando sus datos personales y teniendo controlada su ubicación y movimientos dentro de la empresa.

La empresa está abierta las 24 horas del día y los 7 días de la semana.

Teniendo en cuenta que la empresa tiene 200 empleados, que sus instalaciones están repartidas en 3 plantas de un mismo edificio, sólo utilizado por esta empresa, que hay 50 salas y 20 espacios comunes, que hay 20 cambios de ubicación por

cada persona cada día y que hay 20 visitas al día (con 20 cambios de ubicación al día), indique soluciones razonables para los siguientes sistemas.

- Capacidad de almacenamiento necesario para 2 años
- Sistema de identificación y localización de los empleados y conexión con el servidor.
- Sistema de identificación y localización de los visitantes y conexión con el servidor
- Sistema de almacenamiento de información
- ¿Qué requisitos de seguridad consideraría adecuados para la transmisión y el almacenamiento de la información?

a) Cálculo de la información necesaria para gestionar en el sistema. Hay 2 tipos de información diferentes para guardar durante un día.

-> Imágenes de la webcam.

- 640 * 480 píxeles * 1 byte/píxel * (50 + 20) ubicaciones * 2 cámaras / ubicación = 41 MB.
- Se toma una fotografía cada 15 minutos durante el día, por lo que 24 horas * 4 fotografías / hora * 41 MB = 3,85 GB / día.
- Se supone que las imágenes se guardan utilizando una tasa de compresión de 1:10, por lo que tenemos 385 MB / día.

-> Información sobre el movimiento de personas:

La información dada no es grande por lo que tenemos que suponer datos.

- Datos.
 - 200 empleados.
 - Información a guardar: ID del empleado + Número de sala + Fecha de entrada + Hora de entrada + Fecha de salida + Hora de salida.
 - 20 cambios de ubicación por cada persona cada día.
 - 20 visitas por día, con 20 cambios de ubicación por día.
- Supuestos.
 - ID del empleado y de la visita codificados en 1 byte.
 - Localizaciones codificadas en 1 byte.
 - Fecha codificada en BCD: AAAAMMDD (4 bytes).
 - Hora codificada en BCD: HHMM (2 bytes).
- Memoria necesaria por día.
 - (200 empleados + 20 visitas) * 20 cambios de ubicación * (1 + 1 + 4 + 2 + 4 + 2) = 62 KB.

Por lo tanto, la necesidad de almacenamiento de datos necesaria para 2 años es de (385 + 0,062) MB * 365 días / año * 2 años = 280 TB.

b) La forma más cómoda de controlar a los empleados es utilizar un sistema RFID, es decir, un sistema inalámbrico. Como la identificación es para los empleados, sería recomendable utilizar una tarjeta inteligente sin contacto en lugar de una simple etiqueta. Esta tarjeta podría almacenar los datos de los empleados y su identificación (que se utilizará para identificar su ubicación).

Los puntos de control para determinar si la persona entra o sale estarán situados en cada puerta, de modo que el usuario deberá utilizar su tarjeta para abrir cada puerta. Estos puntos de control estarán conectados a un servidor central, que recibirá la información en tiempo real y analizará las ubicaciones para completar la información (por ejemplo, la salida de cualquier habitación) y para detectar errores.

Los puntos de control se conectarán al servidor central utilizando, por ejemplo, comunicación inalámbrica. Como las tramas son muy cortas y las localizaciones son muy diferentes, se podría utilizar cualquier comunicación inalámbrica con muchos dispositivos (por ejemplo, WiFi o ZigBee). La velocidad obtenida en el punto A es adecuada para ambos sistemas. Para simplificar la instalación, quizás la mejor solución podría ser ZigBee porque está pensado para implementar conexiones en malla con muchos dispositivos conectados en ubicaciones muy diferentes.

c) Dado que se utiliza un sistema cómodo para los empleados, se podría utilizar el mismo sistema para los visitantes, pero ahora los visitantes recibirán tarjetas genéricas con una identificación que se guardará en el momento del registro de la persona en su entrada al edificio.

d) Teniendo en cuenta la capacidad de almacenamiento (280 TB), toda la información no podrá ser almacenada en un dispositivo individual, necesitaremos varios dispositivos de almacenamiento. Pero la información debe estar disponible en tiempo real durante 2 años sin pérdidas, por lo que se debe utilizar un servicio de copia de seguridad. Teniendo en cuenta las diversas posibilidades de copia de seguridad (cintas, sistemas RAID, etc.), quizás la mejor solución podría ser una mixta, basada en un sistema RAID con un disco duro magnético funcionando constantemente y varias copias de seguridad con cintas realizadas una vez a la semana, por ejemplo, y almacenadas dentro de un armario ignífugo.

e) Para transmitir la información de los puntos de control, se sabe que las tramas son cortas y utilizaremos ZigBee. ZigBee lleva incorporados mecanismos de seguridad (AES o similar). Para transmitir la información de las webcams, hay que tener en cuenta que hay mucha información pero muy simple, por lo que se podrían utilizar códigos CRC.

Ejercicio 8

Hay que definir un nuevo sistema electrónico digital basado en un microprocesador ARM para una aplicación telemática. El primer criterio de diseño a considerar es resolver todos los problemas relacionados con el almacenamiento de la información necesaria para el cliente final y la propia aplicación. Estos requisitos son los siguientes.

- Se estima que el programa de inicio del microprocesador necesita 16MB de PROM.
- Un estudio previo para la programación dice que el código del programa necesitará 128 MB de EEPROM.
- Este programa debe acceder a unas variables y constantes de configuración que están disponibles en una memoria volátil, pero actualizable. Se estima que la memoria necesaria será de 256 bytes.

- Se estima que no hay suficiente memoria interna para estos 3 casos mencionados anteriormente.
- Es necesario utilizar un registro para las últimas instrucciones ejecutadas hasta llegar a 1 GB. Este registro debe ser almacenado en una unidad de memoria extraíble.
- Por último, es necesario almacenar los registros de los últimos 6 meses en un sistema de almacenamiento situado a 30 Km de distancia. Su espacio de memoria es de 500 GB.

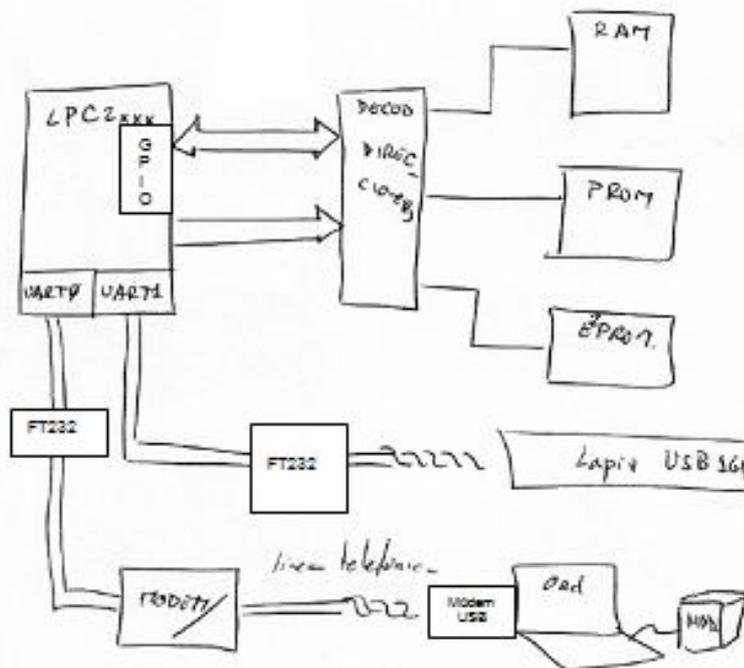
A partir de toda esta información, describa razonablemente la solución tecnológica que propone y dibuje un diagrama de bloques con los componentes seleccionados, explicando los diferentes modos de comunicación seleccionados. Suponga que sólo hay dos puertos USART libres en el microcontrolador y el bloque GPIO. Los demás bloques están ocupados.

Para la unidad de memoria extraíble de 1 GB, se podría utilizar una memoria USB de 1 GB, por lo que sería necesario un transductor FT232 para la conexión al puerto USART del microcontrolador.

Para la memoria remota, se podría utilizar un PC remoto con la capacidad de almacenamiento necesaria (un disco duro de 500 GB). Para enviar la información a ese sistema, se puede utilizar la línea telefónica, por lo que un puerto USART del microcontrolador debe tener conectado un módem (con un transductor FT232).

