



O "FUTEBOL DE ROBÔS" COMO FERRAMENTA TECNOLÓGICA PARA O ENSINO DE ENGENHARIA ELÉTRICA E CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

Ewaldo Luiz de Mattos Mehl – mehl@eletr.ufpr.br

Anderson Cesar Zani – zani@eng.eletr.ufpr.br

Jackson Küntze – jackson@eng.eletr.ufpr.br

Vilson Rodrigo Mognon – vilson@eng.eletr.ufpr.br

Universidade Federal do Paraná, Departamento de Engenharia Elétrica
Centro Politécnico

81531-990 - Curitiba - PR

Gabriel dos Santos – gs98@inf.ufpr.br

Universidade Federal do Paraná, Departamento de Informática
Centro Politécnico

81531-990 - Curitiba - PR

Resumo. *O Futebol de Robôs é uma iniciativa internacional que objetiva promover desenvolvimentos ligados à robótica, à visão computacional e à inteligência artificial, voltados à educação e pesquisa. O projeto abrange trabalhos nas áreas de eletrônica e programação avançada, já que cada equipe, além de projetar e construir seus robôs em conformidade com dimensões e regras internacionais, deve desenvolver unidades de software adequadas para as tarefas de aquisição e análise de imagem, estratégia e comunicação com os robôs. O trabalho em pauta descreve o projeto "Futebol de Robôs", que está sendo desenvolvido na Universidade Federal do Paraná em parceria por alunos dos cursos de Engenharia Elétrica e Ciência da Computação. Diversos fatores demonstram que o projeto é eficiente na sua proposta de servir como elemento de atração dos estudantes às carreiras universitárias de conteúdo tecnológico. Ao mesmo tempo o empreendimento, colocado como um desafio a ser vencido, motiva significativamente os estudantes envolvidos no projeto. Sugere-se ainda a expansão do projeto a outras instituições brasileiras de ensino de Engenharia, incentivando as atividades de pesquisa em robótica, visão computacional e inteligência artificial no país.*

Palavras-chave: *Robôs, Inteligência artificial, Visão computacional.*

1. APRESENTAÇÃO

Em junho de 1999, a empresa japonesa Sony Electronics lançou no mercado um pequeno robô no formato de um cão, denominado Aibo ERS-110. A palavra *aibo* significa no idioma japonês “amigo” ou “companheiro” e é um acrônimo para *Artificial Intelligence RoBOt*. Foram produzidas apenas 5000 unidades, pois a Sony pretendia apenas testar a receptividade ao produto, destinando 3000 unidades para o mercado doméstico japonês e as restantes 2000 unidades para venda nos EUA. Apesar do preço de comercialização superior a US\$ 2,5 mil, no dia do lançamento do produto toda a produção estava vendida em menos de 30 minutos no Japão, enquanto que as unidades destinadas ao mercado norte americano esgotaram-se em 4 dias. Pressionada por milhares de pedidos, a Sony colocou à venda em novembro de 1999 mais 10 mil unidades do Aibo ERS-110, para os quais foram recebidos mais de 135 mil pedidos. A segunda geração do produto, denominado Aibo ERS-210, equipado com um microprocessador de 200 MHz e 32 MB de memória, encontra-se atualmente disponível ao custo unitário de US\$ 1,5 mil, incluindo um carregador de baterias [1].

O sucesso comercial do Aibo da Sony só vem demonstrar a inquestionável atração que a palavra *robô* tem sobre as pessoas, em particular os jovens. Em feiras e exposições as demonstrações de funcionamento de robôs, seja na forma de unidades industriais ou de simples brinquedos, atrai de forma inequívoca a atração do público. Há muito tempo os produtores cinematográficos já descobriram esse fato, de modo que os filmes de ficção científica tem feito uso de robôs em diversas situações, tanto na forma de personagens extremamente “inteligentes” e “bondosos” até vilões de aparência assustadora e atitudes perversas. De fato, aparentemente um grande número de pessoas gostaria de ter um “robô doméstico”, capaz de executar algumas tarefas cotidianas. No caso do Aibo E-210, o “cãozinho” tem disponíveis dois módulos de memória pré-programados, que se encaixam em uma fenda localizada na “barriga” do robô. O módulo batizado de *Hello Aibo* possibilita a que o robô execute algumas tarefas simples, como correr atrás de uma bola cor-de-rosa que acompanha o produto. É decepcionante porém constatar que, trocando-se a bola por uma de cor diferente, o “cãozinho” se torna indiferente, denunciando que o sistema de visão está calibrado para uma cor específica. Com o outro módulo de memória, chamado *Aibo Life*, o robô comporta-se como um “filhote” com pouca agilidade, cabendo ao proprietário “trein-lo” com uma série de tarefas existentes no manual de instruções. Segundo a Sony, ao final de cerca de 40 horas de “treinamento” o seu Aibo estará se comportando como um cão com alguns meses de idade, inclusive reconhecendo a voz do “dono” [2]. Sem dúvida é um produto interessante, mas certamente muito distante dos extraordinários robôs dos filmes de ficção científica!

