



**FACULDADE DE TECNOLOGIA SENAI CIMATEC
ESPECIALIZAÇÃO EM AUTOMAÇÃO, CONTROLE E ROBÓTICA**

Alexandre Menezes da Silva

**VEÍCULO OPERADO REMOTAMENTE APLICADO AO CORTE E CONTROLE DE
VEGETAÇÃO EM ÁREAS RESTRITAS DO SISTEMA ELÉTRICO DE POTÊNCIA.**

Salvador
Novembro, 2016

Alexandre Menezes da Silva

VEÍCULO OPERADO REMOTAMENTE APLICADO AO CORTE E CONTROLE DE VEGETAÇÃO EM ÁREAS RESTRITAS DO SISTEMA ELÉTRICO DE POTÊNCIA.

Monografia apresentada à Faculdade de Tecnologia SENAI CIMATE como requisito parcial para a obtenção do Título de Especialista em Automação, Controle e Robótica.

Professor Orientador: Msc, Marcelo Henrique Souza Bomfim.

Salvador
Novembro, 2016

Alexandre Menezes da Silva

Veículo Operado Remotamente Aplicado ao Corte e Controle de Vegetação em Áreas Restritas do Sistema Elétrico de Potência / Alexandre Menezes da Silva – Salvador: 2016.

Monografia (Pós-graduação) – Curso de Especialização em Automação, Controle e Robótica - Faculdade de Tecnologia SENAI Cimatec, 26 de Novembro de 2016.

Orientador: Prof. Marcelo Henrique Souza Bomfim

1. Limpeza e controle de vegetação em Banco de Capacitores e Compensadores Estáticos 2. Diminuição da Permanência do Homem em Áreas Restritas 3. Diminuição do Número de desligamento e de Manobras 4. Diminuição da Parcela Variável . I. Silva, Alexandre. II. Faculdade de Tecnologia SENAI Cimatec

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus primeiramente pela minha existência e aos meus pais José Alexandre e Helenita Alexandre por terem me gerado e participado, mesmo que por pouco tempo de suas existências, da formação de meu caráter e educação. A minha querida e amada esposa, por estar ao meu lado me incentivando e me apoiando mesmo nos momentos difíceis de nossas vidas. A meus irmãos e em especial a Admilson Menezes por ter me acolhido e também me apoiado em Salvador onde concluí esse curso e a meus amigos e inimigos pelas críticas construtivas e destrutivas que me deram forças para prosseguir e conquistar os meus ideais.

RESUMO

Este projeto tem como objetivo a construção de um ROV (Veículo Operado Remotamente), que tem a finalidade de controlar o tamanho de pequenas vegetações que venham a crescer próximo aos pontos energizados dos Compensadores Estáticos e Banco de Capacitores de 230KV. O ROV tem o objetivo de diminuir e ou evitar a presença desnecessária do homem em locais não permitidos e que venham a trazer risco à integridade física deste. Outra função executada por esse veículo é de ajudar na diminuição da cobrança pelos órgãos responsáveis da PV (Parcela Variável) que é cobrada todas as vezes que esses equipamentos são desligados tanto para manutenção como para corte de vegetação nas áreas internas de Bancos de Capacitores de 230kV e Compensadores Estáticos de 13.5kV.

Palavras-chave: ROV, Vegetação e Parcela Variável (PV).

ABSTRACT

This project aims to build a ROV (Remotely Operated Vehicle), which has the purpose of controlling the size of small vegetations that grow next to the energized points of the Static Compensators and 230KV Capacitor Bank. The ROV aims to reduce and / or prevent the unnecessary presence of the man in places not allowed and that will risk the physical integrity of the man. Another function performed by this vehicle is to help in reducing the charge by the responsible bodies of the PV (Variable Parcel) that is charged every time that these equipments are turned off for both maintenance and vegetation cutting in the internal areas of 230kV Capacitor Banks And Static Compensators.

