

Capítulo 7

Arquitecturas de controladores para robots

7.1 Tipos de Controladores utilizados en robótica

En la robótica se emplean numerosos tipos de controladores desde grandes equipos cómputo que controlan robots de producción hasta equipos embebidos que realizan una tarea específica con recursos computacionales muy limitados.

7.1.1 Microprocesadores

Los microprocesadores fueron los primeros dispositivos empleados en robots que requerían hacer procesamiento de información, un sistema con microprocesador consiste en un procesador central y todos los dispositivos necesarios para adquirir información y entregarla, así tenemos que un sistema con microprocesador requiere de memorias, puertos, y dispositivos que le sirvan de interface con el exterior además de la electrónica de control que administre todos los dispositivos.

Un sistema microprocesador no puede ser aplicado tan fácilmente a un robot móvil pues la cantidad de elementos necesarios para tener un sistema funcional requieren de mucho espacio, por lo que quedan descartados para la aplicación en cuestión.

Un sistema con microprocesadores sirve más bien para un sistema de propósito general como una computadora personal donde las tareas para las que se destina son variadas y de diferentes tipos y prioridades.

Una de las grandes desventajas de los sistemas con microprocesadores es que pasa una importante cantidad del tiempo procesando comandos de control lo que reduce la cantidad de trabajo efectivo sobre la información de interés.

Un diagrama de bloque sobre las partes constitutivas de un sistema basado en microprocesador se muestra a continuación

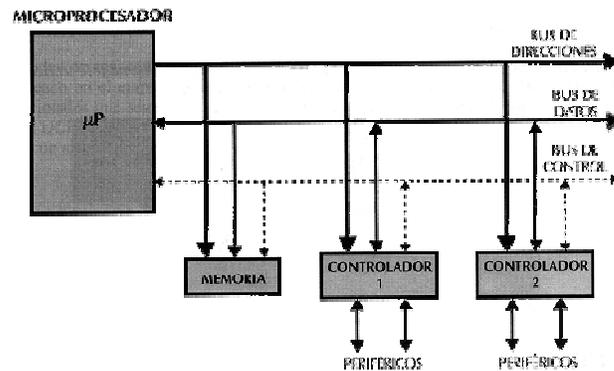


Figura 7.1 Microprocesador y periféricos mínimamente necesarios.

Se puede observar en la figura 7.1 que el microprocesador dedica varias líneas de comunicación y control con las diferentes partes a fin de mantener la coordinación entre los diferentes sistemas como la memoria y los controladores de los distintos periféricos que se necesiten a fin de realizar la tarea que se les ha encomendado en la etapa de diseño.

Desde el punto de vista funcional, un microprocesador es un circuito integrado que incorpora en su interior una unidad central de proceso (CPU) y todo un conjunto de elementos lógicos que permiten enlazar otros dispositivos como memorias y puertos de entrada y salida (I/O), formando un sistema completo para cumplir con una aplicación dentro del mundo real. Para que el sistema pueda realizar su labor debe ejecutar paso a paso un programa que consiste en una secuencia de números binarios o instrucciones, almacenándolas en uno o más elementos de memoria, generalmente externos al mismo.

7.1.2 Microcontroladores

Los microcontroladores son sistemas que incluyen en un solo encapsulado todos los elementos de un sistema de control específico, de manera que la aplicación de los sistemas basados en microcontroladores resulta muy adecuada en dispositivos de precio contenido, dimensiones reducidas y que requieran realizar de forma efectiva una determinada tarea, son los dispositivos que se utilizan la mayoría de las veces para la realización de sistemas de propósito específico e embebidos que se estudiarán más adelante.

La figura 7.2 muestra un diagrama esquemático de un microcontrolador que incluye numerosos dispositivos como CCP, timers, ADC, etc.