Deixando de lado o aspecto lúdico do Aibo da Sony, na verdade a utilização de robôs no nosso cotidiano, como por exemplo na automação industrial ou em situações de alto risco para o ser humano, cresce rapidamente em âmbito mundial. Equipamentos robóticos já são considerados essenciais em vários tipos de atividades industriais. Por exemplo, a indústria automobilística tem utilizado de forma rotineira robôs de soldagem, com os quais é possível a construção de complexas estruturas dos modernos automóveis com baixo custo e altíssima qualidade. Outras áreas que fazem uso de robôs nos dias de hoje incluem a exploração petrolífera, a oceanografia e a medicina. Esta última tem usado robôs para auxiliar paraplégicos, embutindo-os em cadeiras de rodas, por exemplo, ou ainda em cirurgias delicadas ou no auxílio a deficientes visuais, usando-se técnicas de visão computacional. Também em algumas regiões onde correram conflitos armados tem sido usados com sucesso robôs para a detecção de minas terrestres, desempenhando de forma plenamente satisfatória

essa tarefa de alto risco. Também na área militar encontram-se aviões sem piloto e tanques tele-guiados, já plenamente operacionais.

No entanto, muitos destes robôs são na verdade máquinas operadas à distância por um agente humano. Outros, apesar de operarem sem qualquer tipo de intervenção humana, o fazem apenas em domínios altamente específicos. É ainda objeto de pesquisa de ponta a produção de robôs totalmente autônomos, que possam operar em ambientes desconhecidos e que sejam capazes de resolver conflitos não previstos. O problema é ainda maior quando se considera a possibilidade de ter-se vários robôs operando de forma cooperativa, dividindo tarefas e atuando em sinergia para cumprir um objetivo comum.

O estudo de robótica autônoma tem sido realizada com baixa intensidade no Brasil. Entre os fatores que limitam a atuação dos pesquisadores está o alto custo de montagem de um laboratório de robótica. Apenas a título de exemplo, o pequeno robô MACH-5, dotado de uma câmara de vídeo e equipamento de visão artificial, custa mais de US\$ 5 mil. Um modelo mais sofisticado, com sensores de posição, tem um custo superior a US\$ 40 mil [3].

No entanto, existe uma plataforma de experimentação de menor custo, mais compatível com a realidade de países como o Brasil. Esta alternativa foi proposta em 1996 na República da Coreia e é denominada "Futebol de Robôs". O presente trabalho apresenta as principais características do Futebol de Robôs, com o sentido de demonstrar sua aplicação no ensino da Engenharia e da Ciência da Computação em universidades brasileiras. Além de servir como campo de desenvolvimento de tecnologias sofisticadas, o Futebol de Robôs também pode ser visto como um elemento de divulgação dos cursos de Engenharia e serve como motivador para que os jovens estudantes venham a optar pelas carreiras tecnológicas.

2. O FUTEBOL DE ROBÔS

A idéia de se usar pequenos robôs para realizar partidas de futebol foi do Professor Jong-Kwan Kin, no *Korean Advanced Institute of Science and Technology* (KAIST) na República da Coreia (Coreia do Sul) em 1996. O objetivo do projeto é incentivar a realização de pesquisas na área de robótica autônoma multi-agente e permitir a implantação de sistemas experimentais de baixo custo no ambiente universitário. Propõe-se que as universidades participantes montem cada qual um "time" de robôs, em obediência a regras comuns. Organizando-se uma competição entre as equipes, cada qual poderá verificar por meio de "jogos" como está o desempenho do seu sistema em comparação com as demais equipes, incentivando-as dessa forma a um contínuo aperfeiçoamento. Desde o primeiro momento estabeleceu-se também que as regras não poderiam ser totalmente fixas, sofrendo constantes evoluções no sentido de introduzir dificuldades adicionais. Na República da Coreia foi fundada a FIRA - *Federation of International Robot-soccer Association* [4] seguida pela RoboCup - *Robot World Cup Initiative* [5, 6] surgida no Japão por incentivo da empresa Sony. Na verdade o jogo de futebol é usado como um problema padronizado para o qual é necessário a convergência de uma série de atividades de pesquisa; o verdadeiro objetivo tanto da FIRA como da RoboCup é incentivar o desenvolvimento de ferramentas de robótica, de visão computacional e de inteligência artificial. Os torneios da FIRA e da RoboCup são congressos científicos reconhecidos por entidades internacionais, como o IEEE - *Institute of Electrical and Electronics Engineers*. Juntamente com os jogos, as equipes apresentam trabalhos descrevendo suas propostas, permitindo dessa forma o intercâmbio de idéias e o desenvolvimento tecnológico. De fato, o principal impacto das propostas da FIRA e da RoboCup tem sido no campo educacional. É interessante observar uma marcante presença de

