

**PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA
ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO**

PROJETO MOVIMENT CAR

CURITIBA

2009.

**ANDERSON GEREZ
CÉSAR MENDES CHRUSCIEL
EDUARDO REBELO LOPES**

PROJETO MOVIMENT CAR

Este projeto será apresentado à disciplina de Microprocessadores II do Curso de Engenharia de Computação do Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia da Pontifícia Universidade Católica do Paraná, como parte integrante da nota do segundo semestre. A finalidade deste projeto é o trabalho com microprocessadores.

Professor orientador: Afonso Ferreira Miguel.

CURITIBA

2009.

SUMÁRIO

1- INTRODUÇÃO	3
1.1 JUSTIFICATIVAS.....	3
1.2 METODOLOGIA	4
1.3 RESPONSABILIDADES	4
2- OBJETIVOS	5
3- NÃO ESTÁ INCLUSO NO ESCOPO DO PROJETO	5
4- O PROJETO	5
4.1 ACELERÔMETRO	7
5- OS RESULTADOS	8
6- A EQUIPE DE DESENVOLVIMENTO	9
7- FOTOS	10
8- MATERIAIS UTILIZADOS	11
9- CONCLUSÃO	12
10- ANEXOS	14
10.1 ANEXOS I – DICIONÁRIO DE TERMOS TÉCNICOS	14
10.2 ANEXOS II – CÓDIGO FONTE DO SOFTWARE DO MSP 430	27
10.3 ANEXOS III – DATASHEETS	29

ÍNDICE DAS FIGURAS

FIGURA 01: Movimentos Controle.....	6
FIGURA 02: Acelerômetro	7
FIGURA 03: Esquema Elétrico	10

1. INTRODUÇÃO

Projeto de Microprocessadores do curso de Engenharia de Computação tem como intuito iniciar o desenvolvimento de projetos, desde a documentação completa, organogramas, cronogramas, apresentações e a conclusão do projeto nas mais corretas formas, além do trabalho com microprocessadores em sistemas embarcados. Capacitando o aluno a gerenciar um projeto para quando entrar no mercado de trabalho não ter tantas dificuldades em realizar qualquer tipo do mesmo.

O grupo formado para o desenvolvimento do Projeto de Microprocessadores do sexto período do curso de Engenharia de Computação é formado pelos seguintes integrantes: Anderson Gerez, César Mendes Chrusciel e Eduardo Rebelo Lopes.

A idéia do projeto surgiu depois de muitos diálogos entre o grupo, entre algumas delas estavam: celular para controle do automóvel, controle com tela touch screen e muitas outras idéias, mas uma delas foi aceita com mais entusiasmo pelo grupo, que foi a idéia do Moviment Car, um sistema que controla todas as funções do carro, sendo um sistema de automação do carro.

A partir desse dia o projeto passou a se chamar “Moviment Car”.

1.1 JUSTIFICATIVAS

O projeto “Moviment Car” se destaca por ser um tipo de sistema embarcado, no qual tem uma aplicabilidade enorme, como neste caso foi feito um sistema para carro.

Com a crescente tecnologia do mundo de hoje e da variedade de novos sistemas de automação existentes, mais projetos como estes surgem, dando um novo rumo à tecnologia, juntando informatização e automação em sistemas cada vez mais inteligentes, no qual executam tarefas, controlam, monitoram, etc, apenas possuindo um microprocessador simples e um circuito que o faz funcionar.

1.2 METODOLOGIA

A metodologia de desenvolvimento do “Moviment Car” foi estruturada de uma forma a gerar poucos erros, pois o tempo é curto. O plano foi em primeiro lugar fazer pesquisas de componentes eletrônicos, programação C, microprocessadores MSP430, pesquisa de preços, pesquisa dos princípios de funcionamento de uma automação de um carro e tudo que envolveu o projeto.

Nas primeiras semanas começamos a montagem mecânica, começamos então os primeiros testes com os motores, corrente e tensão de alimentação. Os equipamentos que utilizamos foi osciloscópio para exibir os formatos de ondas gerados pelo circuito elétrico, gravadora universal para a gravação do programa em C no microprocessador MSP430, amperímetros para medição de correntes, multímetros para medição de tensões e outros testes, fontes de alimentação, além de duas baterias de 3,3V – 430mA para alimentação dos motores e controle.

1.3 AS RESPONSABILIDADES

Para que o projeto obtivesse tamanho sucesso em seu desenvolvimento foi necessário a participação ativa de todos os participantes do grupo e também dos professores, é necessário muita responsabilidade, seriedade e muita força de vontade em todos os eixos do grupo para que o projeto fosse bem desenvolvido. Cada integrante teve a sua responsabilidade e cumpriu com o máximo de comprometimento para com ele. Os professores estavam aptos a responder todas nossas dúvidas em relação ao projeto, e nos ajudar, dar novas idéias e apoio. E também dependemos das estruturas da PUC, que se tornou a principal responsabilidade, pois são nos laboratórios que conseguíamos fazer os devidos testes.

2. OS OBJETIVOS

O projeto “Moviment Car” tem como objetivos, “ensinar” o grupo a fazer pesquisas, documentações, cronogramas, apresentações, ou seja, tudo que envolve um bom gerenciamento de projetos, além do trabalho com microprocessadores e da linguagem escolhida, que no nosso caso foi a linguagem C, requisitos desse Projeto Integrado, assim como utilizar teorias usadas em sala de aula já em aplicações mais próximas da engenharia propriamente dita, como a utilização da arquitetura de computadores para o trabalho com o microprocessador e principalmente com a linguagem C, a própria disciplina mesmo de microprocessadores o qual nos mostrou como funciona os microprocessadores, mecânica em geral, circuitos elétricos e sistemas digitais para uma compreensão melhor da eletrônica analógica e digital e das tecnologias que serão utilizadas.

3. NÃO ESTÁ INCLUSO NO ESCOPO DESTE PROJETO

O projeto tem uma ampla diversidade de tecnologias que poderiam ser feitas, mas que não serão implementadas nessa versão, mas talvez nos próximos semestres.

