

Proyecto Final
Robot recolector de residuos
Diseño, implementación y construcción física

Guillermo Campelo
Juan Ignacio Goñi
Diego Nul

22 de junio de 2010

Resumen

Índice

1. Requerimientos	5
2. Ideas de implementación	5
2.1. Locomoción	5
2.2. Sensado del entorno	5
2.3. Controlador	5
2.4. Método de recolección	5
3. Actuadores	5
3.1. Motores de continua	5
3.1.1. Características	5
3.1.2. Circuito de control	6
3.1.3. Rutinas de control	7
3.2. Servo motores	8
3.2.1. Circuito de control	8
3.2.2. Rutinas de control	9
4. Sensado	9
4.1. Telémetros infrarrojos	9
4.1.1. Características	9
4.1.2. Circuito de control	9
4.1.3. Diagrama de conexión	9
4.1.4. Rutinas de control	9
4.2. Sensor de distancia por ultrasonido	9
4.2.1. Características	9
4.2.2. Circuito de control	10
4.2.3. Diagrama de conexión	10
4.2.4. Rutinas de control	10
4.3. Sensor reflectivo de piso	10
4.3.1. Características	10
4.3.2. Circuito de control	10
4.3.3. Diagrama de conexión	10
4.3.4. Rutinas de control	10
4.4. Encoders	10
4.4.1. Características	10
4.4.2. Circuito de control	10
4.4.3. Diagrama de conexión	11
4.4.4. Rutinas de control	11
4.5. Sensado de la batería	11
4.5.1. Características	11
4.5.2. Circuito de control	11
4.5.3. Rutinas de control	11
4.6. Consumo del motor	11
4.6.1. Características	11
4.6.2. Circuito de control	11
4.6.3. Rutinas de control	11
4.6.4. Pulsador u otro dispositivo disparador	11
4.6.5. Características	11

4.6.6.	Circuito de control	11
4.6.7.	Rutinas de control	12
5.	Controladores	12
5.1.	Netbook	12
5.2.	Microcontrolador	12
5.2.1.	Características	12
5.2.2.	Diagrama del microcontrolador	12
5.2.3.	Módulos internos	12
5.2.4.	Programación del firmware	12
6.	Comunicación	12
6.1.	Conectividad entre módulos	12
6.2.	Protocolo de comunicación	12
6.2.1.	Características básicas	12
6.2.2.	Comandos comunes	13
6.2.3.	Comandos específicos	13
6.2.4.	Estadísticas	13
7.	Placas controladoras	13
7.1.	Placa genérica	13
7.1.1.	Características principales	13
7.1.2.	Módulo de comunicación	13
7.1.3.	Alimentación de la placa	13
7.1.4.	Configuración	13
7.1.5.	Esquemático	13
7.1.6.	Circuito	13
7.1.7.	Código básico	14
7.1.8.	Posibles extensiones	14
7.2.	Placa controladora de motores DC	14
7.2.1.	Características principales	14
7.2.2.	Módulo de comunicación	14
7.2.3.	Alimentación de la placa	14
7.2.4.	Configuración	14
7.2.5.	Esquemático	14
7.2.6.	Circuito	14
7.2.7.	Código básico	14
7.2.8.	Posibles extensiones	15
7.3.	Placas de sensado	15
7.3.1.	Características principales	15
7.3.2.	Módulo de comunicación	15
7.3.3.	Alimentación de la placa	15
7.3.4.	Configuración	15
7.3.5.	Esquemático	15
7.3.6.	Circuito	15
7.3.7.	Código básico	15
7.3.8.	Posibles extensiones	15
7.4.	Placa controladora de servo motores	15
7.4.1.	Características principales	16
7.4.2.	Módulo de comunicación	16

7.4.3.	Alimentación de la placa	16
7.4.4.	Configuración	16
7.4.5.	Esquemático	16
7.4.6.	Circuito	16
7.4.7.	Código básico	16
7.4.8.	Posibles extensiones	16
8.	Armado del prototipo	16
8.1.	Diseño	16
8.2.	Características	16
8.3.	Desarme	16
8.4.	Costo y proveedores	16
A.	Primer apéndice Hardware	17
B.	Segundo apéndice Hardware	17

1. Requerimientos

2. Ideas de implementación

2.1. Locomoción

distintos tipos de locomoción que tuvimos en cuenta y porque elegimos este

2.2. Sensado del entorno

distintos tipos de sensores disponibles y porque elegimos estos

2.3. Controlador

distintas formas de diagramar la forma de control, que tipo de controladores necesitamos, en cuales pensamos, con cuales nos quedamos

2.4. Método de recolección

distintos metodos que se nos ocurrieron

3. Actuadores

En nuestro caso, los motores son la principal forma en que el robot puede interactuar activamente con el ambiente que lo rodea. Cada una de las tareas que debíamos realizar requería de actuadores acordes.

