

## “Robot Pololu Programado para Seguir Referencia Móvil y Obedecer Comandos Inalámbricos”

Viviana Baque <sup>(1)</sup> Stalyn Gómez <sup>(2)</sup> Carlos Valdivieso  
Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación  
Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)  
Campus Gustavo Galindo, Km. 30.5 Vía Perimetral  
Apartado 09-01-5863. Guayaquil, Ecuador

[mvbaque@espol.edu.ec](mailto:mvbaque@espol.edu.ec); [lsgomez@espol.edu.ec](mailto:lsgomez@espol.edu.ec); [cvaldivieso@espol.edu.ec](mailto:cvaldivieso@espol.edu.ec)

### Resumen

*El proyecto consiste en programar un robot pololu para seguir referencia móvil mediante comandos inalámbricos, usando comunicación inalámbrica de Radio frecuencia. Al presionar el Joystick del KIT AVR BUTTERFLY se transmiten los comandos que son avanzar, retroceder, girar a la derecha, girar a la izquierda y parar. Estos comandos se reciben en el controlador del Robot pololu que procesa las instrucciones generando el movimiento de los motores, que son los que permiten que el robot se mueva.*

*El Robot Pololu y el AVR Butterfly traen incorporado una pantalla LCD que permite visualizar las instrucciones que se están enviando y recibiendo.*

*El desarrollo de este proyecto fue realizado en lenguaje C haciendo uso de las herramientas del AVR Studio 4 que sirve para programar los micro controladores ATmega 328 y ATmega 169 que son el corazón del robot pololu y el AVR Butterfly.*

**Palabras Claves:** Robot pololu, AVR Butterfly, comandos inalámbricos.

### Abstract

*In this project a pololu robot is programmed to follow a mobile reference to obey commands using wireless radio frequency communication. When one presses the joystick of AVR BUTTERFLY KIT, the commands are transmitted. These are: forward, return, turn right, turn left or stop. The pololu robot controller receives the commands and processes the instructions generating the motors movement, which allow the robot's motion.*

*The pololu robot and the BUTTERFLY AVR have a LCD screen that allows the visualization of the given instructions.*

*The development of this Project was made in C language, using the AVR Studio 4 tools to program the Atmega 328 and Atmega 169 microcontrollers that are the heart of the pololu robot and the AVR Butterfly.*

**Key words:** Pololu Robot, AVR Butterfly, Wireless Commands.

## 1. Introducción

El objetivo del proyecto es implementar el control del robot Pololu 3 $\pi$  por medio del KIT AVR BUTTERFLY mediante comunicación inalámbrica RF, el robot pololu recibirá los comandos que serán enviados al presionar el joystick del AVR Butterfly para procesar las instrucciones que fueron recibidas y así ejecutar el movimiento de los motores del pololu y lograr su desplazamiento para que siga al móvil.

## 2. Fundamentos Teóricos

### 2.1. Descripción Básica del Software

Para realizar la aplicación que gestionará el pololu y el butterfly con los datos que serán enviados y recibidos a través de ellos, usaremos el programa AVR studio 4 usando el lenguaje más acorde ya sea lenguaje ensamblador o C.

Estos compiladores son los que nos ayudarán a entender el código base del robot Pololu 3 $\pi$  y permitirá implementar una variedad al mismo.

El objetivo del programa es que se pueda realizar ciertas tareas como las siguientes:

- Opciones para poder configurar los comandos que serán enviados por medio del butterfly, usando el joystick.
- Opciones para poder seleccionar los comandos de comunicación que sean necesarios para seguir el móvil.

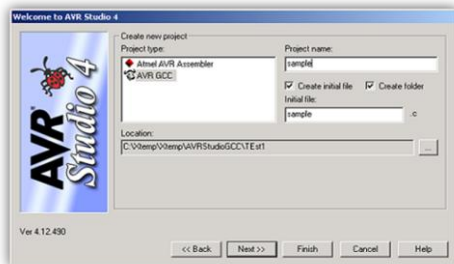


Figura 2.1 a. Página de inicio del programa AVR STUDIO 4

Para poder realizar las conexiones y ver la simulación del proyecto es necesario trabajar con el software de simulación proteus 7.7 según la Fig 2.1 b que muestra la ventana de inicio del programa.