As tecnologias que poderiam ser feitas são: controle remoto por celular, uso de outro tipo de comunicação como por exemplo zigbee, controle de mais funcionalidades do carro, etc, mas tudo isso depende de custos, capacitação, tempo e muito, muito estudo.

4. O PROJETO

O Projeto “Moviment Car” faz a simulação de uma automação em automóveis, no qual seus movimentos são controlados por um controle remoto, que possui um acelerômetro MMA7260QT da Freescale Semiconductor, sendo este um circuito embarcado aonde trabalha com o microprocessador MSP430.

Todo o controle do projeto fica a cargo de um pequeno controle, ele que gerencia o funcionamento de todos os movimentos que o carro apresenta. É

necessário fazer uma calibração no sistema de controle quando ligado, tendo em vista que precisamos de um ponto de referência para a transmissão dos comandos através do acelerômetro contido no controle.

O primeiro passo para calibrar o acelerômetro é necessário apenas segura-lo de modo vertical e alimentar o circuito, para que se tenha a posição de calibração, após essa fase, pode se começar a utilizar, mudando-se as posições do controle o carro toma as coordenadas, sendo que virando o controle para frente o carro inicia o movimento, virando novamente o controle a posição inicial e virando para frente ele para, o mesmo processo serve para a marcha ré, para efetuar curvas, é necessário apenas virar o controle para o lado requerido.

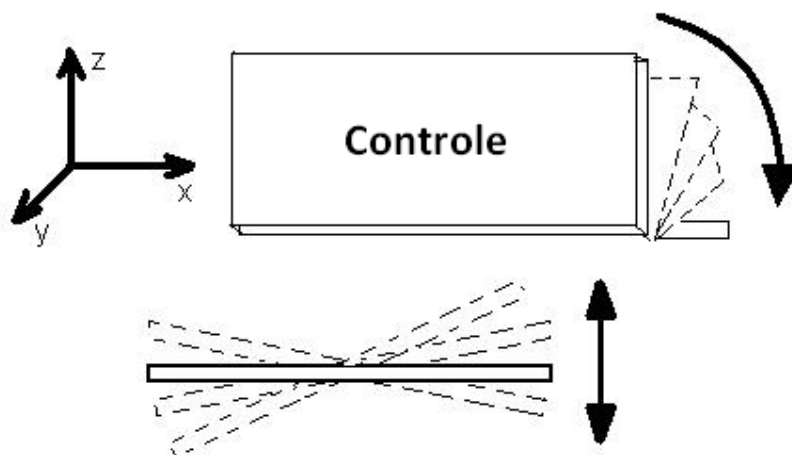


Figura 01 – Movimentos controle

O projeto foi inspirado, quando um vídeo saiu no *Youtube* (http://www.youtube.com/watch?v=w_uMw1Mm8w4), onde dois fãs da McLaren transformaram seu celular (Black Berry Storm) em controle remoto para a miniatura do carro de Fórmula 1 da McLaren, utilizando *bluetooth* e o acelerômetro para controle.

O vídeo, que se transformou num viral, chegou à equipe McLaren, que acabou gostando da idéia e levou a brincadeira pro carro oficial da marca.

No vídeo aparece o idealizador dirigindo o protótipo. Os fãs entraram em contato com a Vodafone McLaren Mercedes por e-mail e mandaram o vídeo. Certo tempo depois veio à resposta, a equipe tinha interesse em levar o projeto adiante e implementar em seu carro. O projeto foi levado para os engenheiros e mecânicos da McLaren que fizeram os ajustes no carro.

Tempos depois sai o vídeo do piloto Lewis Hamilton pilotando seu carro de Fórmula 1 pelo celular em uma pista em Portimão, Portugal. O ocorrido foi divulgado nos principais meios de comunicação, saindo em jornais online como, por exemplo, UOL Notícias, Globo.com, Globo Esporte na coluna “Voando Baixo”, onde o repórter de Fórmula 1, Rafael Lopes, publicou a matéria no site (<http://colunas.globoesporte.com/voandobaixo/2009/03/10/hamilton-e-o-controle-remoto/>) com o título “Hamilton e o controle remoto” no dia 10/03/2009.

4.1 ACELEROMETRO

Partindo da segunda lei de Newton, é possível construirmos vários tipos de acelerômetros. Podemos visualizar o seu princípio de funcionamento se imaginarmos um copo com água até a metade. Se colocarmos o copo sobre uma superfície plana e empurrarmos para frente, notamos que a água se move. Quanto mais forte for o movimento, mais a água oscila. O que o acelerômetro faz é medir estes movimentos, através do ângulo que o líquido forma em relação ao seu estado original e através dele fornece-nos a aceleração que deve ter sido aplicada ao copo.

Este é um exemplo rudimentar de acelerômetro. Modelos muito mais sofisticados são produzidos atualmente. Sua aplicação em larga escala na indústria automotiva promoveu a redução do preço e popularização da tecnologia, que pode ser encontrada até em relógios de pulso.

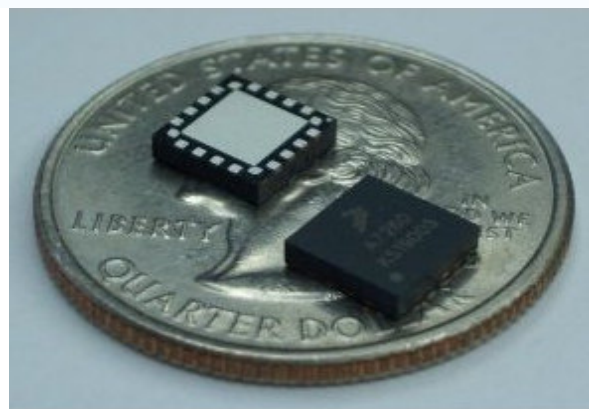


Figura 02 – Acelerometro

5. OS RESULTADOS

Como resultados deste projeto, serão apresentados ao professor os seguintes itens / funcionalidades:

1. Protótipo funcionando do controle (volante);
 - Placa eletrônica fixada;
 - Comunicando-se com o carrinho via RF.
2. Protótipo do carrinho funcionado;
3. Software de controle em C;
4. Teste de alcance e problemas de trajeto;
5. CD com arquivos, fotos, desenhos, códigos-fonte, esquemáticos, diagramas e modelos dos módulos implementados;
6. Vídeo do funcionamento;
7. Documentação do projeto dos itens acima.
8. Mostra do funcionamento aos professores e colegas.

