

PROJETO SEGUIDOR DE LINHAS COM 8051

<http://vichinsky.com.br>

Este projeto resume-se na construção de um veículo robótico microcontrolado capaz de seguir uma linha escura traçada no solo, assim como obedecer comandos enviados por um microcomputador por meio de comunicação remota sem fio. O projeto envolve, além da construção do hardware, o desenvolvimento dos programas que farão o controle do dispositivo. A Figura 1 apresenta os elementos envolvidos no projeto.

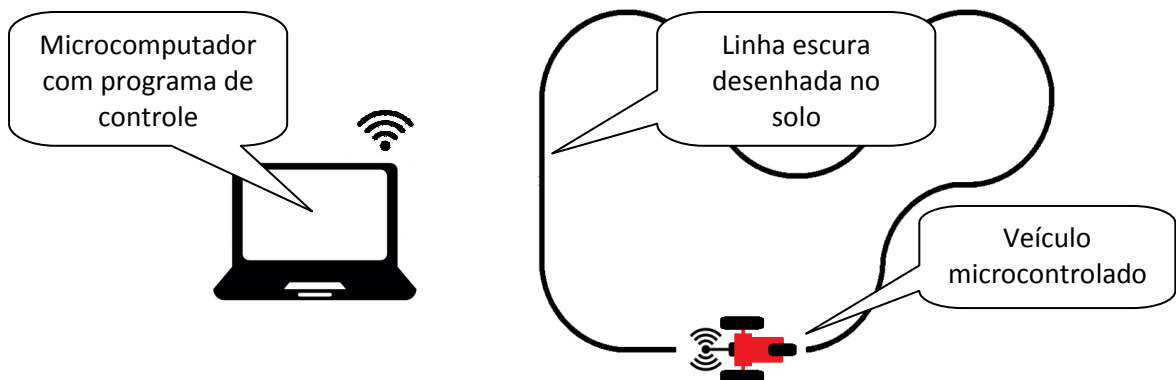


Figura 1 - Representação dos elementos envolvidos no projeto

DEFINIÇÕES

Genericamente, um veículo seguidor de linhas é um dispositivo dotado de sensores responsáveis por detectar uma linha desenhada no piso, e de acordo com a resposta desses sensores (detecção ou não detecção da linha) o veículo deve promover a correção do trajeto através do acionamento ou desligamento dos motores de tração. A Figura 2 ilustra esse processo, apresentando as possíveis situações em relação à detecção da linha escura pelos sensores do veículo.

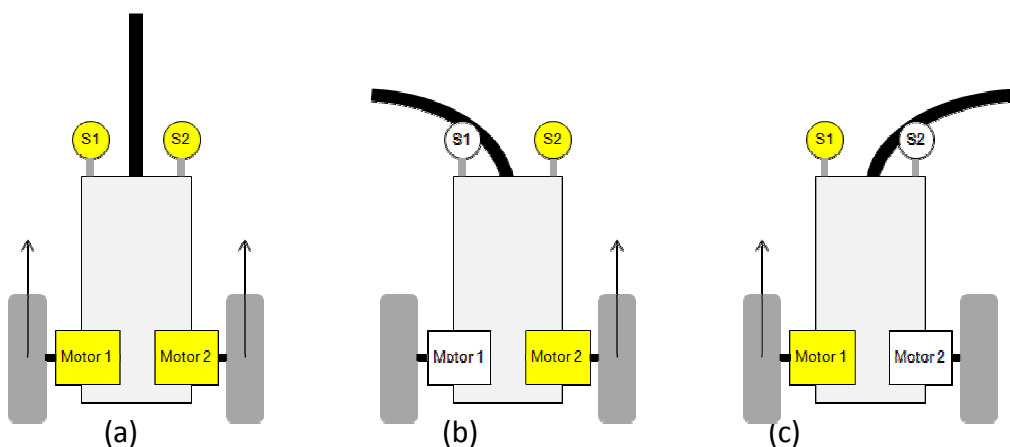


Figura 2 - Possíveis situações em relação à detecção da linha escura

Na Figura 2, a imagem (a) mostra os sensores S1 e S2 acusando uma superfície clara, indicando a não detecção da linha escura. Dessa forma, os motores 1 e 2 são acionados, fazendo com que o veículo se desloque para frente.

Na imagem (b), o sensor S1 detecta a linha escura enquanto o sensor S2 acusa uma superfície clara. Dessa forma, o motor 1 deve ser desligado e o motor 2 deve permanecer ligado, fazendo com que o veículo realize uma curva para a esquerda (correção do trajeto).

Na imagem (c), o sensor S1 acusa uma superfície clara enquanto o sensor S2 detecta a linha escura. Dessa forma, o motor 1 deve permanecer ligado e o motor 2 deve ser desligado, fazendo com que o veículo realize uma curva para a direita (correção do trajeto).

1. PRIMEIRA FASE - DESENVOLVIMENTO DA ESTRUTURA BÁSICA

Para facilitar o desenvolvimento do projeto, vamos dividi-lo em duas fases. A primeira fase, descrita nesta seção, considerará apenas a estrutura básica, onde serão abordados o módulo de sensores e o módulo de acionamento dos motores. Com apenas esses dois módulos já teremos um veículo seguidor de linha. Para completar o projeto, faltará o módulo microcontrolado, o qual é o responsável pela comunicação remota entre o veículo e o computador, entre outras funções (o módulo microcontrolado será abordado na segunda fase). A Figura 3 apresenta o diagrama de blocos da estrutura básica do projeto.