Figura 2.1 b. Programa Proteus 7.7

### 2.1.1 AVR Studio

Es un entorno de desarrollo IDE ensamblador y programador de software para el desarrollo de aplicaciones de Atmel AVR de 8 bits en Windows NT, Windows 2000, Windows XP, Windows Vista y Windows 7. El IDE soporta todas las herramientas de Atmel que apoyan a la arquitectura AVR 8 bit.

AVR studio incorpora un depurador que permite el control de ejecución con fuente y nivel de instrucción, paso a paso y puntos de interrupción, el registro, la memoria y E/S puntos y configuración y gestión, y apoyo a la programación completa para los programadores independientes, además permite crear archivos assembler (asm) y archivos .C. [6]

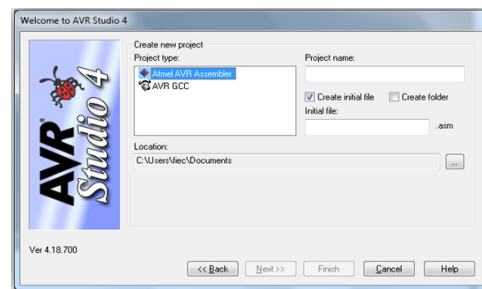


Figura 2.1.1. Selección del lenguaje

### 2.1.2. Proteus 7.7

Es un entorno integrado diseñado para la realización completa de proyectos de construcción de equipos electrónicos en todas sus etapas: diseño, simulación, depuración y construcción.

Sus reconocidas prestaciones lo han convertido en el más popular simulador software para micro controladores PIC. Fig 2.1.2.

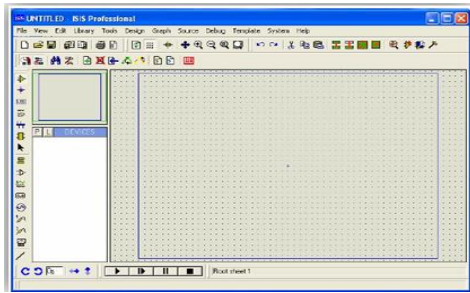


Figura 2.1.2. Ventana de inicio de Proteus

## 2.2 Descripción básica del hardware

En lo que hace referencia a la parte física, el hardware es la implementación del robot pololu y el butterfly para que siga referencia móvil. En este capítulo se muestra información de los componentes utilizados para la implementación del proyecto.

El pololu y el butterfly son los principales dispositivos, pero dentro de estos se encuentran algunos integrados. Los microcontroladores que se programarán son el ATMEGA168 y el ATMEGA328 ambos de la serie AVR.

### 2.2.1 Robot pololu 3pi.

El robot Pololu 3pi es una plataforma completa, de alto rendimiento móvil con dos motores con engranajes de metal micro, cinco sensores de reflectancia, un LCD 8 x 2, un timbre, y tres botones de usuario, todos conectados a un micro controlador ATmega328 C-programable, capaz de alcanzar velocidades superiores a 3 pies por segundo.

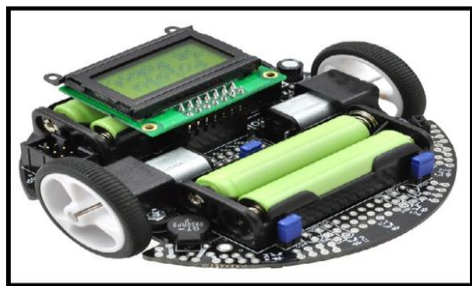


Figura 2.2.1 Robot pololu 3pi

### 2.2.2 Información general

El robot 3pi está diseñado para sobresalir en línea y concursos de resolución de laberintos. Tiene un tamaño pequeño ( 9,5 cm/3.7" de diámetro, 83 g/2.9 oz sin baterías) y tienes 4 pilas AAA, mientras que un sistema de poder único ejecuta los motores a una velocidad constante independiente de 9,25 V de la carga del nivel de batería. La tensión regulada del 3pi permite alcanzar velocidades de hasta 100 cm

/segundo, mientras que lo precisa en vueltas y giros que no varían con el voltaje de la batería.

