



ATIVIDADE EXTRACURRICULAR COMO APOIO AO CURSO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

José Carlos de Souza Junior – jcarlos@maua.br

Instituto Mauá de Tecnologia – Centro Universitário – Escola de Engenharia – Elétrica

Praça Mauá, 1 – Bairro Mauá

09580-900 – São Caetano do Sul – São Paulo

João Cláudio Brito Santos – del@maua.br

***Resumo:** Este trabalho relata a experiência obtida pelos autores na elaboração e implantação de uma atividade extracurricular como forma de apoio ao curso de engenharia elétrica. A atividade desenvolvida tem por base um veículo microcontrolado, elaborado e confeccionado pelos próprio autores, que juntamente com toda a estrutura necessária foi disponibilizado aos alunos interessados. Os alunos responderam a um convite aberto a todas as séries do curso, na forma de um desafio, e se organizaram em equipes de até 5 participantes. Dispondo de sensores de intensidade luminosa no veículo, o desafio das equipes foi percorrer um trajeto, definido por uma linha branca em fundo preto, no menor tempo possível. Toda logística dos recursos e regras são explicadas no decorrer deste trabalho. Salienta-se o baixo custo do processo, possibilitando sua reprodução ou adaptação em instituições de grande ou pequeno porte.*

***Palavras-chave:** Extracurricular, Veículo Microcontrolado, Desafio, Controle de Trajeto*

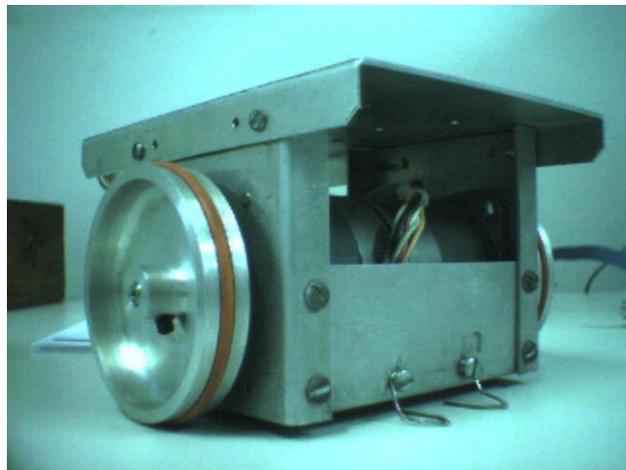
1. ELABORAÇÃO E CONFECÇÃO DO VEÍCULO

Neste item são abordadas as etapas de elaboração e confecção do veículo.

1.1 Sistema de tração

Para movimentação do veículo, foi utilizado dois motores de passo acoplados adequadamente a uma base de alumínio, Figura 1. Os motores, independentes, são acoplados as duas rodas, fazendo-se com que o veículo se movimente. Atuando com diferentes rotações tem-se a possibilidade de realizar qualquer curva. O uso de motores de passo utilizados em impressoras permite um baixo custo (aprox. R\$ 20,00) e fácil manipulação, uma alternativa para seu uso seriam motores de corrente contínua que podem ser manipulados por meio de sinais PWM gerados pelo sistema de controle.

Figura 1 – Base de alumínio com motores de passo

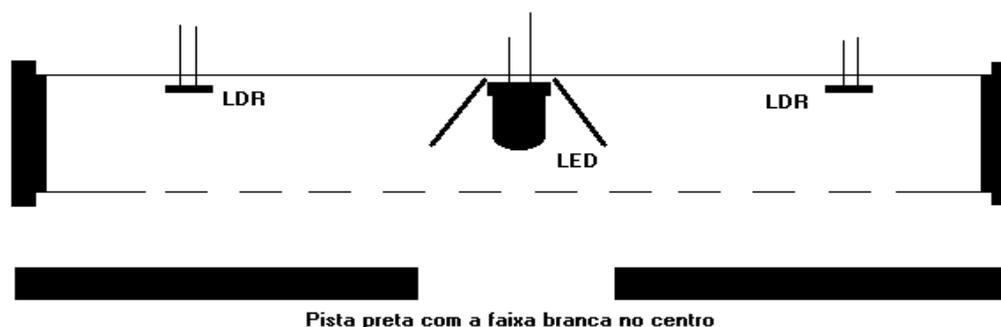


Os motores utilizados tem por características: 1 A/fase e 200 passos/volta.

1.2 Sensor de luminosidade

Partindo do princípio de que o veículo se movimenta (orienta) através de uma faixa branca em um piso preto, utiliza-se um LED para iluminação e dois LDR's para controle de posicionamento. Para este controle de posicionamento foi implementado o dispositivo ilustrado na Figura 2.

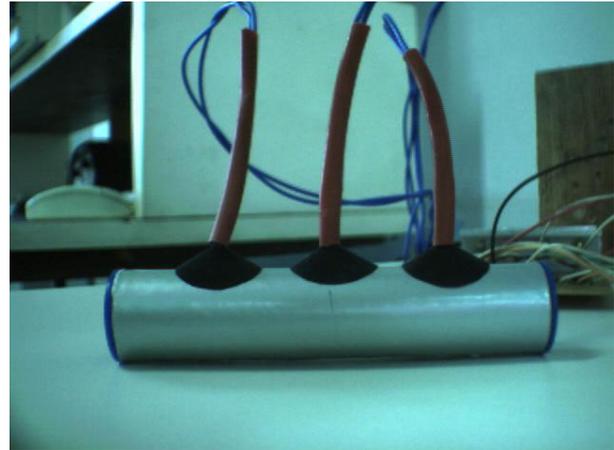
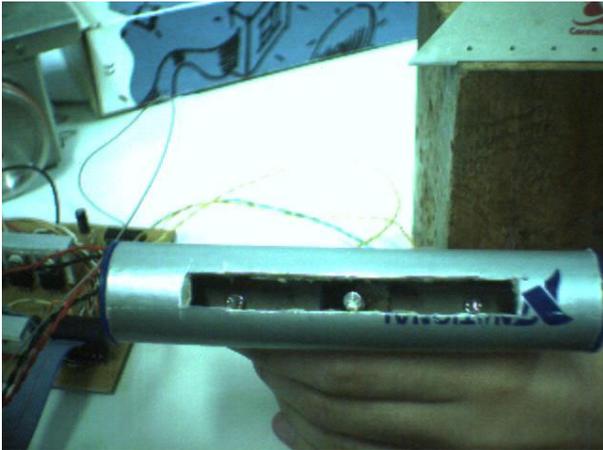
Figura 2 – Sensor de luminosidade