El microcontrolador ARM no tiene suficiente memoria interna para los 3 primeros casos, por lo que debe utilizar memoria externa. Esta memoria externa debe manejar RAM, PROM y EEPROM para el programa (con un decodificador de direcciones). Y la conexión debe hacerse usando el bloque GPIO con un decodificador de direcciones.

El diagrama de bloques se muestra en la siguiente figura.



Ejercicio 9

Debe diseñar un sistema de comunicación inalámbrica para poder transmitir la información de vídeo de 5 cámaras a un servidor central, que tiene que ser capaz de mostrar esta información en tiempo real. Las cámaras están situadas en el perímetro de una casa de campo con una superficie de 500 m^2 y el servidor central está situado en el centro a la misma distancia de cada cámara. La información de vídeo está formada por fotogramas en escala de grises de 320×200 píxeles, refrescados con una velocidad de refresco de 1 Hz.

Conteste razonadamente a las siguientes preguntas.

- ¿Cuál sería la velocidad de transferencia utilizada por el servidor central?
- ¿Qué características debe tener el protocolo de comunicación?
- ¿Qué tecnología utilizaría para implementar la comunicación?
- Si quisieras utilizar una comunicación basada en cable, ¿qué tecnología utilizaría y por qué?

a) Cada cámara envía $320 \times 200 \times 8$ bits (porque es escala de grises) = 512.000 bits = 512 Kbits. Como la información se envía cada segundo, la velocidad de transferencia es de 512 Kbps para cada cámara.

Sin embargo, la información debe enviarse a 5 cámaras cada segundo, por lo que se necesita una velocidad de transferencia de $2.564 \text{ Kbps} = 2,56 \text{ Mbps}$.

b) Este es un sistema en el que 5 dispositivos quieren enviar información a un sistema central. El sistema puede ser más fácil si el sistema central es el maestro y los 5 dispositivos son los esclavos, de manera que el maestro pregunta por el esclavo en cada momento (usando polling). Para reducir la sobrecarga de información en el protocolo, es necesario implementar uno muy sencillo. El maestro siempre inicia el procedimiento y el par comando-respuesta sería el siguiente.

INS	Add	L	Datos	CRC
-----	-----	---	-------	-----

Resp	Add	L	Datos	CRC
------	-----	---	-------	-----

- "INS" será un código de comando y "Resp" será un código de respuesta de 1 byte respectivamente. Ambos son de libre configuración .
- En "Add" podemos introducir el número de cámara al que se enviará la información (sólo 1 byte).
- "L" será la longitud de los datos. Como es necesario enviar hasta 512.000 bits = 64.000 bytes, utilizaremos 2 bytes para L.
- Como se envían muchos datos, sería razonable añadir un código CRC.

c) Considerando la velocidad de transferencia de 2,5 Mbps y la disposición del sistema (no habrá seguramente visión directa), está claro que no es posible ni Bluetooth ni ZigBee. WiFi podría ser la solución por el alcance (el maestro está situado en el centro y la distancia máxima a la cámara no es superior a 50 metros).

Por tanto, esta tecnología será la seleccionada, siempre que el tiempo de puesta en marcha y la seguridad no sean un inconveniente.

d) Teniendo en cuenta la velocidad de transferencia de 2,5 Mbps y las distancias requeridas, se podría utilizar cualquier tecnología de cable tradicional. ADSL no es una opción porque las distancias no son suficientes. Quizás la única solución sería Firewire porque la aplicación gestiona señales de vídeo y se dice que necesitamos tiempo real, por lo que el modo sería isócrono.

Ejercicio 10

Un PC para productos de información y comunicación (situado en un laboratorio con una superficie de 100 m²) necesita cumplir el siguiente requisito para poder realizar pruebas de evaluación.

- Medir la temperatura en tiempo real con una precisión de 0,1 °C. Para ello el laboratorio dispone de sensores de temperatura que proporcionan una tensión de salida entre 0 y 3V, utilizando una escala lineal en el rango de temperatura entre -40 y +120 °C. Se considera que la temperatura nunca puede variar en menos de 0,5 segundos.
- Medición de la humedad relativa con un sensor que proporciona 8 bits por segundo para un rango de valores entre 0 y 100 (porcentaje de humedad relativa).
- Información de 2 cámaras de vídeo con una velocidad de refresco de 50Hz, resolución de 2048 x 1024, color verdadero (en 24 bits) y tasa de compresión de 5:1. La conexión se realiza mediante cable.
- Información sonora dada por un micrófono inalámbrico que envía una señal entre 0 y 2V y un ancho de banda central de 20 KHz, que debe ser convertida a información digital en 12 bits.
- Dispositivo externo conectado al PC de evaluación, mediante una interfaz USB 2.0.

Hay que determinar razonablemente lo siguiente.

a) Bits, tasa de muestreo y velocidad de transmisión de información para el ADC del sensor de temperatura.

b) Velocidad de transmisión de información para el ADC del sensor de humedad relativa

c) Sistema de comunicación para conectar con las cámaras.

d) Velocidad de transmisión de información para el micrófono inalámbrico.

e) Finalmente, decidir la tecnología utilizada para comunicar todos los sensores/dispositivos con el PC de evaluación.

a) Para medir la temperatura (entre -40 y +120 °C = 160°) con una precisión de 0,1 °C se necesitarían 1.600 niveles, por lo que el ADC debe tener 11 bits como mínimo (2¹¹ = 2048). Dado que los cambios de temperatura se dan cada 0,5 segundos (eso significa una tasa de muestreo de 2 Hz), el muestreo real debe hacerse utilizando una tasa de muestreo de 4 Hz (para cumplir el teorema de Nyquist). Esto significa una velocidad de transmisión de información de 44 bps.

b) Para medir la humedad, la velocidad de transmisión debe ser de 8 bps.

c) Las cámaras de vídeo deben transmitir $2048 * 1024$ píxeles/pantalla * 24 bits/píxel * 50 pantallas/segundo * 1/5 de compresión = 480 Mbps. Hay 2 cámaras, por tanto 960 Mbps Utilizando cable, las tecnologías más adecuadas podrían ser Firewire, DVI, HDMI y DP. Cualquiera de estas tecnologías es adecuada para la velocidad.

d) Para captar la información de sonido, se necesita otro ADC de 12 bits, muestreando con tasa de muestreo de 40 KHz (para cumplir el teorema de Nyquist). Eso significa una velocidad de transmisión de información de 469 Kbps (= $40000 * 12$).

e) Por último, viendo el dato anterior podría elegir la siguiente solución para la conexión de los dispositivos/sensores con el dispositivo de evaluación.

- Una tarjeta ADC/Serie (PCI-Express) para los sensores de temperatura y humedad.
- Una tarjeta Firewire ((PCI-Express) con dos puertos para la comunicación con las dos cámaras.
- Una tarjeta ADC/Serie (PCI-Express) para obtener la información de sonido
- Un puerto USB 2.0 para comunicarse con el dispositivo externo.

Ejercicio 11

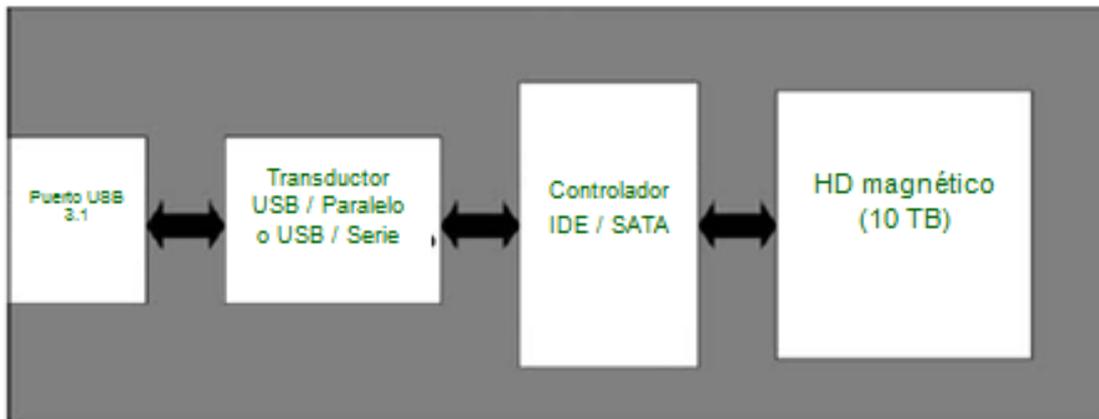
Es necesario crear un nuevo dispositivo de almacenamiento masivo (10 TB) que sea portátil, barato, compatible con la mayoría de los PC actuales y capaz de garantizar una transferencia de datos muy alta. Hay que diseñar ese dispositivo indicando su diagrama de bloques, así como decir todas las interfaces, transductores o conversores recomendados, versiones de comunicación y requisitos de velocidad. Todas las decisiones de diseño deben estar absolutamente justificadas y comparadas brevemente con otras alternativas posibles.