6. A EQUIPE DE DESENVOLVIMENTO

A equipe de desenvolvimento contará com Anderson Gerez, César Mendes Chrusciel e Eduardo Rebelo Lopes, que serão responsáveis por realizar determinadas tarefas específicas. As tarefas serão distribuídas da seguinte maneira:

❖ **Anderson Gerez:**

- Circuito eletrônico (placa primária (base) e secundária (carrinho));
- Transmissão e recepção de sinal RF;
- Esquemáticos e diagramas em bloco dos módulos eletrônicos;
- Desenho e produção da PCI;
- Desenvolvimento do programa de controle em C;
- Pesquisas comunicação RF;
- Pesquisa de componente eletrônicos.

❖ **César Mendes Chrusciel:**

- Pesquisas em geral sobre o projeto;
- Pesquisa de preços e locais para compra de componentes em geral;
- Criação da IHM (Interface Homem-Máquina);
- Pesquisas comunicação RF;
- Desenvolvimento do programa de controle em C;
- Compra de componentes em geral;
- Estrutura mecânica em geral;
- Digitação da Documentação do Projeto.

❖ **Eduardo Rebelo Lopes:**

- Pesquisas em geral sobre o projeto;
- Pesquisa de preços e locais para compra de componentes em geral;
- Criação da IHM (Interface Homem-Máquina);
- Pesquisas comunicação RF;
- Design;
- Desenvolvimento do programa de controle em C;
- Compra de componentes em geral;
- Estrutura mecânica em geral.

7. FOTOS

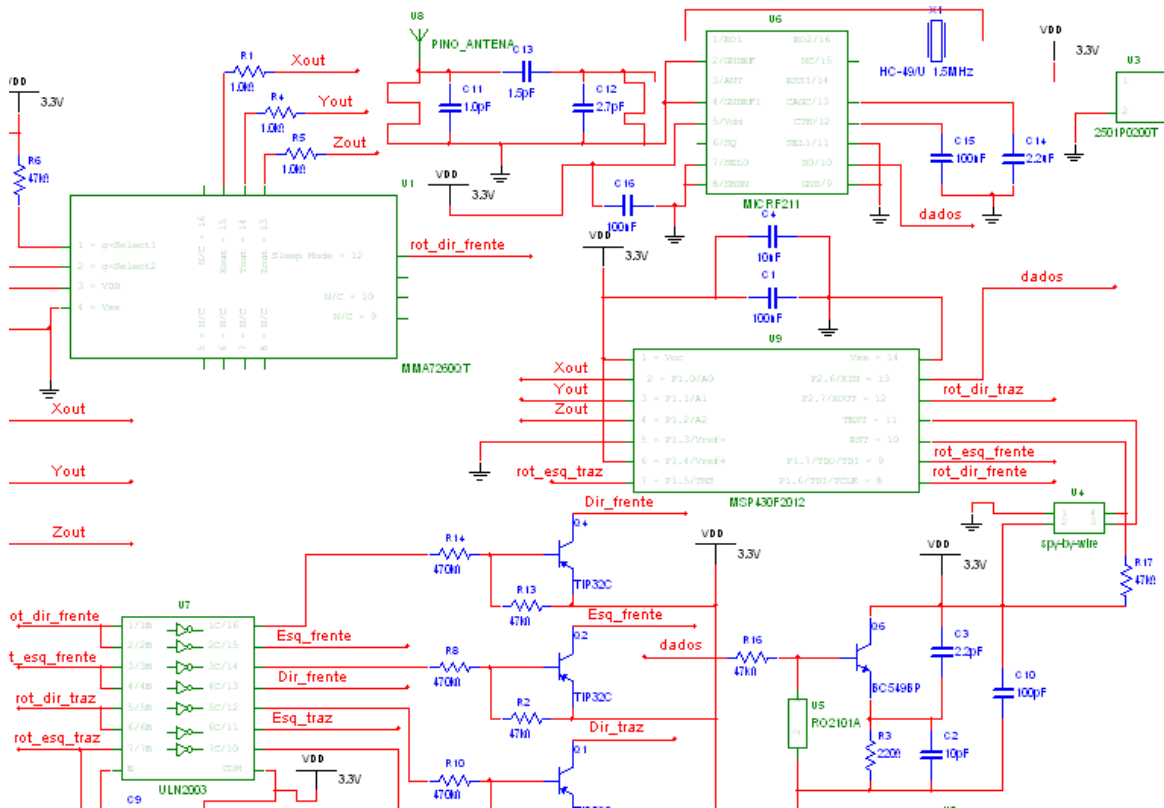


Figura 03 – Esquema Eléctrico

8. MATERIAIS UTILIZADOS

1 Freescale, MMA7260QT;
1 MS2, ULN2003;
1 RESISTOR, 220Ohm_5%;
1 CAPACITOR, 10pF;
1 CAPACITOR, 2.2pF;
1 CAPACITOR, 10nF;
1 TEXAS, MSP430F2012;
4 RESISTOR, 1.0kOhm_5%;
8 RESISTOR, 47kOhm_5%;
8 CAPACITOR, 100nF;
4 RESISTOR, 470kOhm_5%;
1 BJT_NPN, BC549BP;
1 MS2, RO2101A;
1 CAPACITOR, 100pF;
1 MICREL, MICRF211;
1 CAPACITOR, 1.0pF;
1 CAPACITOR, 2.7pF;
1 CAPACITOR, 1.5pF;
1 CAPACITOR, 2.2uF;
1 CRYSTAL, HC-49/U_1.5MHz;
1 MS2, PINO_ANTENA;
3 MS2, 2501P0200T;
1 TEXAS, spy-by-wire;
4 BJT_PNP, TIP32C;
1 IRF, SOT23_6.