A Figura 2 corresponde a um tubo cilíndrico, oco e fechado, com uma abertura estreita na linha pontilhada que permite ao LED iluminar a faixa e aos LDR's receber a intensidade luminosa refletida, além de deixar os terminais do LED e dos LDR's acessíveis externamente ao tubo.

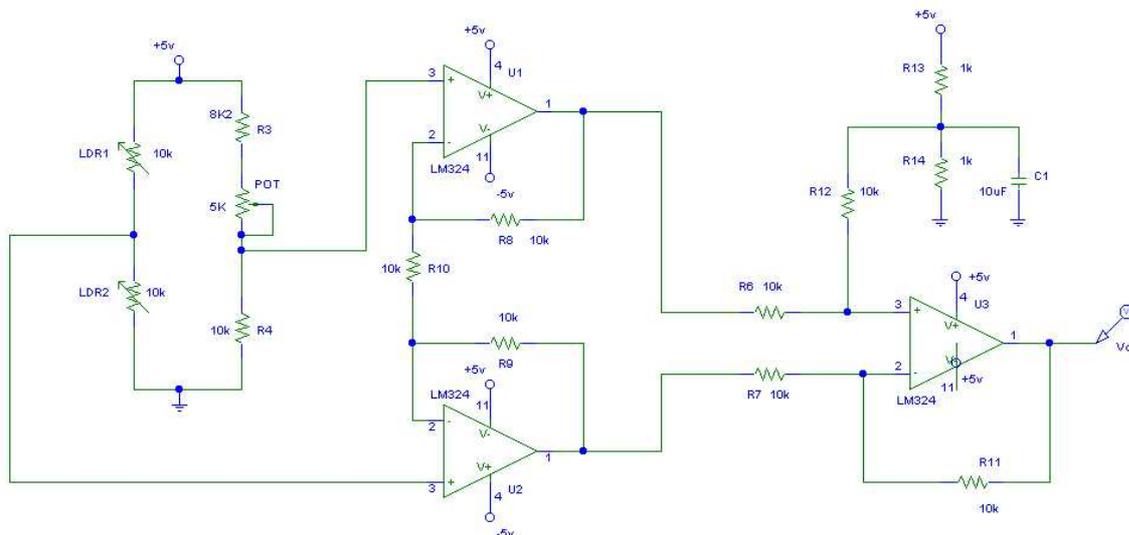
Para melhor visualização e compreensão, o resultado final da construção do tubo é ilustrado nas Figuras 3a e 3b.

Figuras 3a e 3b – Aspecto final do sensor de luminosidade



O circuito elétrico responsável pela leitura do sinal de luminosidade, e adequação do sinal elétrico de forma a informar o posicionamento do veículo em relação à faixa, é ilustrado na figura 4.

Figura 4 – Circuito Elétrico do sensor de luminosidade e posicionamento



Os LDR1 e LDR2 correspondem aos LDR's das Figuras 2 e 3. O funcionamento do circuito pode ser assim descrito: Os LDR's, o potenciômetro e os resistores 3 e 4 correspondem a uma ponte de Wheatstone, lembrando que o LDR tem a resistência entre seus terminais dependente da intensidade luminosa. O potenciômetro ($5k\Omega$) em série com o resistor de $8k2\Omega$ tem como finalidade ajustar o equilíbrio da ponte de Wheatstone quando o

veículo situa-se centralizado na faixa branca. Os amplificadores operacionais LM 324 formam um amplificador de configuração usual em instrumentação. Os resistores R12, R13 e R14 e o capacitor C1 têm como finalidade aplicar um nível DC ao sinal de saída (V_o) do circuito, no projeto este nível foi definido em 2,5 Volts. O sinal de saída do circuito em função do sinal da ponte de Wheatstone (entre os terminais de entrada positiva dos dois primeiros amplificadores operacionais) e dos resistores que compõe o circuito é matematicamente expresso pela equação (1).

$$V_o = 3 \cdot V_d \quad (1)$$

Onde V_d representa o sinal de saída da ponte e V_o a saída do circuito.

Obteve-se, na prática, uma excursão do sinal de saída em relação ao posicionamento do veículo e em relação à faixa branca no piso preto de: $0,7 < V_o < 3,8$ (Volts).

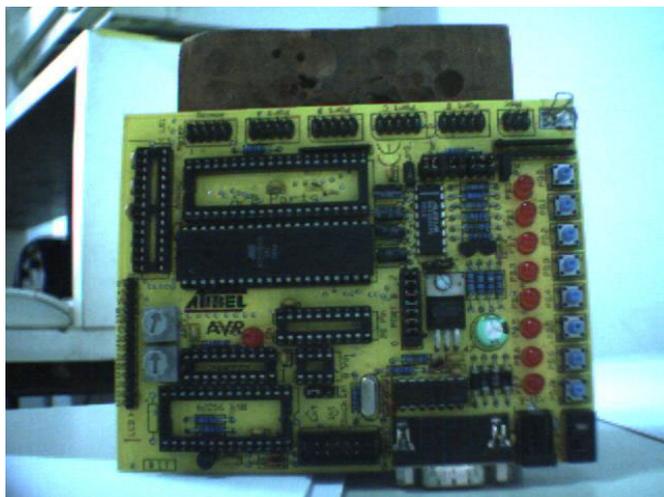
Este sinal (V_o) analógico será convertido em digitalizado e processado pelo sistema de controle.

