

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA
PROJETO DE GRADUAÇÃO**

**AUTOMATIZAÇÃO DA AQUISIÇÃO DE DADOS PARA ANÁLISE
DE ESFORÇO EM BICICLETAS ERGOMÉTRICAS**

RAPHAEL MILHORINI PIO
RODRIGO ROZALEM CAPAZ

Vitória – ES, Março de 2005.

**RAPHAEL MILHORINI PIO
RODRIGO ROZALEM CAPAZ**

**AUTOMATIZAÇÃO DA AQUISIÇÃO DE DADOS PARA ANÁLISE
DE ESFORÇO EM BICICLETAS ERGOMÉTRICAS**

Projeto de Graduação apresentado ao curso de Engenharia Mecânica do Centro Tecnológico da Universidade Federal do Espírito Santo como requisição parcial para obtenção do grau de Engenheiro Mecânico.

Vitória – ES, Março de 2005.

**RAPHAEL MILHORINI PIO
RODRIGO ROZALEM CAPAZ**

**AUTOMATIZAÇÃO DA AQUISIÇÃO DE DADOS PARA ANÁLISE
DE ESFORÇO EM BICICLETAS ERGOMÉTRICAS**

COMISSÃO EXAMINADORA

**Prof. Dr. Marcos Aurélio Scopel Simões
Orientador**

**Prof. Oswaldo de Paiva Almeida Filho
Examinador**

**Prof. Dr. Vladmir Ivanovitch Dynnikov
Examinador**

Vitória – ES, Março de 2005.

*Dedicamos este trabalho aos nossos
professores, aos nossos pais, familiares,
amigos e colegas de curso e a todos aqueles
que de alguma forma contribuíram para
realização deste trabalho.*

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a todos os professores que durante o curso de graduação, em Engenharia Mecânica, ajudaram-nos a enfrentar e vencer todos os obstáculos que a vida profissional nos impõe.

Agradecemos a André Mansur, que nos ajudou bastante com a parte eletrônica de nosso trabalho.

Agradecemos ao Professor Sérgio Amauri (Ed. Física), que não só nos apoiou como nos ajudou, fornecendo referências bibliográficas e nos explicando alguns tópicos sobre a biomecânica.

Finalmente, agradecemos ao Professor Dr. Marcos Aurélio Scopel Simões que nos orientou durante a idealização e execução deste projeto.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	VIII
LISTA DE TABELAS	IX
SIMBOLOGIA.....	X
RESUMO.....	11
1 INTRODUÇÃO	12
1.1 Objetivo.....	12
1.2 Estrutura do Trabalho.....	12
2 ANÁLISE DAS NECESSIDADES	14
2.1 Identificação do Objetivo Final do Sistema Automatizado	14
2.2 Estudo do Sistema de Aquisição, Equipamentos e Instalações	15
2.3 Organização dos Conhecimentos sobre os Dispositivos necessários e a Instalação.....	17
2.4 Levantamento e Análise das Funções do Sistema de Aquisição	17
2.4.1 Realização das Funções.....	17
2.4.2 Estruturação das Funções	18
2.4.3 Plano geral de funcionamento	19
2.4.4 Itens e Formas de Monitoração	21
2.4.5 Prevenção de Falhas	22
3 DEFINIÇÃO DAS NECESSIDADES	22
3.1 Definição das Funções para o Sistema de Aquisição.....	22
3.1.1 Célula de Carga (Anexo B)	22
3.1.2 Velocímetro	25
3.1.3 Clock.....	26
3.1.4 Microcontrolador (Anexo A).....	26
3.1.5 LCD	26
3.1.6 Fonte de Alimentação.....	27
3.2 Definição do Fluxo das Funções do Sistema de Aquisição	27
4 PROJETO DO SISTEMA AUTOMATIZADO DE AQUISIÇÃO	28
4.1 Diagrama geral das interfaces	28
4.1.1 Placa Principal	28

4.1.2	Programação do microcontrolador	29
5	MODIFICAÇÃO ESTRUTURAL DA BICICLETA	29
6	ORÇAMENTO	30
7	CONCLUSÃO	30
8	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	31
	ANEXO A – Microcontrolador	32
	ANEXO B – Célula de Carga.....	34
	ANEXO C – Display	38
	ANEXO D – Modificação Estrutural da Bicicleta.....	39

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Diagrama Estrutural Esquemático.....	16
Figura 02 – Sistema a ser estudado (Roda/Freio).....	18
Figura 03 – Estruturação das Funções.....	19
Figura 04 – Plano Geral de Funcionamento da Instalação.....	19
Figura 05 – Dinamômetro Montado.....	23
Figura 06 – Regulagem de Esforço da Bicicleta.....	23
Figura 07 – Tabela de Conversão: Deflexão / Força.....	23
Figura 08 – Medidas de Deflexão no Relógio Comparador.....	24
Figura 09 – Baixa e Alta Rotação – Velocímetro.....	25
Figura 10 – Funções de Controle – Nível Macro.....	27
Figura 11 – Diagrama Geral das Interfaces.....	28
Figura 12 – Modificação Estrutural da Bicicleta.....	29

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 - Itens e formas de monitoração	24
---	----

SIMBOLOGIA

T – Tração provocada no cabo de aço do freio da bicicleta;

F – Força tangencial ao aro da roda da bicicleta;

V – Velocidade tangencial na roda da bicicleta;

e – Base dos logaritmos naturais;

μ - Coeficiente de atrito entre a roda da bicicleta e o feltro necessário a frenagem;

θ – Ângulo de abraçamento do feltro a roda da bicicleta

RESUMO

O presente trabalho apresenta uma concepção tecnológica de controle de dados para a análise de esforço em bicicletas ergométricas. A necessidade dessa nova concepção baseia-se na maneira como as bicicletas ergométricas convencionais fornece o consumo calórico durante a prática da atividade, onde não são consideradas as características particulares de cada indivíduo, os valores são apenas informativos e não devem ser usados para fins avaliativos.

A nova concepção está centrada no cálculo da energia dissipada no sistema roda/freio da bicicleta, utilizando o tempo, a velocidade desenvolvida na roda da bicicleta e a tensão no cabo de aço do freio (provocada pela regulagem do esforço) como variáveis. Um sistema composto por sensores, hardware e software será responsável pela aquisição, cálculos e armazenamento desses dados fornecendo assim o consumo real da energia consumida na roda, energia essa que pode ser comparada com a energia fisiológica consumida e chegar a uma relação de equivalência.

1 Introdução

A automatização de sistemas nos dias de hoje vem se mostrando cada vez presente e indispensável nos processos produtivos. O uso de equipamentos automatizados traz um grande dinamismo ao processo e aumenta a velocidade nos meios de produção, além de influenciar diretamente na qualidade do produto e precisão no resultado obtido, dentre outras vantagens.

Este projeto abrange o dimensionamento e principalmente a automatização de um sistema de aquisição de dados, armazenamento e cálculos necessários para obtenção da real energia mecânica dissipada na roda da bicicleta, para efeito de comparação com a energia fisiológica consumida, a ponto de se obter uma constante de conversão.

1.1 Objetivo

Projetar um sistema automatizado para aquisição de dados, armazenamento e cálculos necessários para a análise de esforço em bicicletas ergométricas, fazendo o dimensionamento dos seus componentes, modificações estruturais necessárias, dentre outros, promovendo precisão e inovações tecnológicas em relação aos equipamentos hoje encontrados no mercado (bicicletas ergométricas convencionais).

1.2 Estrutura do Trabalho

No Capítulo 1, foi citada uma breve introdução sobre o assunto a ser trabalhado, o objetivo do e a estrutura em que este relatório foi escrito.