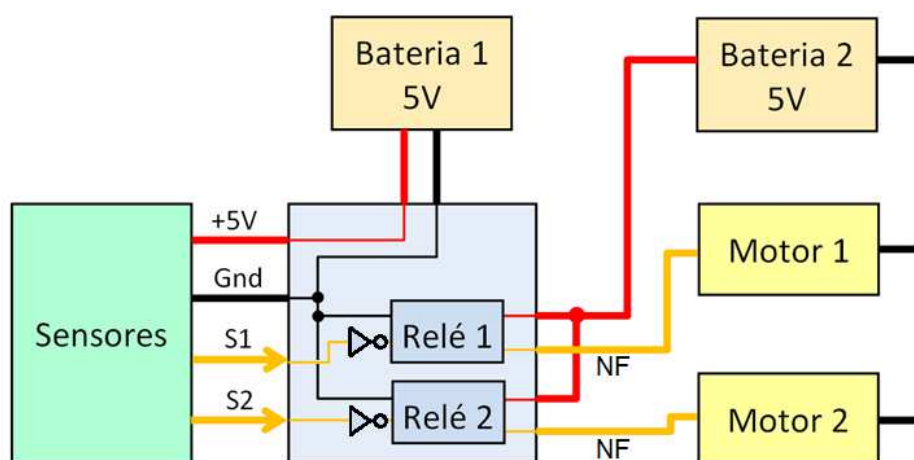


Figura 3 - Diagrama de blocos da estrutura básica

Observe que o módulo de sensores é alimentado por uma bateria de 5V (Bateria 1), que também alimenta o módulo de acionamento (composto por dois relés).

Os sinais S1 e S2 (saídas do módulo de sensores) são sinais que podem apresentar dois níveis de tensão (0V ou 5V), e representam os estados dos sensores (sinal alto, ~5V, indica que o sensor correspondente está sobre uma superfície clara; sinal baixo, ~0V, indica que o sensor correspondente está sobre uma superfície escura). Esses sinais são enviados para o módulo de acionamento, fazendo com que os relés sejam ligados ou desligados.

No módulo de acionamento, os sinais S1 e S2 são invertidos, ou seja, quando o sinal estiver em nível lógico alto ($\sim 5V$), este será convertido em nível lógico baixo ($\sim 0V$), e vice-versa. Essa inversão tem como propósito a economia de bateria, pois, na maior parte do tempo de operação, os sensores estarão sobre uma superfície clara (S1 e S2 em nível alto). Neste caso, é conveniente deixar as bobinas dos relés desligadas, ligando-as apenas quando os sensores acusarem a linha escura. Observe também que são utilizadas as saídas NF (normalmente fechadas) dos relés. Sendo assim, quando a bobina de um relé for acionada, a sua chave será aberta, fazendo com que o motor associado a esse relé seja desligado, e vice-versa.

Dessa forma, quando os sinais S1 e S2 apresentarem nível alto ($\sim 5V$), os motores 1 e 2 serão acionados (o veículo se deslocará para frente). Quando somente S1 apresentar nível alto, apenas o motor 1 será acionado (o veículo fará uma curva à direita). Quando somente S2 apresentar nível alto, apenas o motor 2 será acionado (o veículo fará uma curva à esquerda). Quando S1 e S2 apresentarem nível baixo, os motores 1 e 2 serão desligados (o veículo permanecerá parado).

Os motores 1 e 2 são alimentados por meio de uma segunda bateria (Bateria 2), ficando dessa forma eletricamente isolados do restante do circuito.

A opção pelo uso de relés para o acionamento dos motores confere uma maior flexibilidade ao sistema. Assim, podemos conectar qualquer tipo de motor CC, independentemente de sua tensão de operação.

A Figura 4 apresenta o diagrama esquemático sugerido para os módulos de sensores e acionamento.

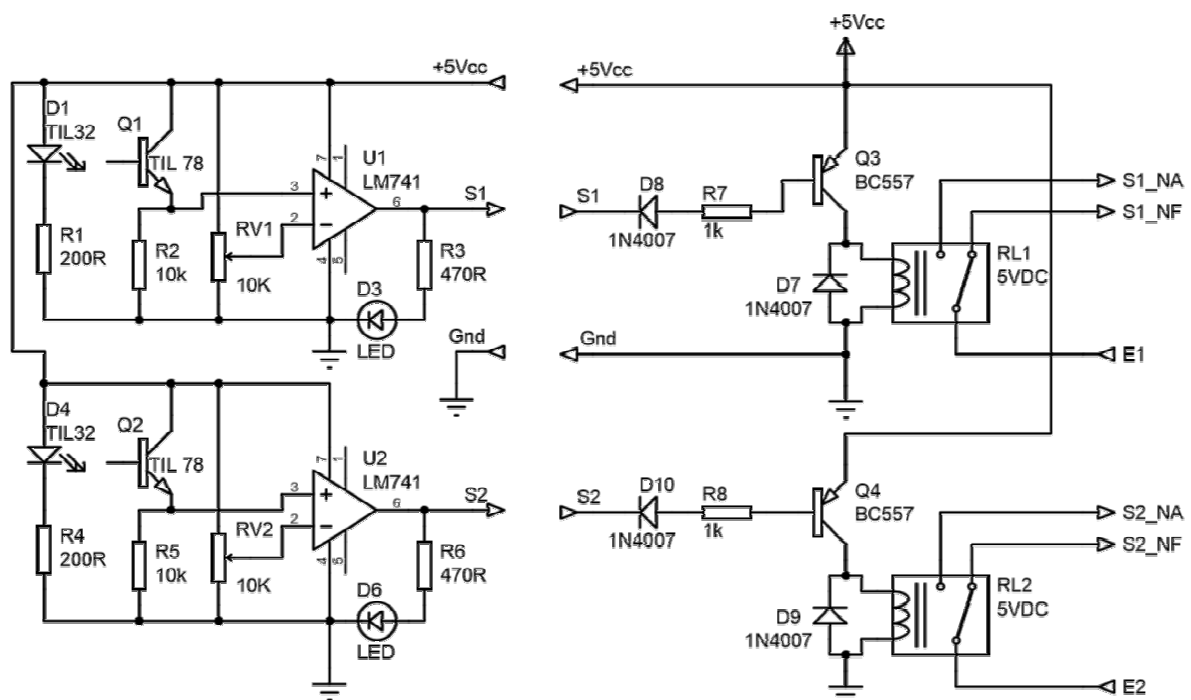


Figura 4 - Diagrama esquemático dos módulos de sensores e acionamento

Como podemos observar no esquemático, sugerimos o uso de um diodo emissor de luz infravermelha (TIL 32) associado a um fototransistor (TIL 72) para a montagem de cada um dos sensores. Note também a presença dos amplificadores operacionais LM741 (U1 e U2), os quais têm o papel de ajustar os níveis das saídas (S1 e S2) com base nas referências ajustadas pelos potenciômetros (ou trimpots) RV1 e RV2 de 10K Ω . Na prática, esses potenciômetros permitem o ajuste de sensibilidade dos sensores.