El robot pololu 3pi es una gran plataforma para personas con experiencia en programación en lenguaje C. Su corazón es un microcontrolador ATmel ATmega 328P funcionando a 20 MHz y con 32 KB de memoria Flash de programa, 2 KB de RAM, y 1KB de memoria persistente. El GNU C/C ++ funciona a la perfección con el 3pi; Atmel AVR studio proporciona un entorno de desarrollo cómodo, y un amplio conjunto de bibliotecas proporcionadas por el pololu que le permite interactuar con todo el hardware integrado. El 3pi también es compatible con la plataforma de desarrollo Arduino popular. [1]

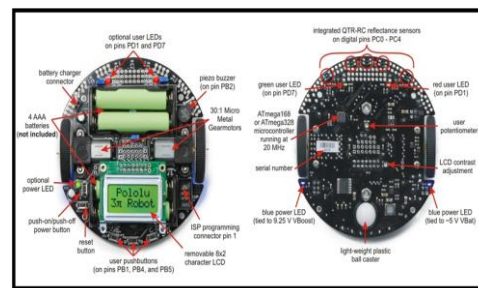


Figura 2.2.2. Robot pololu 3pi

### 2.2.3 Atmega 328

El ATmega328P es un micro controlador de baja potencia CMOS de 8 bits basado en el AVR mejorado de la arquitectura RISC. Mediante la ejecución de instrucciones de gran alcance en un solo ciclo de reloj, el ATmega 328P logra tasas de transferencia cerca de un MIPS por MHz, que permite al diseñador del sistema a optimizar el consumo de energía en comparación con la velocidad de procesamiento. Las características del ATMEGA 328 son las siguientes:

- 2KB de memoria flash ISP con la lectura y escritura.
- Memoria eeprom 1KB.
- 2KB SRAM.
- 23 registros de propósito general.
- Líneas de entradas /salidas.
- 32 registro de propósito general de trabajo.
- Tres temporizadores flexibles contadores con comparadores.
- Interrupciones internas y externas.
- 6 canales de 10 bits.
- Convertidor A/D.
- 5 modos seleccionables de software de ahorro de energía.

Mediante la ejecución de instrucciones de gran alcance en un solo clic de reloj, el dispositivo logra tasas de transferencia de cerca de 1 MIPS por MHz,

equilibrando el consumo de energía y velocidad de procesamiento.<sup>[3]</sup>

### 2.3 AVR butterfly

Los kits de AVR Butterfly están diseñados para demostrar los beneficios y las principales características de los micro controladores AVR. AVR Butterfly es un módulo de soporte que puede ser utilizado en numerosas aplicaciones. El AVR Butterfly contiene un micro controlador ATmega169, el cual va a realizar el comando de las diferentes funciones de las que es capaz este kit. Las características del Butterfly son:

- Diseño de bajo poder.
- El tipo de paquete MLF.
- Controlador de LCD.
- Memorias.
- Flash, EEPROM, SRAM, DATAFLASH externos.
- Interfaces de comunicación.
- UART, SPI, USI.
- Convertidor analógico a digital (ADC).
- Temporizadores / contadores.
- Reloj en tiempo real (RTC).
- Modulación por impulsos (PWM).<sup>[4]</sup>

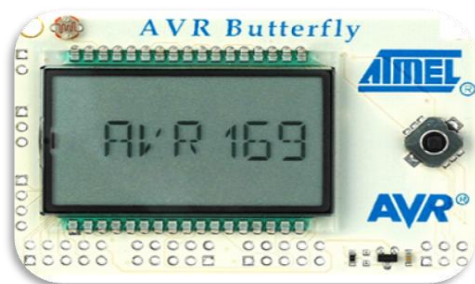


Figura 2.3. AVR BUTTERFLY

### 2.4. Conexión de la pantalla LCD STK502 al ATmega169

El segmento de pines de ATmega 129 se encuentra en PORTA, PORTC, PORTD y PORTG. Por razones de simplicidad en el uso de todos ellos son unidos en la cabecera de la etiqueta “pasadores de segmento de ATmega 169”. La cabecera a su lado, la etiqueta “STK502 pines LCD” que tiene todos los segmentos pines para la pantalla LCD en el STK502.

Al utilizar el cable de 34 derivaciones que viene con el STK502-kit, los dos pines de conexión se pueden conectar, permitiendo que el ATmega 169 pueda controlar la pantalla LCD.