equipes formadas por estudantes universitários de graduação nas competições internacionais, demonstrando que os princípios da robótica, da visão computacional e da inteligência artificial podem ser compreendidos por alunos de graduação e aplicados de forma prática em uma atividade desafiadora.

2.1 Regras para os Jogos

A Figura 1 mostra os componentes básicos para um jogo de Futebol de Robôs. A FIRA estabelece a categoria MiroSot (*Micro-Robot Soccer Tournament*), onde cada equipe tem três pequenos robôs autônomos de formato cúbico ($7.5\text{ cm} \times 7.5\text{ cm} \times 7.5\text{ cm}$) e o “campo” é um tablado de madeira de $130\text{ cm} \times 150\text{ cm}$. Utiliza-se uma bola de golfe de cor laranja, sendo a superfície do “campo” pintada de cor preta fosca [4]. Nas regras da RoboCup, categoria *Small* [5] cada equipe tem cinco micro-robôs e o campo é um tablado de madeira de $152,5\text{ cm} \times 274\text{ cm}$, de cor verde; os robôs podem, ao contrário do que estabelece a FIRA, ter qualquer formato, devendo no entanto manterem-se dentro de um gabarito máximo na forma de um cilindro de 18 cm de diâmetro e 25 cm de altura. Cada equipe pode posicionar uma ou mais câmaras de vídeo sobre a superfície do “campo”, permitindo uma visão global. Os robôs devem ser controlados de modo remoto através de ligação via rádio com um computador de controle. O sistema deve ser totalmente autônomo, ou seja, os operadores humanos somente podem comandar no teclado dos microcomputadores o início e a parada dos robôs, em atendimento às ordens de um juiz humano que dirige o jogo. Na superfície superior dos robôs são colocadas marcas coloridas que permitem ao sistema de visão computacional identificar os robôs individualmente.

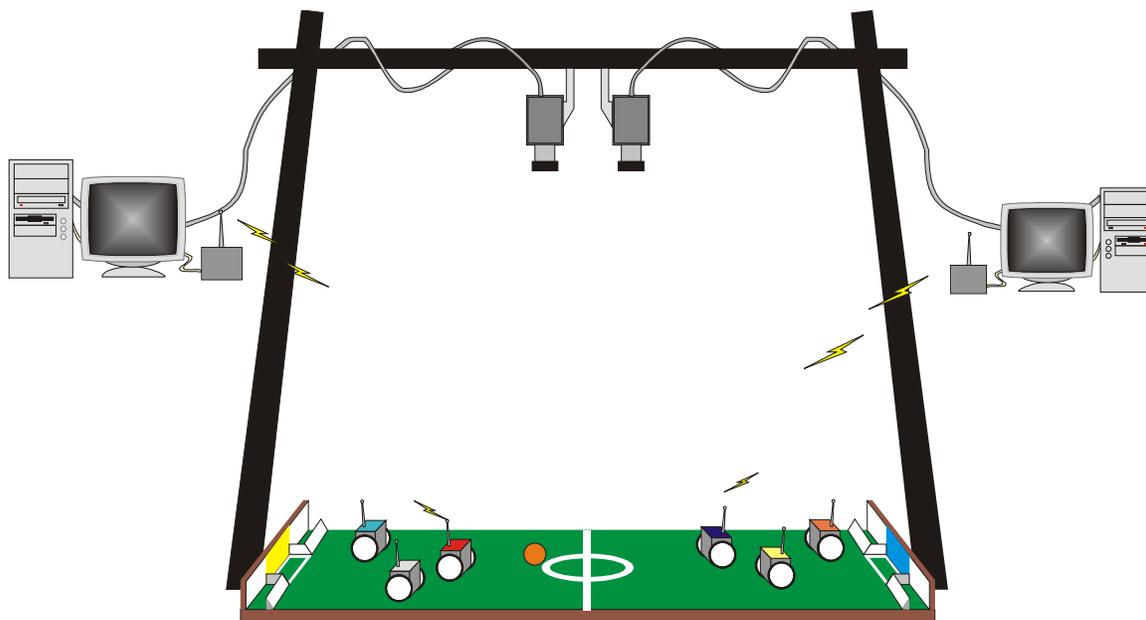


Figura 1: Esquema representativo do Futebol de Robôs. Nas regras da FIRA (MiroSot), cada time tem três micro-robôs. Na RoboCup (categoria *small*), são cinco robôs em cada equipe.