9. CONCLUSÃO

Com a finalização deste projeto, que durou cerca de cinco meses, podemos dizer com convicção que conseguimos atender todas as metas levantadas no início do mesmo e também conseguimos superar as expectativas em relação ao projeto.

Foi com grande entusiasmo que esperávamos para a realização deste projeto, como comentado anteriormente, desde que foi divulgado o vídeo em que o piloto Lewis Hamilton aparece controlando sua McLaren por um celular, nasceu no grupo o interesse de trabalhar com acelerômetro para controlar um carrinho de controle remoto, é claro que gostaríamos também de fazer a implementação num automóvel como foi feito no caso do carro de Fórmula 1, porém não tínhamos conhecimento suficiente e nem tempo suficiente para tal implementação.

Com a experiência adquirida dos últimos anos, com os diversos projetos já implementados, a realização desse projeto agora quase não teve problemas, tivemos apenas pequenos probleminhas, porém estes foram resolvidos de forma fácil.

O primeiro problema enfrentado foi o preço do acelerômetro que tínhamos especificado no plano de trabalho, que era o acelerômetro MMA7260, o mesmo apresentava um custo elevado, cerca de 60 dólares, então acabamos já no início do projeto optando por outro acelerômetro similar, porém com um custo inferior, custando apenas 15 dólares.

Um segundo problema que passou de certa forma despercebido no momento que fizemos a Engenharia Reversa do carrinho, foi a consumo que cada motorzinho consumia, e o erro foi o seguinte, para virar as rodinhas dianteiras do carrinho, tanto para a direita como para a esquerda, ele consegue 150mA mantendo o carrinho nesta posição (com o eixo virado para a direita ou para a esquerda), e mantendo o eixo do carrinho na posição central ele não consome nada (modo desligado), porém quando é acionado o eixo para virar tanto para direita como para a esquerda, é dado um pico de corrente de cerca de 450mA, e quando foi montado o circuito, limitamos a corrente 200mA, sendo assim o carrinho não virava totalmente seu eixo e para isso tivemos que fazer algumas alterações para acertar o erro.

As placas tanto da unidade de controle, quando da unidade controlada, foram confeccionadas na empresa Farnell, em São Paulo, pois com o aprendizado que tivemos durante os últimos anos e com as nossas próprias experiências de projeto

passados, observamos que vale mais a pena mandar confeccionar a placa num local que enviem a placa já envernizada, com espaço somente para a solda de componentes, pois as últimas placas que confeccionamos aqui, e deixávamos de envernizar e / ou envernizamos e depois da solda, elas estavam apresentando certo grau de impedância elevada, atrapalhando muitas vezes no funcionamento do circuito, gerando ruído e perda de informações, comprometendo o bom funcionamento do projeto.

Após a conclusão deste projeto, pretendemos continuar a fazer melhorias nele, sendo uma delas já em discussão, fazer o movimento gradual do eixo dianteiro do carrinho, para ele virar gradualmente para a direita ou para a esquerda, sendo que hoje, quando informado para virar, ele vira o eixo até a sua posição total.

10. ANEXOS

10.1 ANEXOS I – DICIONÁRIO DE TERMOS TÉCNICOS

Para facilitar a leitura para quem possa a vir a fazer a leitura do mesmo, foi feito este pequeno dicionário básico contendo alguns termos usados neste projeto. Este dicionário serve apenas para dar uma noção básica sobre do que se trata cada palavra em específico.

CAPACITOR

Um capacitor ou condensador é um componente que armazena energia num campo elétrico, acumulando um desequilíbrio interno de carga elétrica.

Os formatos típicos consistem em dois eletrodos ou placas que armazenam cargas opostas. Estas duas placas são condutoras e são separadas por um isolante ou por um dielétrico. A carga é armazenada na superfície das placas, no limite com o dielétrico. Devido ao fato de cada placa armazenar cargas iguais, porém opostas, a carga total no dispositivo é sempre zero.

CAPACITÂNCIA

A propriedade que estes dispositivos têm de armazenar energia elétrica sob a forma de um campo eletrostático é chamada de capacitância ou capacidade (C) e é medida pelo quociente da quantidade de carga (Q) armazenada pela diferença de potencial ou tensão (V) que existe entre as placas:

$$C = \frac{Q}{V}$$

Pelo Sistema Internacional de Unidades (SI), um capacitor tem a capacitância de um Farad (F) quando um Coulomb de carga causa uma diferença de potencial de um volt (V) entre as placas. O farad é uma unidade de medida considerada muito grande para circuitos práticos, por isso, são utilizados valores de capacitâncias expressos em microFarads (μF), nanoFarads (nF) ou picoFarads (pF).

A equação acima é exata somente para valores de Q muito maiores que a carga do elétron ($e = 1,602 \times 10^{-19}$ C). Por exemplo, se uma capacitância de 1 pF fosse carregada a uma tensão de 1 μ V, a equação perderia uma carga $Q = 10^{-19}$ C, mas isto seria impossível já que seria menor do que a carga em um único elétron. Entretanto, as experiências e as teorias recentes sugerem a existência de cargas fracionárias.

A capacitância de um capacitor de placas paralelas constituído de dois eletrodos planos idênticos de área A separados à distância constante d é aproximadamente igual a:

$$C = \epsilon_0 \epsilon_r \frac{A}{d}$$

onde

C é a capacitância em Farads

ϵ_0 é a permissividade eletrostática do vácuo ou espaço livre

ENERGIA

A energia (no SI, medida em Joules) armazenada em um capacitor é igual ao trabalho feito para carregá-lo. Considere um capacitor com capacitância C, com uma carga +q em uma placa e -q na outra. Movendo um pequeno elemento de carga dq de uma placa para a outra contra a diferença de potencial $V = q/C$ necessita de um trabalho dW:

$$dW = \frac{q}{C} dq$$

Nós podemos descobrir a energia armazenada em um capacitor integrando essa equação. Começando com um capacitor descarregado ($q=0$) e movendo carga de uma placa para a outra até que as placas tenham carga +Q e -Q, necessita de um trabalho W:

$$W_{\text{carregando}} = \int_0^Q \frac{q}{C} dq = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C} = \frac{1}{2} CV^2 = E_{\text{armazenada}}$$

Capacitores Comuns

Apresenta-se com tolerâncias de 5 % ou 10 %.

