**Máquina de Estados**

O DWR tem de executar ações distintas durante toda a sua atividade. De forma a ser possível executar a ação correta a todo o momento, é necessário um sistema que faça a gestão do estado atual do robô e das entradas que possam despoletar a alteração deste mesmo estado.

Na Figura, mostra-se a máquina de estados desenvolvida, sendo composta por quatro estados principais: S\_STOPPED, S\_RECEIVE, MOVEMENT e S\_ERROR. No primeiro o DWR está parado à espera de algum estímulo. O segundo dedica-se à comunicação de novas rotas entre o operador e o robô. O terceiro está relacionado com todo o tipo de operações que o DWR terá de efetuar durante o tempo em que se encontra em movimento. O quarto é um estado crítico e o DWR apenas deve transitar para este caso ocorra algum erro que comprometa o normal funcionamento do sistema. O estado de MOVEMENT pode ser subdividido em quatro estados secundários: S\_FLW\_LINE, S\_RD\_RFID, S\_NEXT\_MOV e S\_ROTATE. O primeiro implementa um algoritmo responsável pelo seguimento de linha. O segundo é responsável pela leitura de um cartão RFID de identificação unívoca do cruzamento. O terceiro é um estado de decisão responsável por encaminhar o sistema para um estado que esteja de acordo com as entradas dos sensores e com o percurso a realizar. O quarto executa o controlo da mudança de direção num cruzamento.

Inicialmente, o DWR encontra-se no estado S\_STOPPED. Apenas transita deste estado quando o operador iniciar a transmissão de uma nova rota. Para garantir que o robô executa cada rota na sua totalidade confirma-se, também, se a última rota já foi concluída. Verificadas estas duas condições, o sistema evolui para o estado S\_RECEIVE, e permanece neste estado até que a comunicação com o operador seja concluída, regressando, novamente, ao estado de S\_STOPPED.

Uma vez no estado S\_STOPPED e já com uma rota guardada na memória (por concluir ou por iniciar), o DWR espera que lhe seja dada ordem de início de marcha através do botão de pressão presente na sua lateral. Assim que este botão seja pressionado, o sistema evolui para o estado de S\_FLW\_LINE. Este estado tem três saídas possíveis. Caso o percurso esteja obstruído por obstáculo, o DWR para evitando a colisão com o mesmo, ou seja, volta ao estado de S\_STOPPED. Se for detetada uma linha horizontal por ambos os sensores das extremidades do QTR8A, significa que se está na presença de um cruzamento e é necessário efetuar a leitura de um cartão RFID, fazendo com que o sistema transite para o estado S\_RD\_RFID. Caso seja detetada uma linha horizontal apenas por um dos sensores das extremidades do QTR8A, significa que se está na presença de um quarto e tem de se verificar se este quarto é um local de paragem, ou seja, o sistema evolui para o estado de S\_NEXT\_MOV. A outra transição possível para este estado, acontece quando o sistema se encontra no estado de S\_RD\_RFID e o cartão é lido com sucesso.

Uma vez no estado de S\_NEXT\_MOV, o sistema tem de determinar qual o próximo passo a efetuar. Caso o DWR encontre num cruzamento e não seja para mudar de direção, ou o quarto que detetou não seja um local de paragem, o sistema volta ao estado de S\_FLW\_LINE, continuando o percurso atual. Caso seja necessário efetuar paragem no quarto atual, há uma transição para o estado S\_STOPPED. Se o robô se encontrar num cruzamento e for necessário mudar de direção, o sistema evolui para o estado S\_ROTATE. Uma vez neste estado, o DWR roda até efetuar a mudança de direção, voltando ao estado S\_FLW\_LINE.

O sistema pode entrar no estado S\_ERROR por diversas razões. Sempre que o DWR se encontrar parado à espera que a via seja desobstruída, quando sai totalmente da linha durante o percurso ou quando acontece algum problema na mudança de direção. Uma vez neste estado, o DWR precisa da intervenção de um responsável para que possa voltar ao seu estado de funcionamento normal.

**PID**

O primeiro passo para um projeto de controlo está relacionado com a compreensão qualitativa do sistema. Este passo é absolutamente fundamental. Se esta análise falhar, quaisquer que sejam as ferramentas matemáticas e o tempo despendido posteriormente, o projeto dificilmente poderá funcionar corretamente. É necessário compreender como o sistema a controlar funciona fisicamente, quais as variáveis medidas, a controlar, de atuação, de distúrbio, de comando, bem como o funcionamento do atuador, do sensor e do controlador.

Mecanicamente, o DWR assemelha-se a um paralelepípedo, as rodas estão colocadas na parte central das laterais e o *array* de sensores está posicionado na parte central da dianteira do robô. O objetivo deste sistema de controlo é seguir uma linha. Assim sendo, as variáveis medidas são as leituras efetuadas pelos sensores, as variáveis a controlar são a velocidade de translação e velocidade do centro de massa do robô, as variáveis de atuação são os binários dos motores, as variáveis de comando é a fração de modulação do amplificador PWM de cada motor e a variável de perturbação será o atrito provocado pela superfície, denominado de binário de perturbação.

O atuador é composto pelo motor DC, a ponte H e pelo microcomputador. O torque produzido pelo motor DC pode ser alterado através da variação da tensão de alimentação do motor. O sistema de controlo é responsável pela variação deste parâmetro, de maneira a produzir o torque adequado. O motor tensão de alimentação do motor DC será produzida por um amplificador PWM. Em conjunto, o microcontrolador e a ponte H implementam o amplificador PWM. O algoritmo de controlo no microcontrolador irá produzir na saída a variável de comando, a fração de modulação do amplificador de PWM. O ganho do amplificador corresponde a tensão aplicada ao motor DC quando a fração de modulação é 1 (100%).