Os leds D6 e D3 são dispensáveis, porém, são recomendáveis para que você possa visualizar o sinal dos sensores durante o processo de ajuste de sensibilidade.

2. SEGUNDA FASE - CIRCUITO MICROCONTROLADO

Aproveitando a estrutura básica descrita na 1ª fase, vamos incorporar ao sistema um módulo microcontrolador e um módulo de acionamento e comunicação, como mostra a Figura 5.

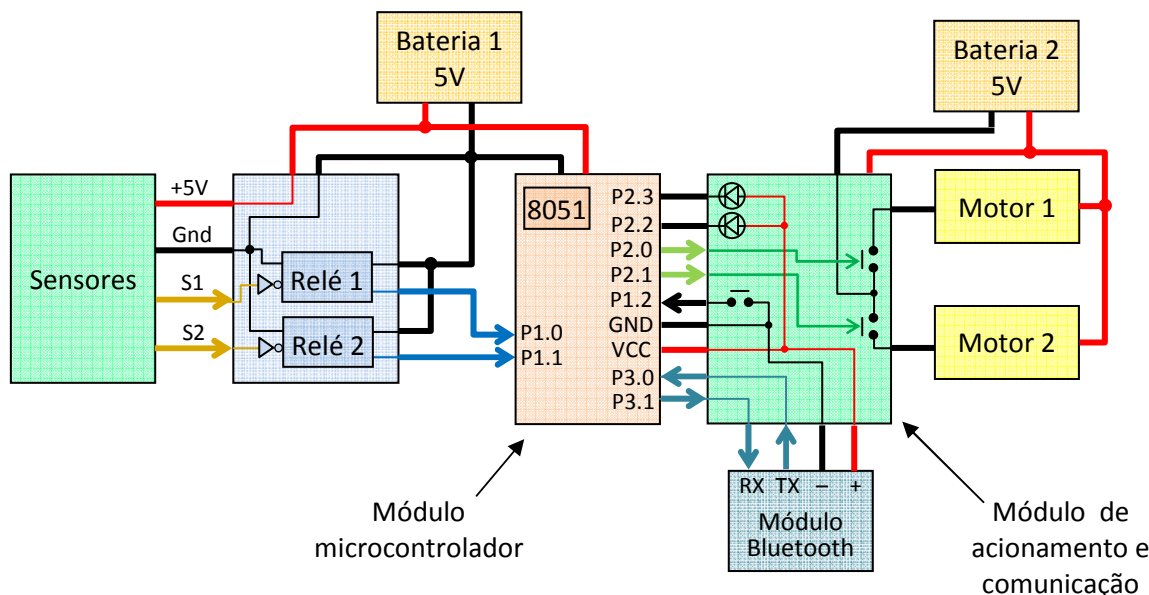


Figura 5 - Diagrama de blocos do sistema completo

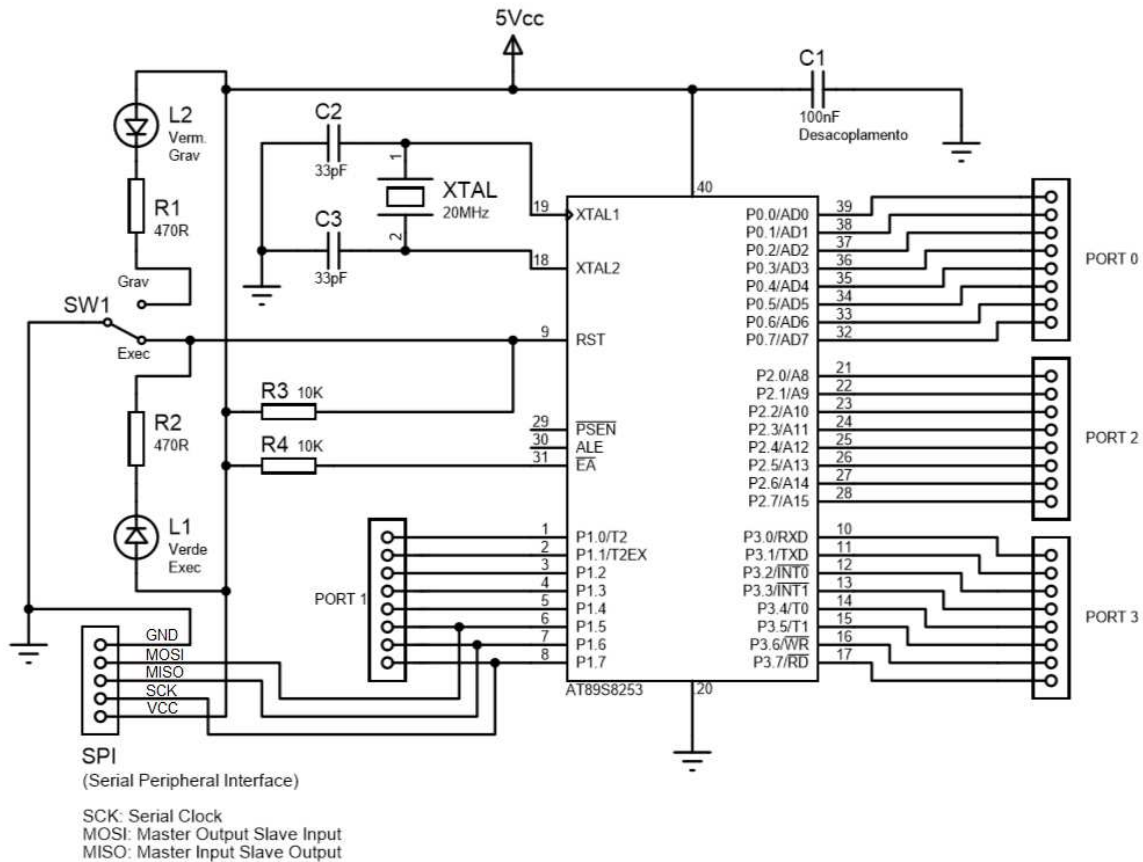
2.1. Módulo microcontrolador (módulo 8051)