Capacitores são freqüentemente classificados de acordo com o material usados como dielétrico. Os seguintes tipos de dielétricos são usados:

cerâmica (valores baixos até cerca de 1 μF)

C0G or NP0 - tipicamente de 4,7 pF a 0,047 μF , 5 %. Alta tolerância e performance de temperatura. Maiores e mais caros

X7R - tipicamente de 3300 pF a 0,33 μF , 10 %. Bom para acoplamento não-crítico, aplicações com timer.

Z5U - tipicamente de 0,01 μF a 2,2 μF , 20 %. Bom para aplicações em bypass ou acoplamentos. Baixo preço e tamanho pequeno.

poliestireno (geralmente na escala de picofarads).

poliéster (de aproximadamente 1 nF até 1000000 μF).

polipropileno (baixa perda. alta tensão, resistente a avarias).

tântalo (compacto, dispositivo de baixa tensão, de até 100 μF aproximadamente).

eletrolítico (de alta potência, compacto mas com muita perda, na escala de 1 μF a 1000 μF)

Propriedades importantes dos capacitores, além de sua capacitância, são a máxima tensão de trabalho e a quantidade de energia perdida no dielétrico. Para capacitores de alta potência a corrente máxima e a Resistência em Série Equivalente (ESR) são considerações posteriores. Um ESR típico para a maioria dos capacitores está entre 0,0001 ohm e 0,01 ohm, valores baixos preferidos para aplicações de correntes altas.

Já que capacitores têm ESRs tão baixos, eles têm a capacidade de entregar correntes enormes em circuitos curtos, o que pode ser perigoso. Por segurança, todos os capacitores grandes deveriam ser descarregados antes do manuseio. Isso

é feito colocando-se um resistor pequeno de 1 ohm a 10 ohm nos terminais, isso é, criando um circuito entre os terminais, passando pelo resistor.

Capacitores também podem ser fabricados em aparelhos de circuitos integrados de semicondutores, usando linhas metálicas e isolantes num substrato. Tais capacitores são usados para armazenar sinais analógicos em filtros chaveados por capacitores, e para armazenar dados digitais em memória dinâmica de acesso aleatória (DRAM). Diferentemente de capacitores discretos, porém, na maior parte do processo de fabricação, tolerâncias precisas não são possíveis (15 % a 20 % é considerado bom).

CORRENTE ELÉTRICA

Na Física, corrente elétrica é o fluxo ordenado de partículas portadoras de carga elétrica. Sabe-se que, microscopicamente, as cargas livres estão em movimento aleatório devido a agitação térmica. Apesar desse movimento desordenado, ao estabelecermos um campo elétrico na região das cargas, verifica-se um movimento ordenado que se apresenta superposto ao primeiro. Esse movimento recebe o nome de movimento de deriva das cargas livres.

Raios são exemplos de corrente elétrica, bem como o vento solar, porém a mais conhecida, provavelmente, é a do fluxo de elétrons através de um condutor elétrico, geralmente metálico.

O símbolo convencional para representar a intensidade de corrente elétrica (ou seja, a quantidade de carga Q que flui por unidade de tempo t) é o I , original do alemão *Intensität*, que significa intensidade.

$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$$

A unidade padrão no SI para medida de intensidade de corrente é o ampère. A corrente elétrica é também chamada informalmente de amperagem. Embora seja um termo válido, alguns engenheiros repudiam o seu uso.

CIRCUITO INTEGRADO

Um circuito integrado, também conhecido por chip, é um dispositivo microeletrônico que consiste de muitos transistores e outros componentes interligados capazes de desempenhar muitas funções. Suas dimensões são extremamente reduzidas, os componentes são formados em pastilhas de material semicondutor.

A importância da integração está no baixo custo e alto desempenho, além do tamanho reduzido dos circuitos aliado à alta confiabilidade e estabilidade de funcionamento. Uma vez que os componentes são formados ao invés de montados, a resistência mecânica destes permitiu montagens cada vez mais robustas a choques e impactos mecânicos, permitindo a concepção de portabilidade dos dispositivos eletrônicos.

No circuito integrado completo ficam presentes os transistores, condutores de interligação, componentes de polarização, e as camadas e regiões isolantes ou condutoras obedecendo ao seu projeto de arquitetura.

No processo de formação do chip, é fundamental que todos os componentes sejam implantados nas regiões apropriadas da pastilha. É necessário que a isolação seja perfeita, quando for o caso. Isto é obtido por um processo chamado difusão, que se dá entre os componentes formados e as camadas com o material dopado com fósforo, e separadas por um material dopado com boro, e assim por diante.

Após sucessivas interconexões, por boro e fósforo, os componentes formados ainda são interconectados externamente por uma camada extremamente fina de alumínio, depositada sobre a superfície e isolada por uma camada de dióxido de silício.

DIODO

Diodo semicondutor é um dispositivo ou componente eletrônico composto de cristal semicondutor de silício ou germânio numa película cristalina cujas faces opostas são dopadas por diferentes gases durante sua formação.

É o tipo mais simples de componente eletrônico semicondutor, usado como retificador de corrente elétrica.

A dopagem no diodo é feita pela introdução de elementos dentro de cristais tetravalentes, normalmente feitos de silício e germânio. Dopando esses cristais com elementos trivalentes, obterá átomos com sete elétrons na camada de valência, que necessitam de mais um elétron para a neutralização (cristal P). Para a formação do cristal P, utiliza-se principalmente o elemento Índio. Dopando os cristais tetravalentes com elementos pentavalentes, obter-se-á átomos neutralizados (com oito elétrons na camada de valência) e um elétron excedente (cristal N).