No Capítulo 2, foi feita a análise das necessidades, ou seja, as características finais que o produto acabado, a bicicleta ergométrica, deverá apresentar. De maneira que, de posse destas características, além de outras considerações e premissas operacionais, possa-se iniciar a concepção do sistema automatizado. Trás também informações sobre os diagramas de operação do sistema e

de atividades do processo de aquisição e armazenamento de dados, além de um manual de operação da mesma.

O Capítulo 3 analisa o dimensionamento, especificação de todos os componentes necessários a instalação.

O Capítulo 4 analisa o projeto propriamente dito, citando o diagrama geral dos objetos a serem interfaciados.

Já o Capítulo 5 trás a modificação necessária à estrutura da bicicleta.

O Capítulo 6 trás o orçamento necessário para investimento no produto.

E por fim o capítulo 7 trazendo a conclusão final de todo o projeto.

2 Análise das Necessidades

Neste capítulo serão abordadas as características fundamentais que o produto acabado (Sistema automatizado para aquisição de dados e cálculo da energia dissipada) necessita para atender ao objetivo citado acima. Será abordado desde as premissas operacionais, plano geral de funcionamento bem como os meios para produção do mesmo.

2.1 Identificação do Objetivo Final do Sistema Automatizado

Recomendada para diversos fins, a prática de atividades físicas aeróbicas com bicicletas ergométricas engloba desde a sua utilização para perda percentual de gordura corporal a condicionamento cardiovascular. Sendo assim, vários benefícios são obtidos e dentre os principais, podemos destacar:

Uma seqüência de exercícios aeróbicos de 20 a 30 minutos por dia – 2 a 3 vezes por semana – melhora o condicionamento cardio-respiratório, fazendo o coração ficar mais forte e eficiente;

Aumento do metabolismo basal, isto é, mesmo quando a pessoa estiver em repouso o seu metabolismo será alto, ajudando a manter os níveis de colesterol e triglicérides normalizados;

Aumento da absorção de sais minerais (cálcio, sódio, potássio, etc), que promove uma maior resistência óssea e previne a diminuição da densidade óssea precoce (osteoporose);

Maior consumo geral de energia, prevenindo o aumento de peso e gordura corporal;

Melhoria dos reflexos musculares, ficando a pessoa mais ágil.

Além de todos os benefícios físicos descritos acima que podem ser obtidos através da prática de atividades aeróbicas há também o aumento da auto-estima, redução do stress, uma melhora na qualidade do sono, etc.

Mediante a necessidade do acompanhamento de um profissional qualificado (pois a prática desorientada de exercícios pode trazer malefícios ao invés de benefícios como: lesões do sistema muscular, ligamentar e articular) para a total obtenção dos benefícios e objetivos citados acima, vimos a necessidade de um controle mais apurado da prática da atividade pelo aluno, paciente ou atleta.

Com o sistema existente nas bicicletas atuais, não temos um sistema de medição de consumo calórico que possa ser utilizados para fins avaliativos, temos apenas por informação, pois não são consideradas as características particulares de cada indivíduo como peso, sexo, idade e frequência cardíaca, variáveis que afetam o consumo energético. Quanto mais alta for a frequência cardíaca, ou quanto mais pesado for o usuário, mais energia será consumida. O aluno, paciente ou atleta realiza o exercício (em uma bicicleta convencional) da forma que deseja ou segundo orientação de um profissional na área sem um “relatório” final demonstrando os níveis de energia atingidos durante a prática do exercício, relatório esse que possibilitaria ao profissional avaliar a situação física e um acompanhamento do aluno, paciente ou atleta.

A nova concepção consiste em um monitoramento constante do desempenho durante a prática do exercício visando uma avaliação real do esforço requerido de cada indivíduo através do cálculo da energia dissipada na roda da bicicleta, sendo ideal para avaliação funcional em academias, centros de avaliação física, personal training e clínicas de cardiologia possibilitando ao profissional da área um controle mais severo, feito através de um histórico na forma de gráfico que mostrará os níveis de energia requeridos do usuário durante a realização da atividade na bicicleta ergométrica.

Existe também a possibilidade de um armazenamento dos dados obtidos, sendo criado um banco de dados, possibilitando os alunos, atletas e pacientes, uma avaliação da evolução dos treinamentos e tratamentos.

2.2 Estudo do Sistema de Aquisição, Equipamentos e Instalações

Para compreender o sistema de aquisição, é necessário estudar as funções e características de cada elemento, assim como identificar claramente as inter-relações entre estes elementos. Para

cada um dos elementos do objeto de controle existem funções pré-definidas. Existem ainda ações e operações que ativam a realização de funções.

Para isso, o diagrama estrutural (esquemático – Figura 01) que atende as necessidades para essa nova concepção será mostrado bem como os componentes e suas respectivas funções.

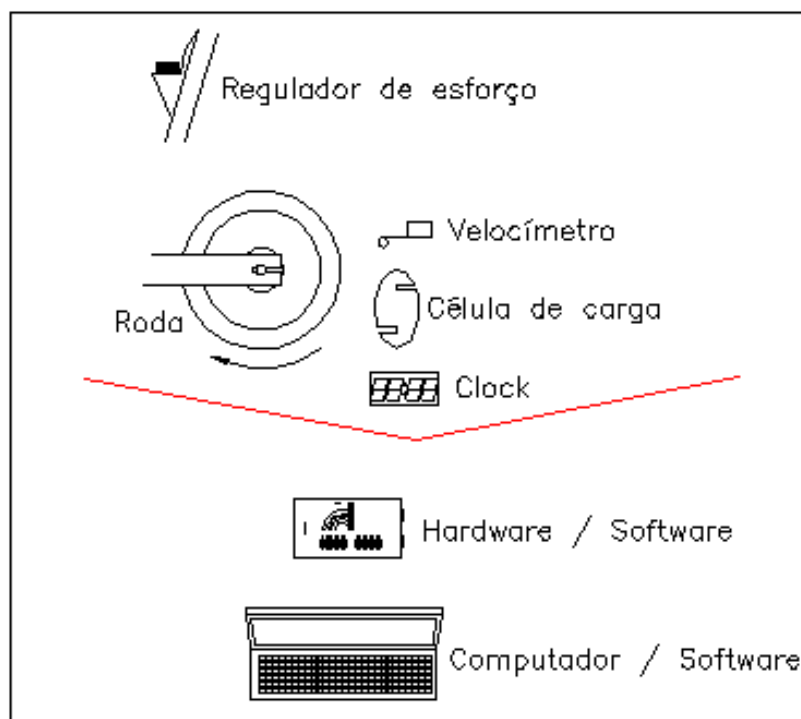


Figura 01 - Diagrama estrutural esquemático

Regulador de esforço – Responsável pelo controle de aplicação do esforço resistente ao movimento da roda da bicicleta;

Célula de Carga – Responsável pela informação do valor numérico da força (Tensão no cabo de aço do freio) resistente ao movimento da roda;

Velocímetro – Responsável pela informação da velocidade desenvolvida na roda da bicicleta;

Clock – Programado internamente no PIC sendo responsável pelo registro do tempo;

Hardware / Software – Responsável pelo monitoramento do sistema, aquisição e armazenando, fazendo os cálculos preliminares utilizando os dados coletados pelos sensores acima;

Computador / Software – Responsável pelos cálculos finais e interface, fornecendo o resultado final.

2.3 Organização dos Conhecimentos sobre os Dispositivos necessários e a Instalação

É necessário trabalhar sempre com informações atualizadas das funções, capacidades, desempenho, interfaces, etc dos dispositivos envolvidos.

Será utilizado um micro controlador PIC, instalado na placa principal e que atenda as seguintes necessidades: Para os tipos de entrada e saída, temos uma entrada analógica para célula de carga, uma entrada digital por interrupção para fazer a leitura dos pulsos gerados pelo velocímetro e mais duas entradas digitais por interrupção para Start e Stop (painel de controle). Possuir 32Kb de memória com máximo de 16384 instruções e 1,5Kb para memória de dados, 1 conversor analógico de 10bits e interface de comunicação pela porta serial RS232. Tudo isso com uma velocidade de processamento de 10Mhz (crystal) e sob um circuito de proteção para o PIC e outro para o sistema de alimentação.