Existe também na FIRA [4] e na RoboCup [5] outras categorias além da descrita. As competições da RoboCup incluem até equipes de robôs com pernas, sendo nesse caso por enquanto somente feitos jogos de demonstração utilizando equipes de “cãozinhos” Aibo da

Sony. Essas categorias demandam no entanto investimentos vultuosos por parte das equipes, de modo que não serão abordadas no presente trabalho.

2.2 Componentes Tecnológicos

A montagem de uma equipe de Futebol de Robôs envolve conhecimentos e tecnologias de diversas áreas, que devem ser harmoniosamente integradas. O sistema completo pode ser analisado como uma arranjo de uma série de módulos:

- **Micro Robôs:** As pequenas dimensões dos robôs impedem, no atual grau de desenvolvimento tecnológico, a instalação de sistemas eletrônicos complexos. A maioria das equipes utiliza nos robôs pequenos motores elétricos, que acionam rodas ou esteiras de borracha, semelhante a pequenos carros de brinquedo. É necessário no entanto um sistema razoavelmente preciso de acionamento, podendo-se empregar controle de velocidade por nível de tensão ou por largura de pulsos (PWM). Os robôs devem ter também equipamento receptor de rádio, de modo a permitir o seu comando pelo computador central sem fios. Devem ter também baterias que permitam a sua operação pela extensão de cada “tempo” do jogo.
- **Visão computacional:** Compõe-se de uma câmara de vídeo posicionada sobre o “campo” e ligada a uma placa de captura de imagens, instalada no computador. Uma unidade de *software* é responsável pelo processamento da imagem capturada pela câmara e identificação da posição instantânea da bola e dos jogadores “amigos” e “inimigos”. Existe uma grande gama de alternativas para implantar o sistema de visão, desde o uso de câmaras analógicas simples de custo relativamente reduzido até sistemas digitais altamente sofisticados.
- **Estratégia:** É a unidade de *software* responsável pela determinação da operação dos robôs em função de uma programação prévia, incluindo táticas de jogo e definições das trajetórias dos jogadores e tendências de movimentação da bola. Sob o ponto de vista da programação, trata-se de um módulo extremamente complexo, que reúne elementos de Inteligência Artificial.
- **Planificação e Negociação:** Este módulo de *software* compromete-se com questões do tipo: como decompor e alocar as missões fornecidas pelo módulo de estratégia entre os agentes; como dotar os agentes de meios de comunicação e de interação (protocolos, linguagem de comunicação, etc); como assegurar a coerência global do sistema na partilha e na realização das táticas fornecidas pela estratégia de jogo; como permitir aos robôs reconhecer e tratar as situações de interação. Cada robô deve ser capaz de planificar/refinar suas missões de uma maneira eficaz, levando em conta o contexto atual em que ele se encontra. Em tal situação os robôs apresentarão comportamentos compostos por ações coordenadas e/ou cooperativas que asseguram a execução apropriada de suas metas estratégicas.
- **Comunicação:** No nível de *software* converte as ordens resultantes da estratégia em comandos de movimentação para os robôs. Em seguida, tendo em vista a proposta de se ter robôs autônomos, deve acionar rádio-transmissores apropriados para a transmissão dessas ordens aos robôs, sem fios.

- **Interface homem-máquina:** O computador deve possibilitar a um operador humano comandar o início do jogo, interromper os movimentos em caso de falta, pênalti, escanteio e gol, e reiniciar a partida quando ordenado pelo juiz. Prevê-se que cada um dos times tenha três auxiliares técnicos humanos, sendo um responsável pelo comando de início e parada de movimentos e os outros dois para posicionar manualmente os robôs nas configurações padrão de início do jogo e de cobrança de faltas, pênaltis e escanteios.
- **Sistemas auxiliares:** É necessário também, além do próprio “campo” onde se realizam os jogos, ter-se um sistema de iluminação adequado ao equipamento de captura da imagem, bem como suportes para as câmaras de vídeo e refletores de luz. A realização de torneios de Futebol de Robôs atrai uma grande atenção do público, de modo que é conveniente ter-se uma estrutura de apresentação com equipamento de som para narração das partidas e projeção de imagens para a melhor visualização do movimento dos robôs.