1.3 Sistema de controle

No sistema de controle do veículo, foi utilizado o microcontrolador AT90S8515 da ATMEL. Para o desenvolvimento do software, foram utilizados os programas AVR Studio 3.2 e ATMEL AVR ISP, o último realiza a gravação do conteúdo de memória no chip (microcontrolador).

Para o uso do microcontrolador AT90S8515, foi usado o kit educacional STK-200 AVR, o kit proporciona a gravação do conteúdo de memória no chip e fornece acesso a todas as funções do microcontrolador e aos pinos de interesse pelo PORTA, PORTB, PORTC e PORTD. O kit é ilustrado na Figura 5.

Figura 5 – Kit STK-200 AVR utilizado no sistema de controle



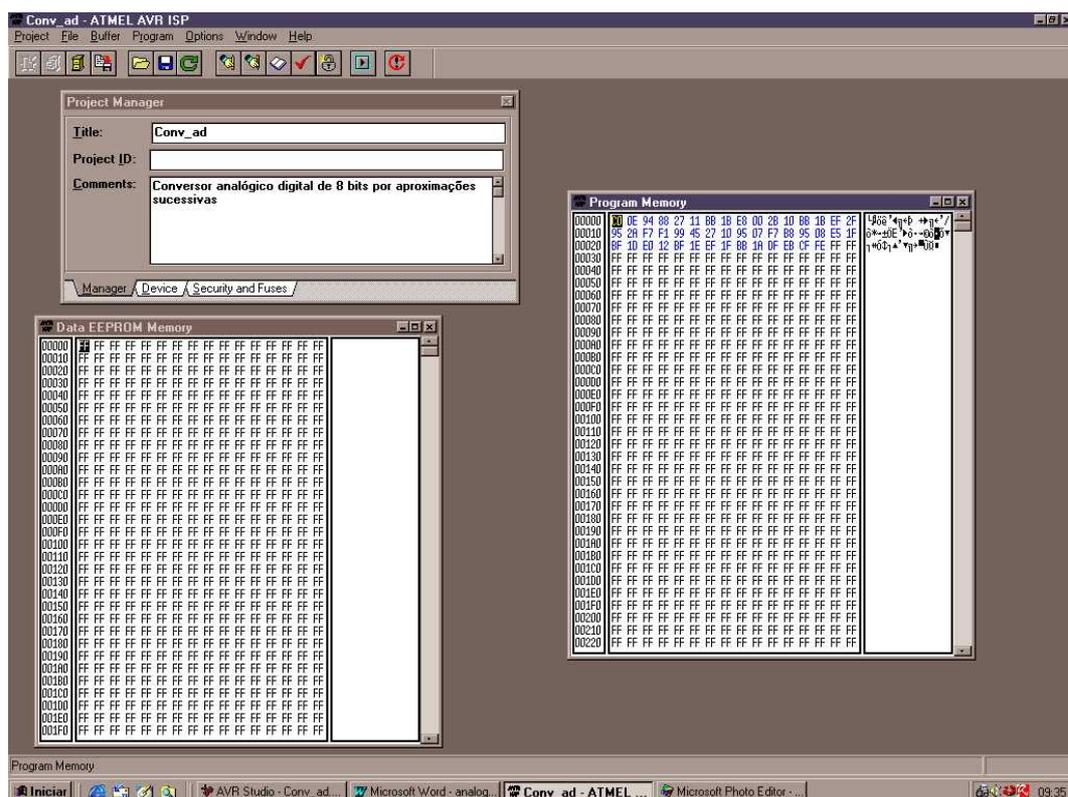
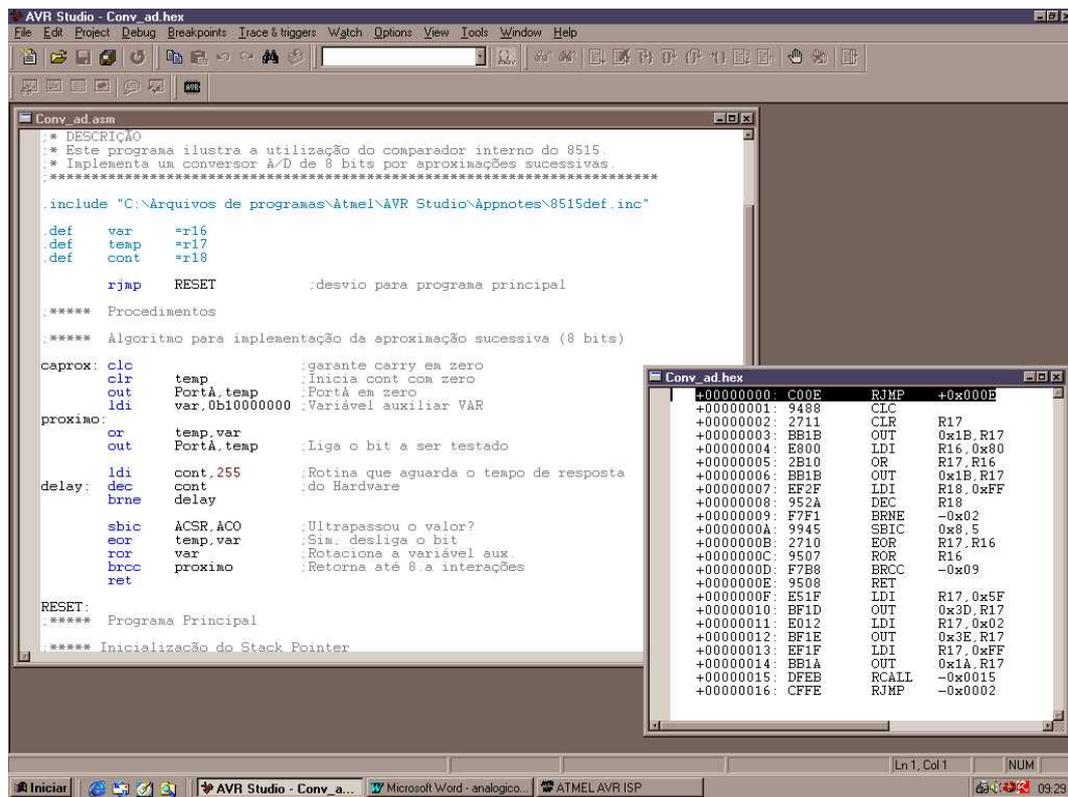
A escolha do microcontrolador AT90S8515 ocorreu em função da disponibilidade prévia dos kits na instituição, e ao fato das ferramentas de softwares serem gratuitas. Outra opção seria a utilização dos microcontroladores da Microchip (PICs) na forma de kits ou montagem de placas específicas. Em qualquer uma das opções os custos envolvidos são relativamente baixos.