2.4 Levantamento e Análise das Funções do Sistema de Aquisição

2.4.1 Realização das Funções

Como o objetivo é a avaliação real da energia dissipada na roda da bicicleta, é necessário um estudo do sistema mecânico.

Como o sistema de resistência ao movimento é semelhante a um sistema de freio de fricção, podemos utilizar as fórmulas para freio de lona, como indicado na figura 2, em que a roda gira na direção anti-horária e a tensão T naquela parte da lona assinalada com um X é igual a $F \cdot \frac{e^{\mu\theta}}{e^{\mu\theta} - 1}$

(Fórmula retirada do Manual Universal da Técnica Mecânica – Oberg / Jones pág.715) onde:

F = Força tangencial no aro da roda do freio

e = Base de logaritmos naturais = 2,71828

μ = Coeficiente de atrito entre o feltro (material utilizado para fricção) e o ferro fundido (material da roda) = 0,22

θ = Ângulo de contato da lona do freio com a roda do freio, expressa em radianos = 4,19 rad.

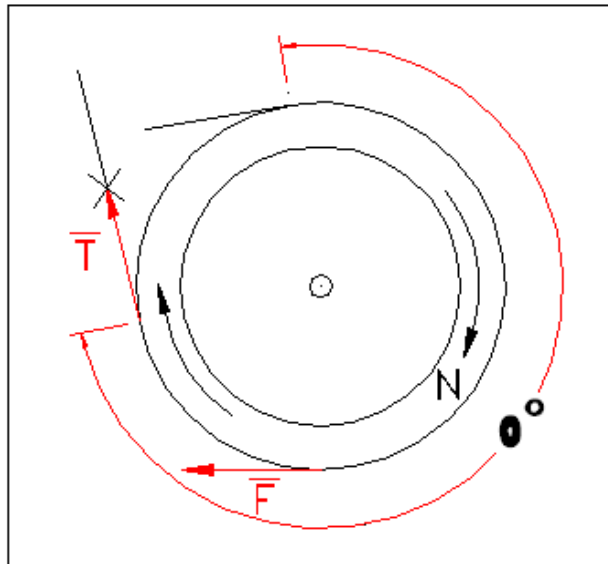


Figura 02 - Sistema a ser estudado (roda/freio)

A tensão T será registrada pela célula de carga, sendo possível assim o cálculo da força tangencial F (que é o que interessa) através da fórmula acima, visto que o ângulo de abraçamento (θ) e o coeficiente de atrito (μ) são grandezas conhecidas. Uma vez determinada a força tangencial F, podemos calcular a potência dissipada na roda através da relação $P = F \times V$, onde V é a

velocidade tangencial instantânea e calculada pela fórmula: $v = \frac{2\pi RN}{60}$, onde N é a rotação por minuto da roda e R é a medida do raio da roda.

Sabemos que a energia dissipada é igual à potência multiplicada pelo tempo ($E = P \times t$). O tempo será registrado através do clock. Com isso, podemos obter um gráfico ($P \times t$) onde a área abaixo da curva será a Energia consumida (dissipada) na roda da bicicleta.

Obs: Todas as unidades estão no S.I.

2.4.2 Estruturação das Funções

As funções consideradas indispensáveis têm seu inter-relacionamento sistematizado através da elaboração do seu respectivo diagrama estrutural de inter-relacionamento das funções conforme ilustrado na figura 03.

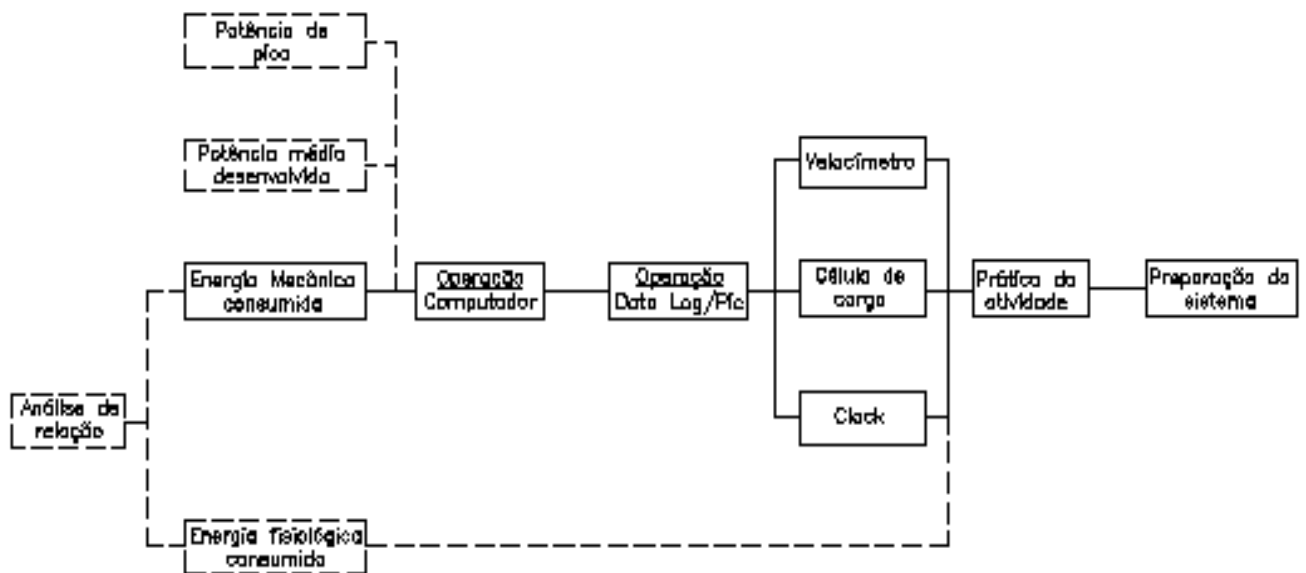


Figura 03 – Estruturação das Funções

2.4.3 Plano geral de funcionamento

O plano geral de funcionamento da instalação se resume na figura 04:

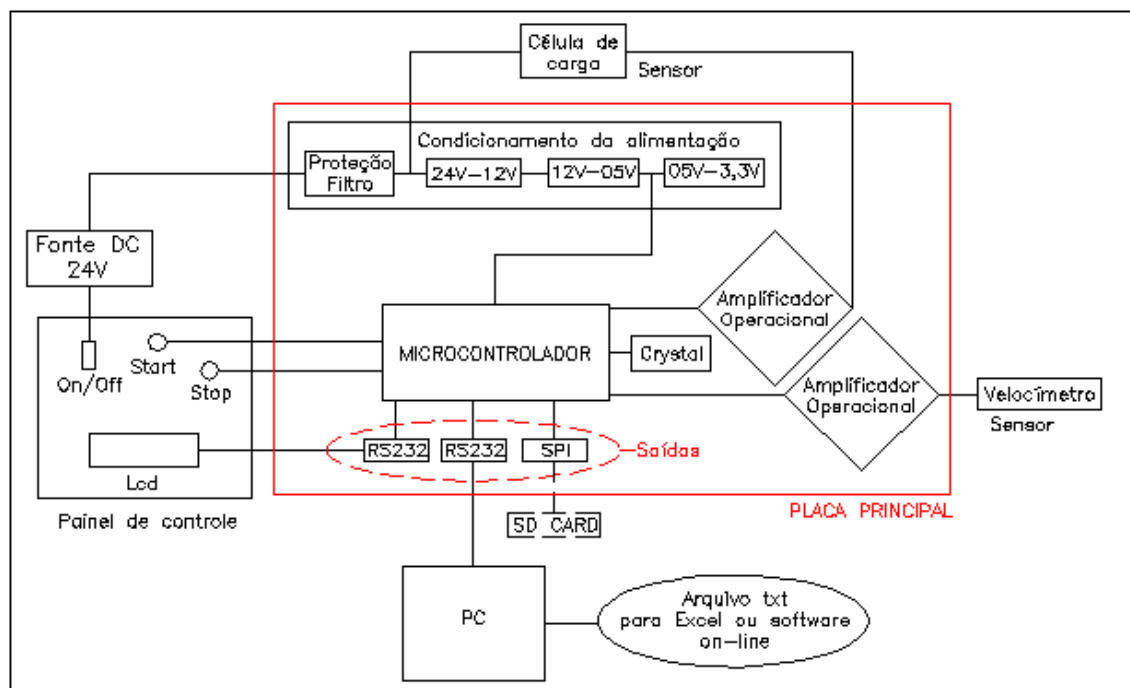


Figura 04 - Plano geral de funcionamento da instalação

O operador inicializará o sistema através do botão On/off, pino comum ligado direto na fonte. Ligada a fonte, energiza-se os reguladores de tensão e conseqüentemente o funcionamento do PIC e da célula de carga. Inicia-se então a prática da atividade juntamente com o comando start do painel de controle. Quando acionado o start, a leitura do sensor e a transmissão dos dados são contínuas e independentes de o PC estar ligado ou não. Se não houver recebimento de dados, se os dados recebidos forem de mesmo valor ou próximos de um valor adotado como fundo de escala, significa que a pessoa acionou o start mas não iniciou o exercício. Sendo assim, o PIC entra no modo Sleep (fora de operação).

Se a pessoa acionou o start e começou a pedalar, já está acontecendo a transmissão dos dados ao PIC (o start também funciona como reset).

A célula de carga indicará a força regulada pelo usuário durante a prática do exercício. O sinal fornecido pela célula de carga é analógico e em pequena escala, sendo necessário então, sua passagem por um amplificador operacional entrando depois em um canal do PIC responsável por sua conversão.

O velocímetro estará registrando a quantidade de voltas por minuto da roda da bicicleta e como ele é uma interrupção, ele vai gerar pulsos cada vez que o imã passa pela bobina. Esses pulsos são ondas que serão medidas constantemente e o valor médio será registrado por amostragem.

O clock (inserido no PIC) determinará os instantes em que serão registradas a força e a velocidade ao longo da prática da atividade.

O PIC (microcontrolador contido na placa principal) será programado internamente para realizar os cálculos preliminares (força tangencial e potência). Ele estará constantemente recebendo dados em suas portas digitais e analógicas, calculando e enviando pelas portas RS232 e futuramente pelo barramento SPI conectado a um SD-card, que funciona como um disquete (FAT).

Terminada a prática da atividade juntamente com o acionamento do botão stop (que envia um sinal digital ao PIC), é finalizada a transmissão dos dados e os cálculos. Assim, o PIC entra no modo sleep até que se aperte o botão start novamente no painel de controle.

Conectado ao PC pela RS232, podem ter 2 softwares instalados: um software básico que estará lendo em tempo real as informações fornecidas pelo PIC e gerar um arquivo txt (datalog

numa visão macro) que posteriormente será interpretado em forma de gráfico no Excel e outro software (desenvolvido posteriormente) que fornecerá um gráfico “on-line” durante a prática do exercício ou fornecerá um gráfico com os dados importados (no formato txt) tanto de um disquete quanto do SD card, que poderá ser utilizado na ausência de um computador durante a prática da atividade. Isso permite o armazenamento desses dados e uma futura conexão a um computador para finalização do processo.

Utilizando o software básico, será obtido então duas colunas, contendo a potência consumida durante a atividade e o respectivo instante em que ela foi registrada, gerando assim um gráfico (P x t), sendo a energia dissipada no sistema roda-freio da bicicleta durante a prática da atividade, a área abaixo do gráfico.

2.4.4 Itens e Formas de Monitoração

A tarefa de monitorar os itens de controle fica por conta dos dispositivos instalados. Os itens e suas formas de controle estão na tabela 01:

ITENS	FORMAS DE MONITORAÇÃO
TENSÃO (T)	CÉLULA DE CARGA
VELOCIDADE (V)	VELOCÍMETRO
TEMPO (t)	CLOCK
FORÇA TANGENCIAL (F)	MICROCONTROLADOR
POTÊNCIA (P)	MICROCONTROLADOR

Tabela 01 – Itens e Formas de Monitoração

2.4.5 Prevenção de Falhas

Foi levada em conta a necessidade de um sistema eficaz de prevenção de possíveis falhas no sistema e no objeto de controle. Essas falhas podem prejudicar a aquisição de dados e mascarar os valores coletados. A principal falha é por falta de energia, e em caso de falha no fornecimento de energia da rede elétrica, um sistema composto por uma bateria de 24V DC, ligada em paralelo ao sistema, será responsável por esse suprimento emergencial, impedindo assim uma possível perda de dados.

3 Definição das Necessidades

3.1 Definição das Funções para o Sistema de Aquisição

A tarefa de definição das necessidades consiste em analisar a especificação dos requisitos. É necessário estabelecer uma especificação que satisfaça as relações entre objeto de controle, sistema de controle e as funções dos equipamentos.

Para realizar as funções de controle de modo estruturado deve-se elaborar as especificações dos elementos de controle:

3.1.1 Célula de Carga (Anexo B)

As adaptações foram feitas para medição do máximo esforço (tensão) exigido no cabo de aço da regulagem de esforço da bicicleta, utilizando um dinamômetro de tração, com o objetivo de especificar a célula de carga a ser adotada.

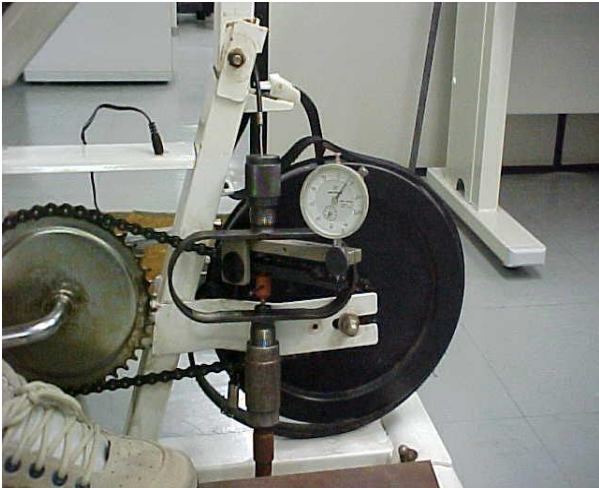


Figura 05 - Dinamômetro montado



Figura 06 - Regulagem de esforço da bicicleta

Foi necessário utilizar uma barra inferior para travar o gancho do dinamômetro e fazer a leitura do relógio comparador.

A primeira medição realizada mostrou um valor de deflexão de 0,5mm no relógio comparador. Passando para a escala de força foi obtido um valor de 5,3Kgf. Foram realizadas mais 2 leituras para garantir a repetibilidade da medição. Os outros valores encontrados foram 0,52 e 0,61 mm de deflexão no relógio comparador. Com isso, fazendo a conversão para força, foram obtidos 5,5 e 6,3 Kgf respectivamente.