Dado que el dispositivo debe ser una unidad de almacenamiento masivo de 10 TB pero barato, la única posibilidad viable es que este dispositivo sea un disco duro magnético, ya que las soluciones como los discos de estado sólido, las memorias flash, etc. son muy caras. Entre todas las soluciones que ofrece el mercado, discos duros IDE o SATA, se debe elegir la solución más óptima teniendo en cuenta su coste, tamaño, volumen y velocidad.

Es necesario que el sistema sea portátil. Para ello, puede utilizar una interfaz PCMCIA o USB. Pero se dice que la unidad debe ser compatible con la mayoría de los PC actuales, por lo que la solución debería ser utilizar una interfaz USB. Además se dice que esa velocidad debe ser muy alta, por lo que la mejor solución es USB 3.1.

Este tipo de comunicación es rápido pero no tanto como las velocidades alcanzadas por IDE o SATA, por lo que la velocidad de transferencia estará limitada por el USB y no por la tecnología del disco duro. El resultado es que la tecnología seleccionada para el disco duro vendrá determinada por el precio, el tamaño y la disponibilidad comercial.

El diagrama de bloques resultante podría ser el siguiente:



Ejercicio 12

En el diseño de un nuevo coche, le ha correspondido el desarrollo de la centralita de datos. Debido a la normativa actual, las comunicaciones de la centralita con todos los sensores y dispositivos conectados debe realizarse de forma cableada, evitando interferencias lo más posible. Los dispositivos a contemplar son los siguientes.

- Dos sensores de temperatura que ofrecen información a través de una tensión analógica entre 0 y 5V, con precisión de décima de grado, y con un rango de detección entre -20 y +60 grados centígrados. Uno de los sensores estará en el interior del coche, mientras que el otro medirá la temperatura ambiente exterior. La velocidad de variación de la temperatura no se estima en mayor de 1 segundo por décima de grado.
- Un sensor digital de caudal, que indica con 8 bits, cada décima de segundo, la cantidad de combustible que está entrando a los inyectores.
- Un sensor digital de capacidad que indica la cantidad de combustible que queda en el depósito, mediante una información de 8 bits.
- Una pantalla TFT de 640 x 480 en escala de grises, donde la información suministrada a la pantalla se actualiza a ritmo de 10 Hz.

La centralita se encuentra en la parte del volante, la pantalla en el salpicadero, y los sensores a lo largo del vehículo, que tendrá un máximo de 4 metros lineales en línea recta (desde faros delanteros a traseros). Con toda esta información conteste a las siguientes preguntas.

a) ¿Considera necesario añadir a cada uno de los dispositivos algún tipo de elemento intermedio (convertidores, transductores, etc.)? Si es que sí, indique cuales y en qué casos. Justifique su respuesta.

b) Determine las necesidades de comunicación (velocidad de funcionamiento) de cada uno de los dispositivos conectados a la centralita.

c) Determine qué tecnología de comunicación elegiría para cada caso.

a) Hay que añadir varios elementos intermedios. En primer lugar, los sensores que proporcionan información en formato analógico deben ir acompañados de los respectivos ADC, que nos pasen la información a formato digital.

Además, toda la información ha de transmitirse a la centralita de forma robusta, por lo que no se podrá enviar en formato TTL del micro, sino que habrá que hacerlo mediante otro tipo de codificación de canal. Como nos comentan que la

comunicación debe ser cableada, se puede pensar en una transmisión serie con codificación diferencial, tal como podría ser RS-485, Ethernet, USB, etc. En la siguiente pregunta se analizará cuál de estas posibilidades es la más apropiada, pero en cualquier caso hará falta al menos un transductor en todos los sensores, que transmita la información de esta manera a la centralita. Por lo tanto estamos hablando de 4 transductores.

En cuanto a la pantalla, se entiende que como la centralita se encuentra cerca del volante, la distancia a la pantalla de la consola no será muy grande, por lo que se puede utilizar algún interfaz de comunicación de vídeo estándar (también basado en codificación diferencial), como por ejemplo HDMI.

b) Los sensores de temperatura necesitan suministrar en cada muestra, la información relativa a 800 niveles (80 grados de diferencia de temperatura, con precisión de décima de grado). Esto se puede conseguir con 10 bits por muestra. Además, nos dicen que la variación de temperatura no se estima en más de 1 segundo por décima de grado (= 1 Hz), por lo que podemos muestrear cada 0,5 segundos cumpliendo Nyquist. Esto implica una necesidad de comunicación de 20 bps para cada uno de los sensores de temperatura.

El sensor digital de caudal necesita transmitir 8 bits cada décima de segundo, por lo que necesita transmitir 80 bps.

El sensor digital de capacidad tiene que transmitir 8 bits en cada muestra. No nos indican velocidad de refresco de dicha información, pero está claro que un tanque de gasolina cambia su nivel a un ritmo suficientemente lento, por lo que podríamos considerar una muestra por segundo o, si se quiere, sincronizarlo con el sensor digital de caudal y hacerlo cada décima de segundo. En cualquier caso, los requisitos de comunicación son muy bajos. Tomamos la decisión de usar 80 bps.

La información que se le transmite a la pantalla, en escala de grises, sería de $640 * 480 * 8 * 10 = 25$ Mbps (aproximadamente).

c) Con los resultados obtenidos en los apartados anteriores queda claro que los sensores pueden utilizar cualquier modo de comunicación con codificación diferencial: RS-485, USB, Ethernet, etc. Por distancia, sería recomendable descartar USB para no estar muy en el límite de los 5 metros sin hubs y para evitar empalmes. De los restantes, Ethernet parece totalmente sobredimensionado frente a estas necesidades, por lo que se podría recomendar utilizar RS-485.

En cuanto a la comunicación con la pantalla, igualmente la demanda no es muy alta, por lo que cualquier modo de comunicación podría ser válido. Por su diseño y por su menor tamaño de conector, escogeríamos HDMI.

Ejercicio 13

El dueño de unos perros le encarga que cree un collar electrónico para sus perros, de tal forma que, integrando una electrónica al collar, ofrezca los siguientes servicios.

- Comunicación a distancias cortas directamente con el smartphone del dueño.
- Comunicación a distancias largas con el dueño.

- Indicación de la ubicación del perro en todas las comunicaciones.
- Posibilidad de que el dueño le envíe al perro instrucciones a través de vibraciones, enviando 4 posibles códigos.

Con estos requisitos, proponga una solución, justificando las decisiones tomadas.

La electrónica a añadir al collar debe, atendiendo a las especificaciones, enviar una información bastante limitada en ancho de banda, ya que.

- El collar debe enviar al dueño la información de su posicionamiento (que podemos suponer en un máximo de 100 bytes, por ejemplo), y teniendo en cuenta la velocidad de movimiento de un perro, esto no debería hacerlo a velocidades de refresco mayores al segundo (1 Hz). Esto equivaldría a una comunicación en un solo sentido de 800bps.
- El dueño le envía al collar instrucciones en 4 códigos, por lo que con 2 bits sería suficiente, que añadiendo información adicional de cabecera podríamos estimar en un máximo de 20 bytes, por ejemplo. Tampoco se estima que el dueño le envíe información al perro a una tasa superior al segundo, por lo que la velocidad de comunicación necesaria sería de 160 bps.

Esto facilita en gran medida la comunicación, la cual siempre tendrá que ser inalámbrica, y además cualquier protocolo actual soporta con mucha holgura la velocidad necesaria.

Atendiendo a los requisitos tenemos dos necesidades muy distintas de comunicación.