Para a formação do cristal N, utiliza-se principalmente o elemento Fósforo. Quanto maior a intensidade da dopagem, maior será a condutibilidade dos cristais, pois suas estruturas apresentarão um número maior de portadores livres (lacunas e elétrons livres) e poucas impurezas que impedem a condução da corrente elétrica. Outro fator que influencia na condução desses materiais é a temperatura. Quanto maior for sua temperatura, maior será a condutibilidade pelo fato de que a energia térmica tem a capacidade de quebrar algumas ligações covalentes da estrutura, acarretando no aparecimento de mais portadores livres para a condução de corrente elétrica.

Após dopadas, cada face dos dois tipos de cristais (P e N) terá uma determinada característica diferente da oposta, gerando regiões de condução do cristal, uma com excesso de elétrons, outra com falta destes (lacunas), e entre ambas, haverá uma região de equilíbrio por recombinação de cargas positivas e negativas, chamada de região de depleção (à qual possui uma barreira de potencial).

MICROCONTROLADOR

Um microcontrolador (também denominado MCU ou μC) é um computador num chip, contendo um processador, memória e funções de entrada/saída. É um microprocessador que enfatiza a alta integração, em contraste com os microprocessadores de uso geral (do tipo usado em computadores pessoais). Além dos componentes lógicos e aritméticos usuais dum microprocessador de uso geral, o microcontrolador integra elementos adicionais tais como memória RAM, EEPROM ou Memória flash para armazenamento de dados ou programas, dispositivos periféricos e interfaces de E/S que podem ir de um simples pino digital do

componente a uma interface USB ou Ethernet nos mais avançados (como o ARM LPC2368).

Com frequências de clock de poucos MHz ou ainda mais baixas microcontroladores são considerados lentos se comparados aos microprocessadores modernos, mas isso é perfeitamente adequado para aplicações típicas. Eles consomem relativamente pouca energia (miliwatts), e geralmente possuem a capacidade de "hibernar" enquanto aguardam que aconteça algum evento interessante provocado por um periférico, tal como o pressionar dum botão, que os colocam novamente em atividade. O consumo de energia enquanto estão "hibernando" pode ser de nanowatts, tornando-os ideais para aplicações de baixa energia e que economizem bateria.

De forma oposta aos microprocessadores, onde se super dimensiona ao máximo tendo como limite o preço que o usuário deseja investir, a escolha do microcontrolador é feita pelo projetista do equipamento. É erro de projeto super dimensionar. Cada desperdício será multiplicado pelo numero de equipamentos fabricados (às vezes milhões). Por isso existem duas linhas de pesquisa paralelas, mas opostas uma criando microcontroladores mais capazes, para atender produtos de mais tecnologia como os novos celulares ou receptores de TV digital e outra para criar microcontroladores mais simples e baratos, para aplicações elementares (como um chaveiro que emite sons).

De forma diferente da programação para microprocessadores, que em geral contam com um sistema operacional e um BIOS, o programador ou projetista que desenvolve sistemas com microcontroladores tem que lidar com uma gama muito grande de desafios, fazendo muitas vezes todo o processo construtivo do aparelho: BIOS, firmware e circuitos.

MICROPROCESSADOR

Todos os computadores pessoais e um número crescente de equipamentos eletrônicos baseiam-se num tipo especial de circuito eletrônico chamado de microprocessador.

O microprocessador moderno é um circuito integrado formado por uma camada chamada de mesa epitaxial de silício, trabalhada de modo a formar um

crystal de extrema pureza, laminada até uma espessura mínima com grande precisão, depois cuidadosamente mascarada por um processo fotográfico e dopada pela exposição a altas temperaturas em fornos que contêm misturas gasosas de impurezas. Este processo é repetido tantas vezes quanto necessário à formação da micro arquitetura do componente.

Responsável pela execução das instruções num sistema, o microprocessador, escolhido entre os disponíveis no mercado, determina, em certa medida a capacidade de processamento do computador e também o conjunto primário de instruções que ele compreende. O sistema operativo é construído sobre este conjunto.

O próprio microprocessador subdivide-se em várias unidades, trabalhando em altas frequências. A ALU(Arithmetic and Logical Unit), unidade responsável pelos cálculos aritméticos e lógicos e os registradores são parte integrante do microprocessador na família x86, por exemplo.

Embora seja a essência do computador, o microprocessador diferente do microcontrolador, está longe de ser um computador completo. Para que possa interagir com o utilizador precisa de: Memória, E/S Entradas/Saídas, um clock, controladores e conversores de sinais entre outros. Cada um desses circuitos de apoio interage de modo peculiar com os programas e, dessa forma, ajuda a moldar o funcionamento do computador.

RESISTOR

Um resistor (chamado de resistência em alguns casos) é um dispositivo elétrico muito utilizado em eletrônica, com a finalidade de transformar energia elétrica em energia térmica (efeito joule), a partir do material empregado, que pode ser por exemplo carbono.

Um resistor ideal é um componente com uma resistência elétrica que permanece constante independentemente da tensão ou corrente elétrica que circular pelo dispositivo.

Os resistores podem ser fixos ou variáveis. Neste caso são chamados de potenciômetros ou reostatos. O valor nominal é alterado ao girar um eixo ou deslizar uma alavanca.

O valor de um resistor de carbono pode ser facilmente determinado de acordo com as cores que apresenta na cápsula que envolve o material resistivo, ou então usando um ohmímetro.

Alguns resistores são longos e finos, com o material resistivo colocado ao centro, e um terminal de metal ligada em cada extremidade. Este tipo de encapsulamento é chamado de encapsulamento axial. A fotografia a direita mostra os resistores em uma tira geralmente usados para a pré formatação dos terminais. Resistores usados em computadores e outros dispositivos são tipicamente muito menores, freqüentemente são utilizadas tecnologia de montagem superficial (Surface-mount technology), ou SMT, esse tipo de resistor não tem perna de metal. Resistores de potência maior são feitos mais robustos para dissipar calor de maneira mais eficiente, mas eles seguem basicamente a mesma estrutura.

Os resistores são sim como parte de um circuito elétrico e incorporados dentro de dispositivos microeletrônicos ou semicondutores. A medição crítica de um resistor é a resistência, que serve como relação de voltagem para corrente é medida em ohms, uma unidade SI. Um componente tem uma resistência de 1 ohm se uma voltagem de 1 volt no componente fazer com que percorra, pelo mesmo, uma corrente de 1 Ampère, o que é equivalente à circulação de 1 Coulomb de carga elétrica, aproximadamente 6.241506×10^{18} elétrons por segundo.