### 2.5 ATmega 169

El ATmega 169 es un micro controlador de baja potencia CMOS de 8 bits basado en el AVR mejorado de la arquitectura RISC. Mediante la ejecución de instrucciones de gran alcance en un solo ciclo de reloj, el ATmega 169 logra tasas de transferencia cerca de 1 MIPS por MHz que permite al diseñador del sistema optimizar el consumo de energía en comparación con la velocidad de procesamiento. El núcleo AVR combina un amplio conjunto de instrucciones con 32 registros de propósito general de trabajo.<sup>[2]</sup>

Todos los 32 registros están conectados directamente a la unidad lógica aritmética (ALU), lo que permite dos registros independientes que se alcanzará en una sola instrucción ejecutada en un ciclo de reloj. La arquitectura resultante es un código más eficiente mientras que alcanza rendimientos de hasta 10 veces más rápido que los convencionales micro controladores CISC.

El ATmega 169 proporciona las siguientes características:

- 16k bytes de sistema programable.
- Flash con lectura y escritura mientras que las capacidades, 512 bytes de EEPROM, SRAM bytes 1K.
- 54 registros de propósito general.
- 32 registros de propósito general de trabajo.
- Controlador de LCD con la resistencia de step-up de tensión.
- Una serie UART programable, serie universal.
- Sistema de interrupción.
- Interfaz con el inicio de condición del detector.
- El modo Powerdown guarda el contenido del registro.

### 2.6 Módulo HTMR

Es un módulo transparente de datos inalámbricos de enlace que se desarrolla por la microelectrónica, dedicada a las aplicaciones que necesita la transmisión de datos inalámbrica.

Cuenta con alta velocidad de datos, el protocolo de comunicación es auto controlado y completamente transparente para la interfaz de usuario. El módulo puede ser incorporado a su diseño actual, de modo que la comunicación inalámbrica se puede configurar fácilmente.<sup>[5]</sup>

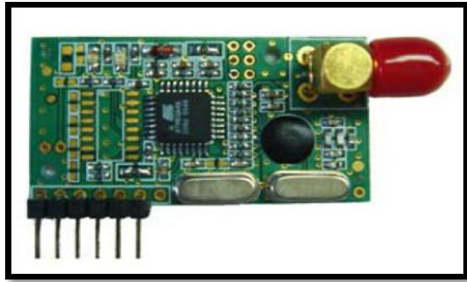


Figura 2.4. Módulo HMTR

### 3. Diseño del proyecto

A continuación se ponen de manifiesto las etapas de diseño, implementación para la elaboración de este proyecto, sus diagramas de bloques, algoritmos y los códigos que serán cargados en los micro controladores a usarse.

Para comenzar a trabajar con el Robot Pololu y el AVR Butterfly se realizaron algunas pruebas antes de la programación de nuestro proyecto.

#### 3.1 Prueba inicial

Para la realización de este proyecto se seleccionó el Robot Pololu 3pi que trae incorporado un micro controlador ATMEGA 328 que es el que se programa para que ejecute el programa a realizarse.

Como primer paso antes de comenzar a trabajar con el Pololu se realizó las pruebas demo que vienen incorporadas a este robot, como es el seguir una línea usando las librerías respectivas, de igual manera se realizó con el AVR butterfly, y esto nos permitió familiarizarnos con el programa AVR.

Al cargar el programa demo en el Pololu este hace que el robot muestre en la pantalla LCD que este posee, el nombre de tal robot como es Pololu 3  $\pi$  Robot. Además se puede escuchar una música que es a través del buzzer del robot.

Se pudo realizar con el butterfly las pruebas como es prender la pantalla LCD y ver los comandos que tiene el Joystick.

### 3.2 Descripción del proyecto final

#### 3.2.1 Diagrama de bloques

El diagrama de bloques del sistema se encuentra establecido por la etapa del transmisor y la etapa del receptor.

La etapa de transmisión está constituida por el Kit AVR Butterfly que envía los datos correspondientes mediante el Joystick que es por el cual se seleccionan los comandos. La señal ingresa al módulo de transmisión de RF, que se encarga de modular la señal para ser transmitida.