- A distancias cortas (es decir, por ejemplo, cuando se está paseando al perro). Suponemos que nunca se alcanza una distancia superior a 50 metros, y que en esos casos se está en campo abierto. Por lo tanto, las tecnologías candidatas (sin que supongan sobrecoste al dueño), serían WiFi, ZigBee o Bluetooth. Teniendo en cuenta que habría que intentar considerar un consumo bajo para que el collar tuviese suficiente autonomía, sería aconsejable utilizar ZigBee. Pero para que la integración con un Smartphone sea inmediata, el uso de Bluetooth de bajo consumo se considera más indicado. WiFi es el que más alcance permite y el que mayor grado de integración con los smartphones ofrece, pero el consumo puede considerarse excesivo, a no ser que sea factible la recarga diaria del collar.
- Para la comunicación a larga distancia (por ejemplo cuando el perro se ha extraviado), la mejor solución sería hacerlo a través de línea telefónica móvil, utilizando un módem GSM. Debido al mayor consumo de esta tecnología, ésta funcionalidad debería estar sólo operativa si se pierde el contacto con el móvil del dueño a distancias cortas, y hacer una conexión intermitente a intervalos de tiempo algo superiores a lo anterior (por ejemplo, cada 10 segundos).

Por lo tanto al collar habría que incorporarle un microprocesador al que se le conectase.

- Un módulo GPS para conocer la posición del perro.
- Una interfaz de comunicación Bluetooth o WiFi (dependiendo de la elección efectuada) para las comunicaciones cortas con el dueño.
- Un módem GSM para las comunicaciones largas con el dueño.

Ejercicio 14

Se necesita construir una consola de entretenimiento a ser instalada en el sótano de una casa particular, donde los elementos a interconectar son los siguientes.

- 4 televisiones de alta definición de 1920 * 1080 píxeles a 50 Hz.
- Una pantalla de ordenador de 2048 * 1152 píxeles a 50Hz.
- Un reproductor de BlueRay.
- La consola de entretenimiento también debe ser capaz de grabar temporalmente la información de 48 horas recibida de 10 canales de televisión, utilizando métodos de compresión con una tasa de 50:1.
- Una consola de juegos con interfaces HDMI y DVI.
- Un ordenador portátil de última generación.

Toda la oferta de entretenimiento, incluyendo la señal de TV, debe ser posible distribuirla individualmente a cada una de las televisiones o la pantalla.

Proponga un diseño a la consola de entretenimiento indicando, al menos, los siguientes datos (no tienen por qué ser en ese orden).

- a) Necesidades de transmisión (velocidad de transmisión) de cada uno de los elementos conectados a la consola de entretenimiento.
- b) Tecnología de comunicación para cada uno de los elementos conectados a la consola de entretenimiento.
- c) Necesidades y tecnología de almacenamiento de la consola de entretenimiento.
- d) Arquitectura interna que debería tener la consola de entretenimiento y conexión de la consola con los dispositivos externos.

a) Analicemos en primer lugar las necesidades de transmisión a cada una de las pantallas existentes. Se entiende que en todo momento estamos hablando de información en true color, y se supone que es a 24 bits, por ejemplo.

Cada una de las televisiones tiene como requisito.

$1920 * 1080 \text{ pixels} * 24 \text{ bits/pixel} * 50 \text{ pantallas/segundo} = 2.488.320.000 \text{ bps} = 2.5 \text{ Gbp.}$

La pantalla de ordenador tendría la siguiente.

$2048 * 1152 \text{ pixels} * 24 \text{ bits/pixel} * 50 \text{ pantallas/segundo} = 2.831.155.200 \text{ bps} = 2.8 \text{ Gbps}$

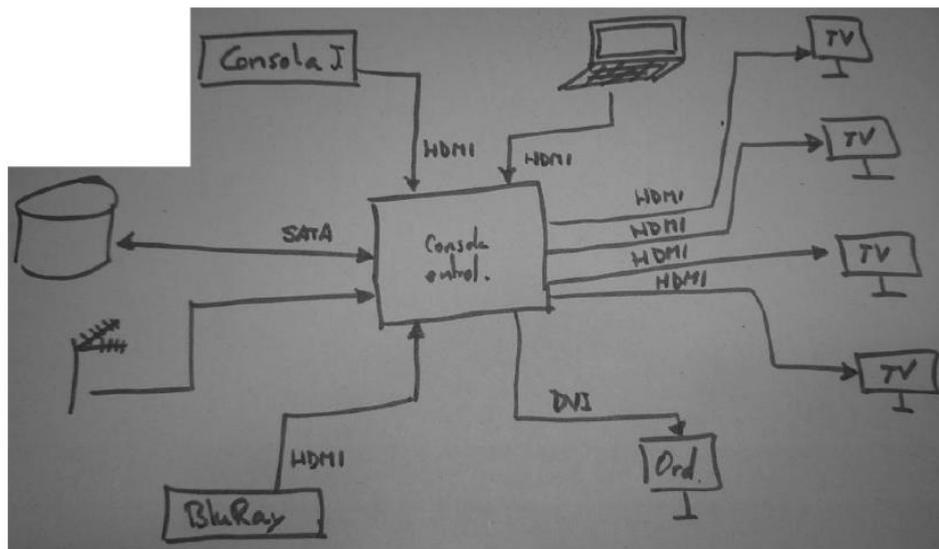
b) Todos estos datos son compatibles con HDMI y DVI. Si además se tiene en cuenta que el resto de elementos a conectar a la consola (consola de juegos, BluRay y portátil), parece más indicado utilizar conexiones HDMI para todos los elementos, puesto que ya vienen de serie incorporadas en los dispositivos. Quizá el único que podría no utilizar HDMI podría ser la pantalla de ordenador, que seguro que tiene al menos una interfaz DVI.

c) En cuanto a las necesidades de almacenamiento, estas son las siguientes.

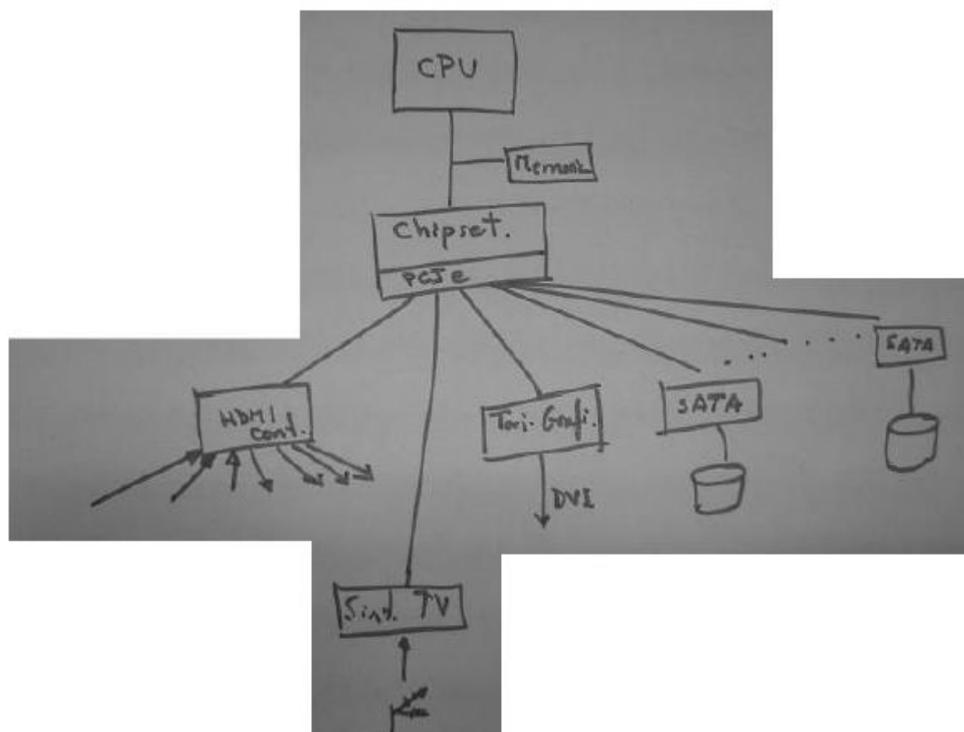
10 televisiones * 48 horas * 3600 segundos/hora * 1920 * 1080 pixels * 3 bytes * 50 pantallas/segundo * (1/50) = 10 TB.

