



## Bulldozer: O Valor da Aleatoriedade

Valter Silva, Telmo Silva, Frederico Santos

### I. INTRODUÇÃO

O Micro-Rato Bulldozer, foi construído, tanto no seu hardware, como software, de forma que seja simples e eficaz. Em particular é utilizada uma função aleatória para determinar o sentido da reacção perante obstáculos. Esta aleatoriedade aumenta a robustez do comportamento do robot, permitindo evitar situações de ciclos viciosos causados por determinadas configurações de obstáculos.

Neste artigo serão brevemente explicados os seguintes aspectos:

- O hardware construído que, apesar de muito simples, é suficiente para os requisitos do Concurso.
- O software de controlo, desenvolvido sobre o kernel ReTMiK, com relevo para alguns detalhes considerados mais pertinentes.

### II. O HARDWARE

O hardware do Bulldozer baseia-se no conjunto Kit 188 e placa de expansão I/O-188, fornecido pela organização. Adicionalmente foi construído um sistema de controlo de um motor suplementar usado na detecção do farol. Este sistema é constituído por um Flip-Flop e por uma ponte H (L293) e permite parar o motor (quando é atingida a zona de chegada) e inverter o sentido de rotação sempre que um fim-de-curso (S1 e S2) é accionado (fig. 1).

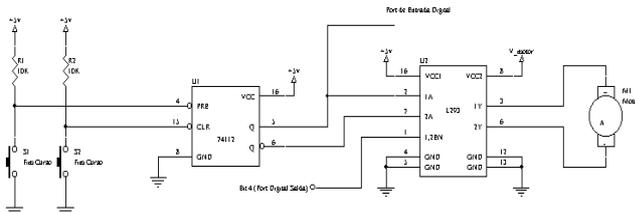


Fig. 1 – Controlo bidireccional do motor acoplado ao sensor do farol.

Outra parte essencial no sistema de detecção do farol é a medição da posição angular do sensor relativamente ao eixo do robot. Para este fim foi utilizado um potenciómetro linear cujo eixo foi mecanicamente acoplado ao eixo de rotação do sensor. Os extremos do potenciómetro foram ligados a 0 e 5V respectivamente. Assim, a tensão obtida no cursor, ligado à ADC, é proporcional à posição angular do sensor conforme pretendido (fig. 2).

Um problema de origem mecânica associado a este sistema é a existência de folga entre o eixo do potenció-

metro e o do sensor. De facto, as leituras diferiam consoante o sentido de rotação. Para corrigir este erro por software ligou-se a saída do Flip-Flop que controla o sentido de rotação a uma entrada digital e usou-se um offset diferenciado para cada sentido.

Devido essencialmente às limitações mecânicas do potenciómetro, a amplitude do movimento angular do sensor foi limitada a cerca de 220°.

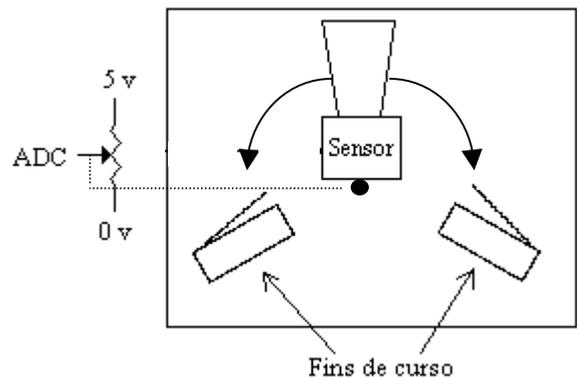


Fig. 2 – Sistema rotativo para detecção do farol

Para se poder controlar a velocidade de rotação do sensor utilizou-se um regulador de tensão variável com offset. A tensão foi ajustada por forma a obtermos cerca de 0,5 segundos por cada varimento, de um extremo ao outro.

No que diz respeito à detecção de obstáculos, o Bulldozer contou com 5 sensores e 8 LEDs. A utilização de mais LEDs do que sensores deve-se às diferentes aberturas, aproximadamente 40° para os LEDs e cerca de 60° para os sensores. A distribuição dos LEDs e sensores é mostrada na figura 3.

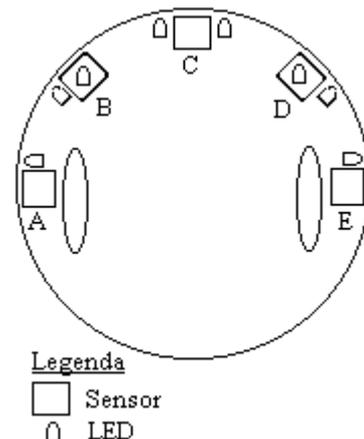


Fig. 3 – Implantação dos sensores de obstáculos.

A melhor iluminação da periferia do robot permite obter uma maior eficiência na detecção dos obstáculos, particularmente no caso de esquinas. Os conjuntos B, C e D são usados, essencialmente, para evitar obstáculos e os conjuntos A e E para seguir paredes.