Key words: ROV, Vegetation and Variable Parcel (PV)

Sumário

1. INTRODUÇÃO	4
1.1 Apresentação	4
1.1.1 Sistema Elétrico de Potência (SEP)	7
1.1.2 Compensador Estático (CE)	9
1.1.3 Banco de Capacitores	11
2. Objetivos	12
2.1. Objetivo Geral	12
2.2 Objetivos Específicos	13
3. Material e Método	14
3.1. Estrutura do ROV (chassi)	14
3.1.1 Material que compõe o chassi	15
3.1.2 Rolamento e Polia	15
3.1.3 Esteiras	16
3.1.4 Motor de deslocamento	16
3.1.5 Curvas Características	17
4. Eletrônica	18
4.1. Circuito de controle dos motores de deslocamento	18
4.1.1. Deslocamento para frente	19
4.1.2. Deslocamento para traz	20
4.1.3. Deslocamento para direita	21
4.1.4. Deslocamento para Esquerda	23
4.1.5. Tabela de controle dos relés de deslocamento	24
4.1.6. PCI de Controle dos Relés	25
5. TRANSMISSOR (TX)	25
5.1. Descrição	25
5.1.1. Funcionamento	27
5.1.2. Especificação do Módulo Transmissor MX-FS- 03v	29
6. Receptor (RX)	30
6.1. Descrição e Funcionamento	30
7. Motores de Corte	31
7.1 Descrição e Funcionamento	32
7.2. Módulos receptor e Transmissor de 433Mhz	33
7.2.1. Especificação do Módulo Receptor	34

8. Alimentação12V	34
8.1. Descrição	34
8.2. Especificações Técnicas	35
9. Considerações finais	36
9.1. Conclusão	36
10. REFERÊNCIAS	37

1. INTRODUÇÃO

1.1 Apresentação

O atual crescimento dos sistemas tele operados está diretamente ligado aos sucessos obtidos em aplicações civis, militares e comerciais. Graças ao desenvolvimento das tecnologias associadas a esses equipamentos, pesquisadores constroem as mais variadas soluções, implementadas nas plataformas de autonomia móvel em diversos campos da engenharia ^[1].

Autonomia é uma expressão usada para descrever uma área de estudos de robôs parcialmente ou totalmente independentes. Um robô é dito autônomo se, durante o seu funcionamento, nenhum agente externo exerce interferência em sua atividade. Por outro lado, um robô é considerado semi-autônomo se, durante o seu funcionamento, for necessário a intervenção de um agente externo, mesmo que no seu funcionamento, seja capaz de tomar certas decisões automáticas ^[1].

A teoria dos veículos semi-autônomos (VS) é construída sobre esse conceito. Um VS é conhecido como uma plataforma não tripulada que possui comportamento próprio, com ou sem intervenção direta de um agente externo. Os VS dispõem de uma diversidade enorme de configuração, podendo se submeter a adaptações que os possibilitam cumprir missões em diferentes ambientes, tais como: superfícies terrestres, ambientes marinhos, espaço aéreos e até espaciais ^[1].

Vários setores de prestação de serviços na área de construção, como aqueles relacionados com a manutenção preventiva e corretiva, já definiram como necessário a inspeção de locais de difícil acesso pelo ser humano. Lockheed (1997) afirma que "existe uma necessidade no Departamento de Energia [dos Estados Unidos] em inspecionar as condições internas de tubulações e outros ambientes inacessíveis, perigosos ou restritos a descontaminação e de comissionamento (desativação) de instalações sem uso"^[2].

Dentro de uma visão holística, a construção de um robô dos tempos modernos requer vasto conhecimento sobre Eletrônica, mecânica e computação. Muitos anos de pesquisa e dedicação são necessários para se produzir protótipos variáveis para serem aplicados comercialmente ^[3].

