



## JERRY: A Jolly ElectRic Robot, Yo!

Ernesto Martins e Paulo Pedreiras

### I. INTRODUÇÃO



Baptizado com o nome do amigo/inimigo inseparável do gato Tom, Jerry foi um dos robots que disputou a edição de 1999 do Concurso Microrato.

Foi construído com base nas placas da Mekatronix MRC11 [1] (controlador) e MRSX01 [2] (I/O), e todo o restante material standard fornecido para o dito concurso, tais como suporte mecânico, motores e sensores. É um robot que ilustra uma abordagem simples, mas eficaz, nomeadamente no que concerne aos recursos e aos mecanismos empregues na detecção do farol, e do ponto de vista algorítmico.

No que se segue descrevemos o essencial sobre a implementação do Jerry. O artigo ilustra também a utilização das placas MRC11 e MRSX01, ainda relativamente pouco usadas neste âmbito.

### II. DISSECANDO O RATO...

#### A. Sensores e Comandos

O robot foi construído com base num chassis circular padrão com três rodas, duas das quais accionadas por motores DC independentes.

À volta do chassis instalou-se um bumper ou pára-choques de cartão, apoiado nas alavancas de 8 micro-interruptores tipo fim-de-curso uniformemente colocados no perímetro do chassis. Para simplificar, ligaram-se os 4 interruptores da esquerda e os 4 da direita, o que permite ao controlador detectar apenas se bateu do lado esquerdo ou do lado direito.

Três sensores de obstáculos (com um LED emissor de infra-vermelhos e um receptor do tipo GP1U58) foram montados atrás de orifícios previamente abertos no bumper, na frente do robot. O sensor da área de chegada (que inclui um LED e um fotodiodo) foi montado na parte inferior do chassis.

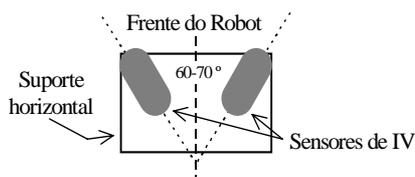
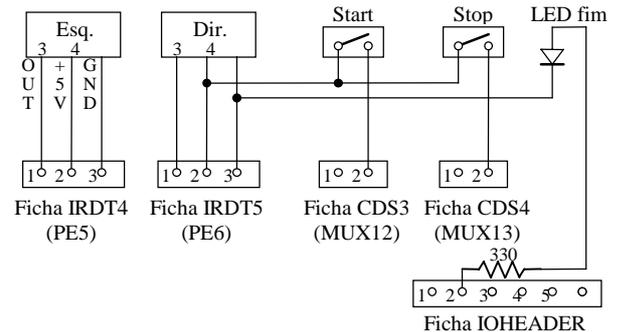


Fig.1 - Orientação dos sensores de infra-vermelhos do farol na torre do robot.

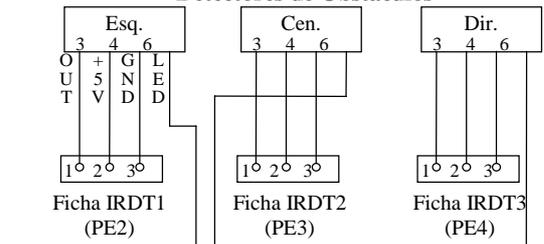
Finalmente, uma torre de alumínio com 30cm de altura montada na parte central do chassis, suporta os botões de pressão de start e stop, a luz de fim e dois receptores fixos de infra-vermelhos de detecção do farol, montados como se indica na figura 1. A diferença entre os sinais colhidos nos dois sensores permite determinar a direcção do farol (quando este se encontra no largo campo de visão dos sensores) e assim corrigir a direcção do robot.

Na figura 2 apresentamos o mapeamento adoptado no Jerry, de todos os sensores, botões de comando e LED de fim, nos portos de I/O da placa MRSX01.

#### Torre - Detectores do Farol, Botões de Start/Stop e LED de fim



#### Detectores de Obstáculos



#### Detector da Área de Chegada

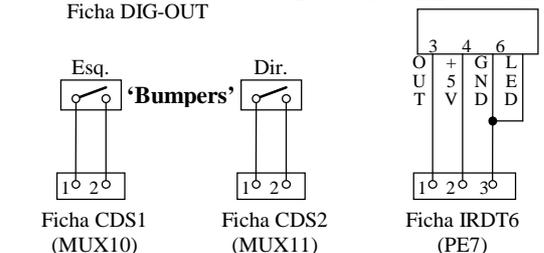


Fig.2 - Mapeamento dos vários sensores e botões de comando nas entradas da placa MRSX01.



Fig.3 - Registos da placa MRSX01.

### B. Controlador e Placa de I/O

O controlador do Jerry é uma placa do tipo MRC11 baseada no  $\mu$ C MC68HC11A1 [3]. Inclui, entre outras coisas, 64 Kbytes de RAM, entrada de alimentação para as baterias NiCd, um regulador de tensão de 5V, e um porto série assíncrono RS-232C para ligação ao PC de desenvolvimento.