Os programas em linguagem assembly foram escritos e compilados no programa AVR Studio 3.2. A ferramenta é gratuita e pode ser obtida diretamente do site do fabricante (www.atmel.com), dentre suas funções temos editor, compilador e simulador.

Para a gravação “in circuit” do chip (AT90S8515), foi utilizado o programa ATMEL AVR ISP, que passa as informações em hexadecimal para o memória flash do chip.

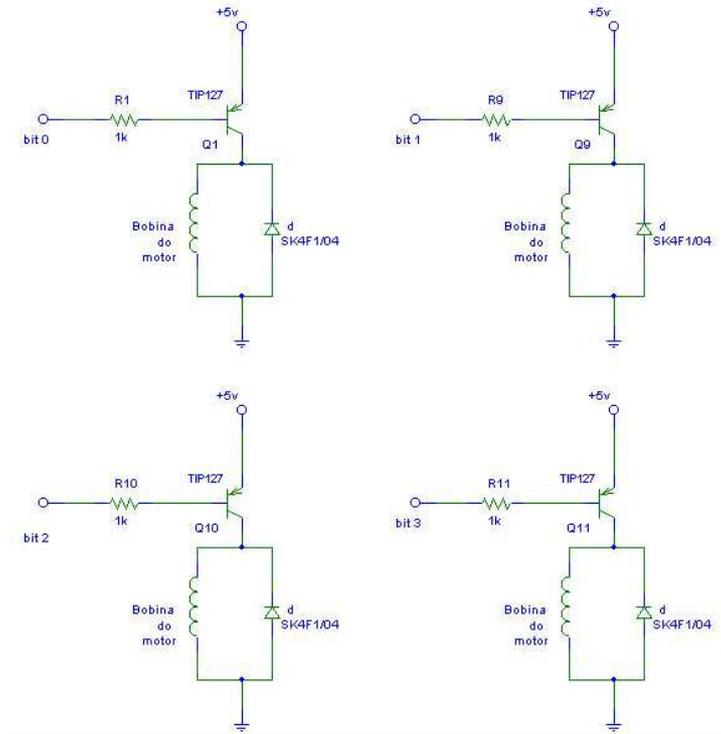
Os Softwares estão ilustrados na Figura 6a e 6b.

Figura 6 – Softwares: (a)AVR Studio (b)AVR ISP



No acionamento dos motores de passo utilizou-se um circuito de baixa complexidade, deixando como opção as equipes a forma de excitação dos motores.

Figura 7 – Circuito para acionamento do motor de passo

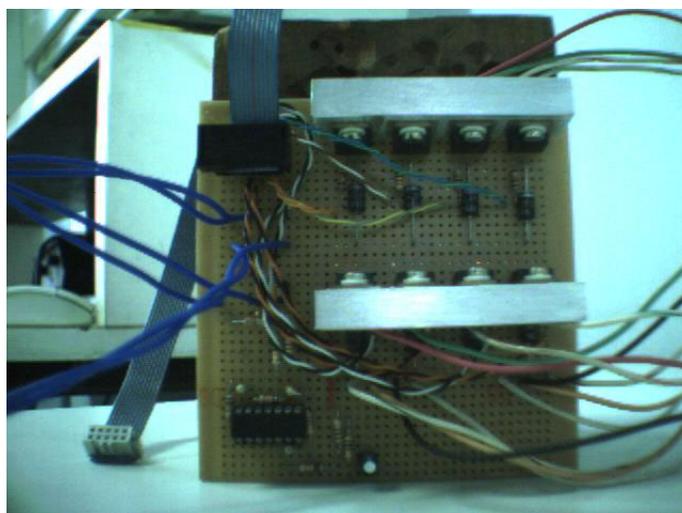


O circuito da Figura 7 corresponde a apenas um motor de passo (ou roda do veículo), tem-se portanto a necessidade de outro circuito semelhante, com as seguintes modificações: os bits de 0 à 3 são substituídos pelos bits de 4 à 7.

Esses bits são oriundos do microcontrolador AT90S8515, que devidamente programado possibilita a movimentação do motor (roda).

Com relação ao acionamento das bobinas do motor, o circuito deixa claro a necessidade da imposição de um nível lógico “0” na base dos TIP127, pois os transistores são PNP e saturam com um nível lógico “0” na sua base. Esses níveis lógicos são impostos pelos bits que chegam do microcontrolador(bit 0 à bit 7).

Figura 8 – Circuitos referentes ao sensor de luminosidade e acionamento dos motores



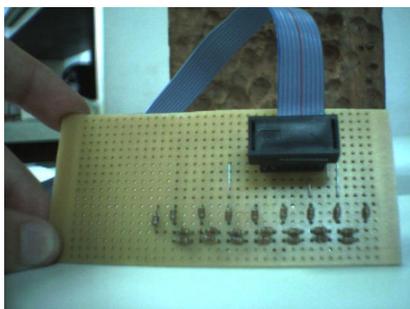
Os circuitos discretos referentes ao sensor de luminosidade e acionamento do motor de passos (exceto o microcontrolador, pois utilizou-se o kit educacional STK-200 AVR) estão ilustrados na Figura 8.