Diversas linhas de ação vêm sendo traçadas no intuito de desenvolver aplicações que facilitem a vida do ser humano. Robôs que façam tarefas básicas de limpeza e conservação, robôs que ajudem a um cego a atravessar uma rua, robôs que explorem vulcões, galerias, profundidades abissais e o espaço sideral. Não há limites para as possibilidades de aplicação que podem ser criadas com essa nova onda de tecnologia. [3]

Em Subestações onde o perigo é sempre constante devido aos grandes riscos oferecidos ao ser humano pela alta tensão e que pode proporcionar choques Elétricos, bem como a influência do campo magnético em determinadas condições, esses Robôs ou ROV's podem executar operações simples onde para o ser humano pode ser de alta complexibilidade e oferecer risco a sua segurança, bem como a redução ou a eliminação de manobras de liberação destes equipamentos envolvidos nestas intervenções. Com o desenvolvimento da automação e a grande importância que alguns setores, vem dando a segurança de seus trabalhadores com relação aos trabalhos realizados nas áreas restritas, essa inovação robotizada nos processos de inspeção, intervenção e atuação nessas áreas vem aumentando consideravelmente com fim de resgatar a integridade física e de qualidade de mão de obra. Os Veículos Terrestres Autônomos (VTAs) representam uma categoria de robôs que se locomovem sobre os mais variados terrenos através de rodas, esteiras, pernas ou qualquer outra combinação mecânica que auxilie no deslocamento.

Assim, como ocorre nas outras áreas da robótica móvel, os VTAs se destacam em aplicações militares e civis. [2]. O uso desta ferramenta em ambientes não estruturados tem sido alvo de intensas pesquisas ao longo dos últimos anos.

A Inspeção através de veículos controlados remotamente (*remote controlled vehicles* - ROV) já é uma realidade. Várias empresas, como a Roboprobe e a SRI International, oferecem ao mercado diversos sistemas teleoperados para inspeções de tubulações e atividades de desarmamento de bombas, o que pode ser verificado na Figura 01. [2]

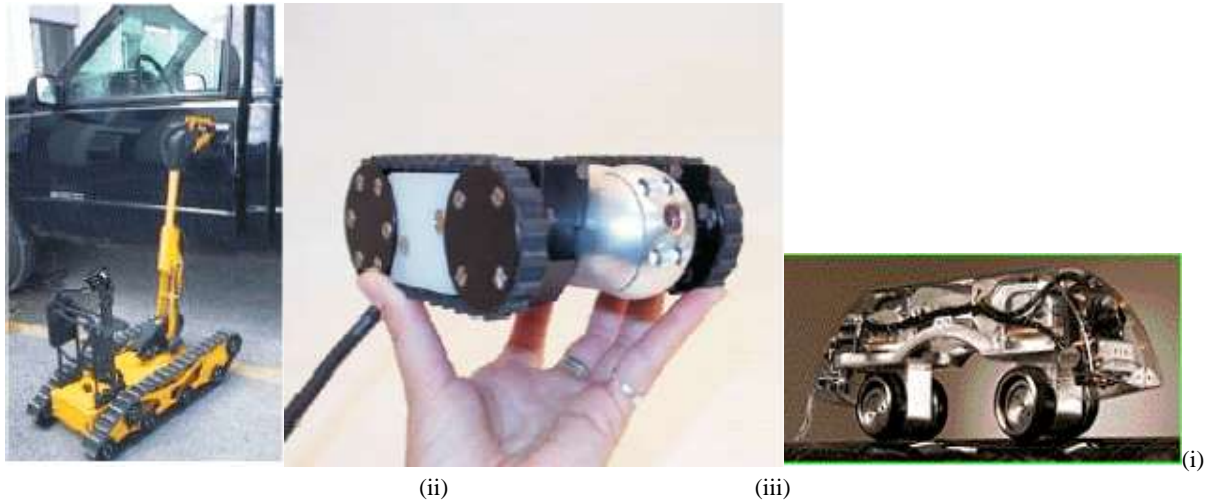


Figura 01 exemplo de ROVs. (i) Um ROV para desarmamento de bombas; (ii) e (iii), ROVs para inspeções de tubulações. (fonte: RoboPobre Technologies inc., 2003; SRI International, 2003)

O estudo da automatização destes sistemas de forma que a ação humana seja mínima é uma realidade (Byrne *et al.*, 2002; Jianxu *et al.*; 2000) Wittaker *et al.* (2000) mostram resultados na automação de montagens, inspeção e manutenção de estruturas em aplicações especiais. Estudos neste contexto, que permite aos robôs realizarem tarefas em ambientes complexos e dinâmicos, são desafios importantes no estudo da robótica (Kita *et al.*, 1999) [2].