Trata-se de um circuito que integra um microcontrolador 8051 (AT89S8253) e demais componentes que permitem a gravação *in-circuit* do CI por meio da interface SPI (*Serial Peripheral Interface*). Com essas características, o módulo microcontrolador poderá ser utilizado em outros projetos, sem que haja a necessidade de realizar quaisquer alterações.

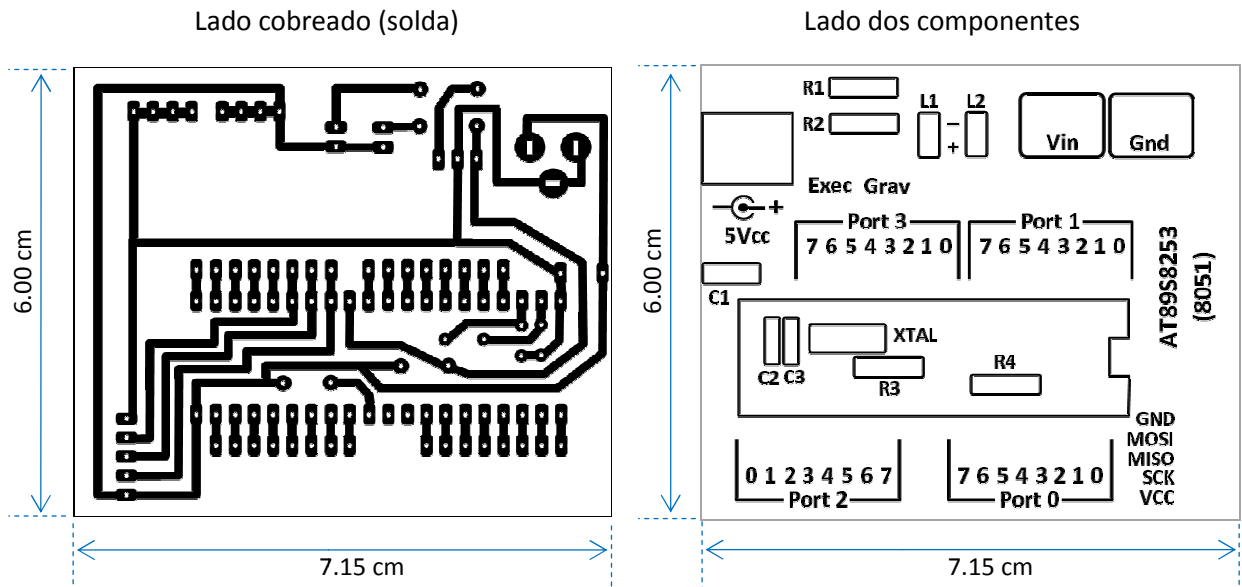
Para a gravação do microcontrolador AT89S853, também é necessária a confecção de um circuito baseado no CI MAX232. Esse circuito fará o papel de interface entre a porta serial do computador e o módulo 8051 a ser gravado, convertendo os sinais do protocolo RS232 para o padrão SPI durante a gravação do firmware.

Os esquemáticos e as máscaras para a confecção do módulo microcontrolador e da interface de gravação MAX232, são apresentados nas subseções seguintes.

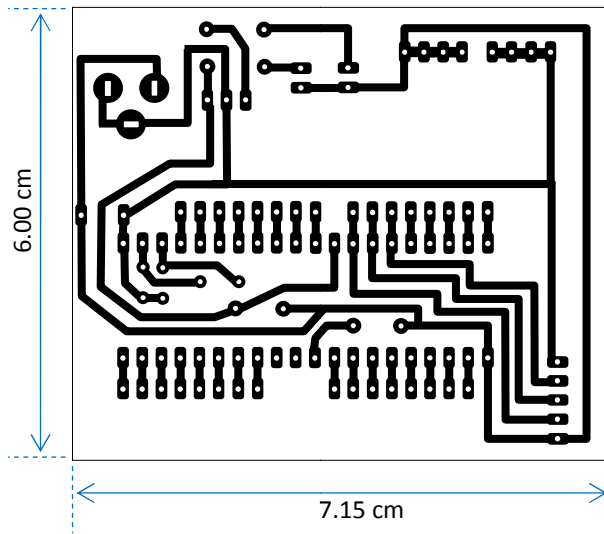
2.1.1. Esquemático - Módulo microcontrolador



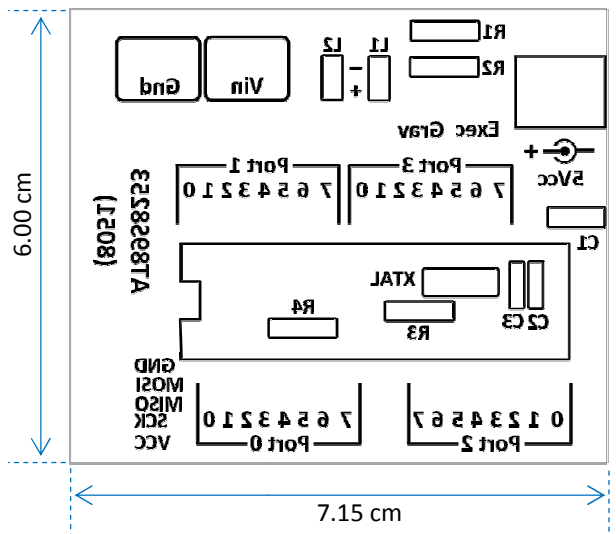
2.1.2. Circuito Impresso (PCB) - Módulo microcontrolador