Da saída do circuito de controle de posicionamento por luminosidade, obtemos uma tensão analógica que convertida em digital indica, para o microcontrolador, o posicionamento do robô em relação à faixa branca pintada ao chão.

Para que o sistema de controle tenha acesso a esta informação foi disponibilizado o hardware necessário para que as equipes desenvolvessem o software de conversão analógico-digital, aproximações sucessivas foi o método indicado, usando o comparador analógico interno do AT90S8515.

Uma malha R/2R, ilustrada na Figura 9, foi implantada no veículo.

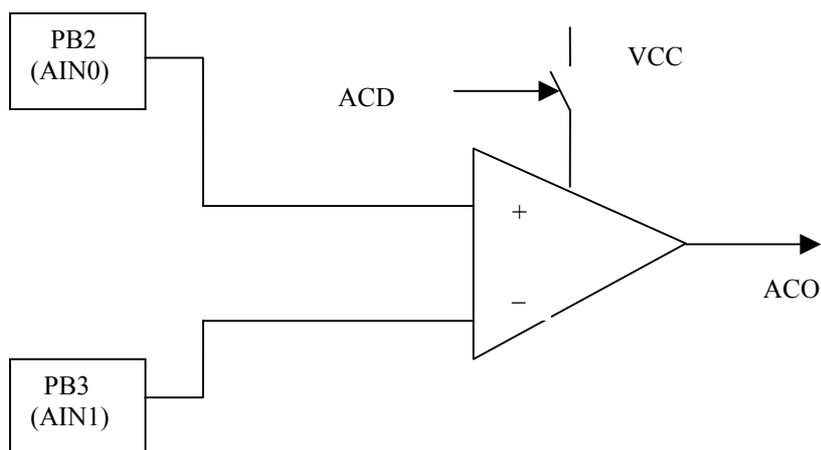
Figura 9 – Malha R/2R disponível no veículo para implantação do DAC



Para confecção do software do DAC um sinal digital de 8 bits (b7 à b0), vindo do microcontrolador, é injetado a malha R/2R, originando um sinal analógico. O sinal analógico é introduzido no comparador interno do microcontrolador onde é comparado com um sinal de referência, no caso, o sinal de saída do circuito de posicionamento por luminosidade.

O sistema de comparação é esquematizado pelo diagrama de blocos da Figura 10.

Figura 10 – Comparador Interno do AT90S8515

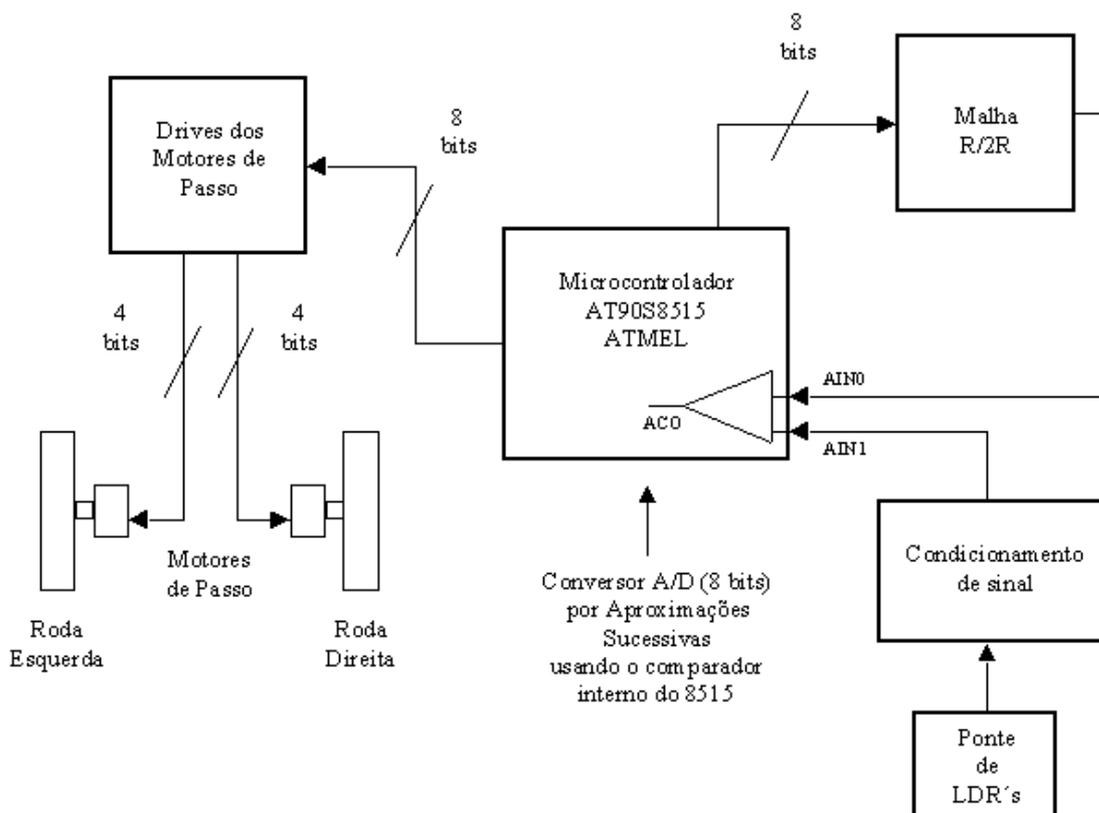


O sinal de saída do circuito de posicionamento é conectado ao pino AIN1 do microcontrolador que corresponde ao bit 3 do PORTB (pino 4 do Chip AT90S8515). O sinal de saída analógico da malha R/2R (sinal que se quer comparar) é conectado ao pino AIN0 do microcontrolador que corresponde ao bit 2 do PORTB (pino do Chip AT90S8515).