Esa capacidad de almacenamiento sólo se puede conseguir mediante varios discos duros magnéticos, los cuales estarán conectados a través de un interfaz SATA en la consola. En este caso no se trata de una arquitectura RAID, ya que no se está pidiendo redundancia, sino simplemente capacidad de almacenamiento.

d) De esta manera la interconexión de los dispositivos con la consola sería como en este diagrama.



Y por otro lado, la consola debería tener una arquitectura interna como aparece en la siguiente figura, donde se ha tomado como bus interno un bus PCI Express.



Ejercicio 15

Una empresa necesita construir un nuevo PC de altas prestaciones, que sea compatible con una tarjeta ISA que no tiene equivalente en el mercado actual. El PC debe proporcionar los siguientes servicios, además de la conexión con dicha tarjeta.

- Conexión con 2 pantallas de altas prestaciones, fabricadas en 2019.
- Almacenamiento seguro, rápido y fiable de la información de un máximo de 2 TB.
- Conexión a Internet, tanto por Ethernet de mínimo 100 Mbps, como por WiFi.
- Conexión por Bluetooth de baja energía (BTLE).
- Conexión con tarjetas SD.
- 4 puertos USB 3.0 y otros 4 puertos USB 2.0.

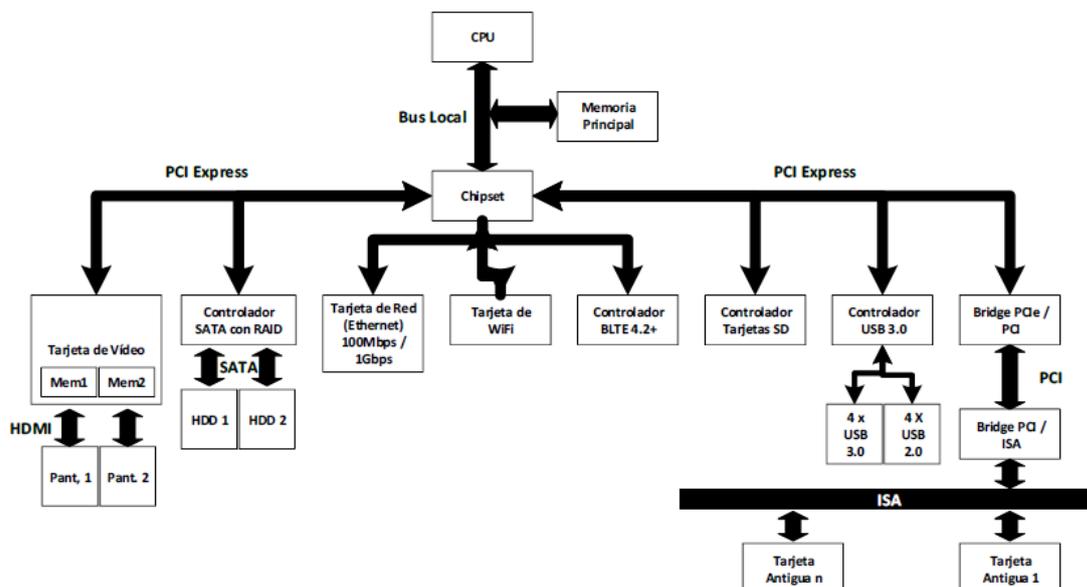
Con estas características, diseñe la arquitectura de dicho PC, incluyendo aquellos bloques intermedios que necesite.

Al tratarse de un PC actual y de altas prestaciones, partiremos de una arquitectura basada en PCI-Express y unos periféricos de altas presentaciones, que cubran como mínimo lo solicitado, además de interponer una serie de puentes que conviertan de PCI-Express a ISA, para poder utilizar las mencionadas tarjetas antiguas.

Inicialmente se plantearía meter en el chipset un único bridge de PCI Express a ISA, pero es más que probable que, debido a la evolución tecnológica y comercial, sea más factible pasar primero por un bridge PCI Express a PCI y luego por otro de PCI a ISA.

Con todo ello (suponiendo esta segunda opción) la arquitectura quedaría como en la siguiente figura, donde se ha elegido HDMI como el interfaz para las pantallas, así como discos HDD en lugar de SSD, por la disponibilidad y coste comercial de esta tecnología para 2 TB.

Se han puesto dos discos porque para que el almacenamiento sea seguro se ha optado por una solución RAID de 2 discos.



Ejercicio 16

Debido al vandalismo sufrido durante los últimos meses, una población ha decidido instalar un sistema de video-vigilancia en su centro urbano. Dicho centro se puede aproximar por una circunferencia de 3 km de diámetro. La población es española con una población superior a 100.000 habitantes. Y todo será pagado por el ayuntamiento, por lo que se puede suponer que se tienen todos los permisos necesarios para la instalación de la solución.

Un análisis preliminar determina que se utilice un total de 20 cámaras de infrarrojos (es decir, en escala de grises), y con un tamaño de pantalla de 1280 x 720 píxeles. Además, se considera una tasa de compresión de 50:1.

Por motivos legales, los vídeos de cada una de las cámaras deberán quedarse almacenados (en tiempo real) en un servidor ubicado en el centro de la circunferencia, durante un mes y de forma segura.

Con estos datos, proponga una solución técnica, tanto para las comunicaciones, como para el almacenamiento. Si necesita hacer aproximaciones o necesita fijar algún parámetro, indíquelo dando sus razones.

20 cámaras en escala de grises (8 bits), con resolución de 1280 * 720 píxeles.

Esto hace que cada pantalla ocupe $1280 * 720 \text{ píxeles} * 1 \text{ byte/píxel} = 921.600 \text{ bytes}$.

Aplicando el factor de compresión quedaría $921.600 / 50 = 18.432 \text{ bytes}$.

Y multiplicando por 20 cámaras quedarían 368.640 bytes.

Necesitaríamos decidir el número de pantallas por segundo, y como no se da el dato se tiene que suponer. Al ser video-vigilancia no necesitarían ser más de 25, pero incluso se puede bajar a un número suficiente que aún así permita no perderse un movimiento de una persona. Se podría considerar que tomar una pantalla cada cuarto de segundo. Por lo tanto, haremos los cálculos con esta hipótesis (4 Hz de velocidad de refresco), y con los resultados obtenidos volveremos a considerar esta decisión.

Considerando esta situación las necesidades de almacenamiento son las siguientes.

$368.640 \text{ bytes} * 4 \text{ pantallas/segundo} * 60 \text{ segundos} * 60 \text{ minutos} * 24 \text{ horas} * 31 \text{ días} = 987.365.376.000 \text{ bytes} = 919,6 \text{ GB}$.

Con este resultado, las necesidades de almacenamiento se pueden cubrir con un sistema RAID de discos duros de 1 TB.

En cuanto a las comunicaciones, cada cámara necesita una conexión de $1280 * 720 \text{ píxeles} * 8 \text{ bits} * 4 \text{ pantallas/segundo} / 50 = 589.824 \text{ bps}$.

Esta comunicación se puede alcanzar con muchos de los sistemas vistos en clase, tanto por cable (USB, Ethernet, Firewire, ADSL), como inalámbrico (IrDA, Bluetooth o WiFi). Por lo tanto la decisión viene influenciada por la distancia y el tipo de instalación.

En el caso de instalación inalámbrica, escogería WiFi (instalando puntos de acceso cada 50 o 100 metros). Con este tipo de solución también se podría aprovechar a proporcionar conexión WiFi gratuita a los ciudadanos.

En una instalación cableada, teniendo en cuenta la distancia y que habría que enrutar el cable a través de edificios, casi es más rentable utilizar la conexión telefónica existente (preferiblemente por fibra óptica), ahorrando costes de instalación, y solo teniendo que cablear desde cada cámara al cajetín telefónico más cercano.

Siendo posibles cada una de las dos opciones, nos inclinamos más por la solución cableada utilizando ADSL (o fibra).

Por último una reflexión final sobre la velocidad de refresco escogida. Se puede ver que los resultados obtenidos con la velocidad de refresco son suficientemente bajos como para permitir instalaciones baratas y con distintas alternativas de implementación. Incluso se podría subir algo más dicha velocidad de refresco (por ejemplo a 10 Hz), sin llegar a las tasas de visión perfectas con velocidades superiores a los 25Hz (o incluso 50 Hz), totalmente innecesarias para la aplicación solicitada.