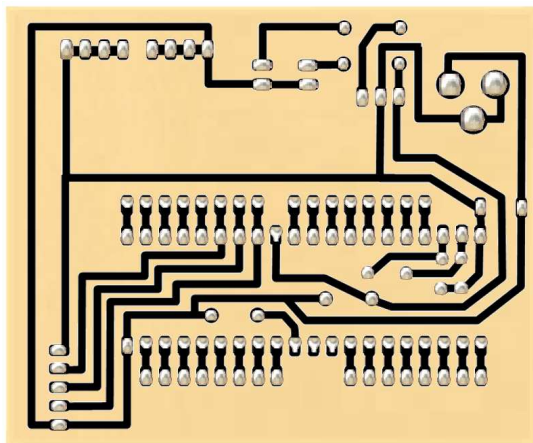
Espelho do lado cobreado (para impressão em papel "transfer")



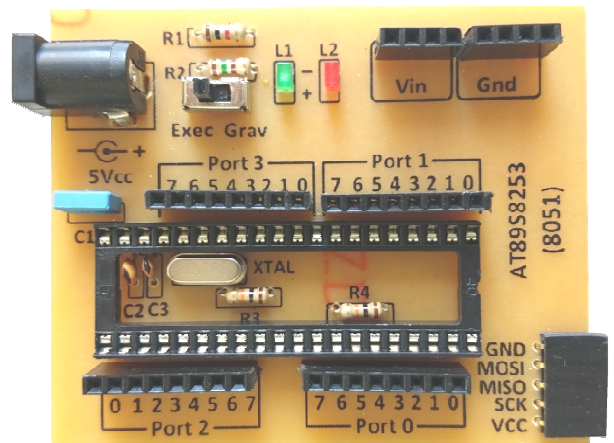
Espelho do lado dos componentes (para impressão em papel "transfer")



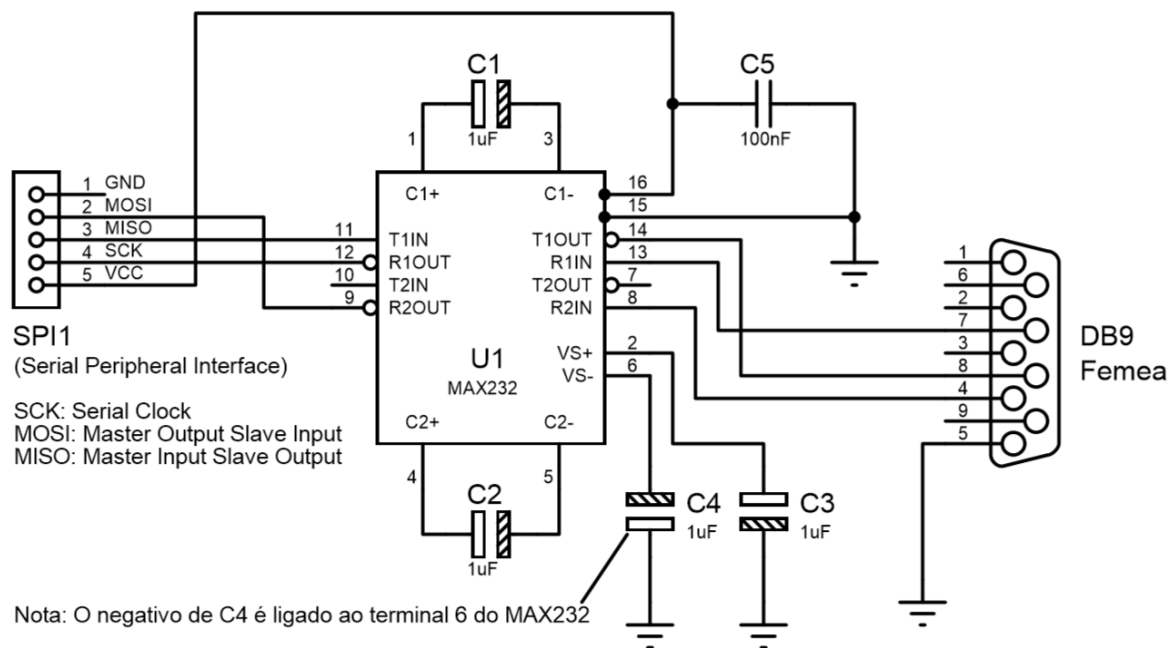
Aspecto do lado cobreado após confecção da placa (componentes soldados)



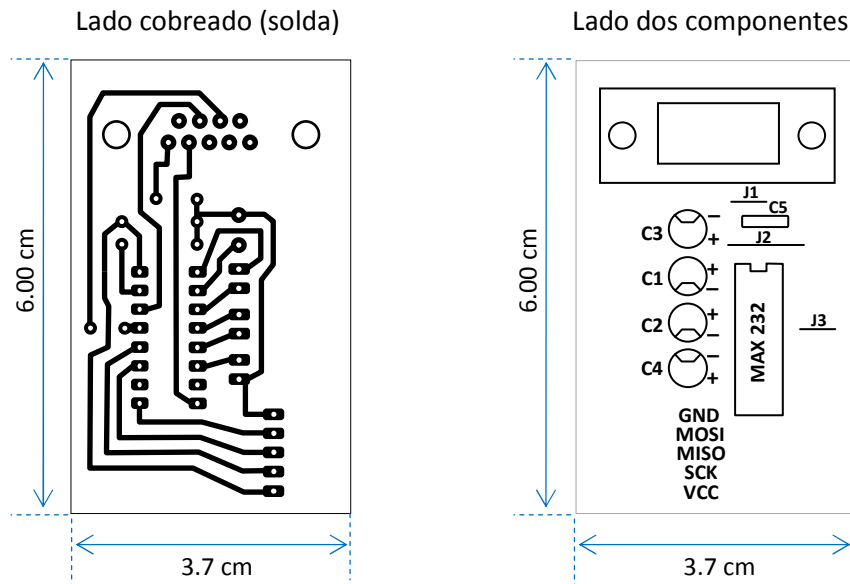
Aspecto do lado dos componentes após confecção da placa