Estas cuestiones son las que analizamos en este apartado.

3.1. Motores de continua

Para la tracción principal de las ruedas necesitabamos motores que tuvieran el torque necesario para mover el robot, pero que pudieramos medir y controlar la velocidad era la principal necesidad. Para esta tarea utilizamos motores de continua con caja reductora y encoder. Con dos de estos motores logramos poder garantizar una velocidad determinada en las ruedas, controlar de la cantidad de movimiento en forma independiente en cada rueda y conocer la cantidad de las vueltas dadas por cada una de las ruedas entre otras cosas.

3.1.1. Características

Los motores que elegimos son de la marca Ignis ¹ modelo *MR-2FA* con características expresadas en la tabla 1, están provistos de una caja reductora, poseen un encoder de 4 estados por vuelta en el eje del motor y un sensor de efecto de campo para determinar una vuelta en la salida de la caja reductora.

La caja reductora provee una relación de 94 vueltas del motor por cada 1 vuelta del eje de salida de la caja.

En la figura 1 mostramos las dimensiones exteriores del motor.

¹<http://www.ignis.com.ar>

Característica	Unidad	Mínimo	Nominal	Máximo
Tensión	V	8	9	12
Corriente	A	0.6	1.2	2.4
Velocidad	RPM	1	60	60
Aceleración	$1/s^2$	0.1	0.1	0.5
Torque	kgf*cm	0	1.2	6.4

Cuadro 1: Características del motor Ignis MR-2FA.

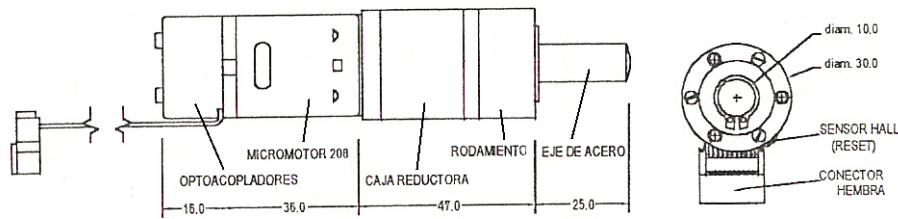


Figura 1: Vista lateral y frontal del motor Ignis MR-2FA. Escala 1 : 2.

Una ventaja que encontramos en este modelo es que ya trae el encoder integrado aunque su resolución podría haber sido mayor. Los encoders los explicamos más en detalle en la sección 4.4.

3.1.2. Circuito de control

Para alimentar y poder controlar los motores elegimos el driver *L298* de la marca ST ². Internamente tiene dos puentes H puentesables y puede soportar hasta 4A. Ideal para estos motores u otros que se elijan en el futuro.

La principal función del driver era proveer de la corriente y voltaje necesarios para el funcionamiento del motor, pero la configuración del puente H nos dio la posibilidad de, con una lógica simple, determinar el sentido de la corriente y potencia que recibía el motor.

Este integrado admite el puenteo de la salida aumentando así la corriente que pueda circular por él. Para hacer esto, conectamos las salidas *Out1* y *Out4* por un lado y por el otro las salidas *Out2* y *Out3*. De igual forma los pines de habilitación *EnA* y *EnB*, luego la entrada *In1* con la *In4* por un lado y por el otro la *In2* con la *In3*.

De esta forma, se controla con sólo 3 cables, uno de habilitación y otros 2 de *Input* que determinan la polarización de los transistores internos y por ende, el sentido de giro del motor. En la tabla 2 mostramos la tabla de verdad para los pines de control. En la figura 2 mostramos el diagrama interno del integrado.

Para determinar la potencia que recibiría el motor usamos el módulo de *PWM* del microcontrolador, que explicamos más en detalle en la sección 5.2.3. Variando el ancho del pulso sobre el pin de habilitación del driver determinamos la cantidad de tiempo que el motor recibe tensión, lo cual se traduce en la

²<http://www.st.com>

Característica	Unidad	Valor
Torque	kg	6,5
Velocidad	segundos/grado	$\frac{0,16}{60}$
Voltaje	V	4,8 a 6
Delay máximo	μs	4
Dimensiones	mm	40x20x38
Peso	g	39

Cuadro 3: Características del servo HX5010.

cial.