CALIBRADOR DE TORQUÍMETROS						
TABELA DE CONVERSÃO						
TORQUE	DEFLEX.	FORÇA	FORÇA	TORQUE	TORQUE	TORQUE
pol		Kgf	N	Kgf.m	N.m	lb.pé
23	0,414	4,4	43,15	3,08	30,20	22,28
30	0,423	4,5	44,13	3,15	30,89	22,78
38	0,433	4,6	45,11	3,22	31,58	23,28
45	0,440	4,7	46,09	3,29	32,28	23,80
53	0,462	4,8	47,07	3,36	32,95	24,30
61	0,483	4,9	48,05	3,43	33,64	24,81

0,440	4,7	46,09	3,29	32,28
0,462	4,8	47,07	3,36	32,95
0,483	4,9	48,05	3,43	33,64
0,471	5	49,03	3,50	34,32
0,480	5,1	50,01	3,57	35,01
0,490	5,2	50,99	3,64	35,70
0,498	5,3	51,97	3,71	36,38
0,507	5,4	52,96	3,78	37,07
0,516	5,5	53,94	3,85	37,76
0,523	5,6	54,92	3,92	38,44
0,532	5,7	55,90	3,99	39,13

Figura 07 - Tabela de Conversão: Deflexão / Força

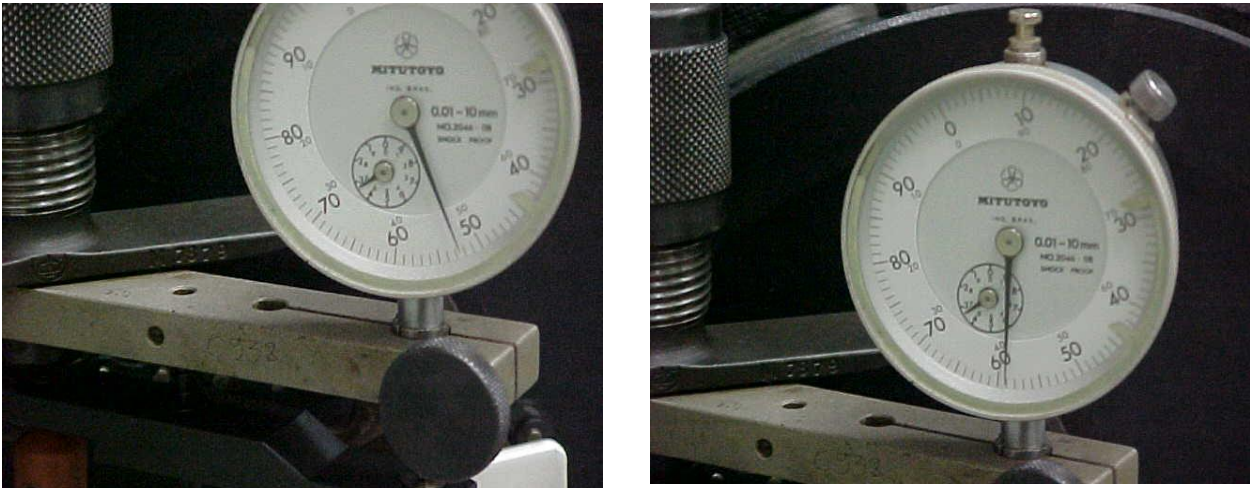


Figura 08 - Medidas de Deflexão no relógio comparador

Feitas as medidas do esforço, foram obtidos os dados para realizar o dimensionamento da célula de carga.

As células de carga modelo SV são modelos universais utilizadas à tração e compressão com excelente desempenho a baixo custo. A imunidade à água e poeira é garantida por três barreiras:

A vedação por material flexível e impermeável;

Preenchimento das cavidades internas por resina de alta aderência e repelente à água;

Strain – gages encapsulados da melhor qualidade.

Todos estes fatores são balanceados para manter o creep e retorno a zero em níveis compatíveis com a alta precisão.

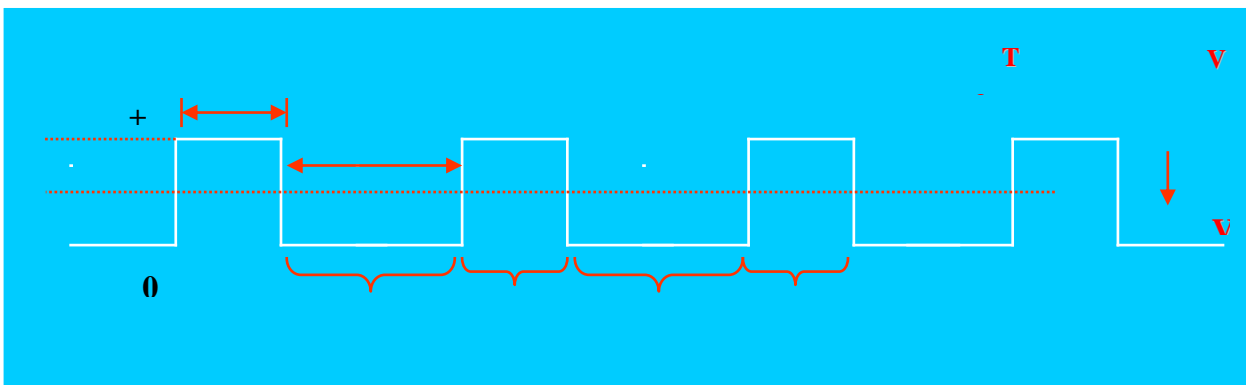
A entrada na placa principal será uma entrada padrão para célula de carga e o modelo utilizado será o SV-20Kgf $\pm 10\%$.

3.1.2 Velocímetro

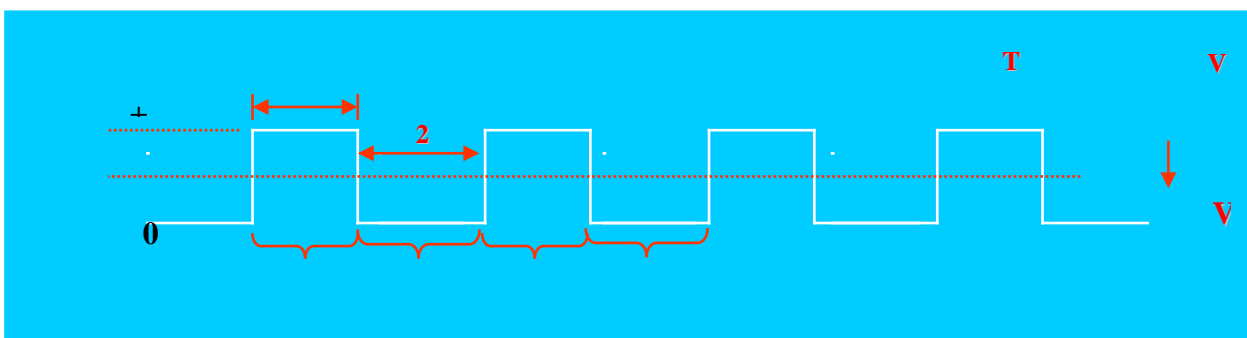
Trata-se de um ímã, localizado em um ponto da roda, uma bobina colocada na mesma altura do ímã e um leitor eletrônico que nos dá a leitura em rotações por minuto. O que determina a velocidade é a quantidade de vezes que o ímã passa perto da bobina por unidade de tempo. Através do raio da roda, pode-se calcular a velocidade tangencial. A conexão com a placa principal será feita por uma entrada digital por interrupção.

A seguinte análise pode ser feita:

<i>Sinal PI</i>	<i>Tempo</i>	<i>Resultado</i>
0	t1	Ímã sem contato com a bobina
1	t2	Ímã passando pela bobina



Baixa rotação



Rotacão Elevada

Figura 09 – Baixa e alta rotação velocímetro

3.1.3 Clock

O clock é um crystal que oscila em determinada frequência marcando o “ritmo” de trabalho do PIC. O utilizado possui uma frequência de 10Mhz, o que permite que ele faça 10.000.000 de instruções de máquina por segundo, ou seja, leva 100 nanosegundos para executar uma instrução de máquina.