Como pode ser visto na figura 03 a limpeza de vegetação é feita de forma manual, proporcionando grande proximidade do homem aos cabos condutores de alta tensão desses equipamentos mesmo desligados e aterrados.



Figura 03. Limpeza de Vegetação

O (PEX) Programa de Execução e a (APP) Análise Preliminar de Perigo é entregue para assinatura dos colaboradores antes das intervenções e nesses conforme (NR-10) Norma regulamentadora N°10, contem descrito desde os

instrumentos de trabalho os (EPIs) Equipamento de Proteção Individual e os perigos que os mesmos correm durante a intervenção. Esse trabalho é executado com o equipamento desenergizado e aterrado e com a determinação que todos os envolvidos na intervenção não toquem nos barramentos mesmo desenergizados.

1.1.1 Sistema Elétrico de Potência (SEP).

O Sistema Elétrico de Potência ou SEP é o conjunto de todos os equipamentos e instalações regulamentadas pela Portaria nº 3.214 de 08 de Junho de 1978 que trata do conjunto de instalações que tem a finalidade de geração, transmissão, distribuição e medição de energia elétrica de acordo com as normas da Agência Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e através das Normas Brasileiras Regulamentadoras (NBR).

A consideração de baixa tensão pode ser descrita como as tensões superiores a 50 Vca ou 120 Vcc ou igual ou inferior a 1000 Vca ou 1500 Vcc, entre fase e terra ou entre fases. O mesmo pode dizer que "Alta Tensão", são aquelas superiores a 1000 Vca ou 1500 Vcc, entre fase terra ou entre fases.

O projeto em questão vai atuar nas áreas restritas do Sistema Elétrico de Potência nos respectivos valores de tensão de 13.5Kv e 230Kv existentes em compensador estático e banco de capacitores como pode ser visto nas Figuras 04 e 05 .



(i)

(ii)



(iii)

Figura 04. Área Compensador Estático (CE). (i) Filtro de Harmônicos; (ii) Transformadores de Corrente (TC) e Para Raios de entrada dos Transformadores de Potência 230 / 13.5Kv; (iii) Células Capacitivas para inserção de reativo capacitivo e Indutores para inserção de reativo indutivo.



(i)

(ii)

Figura 05. Área do Banco de Capacitores. (i) Área restrita do Banco de Capacitor de 230Kv; (ii) Células Capacitivas com seus respectivos Transformadores de Corrente (TC) de Proteção de cada ramo.

1.1.2 Compensador Estático (CE)



Figura 06 Compensador Estático (CE)

Conforme a figura 06 o Compensador Estático é uma nova tecnologia bastante usada para prover redes de transmissão, e como um aparelho FACTS tem grande significância. No final da década de 80 e início dos anos 90, foi lançado, nos Estados Unidos, o conceito FACTS (Flexible AC Transmission Systems). Mais recentemente, em 1995, foi introduzido também o conceito de "Custom Power".

Estes são dois conceitos bastante interessantes, pois tratam basicamente da aplicação da Eletrônica de Potência em sistemas de potência, visando um controle rápido e eficiente do fluxo de potência, no caso da tecnologia FACTS, e uma melhor qualidade da energia elétrica.

Este controle de fluxo de potência pode ser obtido pelo uso de circuito de Eletrônica de Potência que controlam rapidamente o ângulo de carga, a impedância ou a tensão do sistema CA nos casos da tecnologia FACTS.