Qualquer objeto físico, de qualquer material é um tipo de resistor. A maioria dos metais são materiais condutores, e opõe baixa resistência ao fluxo de corrente elétrica. O corpo humano, um pedaço de plástico, ou mesmo o vácuo têm uma resistência que pode ser mensurada. Materiais que possuem resistência muito alta são chamados isolantes ou isoladores

A relação entre tensão, corrente e resistência, através de um objeto é dada por uma simples equação, Lei de Ohm:

$$R = \frac{V}{I}$$

Onde V é a voltagem em volts, I é a corrente que circula através de um objeto em Ampères, e R é a resistência em ohms. Se V e I tiverem uma relação linear -- isto é,

R é constante -- ao longo de uma gama de valores, o material do objeto é chamado de ôhmico. Um resistor ideal tem uma resistência fixa ao longo de todas as frequências e amplitudes de tensão e corrente.

Materiais supercondutores em temperaturas muito baixas têm resistência zero. Isolantes (tais como ar, diamante, ou outros materiais não-condutores) podem ter resistência extremamente alta (mas não infinita), mas falham e admitem que ocorra um grande fluxo de corrente sob voltagens suficientemente altas.

A resistência de um componente pode ser calculada pelas suas características físicas. A resistência é proporcional ao comprimento do resistor e à resistividade do material (uma propriedade do material), e inversamente proporcional à área da secção transversal. A equação para determinar a resistência de uma seção do material é:

$$R = \frac{\rho L}{A}$$

Onde ρ é a resistividade do material, L é o comprimento, e A é a área da secção transversal. Isso pode ser estendido a uma integral para áreas mais complexas, mas essa fórmula simples é aplicável a fios cilíndricos e à maioria dos condutores comuns. Esse valor está sujeito a mudanças em altas frequências devido ao efeito skin, que diminui a superfície disponível da área.

Resistores padrões são vendidos com capacidades variando desde uns poucos miliôhms até cerca de um gigaôhms; apenas uma série limitada de valores, chamados valores preferenciais, estão disponíveis. Na prática, o componente discreto vendido como "resistor" não é um resistor perfeito como definido acima. Resistores são freqüentemente marcados com sua tolerância (a variação máxima esperada da resistência marcada). Em resistores codificados com cores, uma faixa mais à direita demonstra uma tolerância de 10%, uma faixa dourada significa 5% de tolerância, uma faixa vermelha marca 2% e uma faixa marrom significa 1% de tolerância. Resistores com tolerância menores, também chamados de resistores de precisão, também estão disponíveis.

Um resistor tem uma voltagem e corrente máximas de trabalho, acima das quais a resistência pode mudar (drasticamente, em alguns casos) ou o resistor pode se

danificar fisicamente (queimar, por exemplo). Embora alguns resistores tenham as taxas de voltagem e corrente especificadas, a maioria deles são taxadas em função de sua potência máxima, que é determinada pelo tamanho físico. As taxas mais comuns para resistores de composição de carbono e filme de metal são 1/8 watt, 1/4 watt e 1/2 watt. Resistores de filme de metal são mais estáveis que os de carbono quanto a mudanças de temperatura e a idade. Resistores maiores são capazes de dissipar mais calor por causa de sua área de superfície maior. Resistores dos tipos wire-wound e sand-filled são usados quando se necessita de taxas grandes de potência, como 20 Watts.

Além disso, todos os resistores reais também introduzem alguma indutância e capacitância, que mudam o comportamento dinâmico do resistor da equação ideal.

Resistor variável

O resistor variável é um resistor cujos valores podem ser ajustados por um movimento mecânico, por exemplo, rodando manualmente.

Os resistores variáveis podem ser dos baratos, de volta simples, ou de múltiplas voltas com um elemento helicoidal. Alguns têm um display mecânico para contar as voltas.

Tradicionalmente, resistores variáveis são não-confiáveis, porque o fio ou o metal podem se corroer ou se desgastar. Alguns resistores variáveis modernos usam materiais plásticos que não corroem.

Outro método de controle, que não é exatamente um resistor, mas se comporta como um, envolve um sistema sensor fotoelétrico que mede a densidade ótica de um pedaço de filme. Desde que o sensor não toque o filme, é impossível haver desgaste.

Reostato

é um resistor variável com dois terminais, sendo um fixo e o outro deslizante. Geralmente são utilizados com altas correntes.

Potenciômetro

É um tipo de resistor variável comum, sendo comumente utilizado para controlar o volume em amplificadores de áudio.

Metal Óxido Varistor ou M.O.V. / Varistores

É um tipo especial de resistor que tem dois valores de resistência muito diferentes, um valor muito alto em baixas voltagens (abaixo de uma voltagem específica), e outro valor baixo de resistência se submetido a altas voltagens (acima da voltagem específica do varistor). Ele é usado geralmente para proteção contra curtos-circuitos em extensões ou pára-raios usados nos postes de ruas, ou como "trava" em circuitos eletromotores.

Termistores

São resistências que variam o seu valor de acordo com a temperatura a que estão submetidas. A relação geralmente é direta, porque os metais usados têm um coeficiente de temperatura positivo, ou seja se a temperatura sobe, a resistência também sobe. Os metais mais usados são a platina, daí as designações Pt100 e Pt1000 (100 porque à temperatura 20°C, têm uma resistência de 100ohm, 1000 porque à temperatura 20°C, têm uma resistência de 1000ohm) e o Níquel (Ni100) os termistores PTC e NTC, são um caso particular, visto que em vez de metais usam semicondutores. Alguns autores não consideram resistências pelo fato de usarem semicondutores.

TRANSISTOR

O transistor (ou transistor) é um componente eletrônico que começou a se popularizar na década de 1950 tendo sido o principal responsável pela revolução da eletrônica na década de 1960, e cujas funções principais são amplificar e chavear sinais elétricos. O termo vem de transfer resistor (resistor de transferência), como era conhecido pelos seus inventores.