Ejercicio 17

Una línea aérea quiere ofrecer un servicio de bajo coste para el transporte aéreo. Para ello, se plantea reducir gastos y uno de esos gastos es el equipamiento de entretenimiento a bordo, es decir, pantallas táctiles, películas, juegos, etc. Sin embargo, con el fin de mejorar la experiencia al viajero, quiere ofrecerle la posibilidad de disfrutar de una serie de películas y series, para que el viajero las visualice durante el vuelo en su propio dispositivo móvil.

Dicho entretenimiento quiere darse con calidad Full HD (es decir, 1920 x 1080 píxeles), y se plantean dos posibles soluciones: a) que el cliente se lo descargue previamente al embarcar y se habilite la reproducción en el avión; o b) que la información se transmita a aquellos pasajeros que lo demanden, enviándole sólo la película o serie que escoja.

Se estima un número máximo de 200 pasajeros.

Escoja una opción de forma razonada, dando argumentos para cada una de sus decisiones.

A priori la opción a) elimina todo tipo de coste a la compañía aérea en el avión y no tendría que hacer consideraciones de anchos de banda o de sistemas de almacenamiento. Sin embargo, forzaría al pasajero a estar pendiente antes y saber qué es lo que querría ver en el momento del vuelo. Además, debería crear algún tipo de aplicación que no le permitiera al pasajero ver las películas cuando no está en el avión (por ejemplo, creándose un reproductor propietario y que sólo reprodujese el contenido en la franja horaria del vuelo).

Pero antes de descartar la opción b), hagamos unos cálculos para ver lo que supondría esta alternativa.

Consideremos una película de 2 horas de duración, a 50 Hz de velocidad de refresco, y con una tasa de compresión de 50:1. Esto implicaría que para cada película se necesitaría lo siguiente.

$1920 * 1080 \text{ pixels} * 4 \text{ bytes} * 50 \text{ pantallas/segundo} * 3600 \text{ segundos} * 2 \text{ horas} / 50 = 59.719.680.000 \text{ bytes de almacenamiento} = 55,6 \text{ GB.}$

$1920 * 1080 \text{ pixels} * 24 \text{ bits} * 50 \text{ pantallas/segundo} / 50 = 49.766.400 \text{ bps} = 50 \text{ Mbps}$ de comunicación en tiempo real.

Si suponemos una oferta de unas 10 películas, el avión debería disponer de más 500 MB de almacenamiento, lo cual puede considerarse asumible con la tecnología actual de discos duros.

Pero si consideramos el caso extremo de los 200 pasajeros demandando el visionado de una película, estaríamos hablando de 10 Gbps, lo cual sólo sería asumible de forma cableada, lo cual implicaría un coste elevado en el avión (cableado, conectores, mantenimiento, etc.), sólo ahorrándose la instalación de la pantalla por asiento.

Por tanto, parece bastante obvio que si lo que la compañía aérea busca es abaratar costes de los aviones, es mucho mejor opción la de que el pasajero se lo descargue previamente en su casa y lo visualice en el avión (es decir, la opción a).

Sin embargo, la opción a) lleva un inconveniente asociado, y es la necesidad de espacio de almacenamiento del cliente en su dispositivo móvil. Con los cálculos realizados, el cliente, si sólo se descarga una película, necesitaría 50 GB libres en su dispositivo, lo cual no suele ser posible.

Esto haría plantear una bajada de la calidad de la película, o un aumento de la compresión de datos. De hecho esta última opción es la más viable, ya que si pensamos en lo que tenemos actualmente almacenado en nuestro teléfono móvil, podemos fácilmente comprobar que las últimas versiones de MPEG consiguen ratios de compresión superiores respecto a la de 50:1 utilizada en este problema.

Es por ello que seguimos decantándonos por la opción a), pero utilizando unos formatos de video más cercanos a lo actualmente disponible.

Ejercicio 18

Una nueva empresa de control de incendios necesita conectar todos los equipos de sus oficinas para que la empresa funcione correctamente (casi la totalidad de ellas son estaciones de trabajo).

La empresa dispone de 2 sedes situadas en Valencia pero separadas 5 km de distancia entre sí, teniendo una superficie de 400 m² cada una. La cantidad de estaciones de trabajo en cada sede es de 50 para cada una.

Debido a requisitos internos de la empresa, las comunicaciones entre las sedes deben tener una velocidad bastante aceptable (10 Mbps como mínimo) y el coste debe ser lo más reducido posible.

Además la velocidad de comunicación entre los dispositivos internos en las sedes debe ser lo más elevada posible. Y el nivel de seguridad debe ser muy alto en las comunicaciones internas y externas. Por último, ten en cuenta que no se puede cifrar la comunicación a nivel interno, pero sí a nivel externo.

Teniendo en cuenta toda esta información, y defendiéndola razonablemente frente a otras posibles soluciones, debe elegir la tecnología de comunicación a utilizar para lo siguiente.

- a) Conectar las sedes entre sí.
- b) Conectar los equipos internos de cada sede.
- c) El control de acceso de los empleados a las sedes y su conexión con el PC de supervisión.

a) Para la comunicación entre las 2 sedes con una distancia de 5 Km.

Cualquier solución que necesite crear una conexión propia (RS-485, Ethernet, inalámbrico, etc.) no es viable debido al coste de los cables, repetidores e instalación. Por lo tanto, la solución más lógica sería usar la línea telefónica pública para transmitir la información.

Como la velocidad de transferencia debe ser de al menos 10 Mbps, no se puede utilizar comunicación con router tradicional y la única solución viable sería ADSL, pero teniendo en cuenta que habría que cifrar la información para tener un nivel de seguridad alto, tal como indica el enunciado.

b) Para la comunicación entre los dispositivos dentro de las sedes (la misma solución para ambas).

Debido a que todos los equipos son PCs, la solución más lógica sería usar una interfaz común integrada en todos ellos basada en TCP/IP (Ethernet o WiFi). Otras soluciones serían más ilógicas teniendo en cuenta que deben conectarse PCs entre sí. Según las condiciones del enunciado, para elegir entre Ethernet o WiFi, hay que considerar los costes, las distancias, el número de equipos y la seguridad.

Si se considera la opción WiFi, ésta sería la solución más económica porque el router ADSL normalmente tiene una interfaz WiFi y la conexión WiFi es muy económica hoy en día. Además la superficie de las salas hace pensar que nunca se sobrepasarían los límites de distancia para WiFi utilizando varios puntos de acceso. Y tampoco habría problemas en comunicar 50 equipos usando estos puntos de acceso. Pero fallaría la condición de que se tenga que elegir la máxima velocidad y un nivel de seguridad elevado (porque no se puede cifrar la comunicación interna).

Si se considera Ethernet, necesitará usar hubs / switches e instalar un sistema de cableado, lo que eleva enormemente el coste, pero no se tiene este impedimento en el enunciado. Y además no habría problemas con la velocidad, ni el número de equipos ni la seguridad elevada (en principio, la comunicación cableada es mucho más segura que la inalámbrica).

Por tanto, según lo razonado, para este problema la mejor solución viable Ethernet.

c) Para el control de acceso, la única solución viable según hemos visto en la asignatura sería RFID, que es el sistema pensado para ello. Y para comunicar los dispositivos RFID al PC de supervisión se tendría que aprovechar la infraestructura de comunicación interna que se ha elegido para el apartado 2, por tanto se podría hacer por Ethernet.

Ejercicio 19

En el diseño de un sistema electrónico digital es necesario manejar una señal analógica que proviene de un sensor de temperatura que proporciona una información entre -20 y -50°C .

Las tensiones de referencia del convertidor ADC del microcontrolador del sistema, al que está conectado el sensor, están fijadas por el sistema entre -10V y $+10\text{V}$ y está ajustado para convertir a 16 bits. La frecuencia máxima de señal a muestrear es de 6 MHz.

a) Determine el error de cuantificación y el tiempo de conversión del ADC del microcontrolador.

b) Si se quieren guardar los valores digitales consecutivamente en la memoria Flash del microcontrolador, indique la capacidad de esta memoria para guardar 4 segundos de la señal digital.

Además de este sensor de temperatura, el microcontrolador se va a encargar de controlar a los siguientes dispositivos.