1.4 Diagrama geral do veículo

A Figura 11 ilustra o diagrama geral referente ao veículo desenvolvido, contendo a implementação do conversor A/D utilizando o comparador interno do 8515, o condicionamento do sinal obtido da saída da ponte de Wheatstone e os acionamentos dos motores de passo que produzem o movimento das rodas.

Figura 11 – Diagrama geral



Deve-se ressaltar que o projeto permite a implantação e análise de diversos algoritmos de controle e que há uma integração entre a eletrônica analógica e digital.

2. ELABORAÇÃO E CONFECÇÃO DO TRAJETO

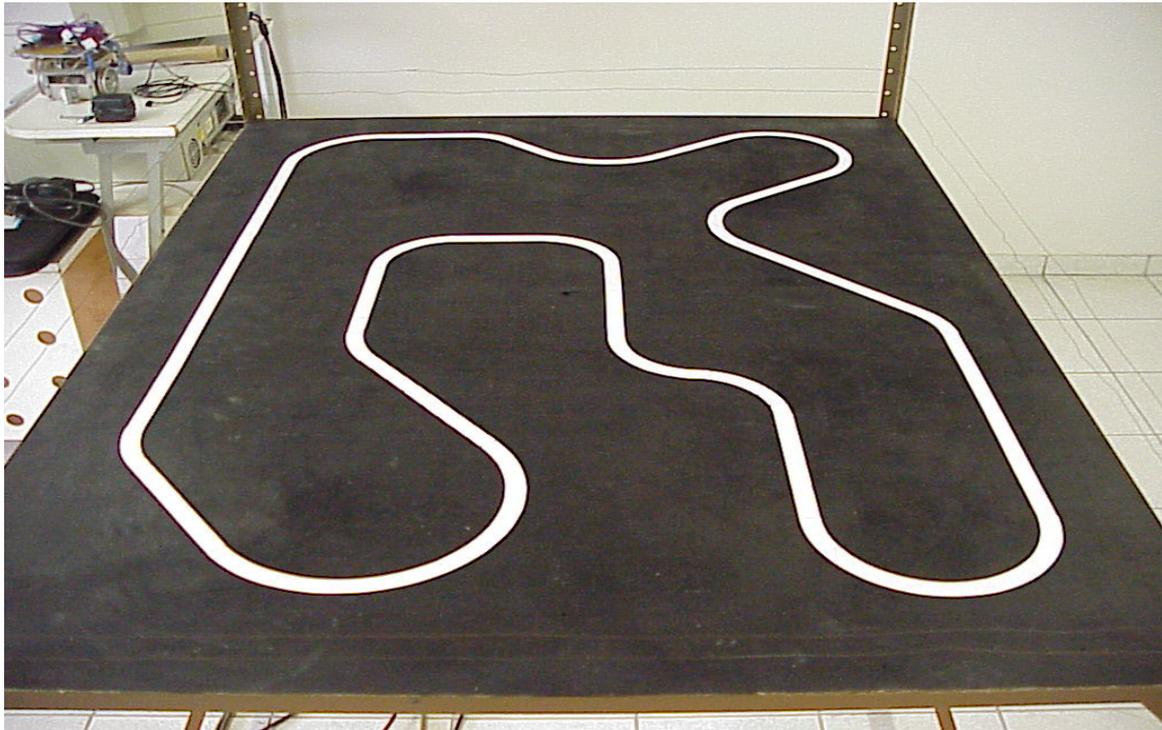
Foi desenvolvida uma trajetória para que o robô se orientasse pelo princípio já discutido anteriormente. O fundo foi criado pintando-se uma mesa de madeira (1,70 cm x 1,10 cm) com tinta "spray" na cor preto fosco, e a faixa branca foi confeccionada com "tiras" de papel cartolina, com 2,5 cm, coladas à mesa.

A escolha do trajeto permite trechos de reta, curvas abertas e curvas fechadas. Um ponto importante a ser notado é que após a reta principal temos uma curva aberta ou fechada, dependendo do sentido do percurso. Esta característica verifica a robustez do controle empregado pela equipe.

Foram colocados fios de segurança feitos com arames para que o veículo não sofresse danos, visto que se não estivesse operando corretamente, poderia cair da mesa.

A Figura 12 ilustra o trajeto desenvolvido para a atividade.

Figura 12 – Trajeto desenvolvido



3. APRESENTAÇÃO FINAL DA ESTRUTURA

O resultado final obtido, tanto para o veículo como para a pista e todo o ambiente de trabalho para as equipes desenvolverem seus projetos são ilustrados nas Figuras 13 e 14.