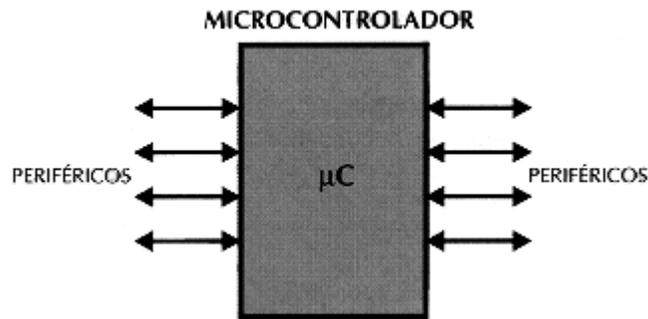


Figura 7.2 Sistema microcontrolador

Los microcontroladores además de tener el sistema mínimo de procesamiento de la información tienen numerosos periféricos integrados cuyas salidas y entradas comparte con los puertos de propósito general, de esta manera tenemos que los microcontroladores incluyen.

Puertos de Entrada y Salida

La principal utilidad de los pines que posee la cápsula que contiene un microcontrolador es soportar las líneas de Entrada/Salida (E/S) que comunican al computador interno con los periféricos exteriores. Suelen ser interfaces de señales digitales.

Según los controladores de periféricos que posea cada modelo de microcontrolador, las líneas de E/S se destinan a proporcionar el soporte a las señales de entrada, salida y control.

Reloj principal

Todos los microcontroladores disponen de un circuito oscilador que genera una onda cuadrada de alta frecuencia, que configura los impulsos de reloj usados en la sincronización de todas las operaciones del sistema.

Generalmente, el circuito de reloj está incorporado en el microcontrolador y sólo se necesitan unos pocos componentes exteriores para seleccionar y estabilizar la frecuencia de trabajo. Dichos componentes suelen consistir en un cristal de cuarzo junto a elementos pasivos o bien un resonador cerámico o una red R-C.

Aumentar la frecuencia de reloj supone disminuir el tiempo en que se ejecutan las instrucciones pero conlleva un incremento del consumo de energía.

Otros periféricos

Cada fabricante oferta numerosas versiones de una arquitectura básica de microcontrolador. En algunas amplía las capacidades de las memorias, en otras incorpora nuevos recursos, en otras reduce las prestaciones al mínimo para aplicaciones muy simples, etc. La labor del diseñador es encontrar el modelo mínimo que satisfaga todos los requerimientos de su aplicación. De esta forma, minimizará el coste, el hardware y el software.

Los principales recursos específicos que incorporan los microcontroladores son:

- Temporizadores o "Timers".
- Perro guardián o "Watchdog".
- Protección ante fallo de alimentación o "Brownout".
- Estado de reposo o de bajo consumo.
- Conversor A/D.
- Conversor D/A.
- Comparador analógico.
- Modulador de anchura de impulsos o PWM.
- Puertas de E/S digitales.
- Puertas de comunicación.

Temporizadores o Timers

Se emplean para controlar periodos de tiempo (temporizadores) y para llevar la cuenta de acontecimientos que suceden en el exterior (contadores).

Para la medida de tiempos se carga un registro con el valor adecuado y a continuación dicho valor se va incrementando o decrementando al ritmo de los impulsos de reloj o algún múltiplo hasta que se desborde y llegue a 0, momento en el que se produce un aviso mediante una interrupción la que puede ser atendida o ignorada dependiendo de la habilitación de las interrupciones o de la carga de trabajo del microcontrolador, por ejemplo si la CPU se encuentra dentro de una rutina de atención a interrupción no puede atender una nueva petición de atención a interrupción aún si ésta última tiene mayor prioridad.

Cuando se desean contar acontecimientos que se materializan por cambios de nivel o flancos en alguna de las pines del microcontrolador, el mencionado registro se va incrementando o decrementando al ritmo de dichos impulsos.

Perro guardián o Watchdog

Cuando el microcontrolador se bloquea por un fallo del software u otra causa, se pulsa el botón del reset y se reinicia el sistema o bien un microcontrolador funciona sin el control de un supervisor y de forma continuada las 24 horas del día. El perro guardián consiste en un temporizador que, cuando se desborda y pasa por 0, provoca un reset automáticamente en el sistema.