Apesar de um aspecto simplista à primeira vista, a proposta de uma partida de futebol jogada por robôs autônomos envolve temas de extrema complexidade sob a ótica da ciência robótica. Tais sistemas interagem em um espaço físico limitado e dinâmico, pois os elementos não possuem posição fixa. Além disto, o plano inicial pode ser, e provavelmente será, modificado em função de fatores imprevisíveis, tais como a movimentação dos robôs da equipe adversária. Como as regras proíbem a intervenção humana, o sistema computacional torna-se extremamente dependente de variáveis temporais e espaciais, dificultando sua implementação.

Outro ponto de extrema complexidade no projeto é o aprimoramento de técnicas existentes na inteligência artificial distribuída e sistemas multi-agentes. Em particular, pelo menos teoricamente, após alguns minutos de jogo pode-se analisar a estratégia adotada pela equipe adversária e como consequência efetuar adaptações na maneira como se está conduzindo a partida. Ao que se sabe até o momento nenhuma equipe obteve sucesso em implementar uma técnica cooperativa entre os jogadores, ou seja, no Futebol de Robôs ainda não existe o "passe de bola" entre jogadores.

3. O FUTEBOL DE ROBÔS NA UFPR

No Brasil, a idéia de se implantar equipes universitárias de Futebol de Robôs teve uma boa repercussão, destacando-se em 1998 a participação do time GUARANÁ, criado por uma coligação entre pesquisadores da Escola Politécnica da USP (São Paulo, SP) e da UNESP (Bauru, SP), nas competições da FIRA realizadas na França. Essa equipe obteve um ótimo desempenho, conquistando o vice-campeonato na categoria MiroSot [7]. Em agosto de 1999 foi realizada a IV Copa do Mundo de Futebol de Robôs na cidade de Campinas (SP). A categoria MiroSot foi vencida por um "time" oriundo de Hong Kong, ficando em quarto lugar uma equipe brasileira apoiada pelo Instituto de Automação do CTI (Centro Tecnológico para a Informática, atual ITI, Instituto de Tecnologia da Informação).

Analisando-se os desafios tecnológicos envolvidos no Futebol de Robôs, percebe-se uma interessante característica inter-disciplinar. De fato, a atividade demanda que se reünam especialidades diversas, sem o que a equipe não chegará a bons resultados. Na Universidade Federal do Paraná, em Curitiba (PR), o Futebol de Robôs está sendo uma atividade que vem integrando alunos e professores de Engenharia Elétrica e de Ciência da Computação. No entanto deve-se reconhecer que essa parceria resultou muito mais do rumo dos acontecimentos, não tendo sido planejada antecipadamente dessa forma. De fato, o projeto

que está atualmente em execução na UFPR resultou em grande parte do entusiasmo de um grupo de alunos dos cursos de Engenharia Elétrica e Ciência da Computação da instituição, após travarem conhecimento com o assunto e assistirem às disputas realizadas em 1999 em Campinas.

Com o aporte financeiro da FINEP (Edital REENGE 01/98) e o apoio de docentes dos departamentos de Informática e de Engenharia Elétrica da UFPR, formou-se uma equipe que vem realizando desde 1999 pesquisas e desenvolvimentos ligados ao Futebol de Robôs. O trabalho tem sido dividido em duas sub-equipes: uma é formada por estudantes de graduação em Engenharia Elétrica, que se dedica basicamente ao projeto e construção dos robôs em si e todos os elementos eletrônicos auxiliares; o outro grupo, que se dedica ao desenvolvimento das unidades de *software*, é formado por estudantes de graduação de Ciência da Computação (ou Bacharelado em Informática, na denominação original do curso). Professores ligados aos dois cursos atuam como consultores em suas áreas de especialização, além de servirem como coordenadores gerais das atividades.

Entre os objetivos do grupo tem-se a montagem de dois "times" completos de Futebol de Robôs, capazes de realizarem jogos de demonstração em escolas, feiras e exposições. Como não há no momento outras equipes locais, tais demonstrações encaixam-se por enquanto somente nos objetivos do Edital FINEP/REENGE 01/98, de promover atividades de desenvolvimento experimental feitas por alunos de graduação e divulgar as carreiras tecnológicas a estudantes em vias de ingressar nas universidades. De fato, apesar de na época ainda estar em um estágio inicial, o Futebol de Robôs foi apresentado com enorme sucesso no "Festival da UFPR", evento realizado em 2000 para divulgação dos cursos universitários a estudantes de 1^o e 2^o grau.