Figura 13 – Aspecto final do veículo disponibilizado para os alunos

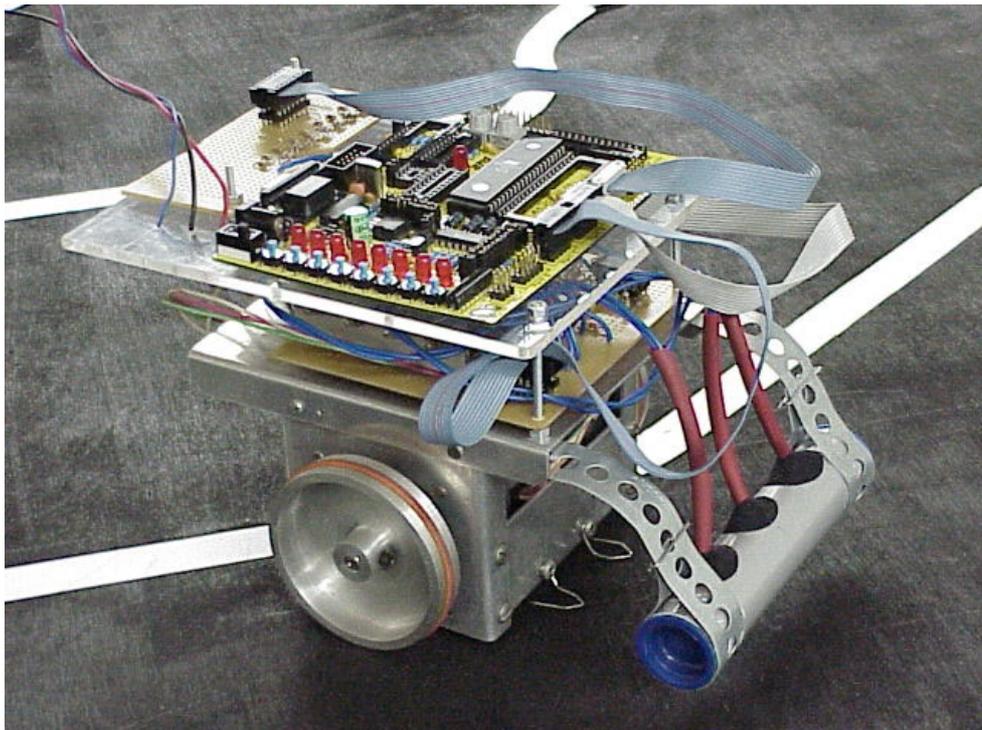


Figura 14 – Ambiente de trabalho para as equipes



O ambiente ilustrado na Figura 14 ilustra onde foi desenvolvido o desafio “Andando na Linha”. No microcomputador os alunos dispunham dos softwares de desenvolvimento de programação assembly e do software de gravação do conteúdo de memória no microcontrolador da Atmel. No dia da apresentação final, só era permitido a gravação do microcontrolador, modificações do Software não eram permitidas.

O acesso das equipes a sala da Figura 14 era feito por meio de reserva de uso junto ao almoxarifado, onde existiam planilhas de acompanhamento das equipes participantes.

4. DESAFIO PROPOSTO: “ANDANDO NA LINHA”

Foi proposto pelo Prof. José Carlos de Souza Júnior, professor da disciplina DEL – 424 – Sistemas Digitais, um desafio aos alunos do 4º ano de engenharia eletrônica e à todos os alunos interessados, independente da habilitação e do ano cursado. A proposta do desafio é integralmente transcrita a seguir:

Laboratório de Sistemas e Sinais – LSS

Desafio 2002 – “ Andando na Linha”

Prof. José Carlos de Souza Júnior

O LSS tem a satisfação de convidá-lo a participar do desafio 2002 – “ Andando na Linha” . Sob a orientação do Prof. José Carlos de Souza Júnior do Departamento de Engenharia Elétrica, alunos estagiários desenvolveram todo o “ Hardware” necessário para a implementação de um sistema de locomoção que tem por objetivo seguir uma faixa branca, colocada sobre um fundo preto. Este “ robô ” tem seu “Hardware” descrito no esquema elétrico fornecido.

A unidade de controle utilizada é o microcontrolador AT90S8515 (ATMEL), especificamente o Kit STK200 utilizado por algumas disciplinas em aula.

Os interessados deverão formar equipes de 3 à 5 alunos, com o intuito de desenvolver o “Software” na linguagem “Assembly” que permita o melhor controle possível do “Hardware”

fornecido, sempre procurando seguir a trajetória na maior velocidade possível. Fica expressamente proibida qualquer alteração no “Hardware”.

As equipes deverão fazer sua inscrição no almoxarifado da Eng. Elétrica (H – 227), no período de 14 à 19 de outubro de 2002. Para o desenvolvimento dos trabalhos as equipes inscritas terão direito, à partir de 14.10.02, a reservar horários para utilizarem uma sala com o “Hardware” (robô + trajeto) onde poderão desenvolver seus trabalhos. A reserva de horários deverá ser realizada no almoxarifado (H – 277), sendo limitada a blocos de 1 hora.

A Apresentação dos projetos será realizada no período de 11 à 14 de novembro de 2002, em horários a serem ainda definidos. Na apresentação final deverá ser entregue um disquete contendo o programa desenvolvido e uma listagem impressa (o programa deverá estar adequadamente comentado). A classificação de desempenho será realizada pelo seguinte critério:

- 1 – O robô deverá completar 3 voltas pelo percurso, depois sem reprogramar o dispositivo, o robô deverá completar 3 voltas no sentido contrário;
- 2 – Será considerado o tempo médio entre a melhor volta no primeiro sentido e a melhor volta no sentido contrário;
- 3 – A fonte de alimentação, para os motores de passo, é fixada em 5V com corrente limitada em 2A;
- 4 – Cada equipe tem direito a 4 tentativas para obter sucesso no item 1.