No caso específico do micro controlador PIC, ele possui timers internos que são frações desse clock externo. Na configuração básica do timer 0 (O PIC possui 4 timers – Vide Anexo A) para o crystal de 10Mhz é possível escolher duas interrupções: uma que ocorre a 102 μ s e outra à 26,2 ms. Se a interrupção de 26,2 ms for escolhida, significa que o clock está “marcando o ritmo” de 100 nanosegundos para executar uma instrução enquanto o contador de tempo realiza um overflow a cada 26,2 ms disparando uma interrupção. Quando se aperta o botão Start, essa interrupção ativa uma função programada (contador de tempo) que realiza uma operação (soma 1 na variável tempo) e depois retorna o fluxo contínuo de operações permitindo ao final do exercício (com o botão Stop) registrar quantas interrupções houve e determinar o tempo do exercício praticado.

3.1.4 Microcontrolador (Anexo A)

Em poucas palavras, poderíamos definir o microcontrolador como um “pequeno” componente eletrônico, dotado de uma “inteligência” programável, utilizado no controle de processos lógicos. O modelo utilizado no projeto foi PIC 18F252 este poderoso microcontrolador que leva apenas 100 nanosegundos para executar cada instrução, possui 256 bytes de EEPROM memória de dados, 5 canais de 10 bits para o conversor (A/D), 4 timers, 2 funções de PWM capture/compare e outras funções em um chip de 28 pernas.

3.1.5 LCD

Os LCDs são muito utilizados por oferecerem algumas vantagens reais sobre outras tecnologias de exposição.

Há dois fatores positivos para uso dos cristais líquidos, o tamanho e o peso. O LCD é constituído, como havíamos citado, primeiramente em duas placas de vidro com material de cristal líquido entre elas, onde a tecnologia de exibição de letras, números e gráficos são baseado em um sistema de segmentos.

3.1.6 Fonte de Alimentação

Fonte de Alimentação 110V AC/24V DC de 300mA.

O modelo escolhido atende perfeitamente às nossas necessidades.

3.2 Definição do Fluxo das Funções do Sistema de Aquisição

Define os procedimentos que ativam as várias funções de controle. É nesta etapa que as técnicas baseadas em Redes de Petri como o MFG/PFS demonstram seu potencial prático.

O MFG/PFS permite representar os passos em blocos funcionais (atividades) de diferentes níveis conceituais admitindo sem dificuldades uma representação estruturada, isto é, os passos descritos em nível conceitual mais alto (MFG/PFS em nível macro) podem ser gradativamente detalhados.

Para o sistema estudado, tem-se o seguinte:

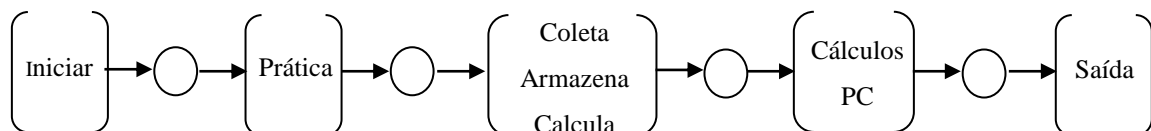


Figura 10 – Funções de Controle – Nível Macro

4 Projeto do Sistema Automatizado de Aquisição

4.1 Diagrama geral das interfaces

Como as funções de controle são divididas em dispositivos de controle, devem então ser definidos o conteúdo e a forma de intercâmbio de dados e sinais. A figura abaixo ilustra as interfaces e as funções. Neste caso, a representação identifica 3 grupos de objetos externos a serem interfaceados.

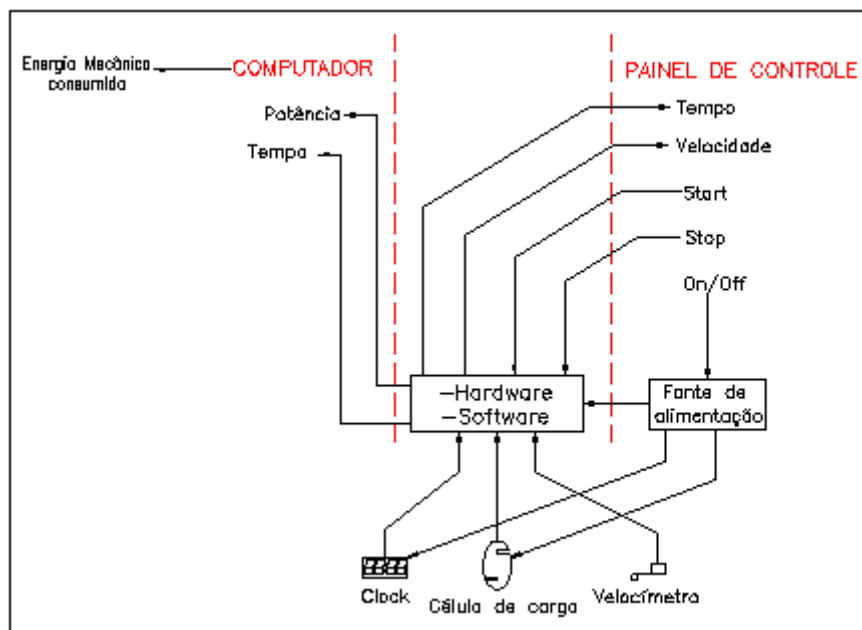


Figura 11 – Diagrama Geral das Intefaces

4.1.1 Placa Principal

Placa onde se localiza o microcontrolador. O microcontrolador foi especificado através das necessidades do projeto existente, como a existência de uma entrada analógica para leitura da célula de carga, uma entrada digital por interrupção para o velocímetro, uma entrada digital para o clock (crystal) e mais duas entradas digitais para o Start e Stop.

Outras funções foram avaliadas e o modelo PIC18F252 foi adotado, por sua capacidade de atender com eficiência e simplicidade. Esta placa também possui um display de cristal líquido para interface da velocidade.

4.1.2 Programação do microcontrolador

Toda programação do microcontrolador PIC18F252 esta em linguagem C. Foram usados os softwares MPLAB IDE for Windows/16, versão 5.62.00 (Microchip Technology Inc) e PCW Compiler IDE, versão 3.6, Custom Computer Services Inc, para programação do PIC.

A gravação no PIC é executada em assembler de PIC, onde o PCW executa esta compilação da linguagem C para a linguagem em assembler de PIC. Todo processo de gravação é executado no MPLAB.

5 Modificação estrutural da Bicicleta

As dimensões estruturais e especificação de material para as modificações necessárias à bicicleta ergométrica estão indicadas no anexo D.

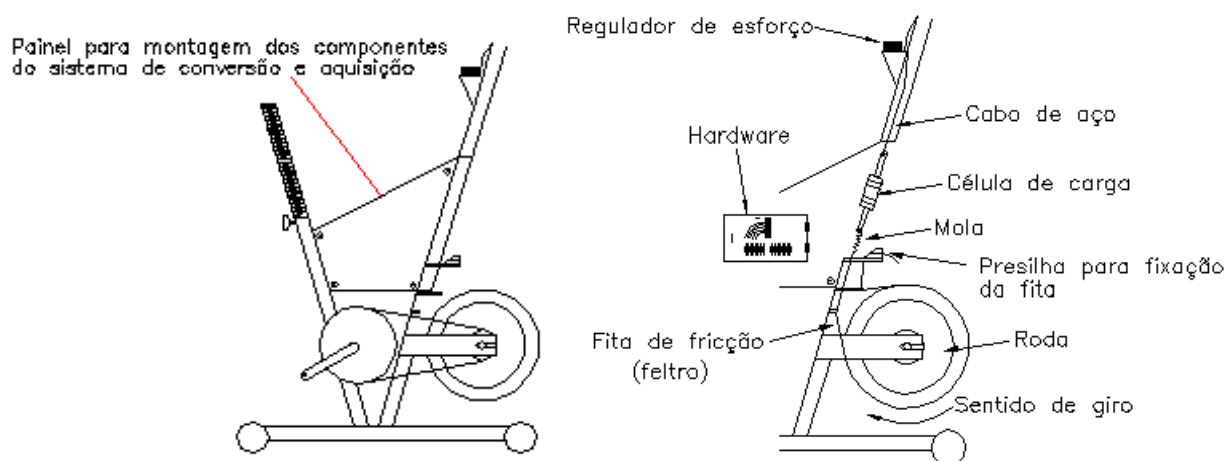


Figura 12 – Modificação Estrutural da Bicicleta

6 Orçamento

O orçamento abaixo se baseia nos preços de equipamentos e em preços médios de fabricação de algumas peças. A tabela abaixo contém a descrição completa dos materiais necessários e seus respectivos preços.