As alimentações e os sinais do bus do  $\mu$ C estão disponíveis numa ficha de expansão através da qual se liga a placa MRSX01. Esta é uma placa de uso geral com múltiplas entradas para sensores e saídas de controlo. Inclui, nomeadamente, 28 entradas analógicas acessíveis em fichas adaptadas à ligação a receptores de infravermelhos, foto-resistências e micro-interruptores (*bumpers*), 9 saídas digitais e 2 saídas PWM para controlo de motores. Como não existem entradas digitais, os sensores desta natureza existentes no robot, tais como o detector da área de chegada e os micro-interruptores dos *bumpers*, são ligados em entradas analógicas.

Seis das entradas analógicas estão ligadas directamente aos portos PE2 a PE7 do  $\mu$ C, estando as restantes multiplexadas nos portos PE0 e PE1.

Existem dois registos *write-only* de 8 bits R1 e R2 (figura 3). Os dois bits mais significativos de R1 controlam o sentido de rotação de cada um dos motores. O bit OUT1 aparece na ficha IOHEADER e é usado para controlar o LED de fim. Os 5 bits SEL0 a SEL4 determinam a agulhagem do multiplexador analógico e portanto qual dos sinais de entrada MUX0 a MUX15 e MUX16 a MUX23 é visível, respectivamente, em PE0 e PE1.

Os 8 bits do registo de uso geral R2 estão ligados através de resistências à ficha DIG\_OUT. Três destas saídas são usadas para alimentar os LEDs emissores dos detectores de obstáculos. Para isso o registo é configurado de forma a funcionar com as saídas moduladas a 40KHz, bastando ligar o *jumper* 40KHZ\_SEL na posição 1-2.

Apesar de R1 e R2 serem *write-only* é possível torná-los ambos pseudo-read/write se mantivermos na memória uma imagem destes registos. Esta imagem é criada automaticamente se mantivermos o *jumper* HMS do MRC11 na posição 1-2, permitindo assim que a memória também seja seleccionada em operações de escrita para qualquer um dos registos.

### C. Software de Controlo

Na listagem 1 descrevemos em pseudo-código o programa de controlo do Jerry.

O programa consiste basicamente num loop infinito em que são monitoradas sequencialmente as várias condições possíveis, e executadas as acções convenientes.

A detecção de algumas condições inibe o teste de outras, bem como a execução de certas acções. Por exemplo, ao detectar um obstáculo na proximidade, o robot tenta evitá-lo, e, pelo menos nessa iteração, não desencadeia qualquer acção no sentido de se aproximar do farol.

No início de cada iteração o programa lê o nível de saída dos detectores de obstáculos e do farol com uma resolução

```

Initialization;
WHILE (Start == 0);
SwitchOn IR LEDs;
WHILE (1) {
  Read obstacle and beacon sensors;
  IF (Obstacle at close range)
    THEN Limit speed and avoid obstacle;
  ELSE IF (Obstacle at medium range)
    THEN Avoid obstacle;
    ELSE Increase speed and search beacon;
  IF (Collision detected)
    THEN Stop and drive away;
  IF (Arrival area detected)
    THEN Shutdown and lit LED;
  IF (Stop ==1)
    THEN Shutdown;
}

```

Listagem 1 - Programa de controlo do Jerry.

de 8 bits.

A distância do robot aos obstáculos considera-se quantizada em três níveis: distância curta, média e longa. O intervalo correspondente a cada nível foi ajustado por tentativa e erro, com base na observação do comportamento do robot.

Como é de esperar, o robot reage de forma mais enérgica perante um obstáculo a curta distância do que a média distância. No primeiro caso o robot começa por reduzir a velocidade, aplicando depois uma correcção fixa à direcção, que o obriga a curvar para o lado contrário ao obstáculo. Se o objecto for detectado a média distância, o programa apenas actua na direcção se a curvatura que o robot está a descrever no momento for inferior a um determinado valor. Nesse caso é calculado um factor de correcção da direcção a partir das leituras dos sensores de obstáculos da esquerda e da direita.

Havendo obstáculos apenas a longa distância, o robot aumenta a velocidade e busca o farol. Os níveis de sinal captados nos dois sensores da torre permitem detectar o farol num largo ângulo de visão. A direcção do robot é ajustada no sentido de minimizar a diferença entre os dois sinais colhidos.

Se ocorrer eventualmente um choque, o robot pára imediata-mente. Com a informação obtida dos *bumpers* (que apenas indicam se o choque foi do lado esquerdo ou direito) e sabendo o sentido em que se movia previamente, o robot determina o quadrante em que se deu o choque, actuando depois no sentido de se afastar do obstáculo.

### III. CONCLUSÕES

Na prática o Jerry atingiu os seus objectivos e até excedeu algumas expectativas. O que o impediu de obter ainda melhores resultados foram basicamente as suas limitações físicas: uma velocidade um pouco reduzida (devido à utilização dum único conjunto de baterias para todo o sistema) e um sistema de detecção do farol não omnidireccional.

### IV. REFERÊNCIAS

- [1] Doty, Keith L.; "Assembly Manual for the Mekatronix MRC11 Controller with 64Kbytes of Memory"; <http://www.mekatronix.com>, 1999.
- [2] Doty, Keith L.; "Assembly Manual for the Mekatronix MRSX01 Sensor Extension Board"; <http://www.mekatronix.com>, 1999.
- [3] HC11 Reference Manual; Motorola Inc., Rev. 3, 1991.