### III. O SOFTWARE

O software de controlo do Bulldozer tem como base o Kernel tempo real ReTMiK. Este kernel gere a execução de várias tarefas cíclicas, controlando automaticamente a sua activação. Assim, o utilizador apenas tem que fornecer o código de cada tarefa (sem ciclo) e indicar ao Kernel qual a frequência com que cada tarefa deve ser activada.

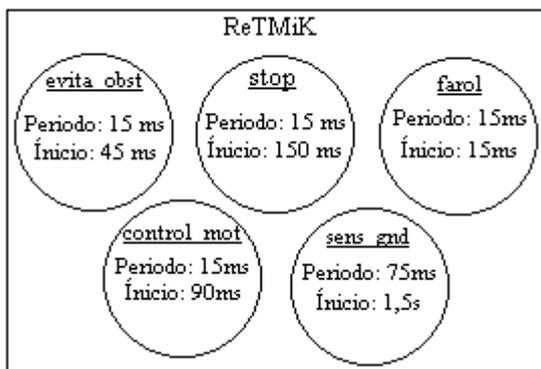


Fig. 4 – Tarefas usadas no controlo do Bulldozer.

Foram definidas cinco tarefas cuja descrição é feita a seguir (fig. 4). As quatro primeiras têm todas a mesma prioridade sendo mais elevada que a da última:

- ‘stop’, atende o botão de stop e é responsável pela paragem do Robot em qualquer situação.
- ‘farol’, responsável pela leitura do sensor de farol e da respectiva posição angular.
- ‘evita\_obst’, esta tarefa serve para tomar todas as decisões relacionadas com obstáculos, seguimento de paredes e orientação ou não para o farol, dá indicações à tarefa control\_mot para o movimento do Bulldozer.
- ‘control\_mot’, controla a potencia aplicada aos motores baseada nos valores fornecidos pela tarefa anterior.
- ‘sens\_gnd’, faz apenas a leitura do sensor de chão para detectar a zona de chagada (preto).

A tarefa que faz a leitura do sensor de farol é activada todos os 15 ms. Como o sensor efectua um varrimento completo (~220°) em cerca de 500 ms, obtemos cerca de 33 leituras por cada varrimento. Contudo, a tarefa ‘farol’ apenas actualiza a direcção do farol no final de cada varrimento completo pelo que esta variável é actualizada aproximadamente duas vezes por segundo.

Em termos de comportamentos, o Bulldozer evita obstáculos e, quando não tem nenhum obstáculo por

perto, procura o farol (fig. 5). O Bulldozer não tem qualquer tipo de informação sobre o espaço percorrido, ou locais por onde já passou, ou outro qualquer dado sobre o labirinto.

### IV. UTILIZAÇÃO DE ALEATORIEDADE

Sempre que o robot encontra um obstáculo pela frente, uma função ‘rand’ é chamada (fig. 5) para se escolher aleatoriamente a direcção a seguir (esquerda ou direita). Esta função retorna a leitura do canal da ADC correspondente ao valor instantâneo do ângulo do sensor do farol. Assim, como este está sempre em movimento, desde que o tempo entre duas invocações consecutivas seja bastante superior ao de um varrimento, a sua posição não é previsível e o resultado é um valor aleatório.

```

if (obstaculo_a_frente )
    rand();
else if ( obstaculo_a_direita )
    roda_a_esquerda;
else if ( obstaculo_a_esquerda )
    roda_a_direita;
else if ( chao_preto )
    parar;
else
    virar_para_farol;

```

Fig. 5 – Algoritmo do Bulldozer.

Outro aspecto muito importante no desempenho do Bulldozer é a utilização de limites temporais para a realização de certas tarefas. Por exemplo, quando se detecta que um obstáculo é outro robot, em certas circunstâncias não é difícil, o Bulldozer pára e espera que este saia do caminho. Se isso não acontecer num certo limite de tempo então o Bulldozer desvia-se para contornar o obstáculo.

A distinção do obstáculo ser um robot ou uma parede pode ser feita de vários modos consoante a situação concreta. Por exemplo, quando o Bulldozer segue uma parede à direita e aparece um obstáculo pela esquerda, este obstáculo é certamente um robot devido às dimensões das passagens (distância mínima entre paredes de 50cm), às dimensões do Bulldozer (25cm de diâmetro) e às distâncias de detecção de obstáculos (inferiores a 12,5cm).

No caso concreto do seguimento de paredes, o Bulldozer também abandona deliberadamente esse comportamento quando detecta na parede uma sequência de padrões (e.g. direcção e sequência das esquinas) que indiciam um comportamento cíclico vicioso.

Por último, a detecção de chão preto não leva à paragem imediata do Bulldozer. Primeiro o robot orienta-se para o farol e anda em frente até entrar totalmente dentro da zona de chegada. Se em 3 segundos não se conseguir orientar para o farol, e.g. por estarem outros robots na zona, então dá a prova por terminada de qualquer modo.