Configuramos a uno de los timers internos del microcontrolador para que genere una interrupción cada 6,25ms, la cual usamos para realizar chequeos y ejercer control sobre el motor. Verificamos el consumo del motor para evitar sobrecargar el circuito y los motores ante un posible atasco de las ruedas. También actualizamos el acumulado de vueltas realizadas por el motor para la odometría.

Cada 200ms, o sea 32 interrupciones, tomamos la cantidad de cuentas del encoder, corregimos la velocidad de giro del motor ajustando el ancho del pulso generado por el PWM. Luego borramos el contador y esperamos otros 200ms.

3.2. Servo motores

Para el movimiento de las partes del módulo de recolección, una cámara con paneo y giro o un sensor de ultrasonido colocado en la parte superior haciendo las veces de radar, pensamos en el uso de servo motores. La principal característica de estos actuadores es que nosotros sólo debemos indicar el ángulo al que queremos que este el eje del motor y este se coloca automáticamente. El ángulo de trabajo va desde 0° a 180° y algunos llegan hasta los 200°.

Aunque no fue implementado el ningún mecanismo que requiriera el uso de estos motores, explicamos en este apartado el trabajo realizado en torno a este tipo de actuadores. En la sección 7.4 explicamos el diseño de las placas que los controlan.

El servo de prueba que utilizamos para el desarrollo es el modelo *HX5010* de la marca Hextronik ³ con características que expresamos en la tabla 3

3.2.1. Circuito de control

La alimentación y consumo depende del modelo específico, variando también el torque que posee el servo.

No es necesario el uso de un driver para manejarlos, simplemente con la alimentación y una señal con el ángulo es suficiente. La forma de comunicar el ángulo varía entre los distintos servos y fabricantes. Hay servos analógicos y servos digitales. En los primeros la posición se determina mediante un voltaje que varía según cierto rango y si es digital, se setea mediante el ancho de un pulso que tiene un tiempo mínimo y máximo para mapear los ángulos mínimo y máximo respectivamente.

³www.hextronik.com/

Dentro del modo de uso, podemos hacer que queden sueltos o que se queden fijos en cierta posición indicando, de forma continua, el valor del ángulo requerido. La frecuencia a la que se debe setear la posición depende el modelo.

3.2.2. Rutinas de control

Debido a que pensamos usar motores digitales y por lo menos íbamos a necesitar 3 servos, necesitábamos contar con varios módulos de PWM. Como sólo disponíamos de 1, decidimos realizar la misma función pero por software.

Usamos el timer de 16bits del microcontrolador configurado con el clock interno de 20MHz como medida del tiempo para crear 5 salidas con pulsos que varían el ancho en forma independiente cada una. Definimos un ancho mínimo y máximo, pudiendo configurar pasos intermedios de 1° (aproximadamente $69,4\mu s$).

4. Sensado

tipos de sensores elegidos y por que los elegimos

4.1. Telémetros infrarrojos

principio de funcionamiento

4.1.1. Características

modelo, marca, medidas, alimentacion, consumo, tiempo de muestreo, tipo de salida, rangos de distancia, rangos de voltaje, distancia vs voltaje

4.1.2. Circuito de control

alimentacion, conmutacion (transistor, estado de habilitacion: 0), conexion con el micro, salida del sensor, modulo ADC, muestreo, capacitor para alimentacion, circuito minimo (diagrama)

4.1.3. Diagrama de conexión

asignacion de pines

4.1.4. Rutinas de control

codigo de lectura de distancia (explicacion)

4.2. Sensor de distancia por ultrasonido

principio de funcionamiento

4.2.1. Características

modelo, marca, medidas, alimentacion, consumo, tiempo/frecuencia de muestreo, tipo de salida, rangos de distancia, rango de ancho de pulso, distancia vs ancho del pulso

4.2.2. Circuito de control

alimentacion, conmutacion (transistor, estado de habilitacion: 0), conexion con el micro, salida del sensor, modulo ADC, muestreo, capacitor para alimentacion, circuito minimo (diagrama)

4.2.3. Diagrama de conexión

asignacion de pines

4.2.4. Rutinas de control

codigo de lectura de distancia (explicacion)