Graças ao desenvolvimento dos transistores de alta tensão e sistemas de controle mais rápidos, seu desenvolvimento tornou-se uma realidade.

O compensador ou a compensação são termos usados em diferentes maneiras na indústria elétrica. O CE é considerado a compensação de potência reativa por meio de sua geração ou absorção de um sistema elétrico. Este

compensador em específico é um meio em que se há compensação de energia reativa para o sistema elétrico de acordo com a sua necessidade.

A absorção de energia reativa (- Mvar) está associada à introdução no sistema de elementos indutivos (reatores), e o fornecimento de energia indutiva ao sistema

(+ Mvar) está associado à adição de elementos capacitivos (bancos de capacitores).

Antes do uso de transistores para o controle deste fornecimento ou absorção de energia reativa, este trabalho era realizado, como ainda é em muitas usinas termo/hidroelétricas, por máquinas giratórias, conhecidas como Compensadores Síncronos.

Existem no mercado compensadores estáticos que fornecem somente energia reativa, outros que apenas absorvem energia reativa. No caso da subestação de FUNIL o Compensador excursiona sua energia de - 100 até +200 mvar. Este excursionamento é feito de forma linear, o sistema não sofre picos de tensão ou atenuações bruscas, a variação é feita de modo linear. Este controle linear é possível através do desenvolvimento dos transistores que são válvulas controladoras, elas são programadas para conduzirem ,fornecendo o valor preciso de energia reativa que o sistema precisa para deixar a tensão no seu valor programado.

1.1.3 Banco de Capacitores.



Figura 07. Banco de Capacitores 230kv

O Banco de Capacitor em questão tem a finalidade do controle reativo indutivo nas linhas de transmissão, bem como a regulação nos barramentos da subestação durante o período de carga máxima.

A ligação dos capacitores nos bancos pode seguir as seguintes configurações dependendo da necessidade:

- Estrela Aterrada;
- Estrela Isolada;
- Triângulo (DELTA);
- Dupla Estrela isolada.

O dimensionamento do banco depende da necessidade da potência reativa determinada em estudos de projetos, onde o arranjo e o número de suas células formam os grupos de capacitores que vão obedecer às determinadas precauções de segurança.

O objetivo da compensação reativa capacitiva é corrigir o fator de potência das cargas, refletindo-se, nos seguintes pontos:

- Melhoria na regulação de tensão;
- Redução dos custos do sistema;
- Aumento da tensão nos terminais da carga;
- Redução das perdas na transmissão;
- Redução das perdas Joule - I^2R .

2. Objetivos

2.1. Objetivo Geral

Redução do desligamento e de manobras dos Bancos de Capacitores e Compensador Estático para manutenção e limpeza de vegetação e limitação da permanência do homem nas áreas de risco destes equipamentos bem como a redução da parcela variável destes ativos, são os principais objetivos de construção desse ROV.

Como pode ser visto na figura 08 o ROV deverá ser usado quando na remoção de alguma vegetação, que por ventura venha a se aproximar dos barramentos e ou conexões desses equipamentos que, por sua vez haverá o rompimento da distância de segurança e a abertura de arco elétrico, onde este juntamente com o sistema de proteção do equipamento desligará o mesmo, provocando assim perdas essenciais de receita para aquela instalação e desequilíbrio de regulação para o sistema.



(i)

(ii)



(ii)

Figura 08. (i) Vegetação Área Compensador Estático, (ii) Vegetação Área Banco de Capacitores, (ii) Vegetação próximo ao barramento.

2.2 Objetivos Específicos

- Desenvolver um ROV com finalidade de eliminar ou diminuir trabalhos braçais em áreas restritas;
- Eliminação de tempo de manobra para o SEP (Sistema Elétrico de Potência)
- Redução da Parcela Variável cobrada pelos Órgãos Reguladores.

A seguir poderemos verificar na Tabela 01 logo abaixo os parâmetros do projeto a ser construído.