A primeira atividade do grupo foi o desenvolvimento de um módulo de sistema destinado à aquisição, processamento e reconhecimento de imagens adquiridas através de câmara de vídeo colorida tipo CCD, empregando microcomputador com placa de aquisição de imagens de baixo custo. Os primeiros robôs foram construídos de acordo com o recomendado por HONG et al. [8], empregando pequenos servomotores de aeromodelos como elementos de tração. Esses servomotores são convenientes pois já possuem circuitos de interfaceamento com um receptor de rádio VHF (72 MHz) e são facilmente encontrados em lojas especializadas de modelismo. Apesar de resultarem em robôs relativamente lentos em comparação com os que são atualmente usados em competições internacionais de Futebol de Robôs, trata-se de uma alternativa interessante para equipes iniciantes, pela facilidade de sua implantação. Com esses robôs o grupo de programação pode aprimorar os módulos de aquisição de imagem e de comunicação.

Posteriormente foi dada continuidade ao projeto através da construção de uma "segunda geração" de robôs dotados de maior velocidade e agilidade. Foi realizado o desenvolvimento de um módulo de sistema destinado à comunicação do microcomputador, através da interface serial, com um *transceiver* digital UHF operando na frequência de 433 MHz, destinado ao acionamento remoto de motores de corrente contínua. Os novos robôs empregam o mesmo *transceiver* UHF digital e motores de corrente contínua com velocidade variável por modulação de largura de pulso (PWM), controlados através de um microcontrolador PIC16F84 de 8 bits em cada robô. O circuito eletrônico completo está descrito por MEHL et al. [9] e é mostrado nas Figuras 2 e 3, possuindo desempenho aparentemente compatível com o que se observa em equipes internacionais.

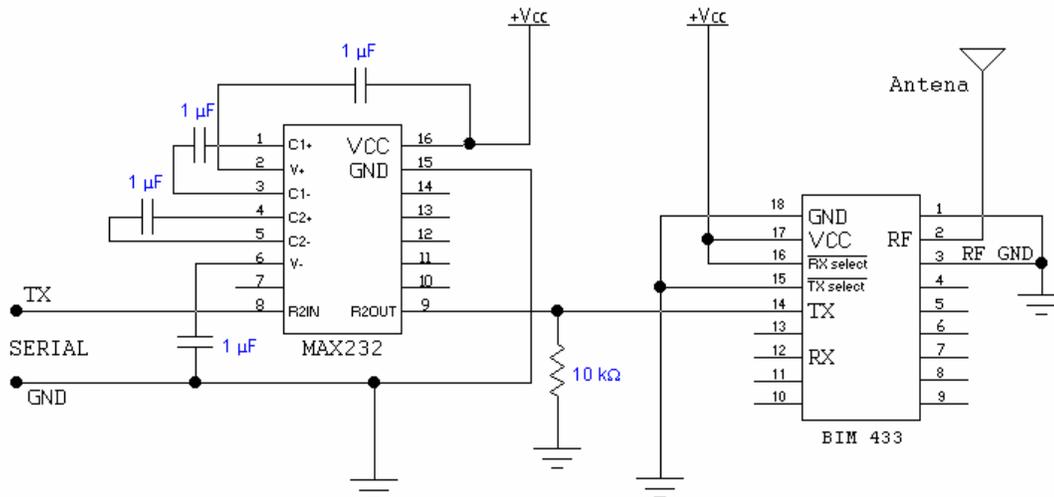


Figura 2: Circuito de interfaceamento entre um microcomputador e um *transceiver* digital de 433 MHz usado no projeto Futebol de Robôs da UFPR.