Se debe diseñar el programa de trabajo que controla la tarea de forma que refresque o inicialice al perro guardián antes de que provoque el reset. Si falla el programa o se bloquea, no se refrescará al perro guardián y al completar su conteo provocará el reset.

Protección ante fallo de alimentación o "Brownout"

Se trata de un circuito que resetea al microcontrolador cuando el voltaje de alimentación (VDD) es inferior a un voltaje mínimo ("brownout"). Mientras el voltaje de alimentación sea inferior al de brownout el dispositivo se mantiene reseteado, comenzando a funcionar normalmente cuando sobrepasa dicho valor.

Estado de reposo o de bajo consumo

Son abundantes las situaciones reales de trabajo en que el microcontrolador debe esperar, sin hacer nada, a que se produzca algún acontecimiento externo que le ponga de nuevo en funcionamiento. Para ahorrar energía (factor clave en los aparatos portátiles), los microcontroladores disponen de una instrucción especial (SLEEP en los PIC), que les pasa al estado de reposo o de bajo consumo, en el cual los requerimientos de potencia son mínimos. En dicho estado se detiene el reloj principal y se "congelan" sus circuitos asociados. Al activarse una interrupción ocasionada por el acontecimiento esperado, el microcontrolador se despierta y reanuda su trabajo.

Convertor Analógico/Digital (CAD)

Los microcontroladores que incorporan un Convertor A/D (Analógico/Digital) pueden procesar señales analógicas, tan abundantes en las aplicaciones reales. Suelen disponer de un multiplexor que permite aplicar a la entrada del CAD diversas señales analógicas desde los pines del circuito integrado.

Convertor Digital/Analógico (CDA)

Transforma los datos digitales obtenidos del procesamiento del computador en su correspondiente señal analógica que saca al exterior por una de los pines.

Este periférico solamente se encuentra en algunas versiones avanzadas de microcontroladores.

Comparador analógico

Algunos modelos de microcontroladores disponen internamente de un amplificador operacional que actúa como comparador entre una señal fija de referencia y otra variable que se aplica por uno de los pines. La salida del comparador proporciona un nivel lógico 1 ó 0 según una señal sea mayor o menor que la otra.

También hay modelos de microcontroladores con un módulo de tensión de referencia que proporciona diversas tensiones para los comparadores.

Modulador de anchura de impulsos o PWM

Son circuitos que proporcionan en su salida impulsos de anchura variable. Este periférico resulta especialmente útil en el control de motores de corriente directa ya que permite controlar la velocidad y el torque que puede generar un motor de corriente directa.

Con objeto de dotar al microcontrolador de la posibilidad de comunicarse con otros dispositivos externos se suelen incluir algunos de los siguientes periféricos.

UART, adaptador de comunicación serie asíncrona.

USART, adaptador de comunicación serie síncrona y asíncrona

Puerta paralela esclava para poder conectarse con los buses de otros microprocesadores.

USB (Universal Serial Bus), que es un moderno bus serie para las computadoras.

Bus I2C, que es un interfaz serie de dos hilos desarrollado por Philips.

CAN (Controller Area Network), para permitir la adaptación con redes de conexión multiplexado desarrollado conjuntamente por Bosch e Intel para el cableado de dispositivos en automóviles. En EE.UU. se usa el J1850.

7.1.3 PDA

Los PDA *Personal Digital Assistant* (Asistente Digital Personal) son dispositivos de mano originalmente diseñado como agenda electrónica (calendario, lista de contactos, bloc de notas y recordatorios) con un sistema de reconocimiento de escritura.



Figura 7.3 Una PDA IPaq de HP

Hoy en día estos dispositivos, pueden realizar muchas de las funciones que hace una computadora de escritorio (ver películas, crear documentos, juegos, correo electrónico, navegar por Internet, reproducir archivos de audio, etc.) pero con la ventaja de ser portátil.

De esta manera es posible dedicar un PDA al procesamiento de la información requerida en la aplicación de la robótica aprovechando la creciente capacidad de procesamiento de estos dispositivos y sus reducidas dimensiones.