ITEM	DESCRIÇÃO
Acionamento	REMOTO
Distância entre eixos	20 cm
Largura total do veículo	50.8cm
Diâmetro das rodas	9.0 cm
Largura das rodas	7.5 cm
Espessura de cada esteira	3.0 cm
Motor de corte	HD
Distância do ROV em relação ao piso	5.0 cm
Transmissor	MX-FS- 03 v
Receptor	MX- 05 V
Baterias	ENGEPOWER 12 V / 7 Ah

Tabela 01. Parâmetro do Projeto.

3. Material e Método

3.1. Estrutura do ROV (chassi)

A primeira etapa da criação foi definir o melhor tipo de material a ser trabalhado bem como a isolação do mesmo. Com o fim de evitar a abertura de arco elétrico quando da proximidade em pontos energizados, foi definido que utilizaríamos o Polietileno em suas partes laterais e inferiores e o acrílico para compor a parte superior e o fechamento das partes frontal e traseira como pode ser visto na Figura 09.

As esteiras e as polias foram posicionadas e testadas utilizando o Software SOLIDWORKS para sua modelagem.



Figura 09. (i) Vista Frontal em SOLIDWORKS, (ii) Vista Explodida em SOLIDWORKS

3.1.1 Material que compõe o chassi

O Chassi é composto de chapa de Polietileno com espessura de 12mm para as partes laterais e inferior, e chapas de acrílico transparente de 3mm para as partes frontal, superior e traseira do veículo como pode ser visto na Figura 10.

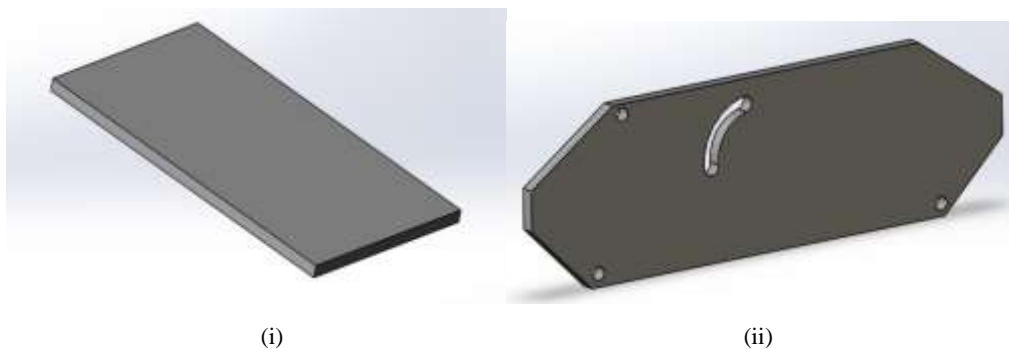


Figura10 Material Chassi. (i) Assoalho de Polipropileno, (ii) Perfil Lateral de Polipropileno

3.1.2 Rolamento e Polia

O ROV é composto de 06 (seis) polias também de polipropileno que vão compor o mecanismo onde vão ser acopladas as esteiras. Cada polia leva em seu interior 02 (dois) rolamentos modelo 608zz que tem a função de diminuir o atrito dessas com o eixo de suporte das mesmas.

Abaixo temos a Figura 11 que mostra o rolamento e polia que compõe o mecanismo de deslocamento.

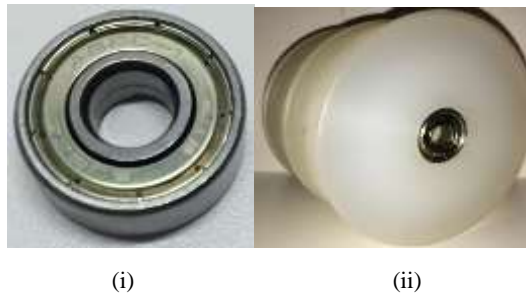


Figura 11. Rolamento e Polia. (i) Rolamento 608zz, (ii) Polia de Polipropileno com Rolamento montado.

3.1.3 Esteiras

A esteira de deslocamento como pode ser vista na Figura 12 é composta de quatro correias sincronizadoras do fabricante DAYCO 11SP+300H que tem a finalidade de impulsionar o robô nas direções desejadas e facilitar esse deslocamento no terreno composto de brita.