O processo de transferência de resistência, no caso de um circuito analógico, significa que a impedância característica do componente varia para cima ou para baixo da polarização pré-estabelecida. Graças à esta função, a corrente elétrica que passa entre coletor e emissor do transistor varia dentro de determinados parâmetros

pré-estabelecidos pelo projetista do circuito eletrônico; esta variação é feita através da variação de corrente num dos terminais chamado base, que conseqüentemente ocasiona o processo de amplificação de sinal.

Entende-se por "amplificar" o procedimento de tornar um sinal elétrico mais fraco em mais forte. Um sinal elétrico de baixa intensidade, como os sinais gerados por um microfone, é injetado em um circuito eletrônico (transistorizado por exemplo), cuja função principal é transformar este sinal fraco gerado pelo microfone em sinais elétricos com as mesmas características mas com potência suficiente para excitar os alto-falantes, a este processo todo se dá o nome de ganho de sinal.

10.2 ANEXOS II – CÓDIGO FONTE - SOFTWARE DO MSP430

Programa da placa transmissora

```

#include "msp430x20x2.h"
#include "main.h"

void main(void)
{
    WDTCTL = WDTPW + WDTHOLD;           // Stop WDT
    BCSCCTL1 = RSEL2+RSEL1+RSEL0;      // Select range 7
    DCOCTL = DCO2+DCO1+DCO0;           // Select max DCO tap
    CCR0 += Valor400micro;              //inicializa para evitar delay longo
    TACCTL0 = OUTMOD_0 + CCIE;          // Compare-mode interrupt.
    TACTL = TASSEL_2 + MC_2;           // TACLK = SMCLK, Up mode.

    ADC10AE0 = 0x07; //P1.2,1,0
    ADC10CTL1 = INCH_0 + CONSEQ_2 + SHS_0; // A1/A0, repeat multi channel
    ADC10CTL0 = SREF_0 + ADC10SHT_2 + MSC + ADC10ON + ADC10IE + ENC +
    ADC10SC;

    P1DIR = Sleep;                      //P1.6
    P2DIR = RfData;
    P2SEL &= ~RfData;
    Sleep_Out |= Sleep;
    RfDataOut &= ~RfData;
    __bis_SR_register(CPUOFF + GIE);     // LPM0, ADC10_ISR will force exit
    while (!Samplagem);
    ADC10CTL0 |= (ENC + ADC10SC);
    Samplagem = 0;
    Calibracao ();
    for (;;)
    {
        switch (maqSensor){ .....estados so acelerometro.....}

// Timer A0 interrupt service routine
#pragma vector=TIMERA0_VECTOR
__interrupt void Timer_A0 (void){....interrupção....}
// ADC10 interrupt service routine
#pragma vector=ADC10_VECTOR
__interrupt void ADC10_ISR(void){....interrupção....}
void Calibracao (void){
    while (!Samplagem);
    MedSensEixo_X = 0;
    MedSensEixo_Y = 0;
    MedSensEixo_Z = 0;
    for (int i = 0; i < 4; i++){

```

```

    MedSensEixo_X += SensEixo_X [i];
    MedSensEixo_Y += SensEixo_Y [i];
    MedSensEixo_Z += SensEixo_Z [i];
}
MedSensEixo_X /= 4;
MedSensEixo_Y /= 4;
MedSensEixo_Z /= 4;

PosicaoEsq = MedSensEixo_Y+90;
PosicaoDir = MedSensEixo_Y-90;

PosFrente = MedSensEixo_Z+150;
PosTras = MedSensEixo_Z-150;

ADC10CTL0 |= (ENC + ADC10SC);
Samplagem = 0;
}

```

Programa da placa receptora

```

#include "msp430x20x2.h"
#include "main.h"
int main( void )
{
    inicializacao ();
    while (1){
        switch (maqEstados){...estados de direção...}
void inicializacao (void){
    WDTCTL = WDTPW + WDTHOLD;           // Stop WDT
    BCSCCTL1 = RSEL2+RSEL1+RSEL0;       // Select range 7
    DCOCTL = DCO2+DCO1+DCO0;           // Select max DCO tap
    CCR0 = 1;                           //inicializa para evitar delay longo
    TACCTL0 = OUTMOD_0 + CCIE;           // Compare-mode interrupt.
    TACTL = TASSEL_2 + MC_1;            // TACLK = SMCLK, Up mode.
    P1DIR = BIT6;
    P2SEL = 0;
    P1DIR = BIT5+BIT6+BIT7;
    P2DIR = BIT7;
    P1OUT &= ~(BIT5+BIT6+BIT7);
    P2OUT &= ~BIT7;
    GiraDirFrente_Out |= GiraDirFrente;
    GiraDirFrente_Out &= ~GiraDirFrente;

    _BIS_SR(GIE);
}
void VerificaAcao (void){
    if (AcaoEsqDir == ViraDireita){
        GiraEsqFrente_Out &= ~GiraEsqFrente;
        GiraDirFrente_Out |= GiraDirFrente;

```

```
}
if (AcaoEsqDir == ViraEsquerda){
  GiraDirFrente_Out &= ~GiraDirFrente;
  GiraEsqFrente_Out |= GiraEsqFrente;
}
if (AcaoEsqDir == PosicaoCentral){
  GiraEsqFrente_Out &= ~GiraEsqFrente;
  GiraDirFrente_Out &= ~GiraDirFrente;
}
if (AcaoFrenteTraz == PosicaoFrente){
  GiraDirTraz_Out &= ~GiraDirTraz;
  GiraEsqTraz_Out |= GiraEsqTraz;
}
if (AcaoFrenteTraz == PosicaoTraz){
  GiraEsqTraz_Out &= ~GiraEsqTraz;
  GiraDirTraz_Out |= GiraDirTraz;
}
if (AcaoFrenteTraz == PosicaoCentral){
  GiraEsqTraz_Out &= ~GiraEsqTraz;
  GiraDirTraz_Out &= ~GiraDirTraz;
}
}
```

10.3 ANEXOS III – DATASHEETS