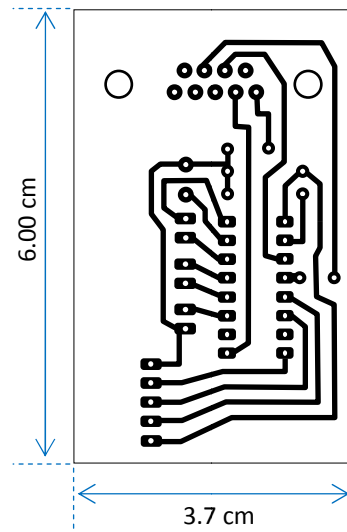
2.1.3. Esquemático - Interface de Gravação (MAX 232)



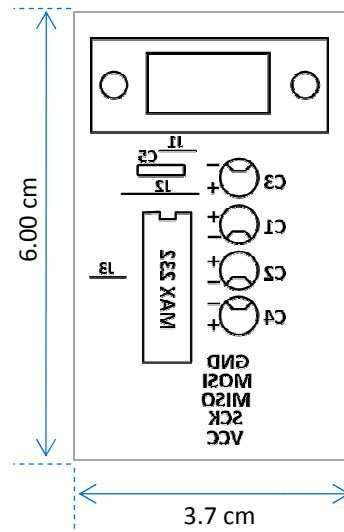
2.1.4. Circuito Impresso (PCB) - Interface de Gravação (MAX 232)



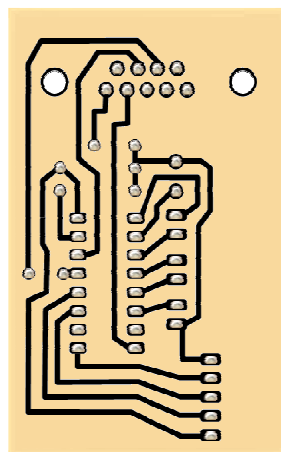
Espelho do lado cobreado (para impressão em papel "transfer")



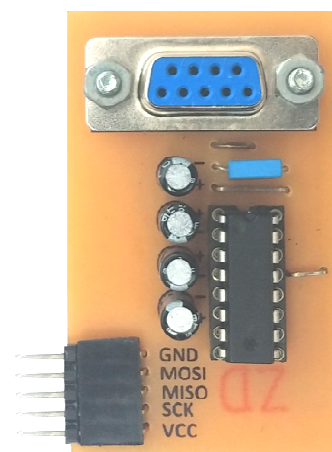
Espelho do lado dos componentes (para impressão em papel "transfer")



Aspecto do lado cobreado após confecção da placa (solda)