Descrição

Descrição	Valor unitário (R\$)	Quantidade	Valor Total (R\$)
Bicicleta ergométrica padrão	±750,00	1	750,00
Materiais (chapas de metal)	±8,50/Kg	7,8Kg	65,00
Célula de Carga	± 488,00	1	488,00
Componentes eletrônicos	-	-	250,00
Sub-Total			1.553,00
Fator inovação	15%		1.786,00
Lucro	20%		2.144,00
Impostos			
Simplex	4%		2.229,00
Preço de venda			2.229,00

Não foram levados em consideração os custos de mão de obra, desenvolvimento e execução do projeto.

7 Conclusão

O objetivo de projetar um sistema automatizado de medição da real energia mecânica dissipada na roda da bicicleta ergométrica foi atingido, apesar de seu custo unitário ainda estar elevado.

Após a finalização e análise do conteúdo do projeto, foi possível constatar um agrupamento de vários conceitos, como tecnologia, cálculos, especificação de materiais, princípio de funcionamento de sensores, funcionamento de microcontroladores, condicionamento de sinais dos sensores, etc. Mas a principal conclusão foi a comprovação da definição de automação, que é a

“dinâmica organizada”, a perfeita combinação entre a eletrônica e a mecânica, que quando juntas podem trazer inúmeras vantagens.

Esse trabalho foi apresentado de forma lógica e bem estruturado seguindo os passos necessários para o seu completo dimensionamento e a perfeita aplicação de seus componentes.

Procura também contribuir para a difusão da automação, que a mais de décadas tem auxiliado o homem em seus processos produtivos, substituindo-o tarefas que exigem força, precisão de resultados e ações repetitivas, bem como realizá-las em difícil acesso.

8 Referências Bibliográficas

BIBLIOGRAFIA

[1] Oberg/Jones. **Manual Universal da Técnica Mecânica**. 20ª ed. São Paulo:Ed Hemus, 1979

[2] Miyagi, P.E. **Controle de Sistemas a Eventos Discretos**

[3] Manual de instruções Moviment – **Biocycle BM-2600**

PROGRAMAS

MPLAB IDE for Windows/16, versão 5.62.00, Microchip Technology Inc.

PCW Compiler IDE, versão 3.6, Custom Computer Services Inc.

INTERNET

< <http://www.machinedesign.com>>

< <http://www.cefise.com.br>>

< <http://www.microchip.com>>

ANEXO A – Microcontrolador

Em poucas palavras, poderíamos definir o microcontrolador como um “pequeno” componente eletrônico, dotado de uma “inteligência” programável, utilizado no controle de processos lógicos. Para entendermos melhor esta definição, vamos analisá-la pôr partes:

O controle de processos deve ser entendido como o controle de periféricos, tais como: led's, botões, display's de segmentos, display's de cristal liquido (LCD), resistências, reles, sensores diversos (pressão, temperatura, etc.) e muitos outros. São chamados de controles lógicos, pois a operação do sistema baseia-se na ação lógica que devem ser executadas, dependendo do estado dos periféricos de entrada e/ou saída.

O microcontrolador é programável, pois toda lógica de operação de que acabamos de falar é estruturada na forma de um programa e gravada dentro do componente. Depois disso, toda vez que o microcontrolador for alimentado, o programa interno será executado. Quanto à “inteligência” do componente, podemos associá-la à Unidade Lógica Aritmética (ULA), pois é nessa unidade que todas as operações matemáticas e lógicas são executadas. Quanto mais poderosa a ULA do componente, maior a sua capacidade de processar informações.

Na nossa definição, o microcontrolador ganhou ainda o adjetivo de “pequeno”, pois em uma única pastilha de silício encapsulada (popularmente chamada de CI ou CHIP), temos todos os componentes necessários ao controle de um processo, ou seja, o microcontrolador está provido internamente de memória de programa, memória de dados, portas de entrada e/ou saída paralela, timer's, contadores, comunicação serial, PWM's, conversores analógico-digitais, etc. Esta é uma das características fundamentais que diferencia os microcontroladores dos microprocessadores, pois os últimos apesar de possuir uma ULA muito mais poderosa, não possuem todos estes recursos em uma única pastilha.

Atualmente, muitos equipamentos de nosso uso diário, tais como: eletrodomésticos, videocassetes, alarmes, celulares e brinquedos, entre outros, utilizam microcontroladores para execução de suas funções básicas. Portanto, pode ser que você nem sabia, mas esses componentes já fazem parte da sua vida há um bom tempo.

Os microcontroladores PIC apresentam uma estrutura de máquina interna do tipo Harvard, enquanto grande parte dos microcontroladores tradicionais apresenta uma arquitetura tipo Von-Neumann. A diferença está na forma como os dados e o programa são processados pelo microcontrolador. Na arquitetura tradicional, tipo Von-Neumann, existe apenas um barramento (bus) interno (geralmente de 8 bits), pôr onde passam as instruções e os dados. Já na arquitetura tipo Harvard existem dois barramentos internos, um de dados e outro de instruções. No caso dos microcontroladores PIC, o barramento de dados é sempre de 8 bits e o de instruções pode ser 12, 14 ou 16 bits, dependendo do microcontrolador. Esse tipo de arquitetura permite que enquanto uma instrução é executada outra seja “buscada” da memória, o que torna o processamento mais rápido. Além disso, como o barramento de instruções é maior que 8 bits, o OP-CODE da instrução já inclui o dado e o local onde ela vai operar (quando necessário), o que significa que apenas uma posição de memória é utilizada pôr instrução, economizando assim muita memória de programa.

Desta forma, podemos observar que dentro da palavra OP-CODE, que pode ser de 12,14 ou 16 bits, não sobra muito espaço para o código da instrução propriamente dito. Por isso, os PICs utilizam uma tecnologia chamada RISC, que significa Reduced Instruction Set Computer (computador com o set de instruções reduzido). Desta forma, os PICs possuem cerca de 35 instruções (o numero correto varia de acordo com o microcontrolador), muito menos que os microcontroladores convencionais (CISC) que chegam a possuir mais de 100 instruções. Isto torna o aprendizado muito mais fácil e dinâmico, mas, pôr outro lado, implica no fato de que muitas funções devem ser “construídas”, pois não possuem uma instrução direta, exigindo maior habilidade do programador.

Foi utilizado o PIC 18F252, este poderoso microcontrolador que leva apenas 100 nanosegundos para executar cada instrução, possui 256 bytes de EEPROM memória de dados, 5 canais de 10 bits para o conversor (A/D), 4 timers adicionais, 2 funções de PWM capture/compare e outras funções em um chip de 28 pernas.

ANEXO B – Célula de Carga

O uso de células de carga como transdutores de medição de força abrange hoje uma vasta gama de aplicações, desde de balanças comerciais até na automatização e controle de processos industriais. A popularização do seu uso decorre do fato que a variável peso é interveniente em grande parte das transações comerciais e de medição das mais freqüentes dentre as grandezas físicas de processo. Associa-se, no caso particular do Brasil, a circunstância de que a tecnologia de sua fabricação, que antes era restrita a nações mais desenvolvidas, é hoje amplamente dominada pelo nosso país, que desponta como exportador importante no mercado internacional.