En la etapa de recepción se encuentra el módulo receptor que demodula la señal para ser receptadas por medio del Robot Pololu que luego comenzará a moverse dependiendo de los comandos que sean presionados por el Joystick

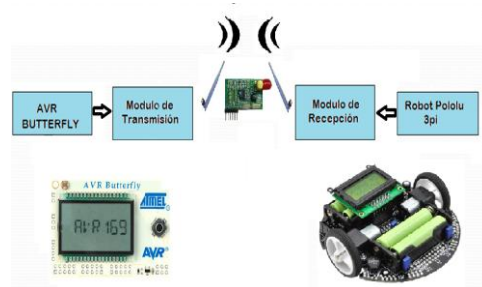


Figura 3.1 Diagrama de Bloques

#### 3.2.2 Diagrama de Flujo del Transmisor



Figura 3.2.2 Diagrama de Transmisor

Con este algoritmo se muestra lo que realizará el transmisor. Primero se inicializa, luego se setean los puertos después de esto se da inicio de la LCD y del joystick, el programa espera a que presionen botón, si este se presiona, entonces se envía una trama que contiene un carácter que da una instrucción para que el robot Pololu lo recpte.

Estos caracteres son los siguientes:

- u (arriba): realiza el movimiento hacia adelante del Pololu.
- d (abajo): realiza el movimiento hacia atrás del Pololu.
- R (derecha): realiza el movimiento hacia la derecha del Pololu.
- L (izquierda): realiza el movimiento hacia la izquierda del Pololu.
- S (para): no realiza movimiento del Pololu, es decir, lo para.

### 3.2.3 Diagrama de Flujo del Receptor

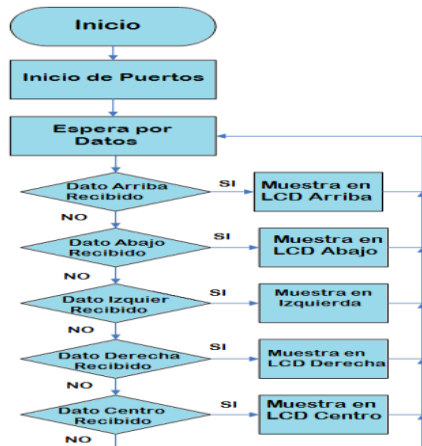


Figura 3.2.3. Diagrama de Receptor

## 4. Simulación y Prueba del Proyecto

### 4.1 Pruebas de Simulación del Transmisor y Receptor

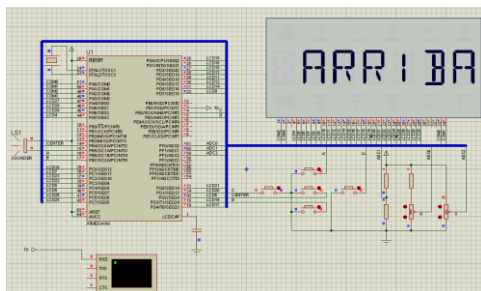


Figura 4.1 a. Simulación Pololu avanza

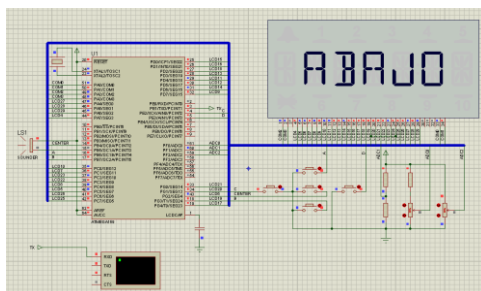


Figura 4.1 b. Simulación Pololu retrocede

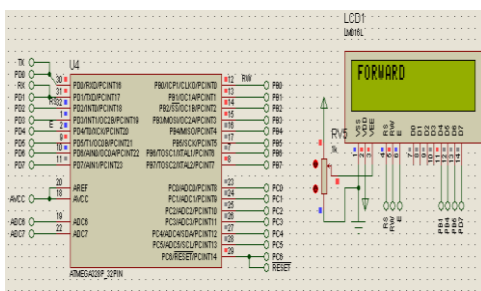


Figura 4.1 c. Simulación del receptor

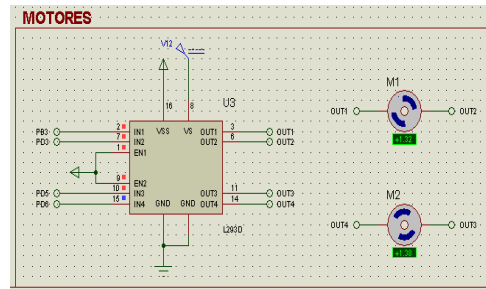


Figura 4.1 d. Motores ejecutando el desplazamiento

### 4.2 Resultado de la simulación

De la simulación se pudo obtener una representación del funcionamiento del proyecto, se pudo observar el envío de los datos del transmisor y los datos que recibía el receptor mostrando en el LCD los mensajes correspondientes, también se pudo visualizar el movimiento de los motores del Pololu que éste hace que se desplace, llegando a obtener lo que se deseaba, y por lo tanto los resultados fueron iguales que los de la simulación.