4.3. Sensor reflectivo de piso

principio de funcionamiento

4.3.1. Características

modelo, marca, medidas, alimentacion, consumo, tiempo/frecuencia de muestreo, tipo de salida, distancia optima, rangos de voltaje, distancia vs voltaje

4.3.2. Circuito de control

alimentacion, resistencias elegidas, conmutacion (transistor, estado de habilitacion: 0), conexion con el micro, salida del sensor, modulo ADC, muestreo, capacitor para alimentacion, circuito minimo (diagrama)

4.3.3. Diagrama de conexión

asignacion de pines

4.3.4. Rutinas de control

codigo de lectura de nivel de reflexion (explicacion)

4.4. Encoders

principio de funcionamiento

estamos usando solo uno de los sensores del encoder

4.4.1. Características

tipo de encoders, cuentas x vuelta de eje de motor, velocidad maxima y minima recomendable

relacion de caja 94:1 max recomendable: 300 cuentas x segundo min recomendable: 60 - 70 cuentas x segundo

4.4.2. Circuito de control

alimentacion, conexionado, circuito, resistencias pull-up, swtch selector, timer/counter

4.4.3. Diagrama de conexión

asignacion de pines

4.4.4. Rutinas de control

codigo de lectura y correccion de la velocidad del motor (explicacion)

4.5. Sensado de la bateria

principio de funcionamiento

4.5.1. Características

grafico/tabla de voltaje bateria vs salida

4.5.2. Circuito de control

conexionado, circuito, modulo ADC, muestreo

4.5.3. Rutinas de control

codigo de lectura de nivel de tension en la bateria (explicacion)

4.6. Consumo del motor

principio de funcionamiento

4.6.1. Características

grafico/tabla de corriente consumida vs voltaje, características del puente H, valores maximos y minimos, mensajes de consumo alto

4.6.2. Circuito de control

valor de la resistencia, circuito, modulo ADC, muestreo, vref en el micro

4.6.3. Rutinas de control

codigo de lectura de nivel de tension en la bateria (explicacion)

4.6.4. Pulsador u otro dispositivo disparador

posibilidad de poner un pulsador o cualquier otro dispositivo que genere un cambio de estado y lo detecte como trigger

4.6.5. Características

como deberia ser el boton o algun otro dispositivo que vayamos a poner ahi

4.6.6. Circuito de control

alimentacion, consumo, circuito, interrupciones

4.6.7. Rutinas de control

codigo de lectura de cambio de estado en el pin de trigger (explicacion)

5. Controladores

5.1. Netbook

modelo, marca, características, para que se usa, sistema operativo y lenguaje de programación

5.2. Microcontrolador

para que vamos a usar el micro y sus funciones principales

5.2.1. Características

modelo, marca, familia, memorias, etc

5.2.2. Diagrama del microcontrolador

grafico y asignacion de pines x modulo

5.2.3. Módulos internos

listado de modulos que tiene y características de cada uno

5.2.4. Programación del firmware

pines de programación, icd2, IDE, lenguaje, version

6. Comunicación

porque necesitamos comunicar los modulos, que necesidades hay, nivel de uso

6.1. Conectividad entre módulos

daisy chain, diagrama, montado sobre rs232, control de errores

6.2. Protocolo de comunicación

características necesarias en el protocolo, porque es importante, cosas que tuvimos en cuenta y decisiones, control de errores

6.2.1. Características básicas

formado por paquetes, formato basico del paquete (header), control de errores

6.2.2. Comandos comunes

contelo o listado de comandos comunes (en detalle o se van a un apendice)
- son pocos.

6.2.3. Comandos específicos

contelo o listado de comandos especificos segun el tipo de placa (referencia a un apendice con cada uno explicado)

6.2.4. Estadísticas

analisis de paquetes por segundo, bytes de datos vs bytes de header, retransmisiones, etc

7. Placas controladoras

porque tuvimos que diseñar nuestras propias placas, cosas que tuvimos en cuenta y decisiones tomadas, codigos fuente a los apendices

7.1. Placa genérica

funcion de una placa generica, porque fue armada, para que sirve

7.1.1. Características principales

testeo de nuevos modulos, testeo de la programacion, sniffear la comunicacion, futuras expansiones

7.1.2. Módulo de comunicación

explicacion de la comunicacion, igual en todas, switch de configuracion, pines, fichas, nodos en la cadena, cables pc-placa y placa-placa, max232

7.1.3. Alimentación de la placa

tension para la alimentacion, circuito de la fuente, consumo maximo, voltaje minimo de alimentacion, alimentacion de 5V directos