Entre os aspectos mais interessantes do projeto está a integração entre alunos de dois diferentes cursos de graduação, no caso Engenharia Elétrica e Ciência da Computação. De fato, as características do projeto demandam a atuação coordenada de especialistas em diversas áreas, de modo que ficou evidenciada a necessidade de se dividir as tarefas de forma construtiva. Os coordenadores do projeto observam que os estudantes de Ciência da Computação mostram-se entusiasmados com o trabalho de desenvolvimento do sistema e atribuem tal fato à possibilidade de aplicação concreta de conceitos teóricos avançados. De fato, parece-nos que os estudantes de Engenharia Elétrica estão de certa forma mais acostumados a montarem estruturas e circuitos onde há peças móveis ou lâmpadas que acendam e apaguem. Os estudantes de Ciência da Computação, ao contrário, geralmente desenvolvem sistemas cujos resultados normalmente só surge nos monitores dos computadores. Como conseqüência, é visível o entusiasmo com que tais alunos vêem um robô se movimentar como resultado dos comandos de um *software*. Por outro lado, os estudantes de Engenharia Elétrica de modo geral aprendem algumas ferramentas básicas de programação mas normalmente não estão atentos aos formalismos da análise de sistemas. No caso do Futebol de Robôs, a necessidade de ter-se sistemas complexos e altamente velozes faz com que seja imperativa a adoção de técnicas de otimização, nem sempre empregadas em sistemas mais simples. Isto posto, os alunos envolvidos no projeto acabam travando contato com problemas e técnicas que julgavam inexistentes e até desnecessárias, valorizando sobremaneira sua formação profissional. Em alguns momentos surgiram até mesmo algumas situações de conflito entre os grupos de *software* e de *hardware*, em face de desempenhos insatisfatórios dos circuitos eletrônicos ou dos módulos de sistema. Também nesses casos tais conflitos, devidamente administrados pelos docentes que orientam o projeto, podem ser encarados sob o ponto de vista positivo de uma experiência semelhante ao que mais tarde os alunos irão vivenciar no ambiente profissional.

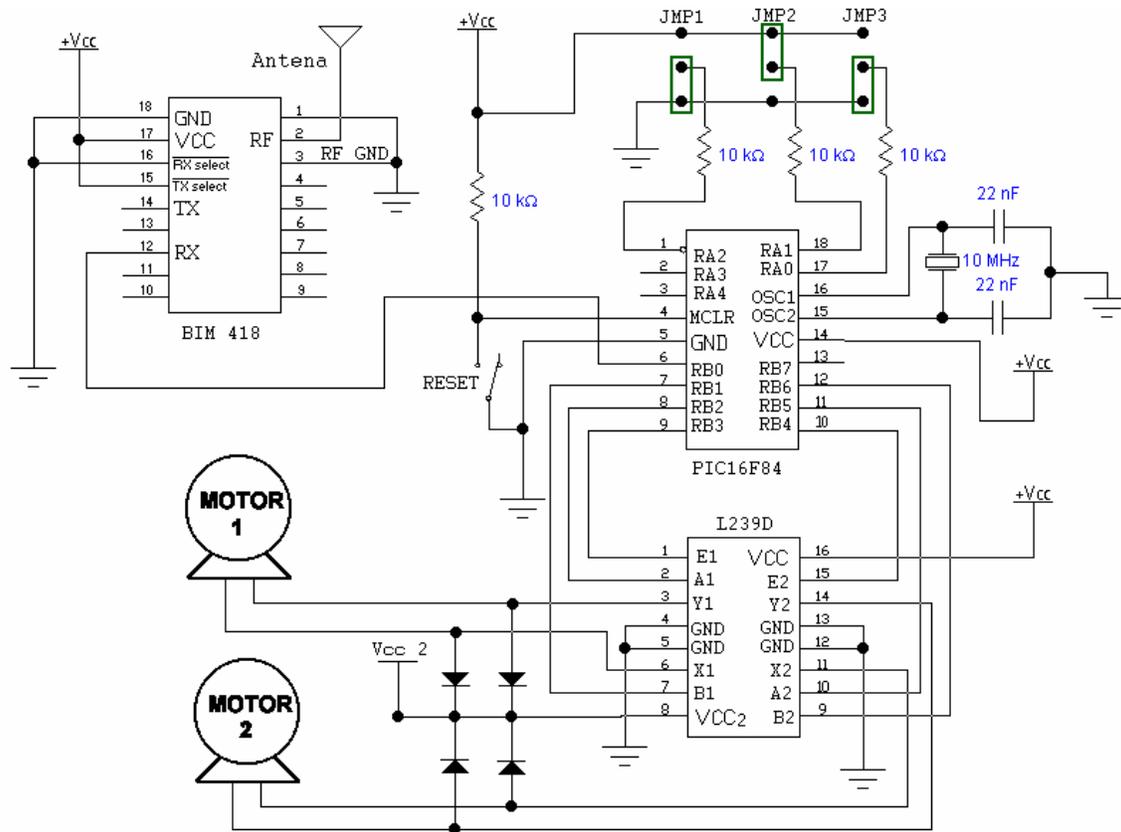


Figura 3: Circuito eletrônico de cada um dos micro-robôs da UFPR, utilizando controle de velocidade por modulação de largura de pulso (PWM).