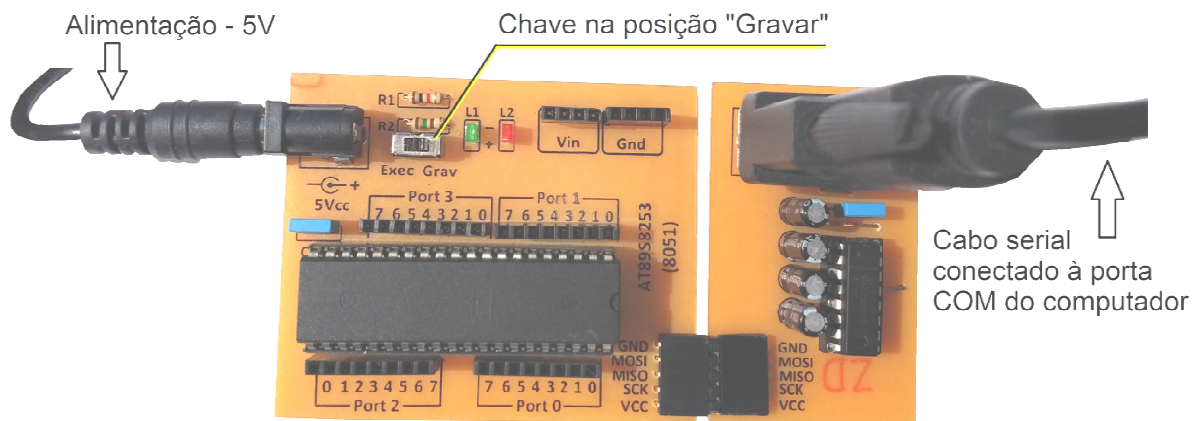


Aspecto do lado dos componentes após confecção da placa



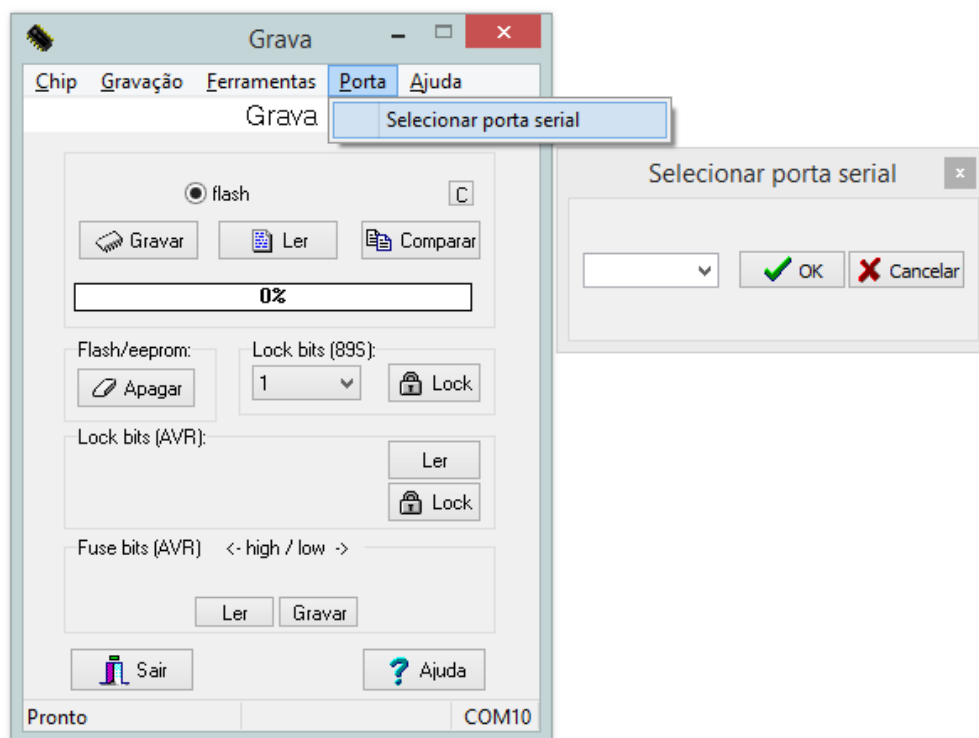
2.1.5. Procedimentos para a gravação do firmware

Para gravar o firmware (programa em código de máquina com sufixo .HEX), devemos conectar a interface de gravação (MAX232) ao módulo microcontrolador. Se o computador tiver uma porta serial integrada (normalmente denominada COM1), basta utilizar um cabo serial (com conectores DB9) para conectar a interface de gravação à ele. Caso o computador não ofereça uma porta serial integrada, devemos utilizar um cabo conversor USB/Serial. A Figura a seguir mostra o esquema para a conexão dos módulos.



Esquema para a conexão dos módulos

Com os módulos conectados, devemos executar um programa de gravação. Sugerimos o uso do software gratuito "GRAVA.EXE", cuja tela tem o seguinte aspecto:



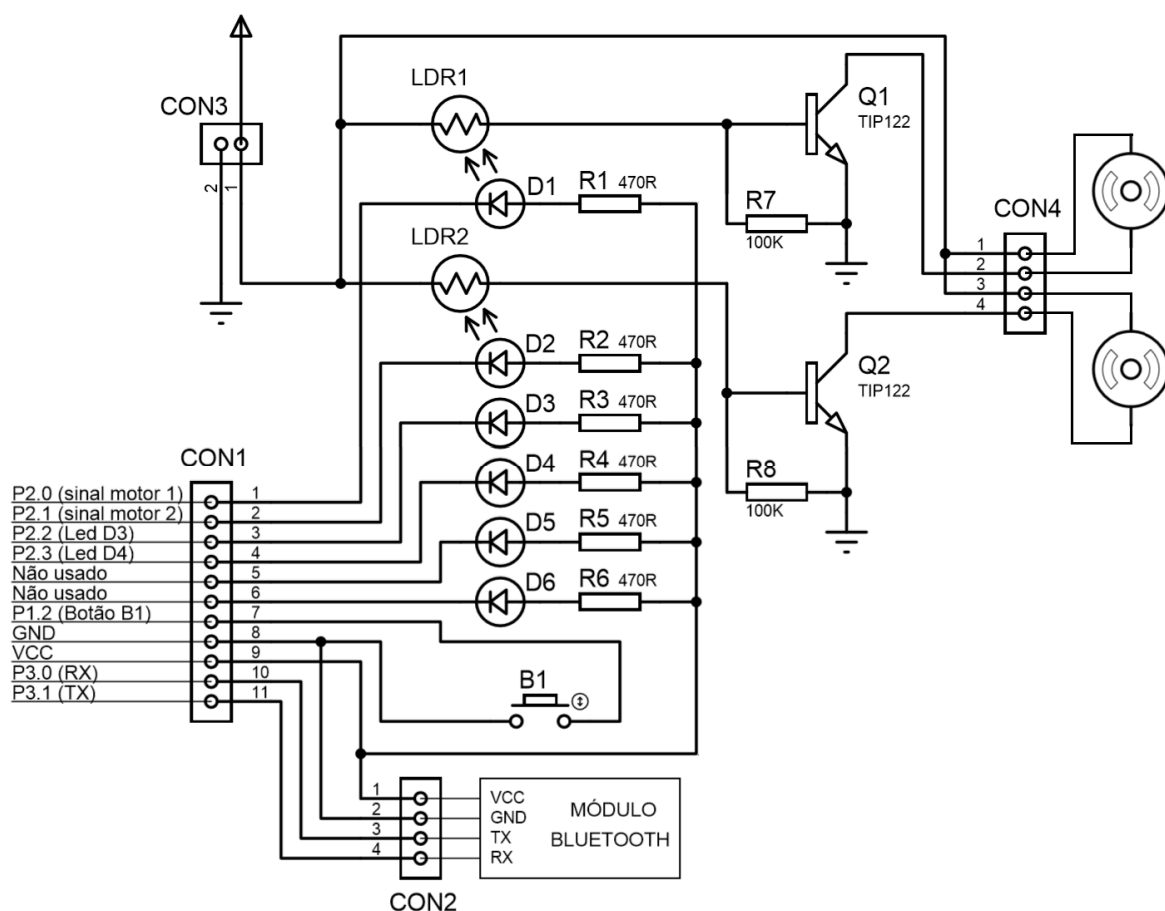
Na janela do software "GRAVA", acesse o menu "Porta" e selecione a porta serial que foi atribuída aos módulos de gravação. Em seguida, clique sobre o botão "Gravar", nesse momento, o software abrirá uma janela para que você localize e informe o nome do firmware a ser gravado. Após selecionar o firmware, o programa fará a gravação do mesmo, emitindo, no final, uma mensagem de operação concluída. Caso não se obtenha sucesso na gravação, uma mensagem de erro será exibida no rodapé da janela do programa "GRAVA", neste caso, reinicie o módulo microcontrolador mudando a chave para o modo de execução (EXEC) e em seguida voltando para o modo de gravação (GRAV), e repita o procedimento de gravação clicando sobre o botão "Gravar".