7.1.4. Configuración

configuracion minima de la placa, leds, comunicacion, header de programacion

7.1.5. Esquemático

esquematicos de la placa

7.1.6. Circuito

circuito de la placa

7.1.7. Código básico

explicacion de lo minimo que deberia tener para ser parte de la cadena de comunicacion

7.1.8. Posibles extensiones

posibles extensiones a futuro de la placa - nuevos modulos de testeo o control o lectura muy basica de seales, pasar a montaje superficial los componentes, hacerla mas chica

7.2. Placa controladora de motores DC

funcion de una placa controladora de motorDC, porque fue armada, para que sirva, porque hay 2, porque no esta en una sola

7.2.1. Características principales

principio de funcionamiento, como logra controlar la velocidad, como logra ser parte de la cadena, como logra sensar el consumo, controlar el motor, puente H, diodos, leds, VREF

7.2.2. Módulo de comunicación

se explico en el modulo generico, se agregan los comandos especificos y se puede explicar como se obtiene la informacion para dar las respuestas

7.2.3. Alimentación de la placa

se explico en el modulo generico, tension para la alimentacion para los motores, necesidad de masa unica como referencia, consumo aproximado de los motores

7.2.4. Configuración

configuracion de la placa, leds, comunicacion, header de programacion, switch de seleccion de encoder

7.2.5. Esquemático

esquematicos de la placa

7.2.6. Circuito

circuito de la placa

7.2.7. Código básico

explicacion de lo minimo que deberia tener para ser parte de la cadena de comunicacion, sensado y control de la velocidad de los motores

7.2.8. Posibles extensiones

unificar en una placa el control de mas de un motor, pasar a montaje superficial los componentes, hacerla mas chica

7.3. Placas de sensado

funcion de una placa de sensado, porque fue armada, para que sirve, que tipo de sensores puedo conectar, cuales son las posibles configuraciones, diferencias, sensado de la bateria

7.3.1. Características principales

principio de funcionamiento, como logra tomar las muestras de los sensores, como logra ser parte de la cadena, seteo de los tipos de sensores

7.3.2. Módulo de comunicación

se explico en el modulo generico, se agregan los comandos especificos y se puede explicar como se obtiene la informacion para dar las respuestas

7.3.3. Alimentación de la placa

se explico en el modulo generico

7.3.4. Configuración

configuracion de la placa, comunicacion, header de programacion

7.3.5. Esquemático

esquematicos de la placa

7.3.6. Circuito

circuito de la placa

7.3.7. Código básico

explicacion de lo minimo que deberia tener para ser parte de la cadena de comunicacion y sensado de los distintos perifericos

7.3.8. Posibles extensiones

uso de componentes como resistencias variables para regular la alimentacion de los sensores de piso y resistencias pull-up, pasar a montaje superficial los componentes, hacerla mas chica

7.4. Placa controladora de servo motores

funcion de una placa controladora de servos, porque no fue armada, para que se penso, alguna otra opcion de conexion, pines libres

7.4.1. Características principales

principio de funcionamiento, como logra generar varios pwm por software, como logra ser parte de la cadena

7.4.2. Módulo de comunicación

se explico en el modulo generico, se agregan los comandos especificos y se puede explicar como se obtiene la informacion para dar las respuestas

7.4.3. Alimentación de la placa

se explico en el modulo generico, con modificaciones que permiten que circule una mayor cantidad de corriente para alimentar a los servos.

7.4.4. Configuración

configuracion de la placa, comunicacion, header de programacion

7.4.5. Esquemático

esquematicos de la placa

7.4.6. Circuito

circuito de la placa

7.4.7. Código básico

explicacion de lo minimo que deberia tener para ser parte de la cadena de comunicacion y control de los servos

7.4.8. Posibles extensiones

uso de componentes como resistencias variables para regular la alimentacion de los sensores de piso y resistencias pull-up, pasar a montaje superficial los componentes, hacerla mas chica

8. Armado del prototipo

8.1. Diseño

8.2. Características

con las ruedas de 10cm y teniendo en cuenta que el motor gira a unas 300 cuentas/segundo (usando un solo sensor en el encoder) llegamos a 50 cm/s de velocidad

8.3. Desarme

8.4. Costo y proveedores

A. Primer apéndice Hardware

protocolo de comunicacion.
conexionado y configuracion de la comunicacion.
circuitos de las placas.
codigo fuente de las controladoras.
costo del prototipo.

B. Segundo apéndice Hardware