## 5. Conclusiones

- ❖ Al realizar el proyecto nos hemos familiarizado con los micro controladores de la familia ATMEL conociendo las características para su correcto funcionamiento de igual forma se pudo trabajar con las herramientas que ofrece el AVR studio 4, para programar este tipo de micro controladores conociendo las beneficios y limitaciones del robot Pololu 3pi y el Butterfly.
- ❖ El Robot Pololu es un dispositivo muy útil en el campo de la Robótica ya que este puede realizar recorridos evitando obstáculos siguiendo a un móvil o no y puede ser controlado inalámbricamente o vía remota.
- ❖ El Kit AVR Butterfly es una poderosa herramienta de aprendizaje, es práctico, eficaz y muy amigable; que con el desarrollo del proyecto se va descubriendo progresivamente las características del micro controlador ATmega169.

## 6. Recomendaciones

- ❖ Es necesario revisar las hojas de especificaciones antes de trabajar con los dispositivos y en el caso de el Butterfly y el Robot Pololu revisar su user guide ya que ahí

dan las recomendaciones para trabajar con ellos.

- ❖ Es recomendable que las baterías estén bien cargadas para que el Pololu trabaje, ya que éste puede no permitir grabar bien el programa o más aún que el programador se quemé.
- ❖ Fijar bien las frecuencias de trabajo para que el butterfly como para el pololu pueda transmitir, ya que si ambas no tienen igual frecuencias no transmite y entonces el robot no se mueve.

[http://www.atmel.com/dyn/products/product\\_card.asp?part\\_id=3012](http://www.atmel.com/dyn/products/product_card.asp?part_id=3012)  
Fecha de consulta 5/04/11

- [4] Atmel Corporation, AVR Butterfly, user guide  
[http://www.atmel.com/dyn/resources/prod\\_documents/doc4271.pdf](http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/doc4271.pdf)  
Fecha de consulta 25/04/11

- [5] HOPE MICROELECTRONICS CO LTD, modulo HM-TR  
<http://www.roboeq.com/PDF/0501018.pdf>  
Fecha de consulta 03/04/11

## 7. Agradecimientos

Agradezco a Dios por las bendiciones otorgadas.  
A mi familia por su apoyo incondicional.  
A los profesores por ser una excelente guía, en especial al Ing. Carlos Valdivieso, y a cada una de las personas que hicieron posible la realización de esta tesina.

Viviana Baque Gutiérrez

A Dios quien me dio fe y fortaleza para terminar este trabajo.  
A mis padres César y Rosa, y mi esposa Gabriela León, de quienes siempre tuve su apoyo constante e incondicional.  
A mi hijo Lenin Gabriel quien me dio esperanzas en que culminaría mi trabajo.  
A mis amigos quienes me dijeron que sea constante y que lograría concluir mi tesina.

Stalyn Gómez Romero

- [6] Recursos dados para la utilización de las librerías, programadores para el AVR butterfly así como para el pololu 3 pi,  
<http://www.pololu.com/catalog/product/1227/resources>  
Fecha de consulta 05/04/11

ING. CARLOS VALDIVIESO  
DIRECTOR DE PROYECTO

## 8. Referencias

- [1] Pololu Corporation, Guía de usuario del Robot Pololu,  
<http://www.pololu.com/file/0J137/Pololu3piRobotGuiaUsuario.pdf>  
Fecha de Consulta 20/04/11
- [2] Atmel Corporation , Hoja de Datos del microcontrolador Atmega 169  
[http://www.atmel.com/dyn/resources/prod\\_documents/doc2486.pdf](http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/doc2486.pdf)  
Fecha de consulta 5/04/11
- [3] Atmel Corporation , Hoja de Datos del microcontrolador Atmega 328