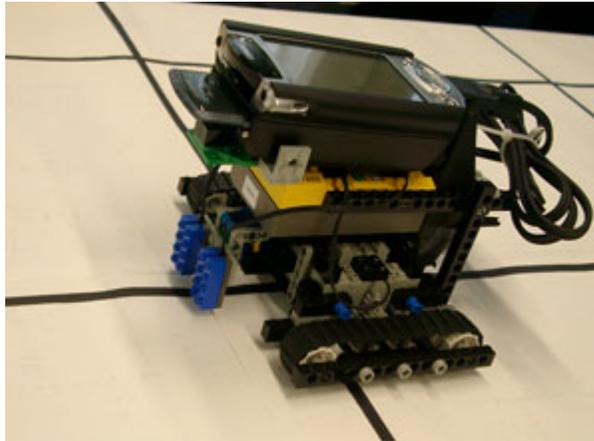


Figura 7.4 Robot controlado por una PDA

Algunas de las características con las que cuentan las modernas PDA son las siguientes.

- Procesadores de más de 500 MHz
- Memorias de varios MB, que para aplicaciones portátiles resultan más que suficientes
- Conectividad alambica e inalámbrica
- Servicio de sistemas operativos que permiten correr aplicaciones de alto nivel con pantallas gráficas inclusive.

Dentro de los sistemas operativos que se utilizan para los sistemas PDA se encuentran

- Palm OS.
- Pocket PC.
- Symbian OS.
- Varias distribuciones de Linux.

7.1.4 Computadoras personales

Las computadoras personales representan los dispositivos más ampliamente utilizados para el procesamiento de la información. Su popularidad y diversidad de presentaciones las hacen accesibles para la mayoría de las personas.

Mediante técnicas de la teoría de control digital se puede aplicar fácilmente los postulados de la inteligencia artificial.

Las computadoras personales también facilitan el desarrollo y ejecución de varias tareas al mismo tiempo permitiendo lo que se conoce como ejecución multiprocesos, es decir la realización de diferentes tareas que mejoran el comportamiento general del robot, así por ejemplo, un hilo puede dedicarse al procesamiento de la información proporcionada por los sensores mientras que otro puede planear la navegación, mientras que otro hilo se encarga de controlar los actuadores, etc.

Las modernas computadoras personales disponen de recursos que permiten una elevada capacidad de procesamiento que hasta hace algunos años no era posible.

De esta manera se tiene que las limitaciones de los microcontroladores con sus reducidos recursos de hardware se eliminan debido a la creciente cantidad de elementos como memoria RAM, memoria de almacenamiento de programas y datos, la velocidad de procesamiento de los procesadores, los periféricos como la comunicación inalámbrica, etc. Que al ser administrados por sistemas operativos hacen que los servicios sean transparentes para las aplicaciones y los diseñadores.

El avance de la tecnología de las computadoras personales permitirá su mayor aplicación en el campo de la robótica móvil. Por ejemplo la computadora *fit-PC* es una completa computadora con conectividad inalámbrica inclusive, en un tamaño que cabe en la palma de la mano. Esta computadora personal tiene todos los elementos de una computadora personal de escritorio con un procesador Intel ATOM, 1 GB de memoria RAM, disco duro de 80 GB, tarjeta de video integrada que permite la ejecución de aplicaciones de control con todas las ventajas que ofrece una computadora personal.



Figura 7.5 Computadora personal *fit-PC*

7.1.5 Sistemas embebidos

Los sistemas embebidos son dispositivos que han sido diseñados para realizar eficientemente una sola tarea bien definida y delimitada.

Algunos robots de propósito específico son los robots industriales que han sido diseñados para labores de manufactura como ensamblado de piezas y soldadura, estos robots solo son útiles para un trabajo específico y se les puede utilizar para otras labores solo dentro de ciertos límites.

Un sistema embebido resulta cuando se tiene un robot que está listo para salir al mercado, como es el caso del robot limpiador Roomba, que se muestra en la figura 7.6.



Figura 7.6 Robot embebido Roomba

7.2 Controlador seleccionado

Considerando la familiaridad con los microcontroladores PIC de Microchip se decidió emplear uno de sus microcontroladores más conocidos, el PIC16F877A, el diagrama de los elementos con que cuenta el microcontrolador se muestra en la figura 7.7.