Princípios de Funcionamento

O princípio de funcionamento das células de carga baseia-se na variação da resistência ôhmica de um sensor denominado extensômetro ou strain gage, quando submetido a uma deformação. Utiliza-se comumente em células de carga quatro extensômetros ligados entre si segundo a ponte de Wheatstone e o desbalanceamento da mesma, em virtude da deformação dos extensômetros, é proporcional à força que a provoca. É através da medição deste desbalanceamento que se obtém o valor da força aplicada. Os extensômetros são colados a uma peça metálica (alumínio, aço ou liga cobre-berílio), denominada corpo da célula de carga e inteiramente solidários à sua deformação. A força atua, portanto sobre o corpo da célula de carga e a sua deformação é transmitida aos extensômetros, que por sua vez medirão sua intensidade. Obviamente que a forma e as características do corpo da célula de carga devem ser objeto de um meticuloso cuidado, tanto no seu projeto quanto na sua execução, visando assegurar que a sua relação de proporcionalidade entre a intensidade da força atuante e a conseqüente deformação dos extensômetros seja preservada tanto no ciclo inicial de pesagem quanto nos cíclicos subseqüentes, independentemente das condições ambientais. A forma geométrica, portanto, deve conduzir a uma "linearidade" dos resultados.

Um efeito normalmente presente ao ciclo de pesagem e que deve ser controlado com a escolha conveniente da liga da matéria-prima da célula de carga é o da "histerese" decorrente de trocas térmicas com o ambiente da energia elástica gerada pela deformação, o que acarreta que as medições de cargas sucessivas não coincidam com as descargas respectivas. Outro efeito que também deve ser controlado é a "repetibilidade" ou seja, indicação da mesma deformação decorrente da aplicação da mesma carga sucessivamente, também deve ser verificada e controlada

através do uso de materiais isotrópicos e da correta aplicação da força sobre a célula de carga. Finalmente, deve-se considerar o fenômeno da "fluência" ou creep, que consiste na variação da deformação ao longo do tempo após a aplicação da carga. Este efeito decorre de escorregamentos entre as faces da estrutura cristalina do material e apresentam-se como variações aparentes na intensidade da força sem que haja incrementos na mesma.

Especificações de Células de carga modelo S

As células de carga modelo SV são modelos universais utilizadas à tração e compressão, com excelente desempenho a baixo custo, atendendo às especificações OIML para 3000 divisões.

A imunidade à água e poeira, oferecem um grau de proteção IP67, e são asseguradas por três barreiras:

- a vedação por material flexível e impermeável;
- o preenchimento das cavidades internas por resina de alta aderência e repelente à água;
- strain-gages encapsulados da melhor qualidade.

Seu corpo em alumínio aeronáutico anodizado resiste bem a umidade.

Todos estes fatores são balanceados para manter o creep e retorno a zero em níveis compatíveis com a alta precisão.

Aplicações :

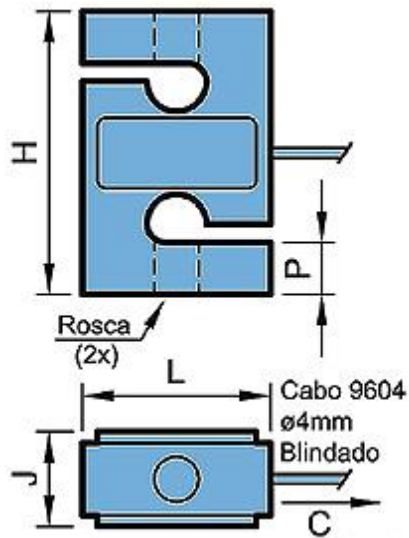
- Conversão de balanças mecânicas p/ eletrônicas;
- Pesagem à tração;
- Máquinas de ensaios de materiais;
- Ensaios de motores.



Especificações :

Capacidade Nominal <i>kg</i>	20,50,100,200
Material	Alumínio anodizado
Sensibilidade <i>mV/V</i>	2 +/- 10% (+/-0,1% opcional)
Erro combinado % saída nominal	<0,03
Creep à capacidade nominal % saída nominal	20min:<0,03 8hs:<0,05
Zero inicial % saída nominal	+/- 1
Temperatura de trabalho útil $^{\circ}C$	-5 a +60
Temperatura de trabalho compensada $^{\circ}C$	0 a +50
Erro excentricidade conforme OIML	>5000 div.
Efeito da temperatura <i>ppm/°C da saída nominal</i>	no zero:<30 na calibração:<10
Máx.sobrecarga s/ alterações % capacidade nominal	150
Sobrecarga de ruptura % capacidade nominal	300
Excitação <i>VCC ou VCA</i>	máxima: 15 recomendada: 10
Resistência elétrica entrada <i>ohms</i>	405 +/-10
Resistência elétrica saída <i>ohms</i>	350 +/- 1
Resistência de isolamento (50 VCC máx.)	>5000

<i>megaohms</i>	
Deflexão máxima <i>mm a capacidade nominal</i>	<0.5
Grau de proteção (IEC 529)	IP67



NOTA (1): SV-20/50/100/200 CABO 9604 (Æ4 mm BLINDADO)

NOTA (2): Medidas em mm

Modelo	C	H	J	L	P	ROSCA
SV- 20/50	1.0 m	64	19	50	12	M6X1
SV-100/200	2.0 m	76	32	50	15	M12X1.75

ANEXO C – Display

Você usa provavelmente os artigos que contêm um LCD (liquid crystal display) todos os dias. Estão sempre a nossa volta, presentes em todos momentos de nossa rotina diária, por exemplo, em computadores, laptop, medidores de pulso digital, relógios, fornos de microonda, jogos eletrônicos e em muitos outros dispositivos eletrônicos. Os LCDs são muito utilizados por oferecerem algumas vantagens reais sobre outras tecnologias de exposição, sendo mais finos e estreitos, e de uma alimentação muito menor que os tubos de raio de cátodo (CRTs), por exemplo. Os sólidos agem de uma maneira onde suas moléculas sempre mantêm uma orientação e permanecem na mesma posição com relação as demais. As moléculas nos líquidos agem exatamente de forma contrária, podendo mudar sua orientação e mover-se em qualquer lugar no líquido. Na verdade existem algumas substâncias que podem existir em um estado ímpar que seja sorte como de um líquido e sorte como de um sólido. Quando estão neste estado, suas moléculas tendem a manter sua orientação, como as moléculas em um sólido, mas movem-se também ao redor para posições diferentes, como as moléculas em um líquido. Isto significa que os cristais líquidos são nem um sólido nem um líquido. Então vejamos, um display de cristal líquido consiste na verdade de uma disposição dos cristais minúsculos, que estão em um estado ímpar, que podem ser manipulados para apresentar dados, tais como, letras, números e até gráficos.

São em geral compostas de duas camadas de vidro chamadas carcaças, onde uma carcaça é disposta como coluna, e a outra como fileiras, sendo feitas de um material condutor transparente. Este é geralmente óxido da índium-lata. As fileiras ou as colunas estão conectadas aos circuitos integrados que controle quando uma carga é emitida abaixo uma coluna ou uma fileira particular. O material de cristal líquido é imprensado entre as duas carcaças de vidro, e uma película polarizando é adicionada ao lado exterior de cada carcaça.

Há dois fatores positivos para uso dos cristais líquidos, o tamanho e o peso. O LCD é constituído, como havíamos citado, primeiramente em duas placas de vidro com material de cristal líquido entre elas, onde a tecnologia de exibição de letras, números e gráficos são baseado em um sistema de segmentos.