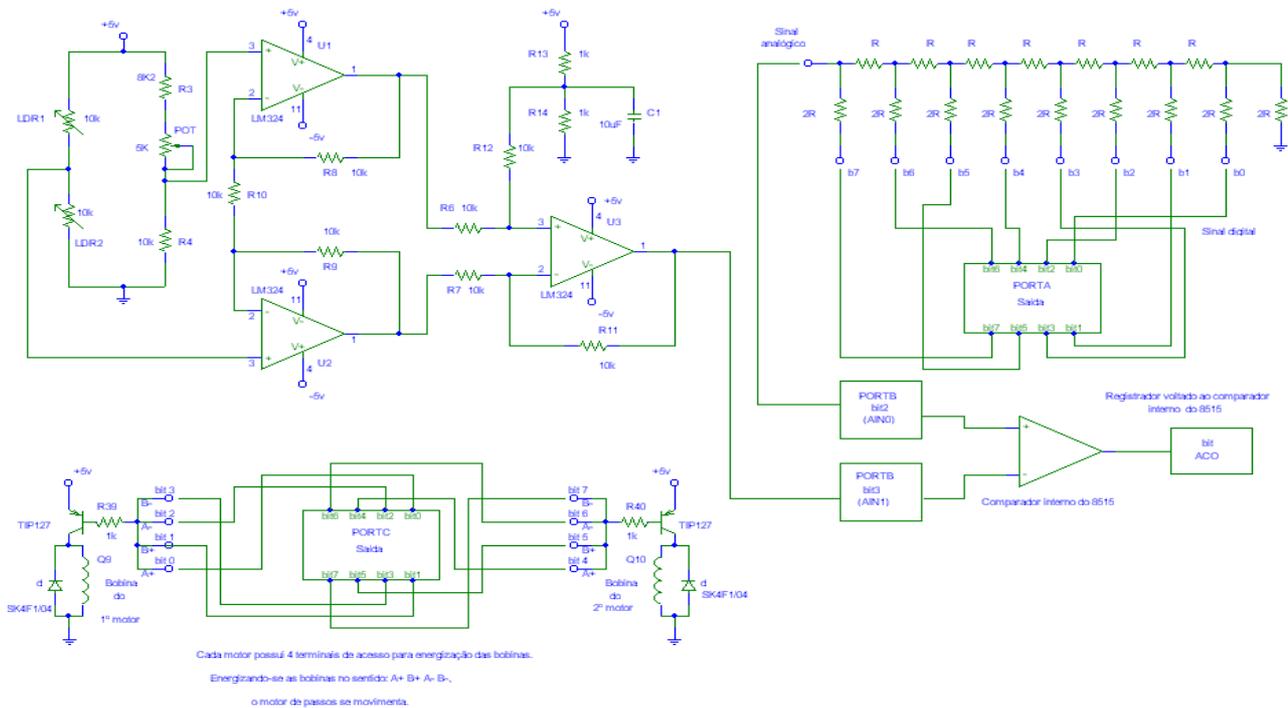
Dúvidas e questionamentos deverão ser resolvidos pela Comissão de Julgamento(Professores: Vanderlei C. Parro, Augusto C. Pavão e José Carlos de Souza Jr.).

Agradecimentos:

Gostaria de tornar público o meu agradecimento aos professores e alunos que viabilizaram a proposta deste trabalho: Prof. Júlio C. Lucchi, Prof. Vanderlei Cunha Parro, Alunos: João C. Brito, Ernani A. Rios, Eduardo Chusyd, Myrian Szkelnik e Fábio Rofino.

A Figura 15 representa o esquema elétrico de todo o hardware do robô. Este esquema foi fornecido aos participantes do desafio.

Figura 15 – Esquema elétrico fornecido aos participantes



5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Vinte equipes se inscreveram para participarem do desafio, sendo que 4 delas possuíam alunos de outras habilitações entre seus integrantes. Para facilitar o processo foram disponibilizados dois programas feitos pelos organizadores, o primeiro realizava a excitação simples dos motores de passo e o segundo realizava uma conversão analógico-digital. Estes programas serviram como ponto de partida e permitiam uma rápida checagem do funcionamento do hardware. Durante as três semanas que o material ficou a disposição das equipes não foi registrado qualquer ocorrência de mal uso do veículo, pista ou ambiente de trabalho, mostrando o grau de maturidade e cumplicidade obtido quanto a atividade coloca o aluno como elemento de responsabilidade dentro do processo. Os diversos professores do departamento forma informados sobre o evento e orientados a apenas contribuir de forma a encaminhar o problema, nunca atuar diretamente na solução, de maneira a não privilegiar uma ou outra equipe.

Não houve qualquer atribuição de nota associada ao evento, no entanto o envolvimento e dedicação dos alunos participantes superou em muito as expectativas mais otimistas.

As duas equipes melhores colocadas obtiveram tempos com diferença inferior a 1 segundo, embora as propostas de solução fossem muito diferentes, mostrando o bom equilíbrio entre os trabalhos.

Por solicitação dos próprios alunos, pretende-se continuar com esta linha de desafios para este ano (2003), com expectativas de englobar um número maior de disciplinas diretamente abordadas pelo trabalho.

Atividades desenvolvidas fora de sala de aula incentivam em muito o trabalho em equipe e tornam a relação entre o aluno, professor e instituição muito mais prazerosa e produtiva. Tudo isto sem envolver investimentos de valor elevado. O trabalho aqui descrito foi desenvolvido em grande parte pelo envolvimento de alunos estagiários voluntários e o custo relativo a montagem dos dispositivos não atingiu R\$ 400,00.

A posição dos autores é clara no sentido de vislumbrar atividades deste tipo como fundamentais para o bom desenvolvimento do engenheiro, tanto nos aspectos técnicos, e principalmente, quanto elemento participativo dentro da sociedade.

Agradecimentos

Os autores agradecem aos colegas Prof. Vanderlei Cunha Parro, Prof. Júlio César Lucchi e Prof. Antônio Octavio M. de Andrade pelo apoio e ajuda na realização do mesmo.

EXTRACURRICULAR ACTIVITY AS A SUPPORT FOR THE ELECTRICAL ENGINEERING COURSE

Abstract: *The present work describes the experience obtained by the authors in the configuration and implementation of an extracurricular activity as a support for the electrical engineering course. The developed activity is based on a microcontrolled vehicle which was designed and built by the authors and which has been provided to the students with all necessary structures. The students accepted an open invitation to all the course academic years as a challenge and organized themselves in groups of up to 5 elements. In possession of sensors of light intensity in the vehicle, the challenge of teams was to follow a track, defined by a white line in black board in the least possible time. All the logistics of resources and rules are explained in this work. We emphasize the low cost of the process, thus allowing its reproduction or adaptation in Institutions of large or medium size.*

Key-words: *Extracurricular, Microcontrolled vehicle, Challenge, Track Control*