- Un display LCD normal de 28 x 2 caracteres y 8 bits de datos.
- Una memoria Flash SPI que puede almacenar 3000 mensajes (cada mensaje ocupa 2 bytes).
- Un sensor de humedad con conexión I2C y 8 bits de datos útiles.
- Un pendrive antiguo con conexión RS-485 (para descargar los eventos).
- Un sensor de presencia digital de máxima precisión.
- Un altavoz para proporcionar señales de sonido, sacando la señal de sonido a partir de un valor digital que se debe convertir en analógico directamente.
- Un módem actual para comunicar con una estación central situada a kilómetros de distancia

Con todos estos datos de los dispositivos conectados al microcontrolador:

c) Indique el tamaño necesario en la memoria EEPROM interna en el micro para que pueda almacenar toda la información de la memoria Flash SPI.

d) Dibuja finalmente el diagrama de bloques para el microcontrolador en el cual se muestran todos los elementos anteriormente indicados en el enunciado (con las interfaces/bloques del microcontrolador y justificando las posibles decisiones).

a) Tenemos 16 bits en el ADC. 16 bits significan $2^{16} = 65.536$ pasos de cuantificación. Como el rango del ADC es de 20V (+10V --- -10V), el error de cuantificación es $= \pm (20/65536) / 2 = 0,0001525$ V.

Para el tiempo de conversión, necesitamos conocer la frecuencia de muestreo, que debe ser igual o superior al doble de la frecuencia máxima de la señal a convertir, por tanto: $f_s \geq 2 * f_{max} = 2 * 6 \text{ MHz} = 12 \text{ MHz}$. Por tanto, el tiempo de conversión debe ser menor de 83 ns ($1/12000000$).

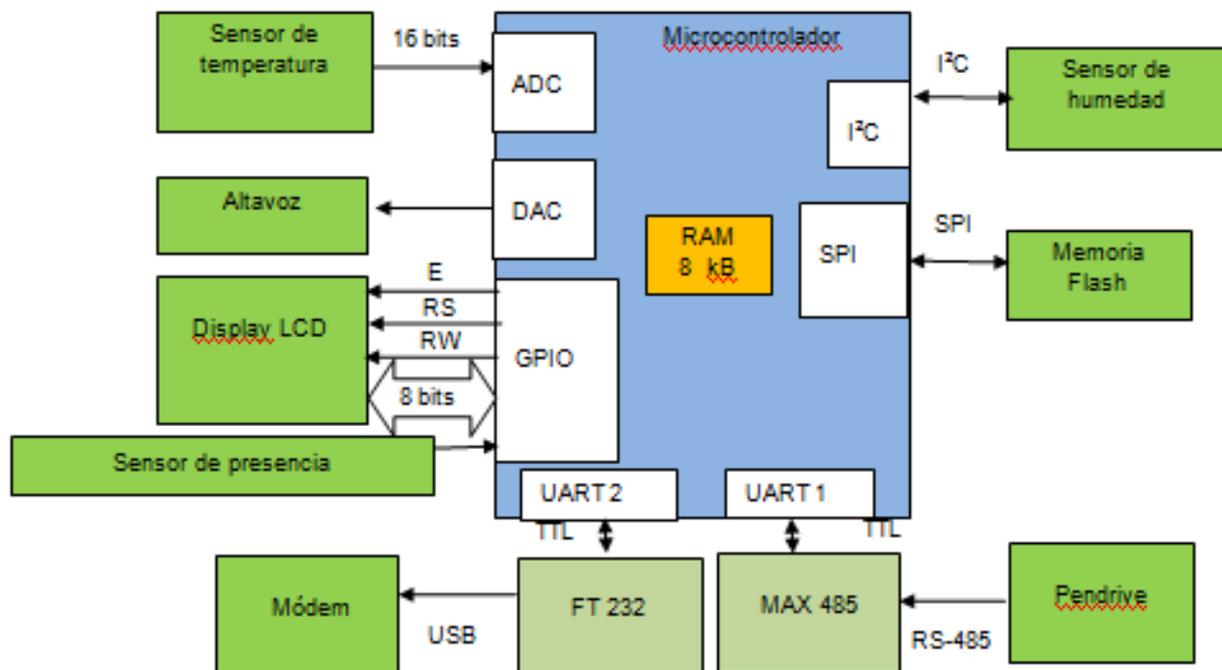
b) Cada muestra se debe guardar en 16 bits. En cada segundo se guardan 12.000.000 muestras. Por tanto, en 4 segundos se guardan 48.000.000 muestras. El ancho de las memorias tienen normalmente un tamaño de potencia de 2 (8, 16, 32 o 64 bits), en este caso se necesita una de 16 bits (16 bits para cada valor y no se pierde ningún bit). Necesitamos 48.000.000 palabras, lo que implica 96.000.000 bytes = 96 MB.

c) La memoria EEPROM debe tener al menos 6 KB, porque son 2 bytes x 3000 mensajes = 6 Kbytes.

d) Diagrama de bloques del sistema completo.

- El display LCD necesita 8 bits para los datos (están conectados en pines secuenciales para facilitar la programación) y 3 bits para el control (E, RS, RW). Por lo tanto, se utilizan los pines GPIO correspondientes.
- La memoria Flash tiene una interfaz digital SPI, por lo que se conectará a uno de los puertos SPI en el microcontrolador.
- El sensor de humedad tiene una interfaz digital I2C, por lo que se conectará a uno de los puertos I2C en el microcontrolador.
- El pendrive antiguo se conectará a través del puerto UART (por ejemplo, UART1), utilizando un transductor serie TTL-RS485 (por ejemplo, MAX485) (0,5 puntos).
- La señal del altavoz debe salir directamente del bloque DAC del microcontrolador.
- El sensor de presencia digital se conectará a una entrada digital del bloque GPIO del microcontrolador.
- El módem podemos suponer que tiene un puerto USB, luego se conectará a través de otro puerto UART (por ejemplo, UART2), utilizando un transductor serie TTL-USB (por ejemplo, FTD232).

Con lo que el diagrama de bloque final de la solución sería el siguiente.



Ejercicio 20

Hay que diseñar un sistema de comunicación para poder transmitir información de video de 10 cámaras a un PC central, que debe poder mostrar esta información en tiempo real. Las cámaras están ubicadas en un edificio con una superficie de 500 m² y el servidor central está ubicado en el centro a la misma distancia de cada cámara.

La información del video está formada por fotogramas en escala de grises de 600 x 180 píxeles, actualizados con una frecuencia de 10 Hz.

Además, el servidor central debe almacenar la información recogida por las cámaras durante todo el día para luego enviarlo a otro sistema de rango superior y borrarla para el siguiente día. Este sistema debe ser absolutamente resistente ante cualquier fallo que pudiese aparecer y lo más barato posible.

Responda las siguientes preguntas de manera razonada.

- ¿Cuál sería la velocidad de transferencia utilizada por el servidor central para todas las cámaras?
- ¿Qué tecnología por cable utilizaría para implementar la comunicación?
- Indique qué memoria comercial sería necesaria para almacenar la información diaria recogida y que sistema de almacenamiento sería el más recomendable.

a) Cada cámara envía $600 \times 180 \times 8$ bits (porque es una escala de grises) = 864.000 bits = 864 Kbits. Como la información se envía con una velocidad de 10 pantallas por segundo, la velocidad de transferencia es de 8,6 Mbps para cada cámara.

Sin embargo, la información debe enviarse a 10 cámaras, por lo que necesita una velocidad de transferencia de 8.600 Kbps = 86 Mbps.

b) Considerando la velocidad de transferencia del apartado a) y las distancias requeridas, se podría utilizar cualquier tecnología de cable tradicional que alcance esta velocidad. ADSL no es una opción porque las distancias no son suficientes. Quizás la mejor solución sería Firewire porque la aplicación administra las señales de video y además se dice que se necesita tiempo real.

c) Hay que hacer el cálculo de información a almacenar. Es decir, 600×180 pixeles/pantalla * 1 byte/pixel * 10 pantalla/segundo * 3600 segundos/hora * 24 horas = 1118882592000 bytes, lo que implica 93,3 GB, pero como debe ser de tamaño comercial, se necesita una memoria de 120 GB para una pantalla, lo que significan 1,2 TB para las 10 cámaras.

Sobre el sistema de almacenamiento está claro que, debido a la consideración del enunciado sobre que el sistema debe ser absolutamente resistente ante cualquier fallo que pudiese aparecer y lo más barato posible, la única solución factible es un sistema RAID con dos discos duros de 1,2 TB, cada uno de tipo magnético.