Figura 12. Correia de deslocamento.

3.1.4 Motor de deslocamento

O motor utilizado para deslocamento do ROV é um Mabuchi conforme podemos ver na Figura 13, o mesmo tem um bom torque e é também utilizado em vidros elétricos de Automóveis por possuir uma caixa de redução muito eficiente.

Com seu eixo composto lateralmente o mesmo ocupa menos espaço dentro do ROV facilitando o trabalho de confecção do mecanismo de tração do veículo.

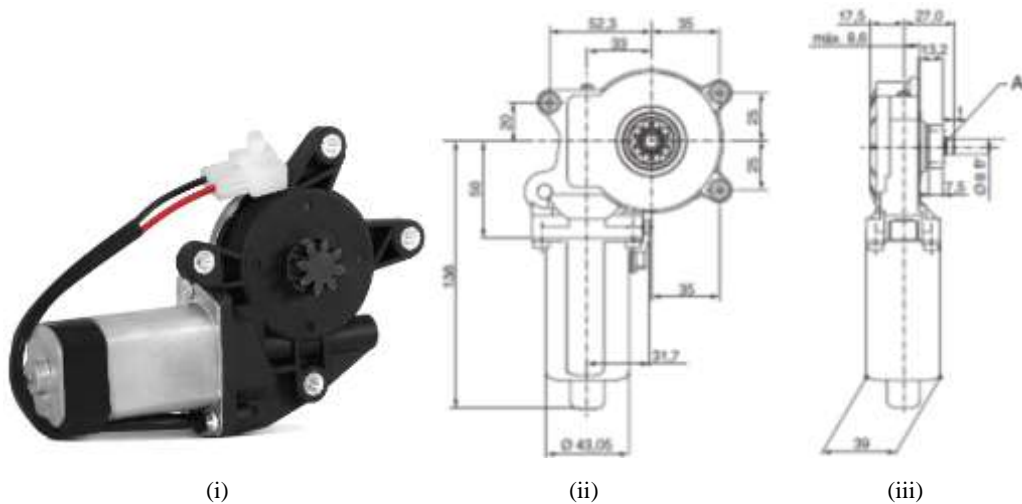


Figura 13. Motor de deslocamento. (i) Motor Mabuchi, (ii) e (iii) Características Físicas.

3.1.5 Curvas Características

Como podemos ver na Figura 14, quando uma curva na vertical é traçada através do ponto de funcionamento de 160 Ncm perpendicular em relação ao eixo do torque. Os pontos de interseção dessa linha reta com as outras curvas resultam nos dados de Operação para velocidade nominal n_N , corrente nominal I_N e Potência de saída mecânica P_{2N} .

Medidas para Avaliação de Curvas Características:

AP Ponto de Funcionamento;

M Torque;

P_2 Potência de Saída;

I Corrente;

n Velocidade.

Exemplo:

Dado: $M_N=160$ Ncm;

Encontrado = $n_N = 3800$ min^{-1} ;