2.2. Módulo de acionamento e comunicação

O módulo de acionamento e comunicação sugerido nesta seção, foi desenvolvido com o objetivo de propiciar a conexão do módulo microcontrolado aos seguintes elementos:

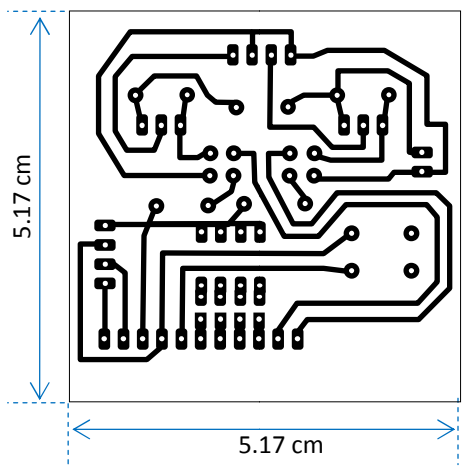
- módulo bluetooth (sugerimos o HC-06 configurado para 9600 *baud rates*);
- Led indicativo de acionamento do veículo (on/off);
- Led indicativo de modo de operação (seguidor de linha/controle remoto);
- Leds para acionamento dos motores, os quais, em conjunto com LDRs, permitem o isolamento elétrico do módulo microcontrolado com o circuito de acionamento dos motores (cada um dos LDRs é acoplado à base de um transistor TIP122, que permite o chaveamento do motor em função do estado do respectivo led);
- Botão tátil para ligar ou desligar o veículo.

2.2.1. Esquemático

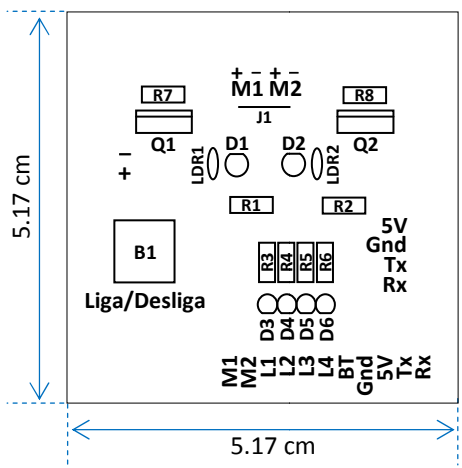


2.2.2. Circuito Impresso (PCB)

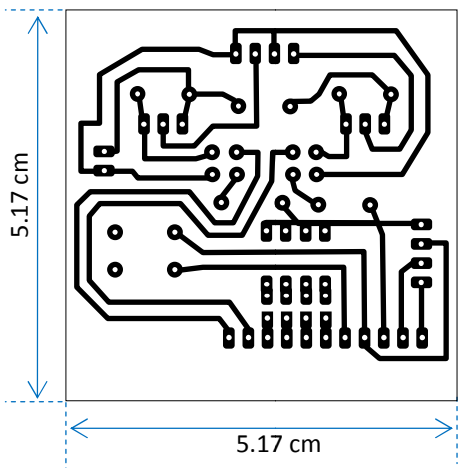
Lado cobreado (solda)



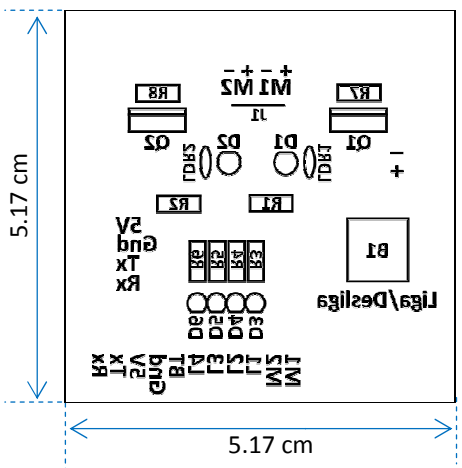
Lado dos componentes



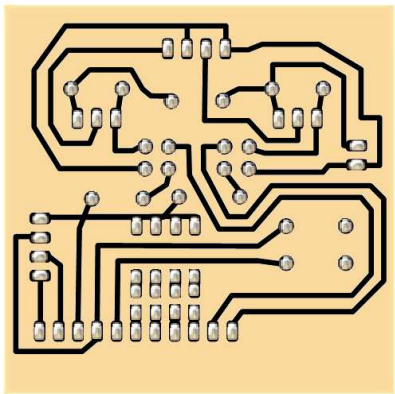
Espelho do lado cobreado (para impressão em papel "transfer")



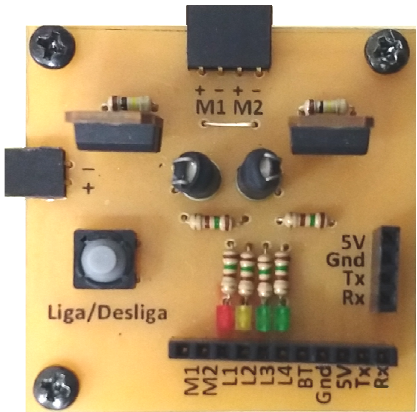
Espelho do lado dos componentes (para impressão em papel "transfer")



Aspecto do lado cobreado após confecção da placa (solda)



Aspecto do lado dos componentes após confecção da placa



3. CONEXÕES