Ejercicio 21

Para crear un nuevo centro de I+D es necesario conectar todos los dispositivos de información. Los límites presupuestarios obligan a buscar la solución más económica. Además hay que controlar el acceso a las salas. Desgraciadamente, el centro de I+D debe crearse utilizando 2 salas, a 3 km de distancia entre sí, con una superficie de 100 m² cada una. Debido al trabajo de I+D las comunicaciones entre las salas deben tener una velocidad bastante aceptable (1 Mbps como mínimo). El número de puestos de trabajo en cada sala es de 10.

Teniendo en cuenta toda esta información, tiene que elegir la tecnología de comunicación para ese problema y dibujar su diagrama de bloques. Elija su solución entre varias alternativas y defiéndela razonadamente.

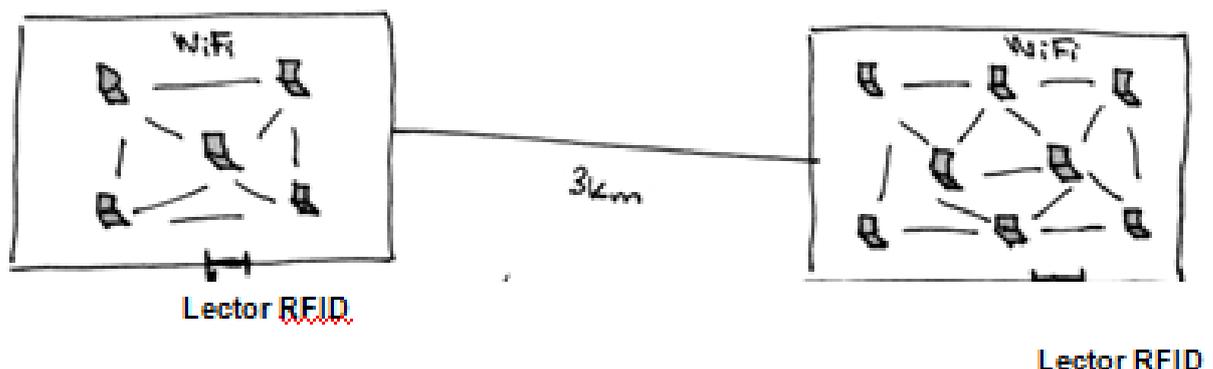
Como se puede ver en el problema, hay que resolver varios temas. Por un lado se tiene la comunicación entre las 2 salas y por otro lado se tiene la comunicación entre los dispositivos dentro de las salas, y además hay que controlar el acceso. Es importante señalar que los dos requisitos principales son el coste económico (lo más barato posible) y la seguridad. Esto sería lo ideal, pero no es práctico porque cuanto más seguridad tenga, más caro será el coste de la solución. Así que hay que encontrar un equilibrio entre ambos requisitos.

a) Para la comunicación entre las 2 salas con una distancia de 3 Km, toda solución que necesite crear una conexión propia (RS-485, Ethernet, inalámbrica, etc) no es viable por el coste de los cables (si existen), repetidores e instalación. Por lo tanto, la solución más lógica sería utilizar la línea telefónica pública para transmitir la información. Como la velocidad de transferencia debe ser de 1 Mbps como mínimo, el ADSL será la única alternativa viable.

b) Para la comunicación entre los dispositivos dentro de las salas (la misma solución para ambos): Si se tiene en cuenta que la mayoría de los dispositivos a comunicar (o todos) son estaciones de trabajo (o sea, PCs), la solución más lógica sería utilizar sistemas integrados en los mismos basadas en TCP/IP (Ethernet o WiFi). Otras soluciones serían más caras según las interfaces a comprar y según el diseño necesario para la solución, así como los servicios correspondientes. Así, para elegir entre Ethernet o WiFi, habrá que tener en cuenta los costes, que dependerán de los dispositivos a instalar y del estado de la sala. Si se considera que los dispositivos deben comprarse nuevos y la sala no tiene ningún sistema de cableado, WiFi sería más barato porque el router ADSL tiene normalmente interfaz WiFi y la conexión WiFi es muy barata hoy en día. Si se usa Ethernet, hay que usar hubs/puentes e instalar un sistema de cableado, lo que eleva enormemente el coste. Ambas soluciones son viables, pero elegiríamos WiFi para este problema. El rango de distancia (10-15 metros) y la velocidad (1 Mbps) están cubiertos.

c) Para el acceso a las salas, la solución más lógica sería RFID, según los temas que hemos visto en el curso. Además es el sistema especialmente diseñado para ello.

Teniendo en cuenta todo esto, el diagrama de bloques podría ser el siguiente.



Ejercicio 22

Hay que desarrollar un sistema domótico para poder controlar un gran número de elementos en un edificio de 100 m². El sistema tendrá un nodo central que funcionará como coordinador y 35 nodos finales que controlarán cada elemento final.

Para implementar la comunicación con los nodos finales, el coordinador utiliza un transductor ZigBee/SPI CC2420. Los nodos finales están organizados de la siguiente manera.

- 10 actuadores automáticos de persiana.
- 10 actuadores de luz.
- 5 controladores de aire acondicionado.
- 3 sensores de incendio.
- 2 sensores de plaga.
- 5 sensores de presencia.

El nodo central (coordinador) también tendrá varios elementos que funcionarán como interfaz con el propietario de la vivienda. Algunos de ellos son los siguientes.

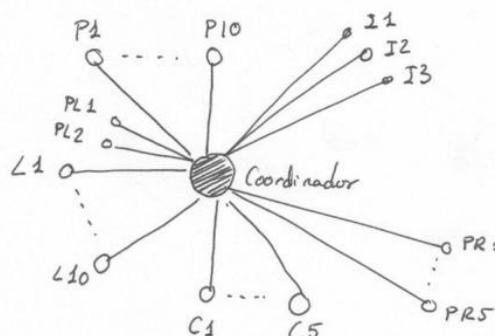
- Un LCD normal de 20 x 2 caracteres.
- Una memoria I2C EEPROM capaz de almacenar 250 eventos (cada evento necesitará 4 bytes).
- Un pendrive USB (para descargar los eventos).
- Un teclado matricial de 4x4 teclas.
- Un altavoz para proporcionar señales de sonido (utilizando una señal PWM, un filtro paso baja y un amplificador).

Con todos estos datos y utilizando un microcontrolador ARM para el coordinador, tiene que responder razonadamente a las siguientes preguntas.

- Indique la topología de conexión de todos los elementos del sistema domótico.
- Dibuje el diagrama de bloques para el nodo central (coordinador), en el que se muestren todos los elementos conectados al microcontrolador (con las interfaces del microcontrolador). Indique también el tamaño de la memoria EEPROM.

a) Topología de conexión de todos los elementos del sistema.

Hay que conectar 35 dispositivos en una superficie relativamente pequeña (un edificio pequeño) a través de ZigBee. Teniendo en cuenta que ZigBee permite el direccionamiento con más de 65.000 dispositivos y que su alcance es lo suficientemente grande como para cubrir la superficie mencionada y no hay ningún nodo router la topología más razonable y sencilla es la de estrella.



b) Diagrama de bloques.

- El teclado se conecta directamente a través de 8 pines del GPIO (4 pines para filas y 4 pines para columnas). Se conectan en pines secuenciales para facilitar la programación.
- La señal entregada al altavoz puede provenir directamente de una salida digital en el microcontrolador, a la que se le aplicará un filtro paso baja y un paso de amplificación posterior. Esa señal ofrecerá una salida periódica con la frecuencia deseada siempre. Se utilizará un PWM (MAT) para generar esta señal.
- El pendrive USB se conectará a través del puerto UART (por ejemplo UART0), utilizando un transceptor serie TTL-USB (por ejemplo FT1232).
- El transceptor ZigBee (CC2420) tiene una interfaz digital SPI, por lo que se conectará a uno de los puertos SPI del microcontrolador.
- El LCD necesita 8 bits para datos (se conectan en pines secuenciales para facilitar la programación) y 3 bits para control (E, RS, R/W). Para ello se utilizan los pines GPIO correspondientes.
- La memoria EEPROM debe tener al menos 1 KB (250 * 4 bytes) y se conecta a través de I2C.