4. PROPOSTAS E CONCLUSÕES

A experiência da UFPR no Futebol de Robôs tem demonstrado a viabilidade da proposta, tanto sob o aspecto de desenvolvimento científico, assim como elemento motivacional. De fato, com investimentos inferiores a R\$ 20 mil é possível montar um "time" de micro-robôs com razoável desempenho, a partir do que já se pode realizar experimentações e desenvolvimentos extremamente interessantes. A nível de competição nacional, é interessante ter-se uma série de "times" oriundos de diversas instituições universitárias, à semelhança do que é feito internacionalmente, que servirá para consolidar as pesquisas nas áreas de robótica, visão computacional e inteligência artificial no país.

Conclui-se que o Futebol de Robôs é um projeto também de grande impacto para o Ensino de Engenharia, já que permite aos participantes vivenciarem experiências concretas de construção de um sistema complexo, com interação de diversas áreas especializadas. Nesse aspecto, o Futebol de Robôs tem permitido também a divulgação dos cursos de conteúdo tecnológico aos estudantes em vias de ingressar nas universidades, atraindo quadros valiosos às carreiras tecnológicas.

A equipe que está responsável pelas pesquisas ligadas ao Futebol de Robôs da UFPR encontra-se à disposição para orientar outros grupos universitários a montarem suas próprias

estruturas. Várias instituições de ensino de Engenharia já se manifestaram interessadas, antevendo um efeito multiplicador do projeto.

Agradecimentos

O incentivo e dedicação do Dr. Roberto Tavares Filho, do ITI, tem sido um elemento fundamental à existência do Futebol de Robôs no Brasil. Os autores agradecem à colaboração dos professores do Departamento de Informática da UFPR, Dr. Hélio Pedrini e Dra. Olga Bellon (visão computacional), Dr. Marcos Castilho e Dra. Sílvia Botelho (planificação, robótica e sistemas multi-agentes) e Dr. Michel Gagnon (Inteligência Artificial) no desenvolvimento dos sistemas do Futebol de Robôs, e no Departamento de Engenharia Elétrica da UFPR aos professores Dr. Marcus Vinícius Lamar (processamento de imagens) e Dr. Eduardo Parente Ribeiro (processamento digital de sinais) no auxílio em diversas atividades do projeto. O projeto Futebol de Robôs conta com apoio da FINEP, da Federação das Indústrias do Estado do Paraná e da Fundação da Universidade Federal do Paraná (FUNPAR).

5. REFERÊNCIAS

- [1] "Sony AIBO Robot Dog", http://www.robotbooks.com/sony_aibo.htm
- [2] M. Alpert, "Kibbles and Bytes: How much is that robotic dog in the window?", *Scientific American*, vol. 284, no. 6, Jun. 2001. pp. 85-85.
- [3] iRobot Corporation, "Research Robot Product Line", <http://www.irobot.com/rwi/index.asp>
- [4] "FIRA - Federation of International Robot-soccer Association", <http://www.fira.net>
- [5] "RoboCup - Robot World Cup Initiative", <http://www.robocup.org>
- [6] H. Kitano, Y. Kuniyoshi, I. Noda, M. Asada, H. Matsubara and H. Osawa, "RoboCup: A Challenge Problem for AI", *AI Magazine*, vol. 18, no. 1, 1997, pp. 73-85.
- [7] Anna H. R. Costa e Renê Pegoraro, "Construindo Robôs Autônomos para Partidas de Futebol: o Time Guaraná". *SBA Controle & Automação*, vol. 11, no. 3, 2000, pp. 141-149.
- [8] Sun-Gi Hong, Tae-Dok Eom, Choon-Young Lee, Min-Soeng Kim, M. Sugisaka and Ju-Jang Lee, "Designing a Soccer-Playing Robot Team based on the centralized approach". in *Proceedings of the Micro-Robot World Cup Soccer Tournament*. Taejon, Korea, June 1-5, 1997, pp.119-123.
- [9] Ewaldo L. M. Mehl, Anderson César Zani, Jackson Kuntze and Vilson Mognon, "PWM motor drive circuit with wireless communication to a microcomputer for small playing soccer robots". Trabalho submetido ao VI Congresso Brasileiro de Eletrônica de Potência (COBEP-2001), que será realizado em Florianópolis em Novembro de 2001. A aceitação ou não do trabalho será comunicada aos autores até 9 de julho de 2001.