Los periféricos que se utilizaron para la realización del robot son los siguientes.

- CAD, convertidores analógicos digitales para la lectura de los 4 sensores de distancia.
- CCP para el control de la velocidad de las ruedas.
- USART para depuración.

En la figura 7.7 se muestra todos los elementos con los que cuenta el microcontrolador, además de la cantidad de memoria RAM y ROM.

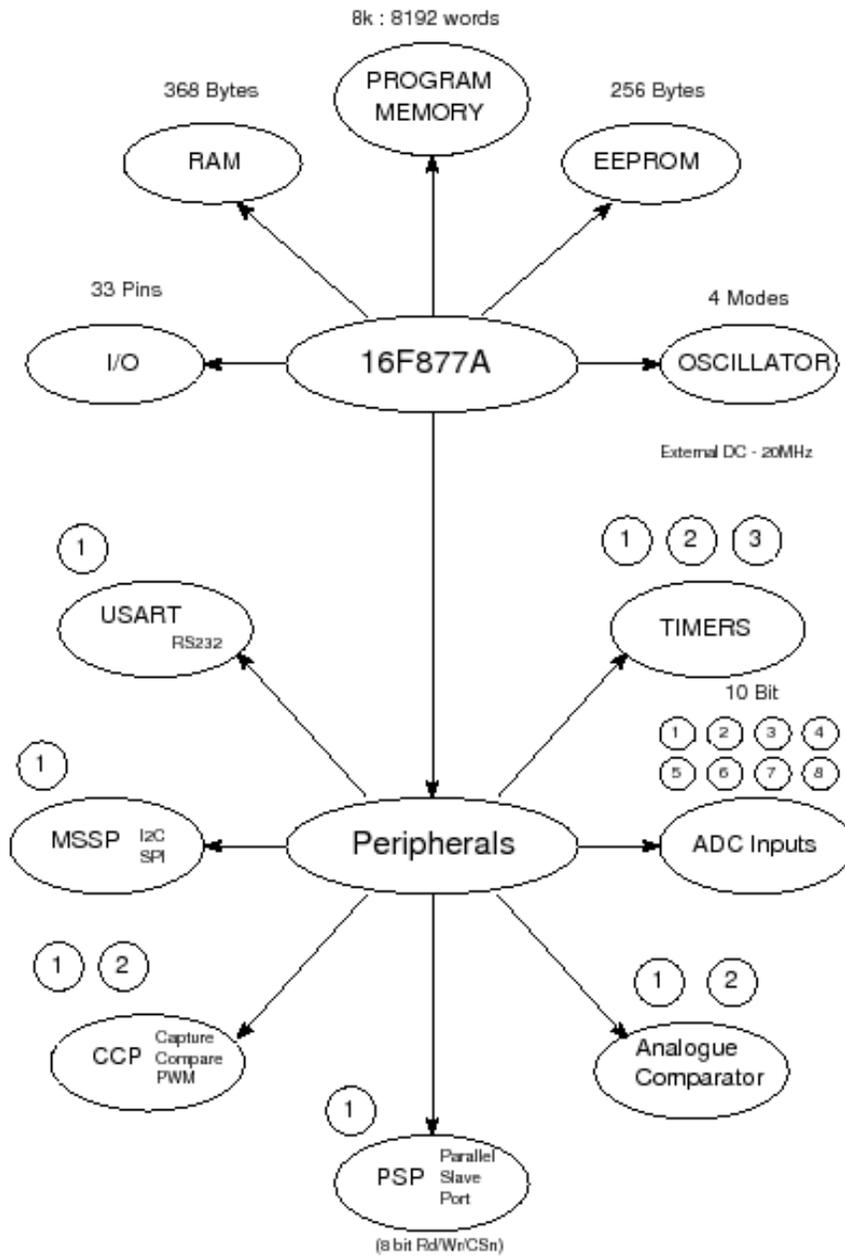


Figura 7.7 Periféricos que incluye el microcontrolador utilizado