$P_{2N} = 600$ W e $I_N = 35$ A

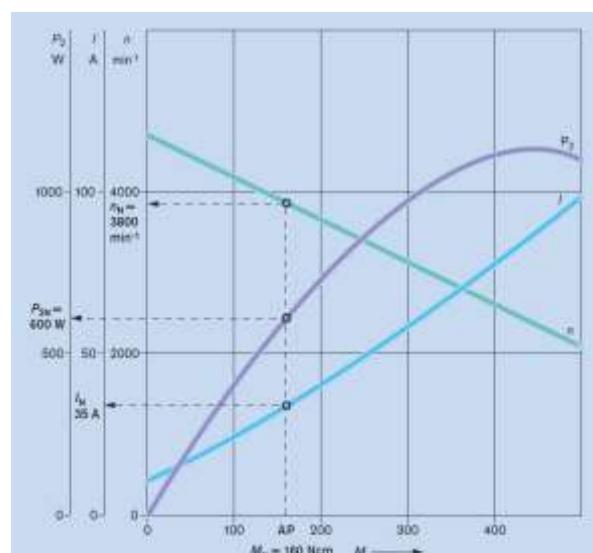


Figura 14. Curvas Características

4. Eletrônica

4.1. Circuito de controle dos motores de deslocamento.

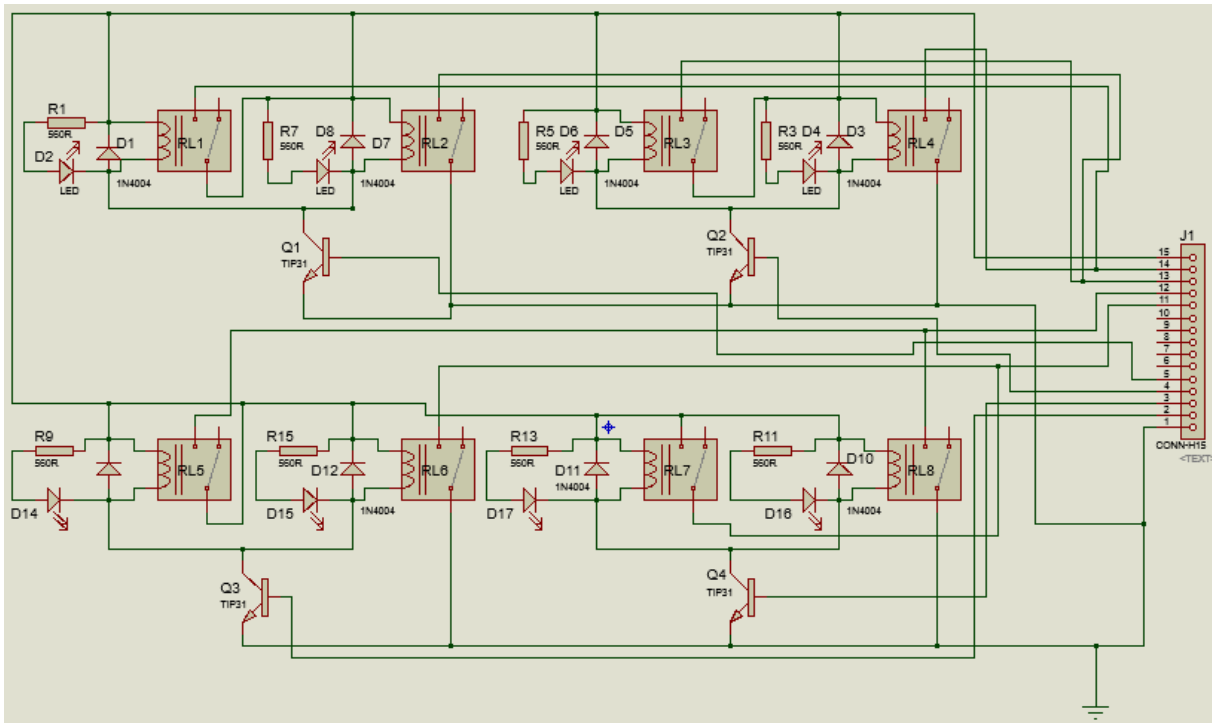


Figura 19. Circuito de Controle dos Motores de Deslocamento

O circuito de controle dos motores de deslocamento como pode ser visto na Figura 19 é composto de duas pontes Hs, as quais são compostas de 4 transistores TIP 31C e 8 relés de 12Vcc mais componentes periféricos que vão alimentar os motores Mabuchi M1 e M2 , com o propósito de efetuar os movimentos de direita, esquerda, para frente e para trás, onde essa seqüência de pulsos altos e baixos nas bases dos transistores TIP 31C pode ser vista na tabela da Fig.20.

O desenvolvimento deste circuito foi feito no software Proteus, programa esse que tem a finalidade de desenvolver e simular no ambiente ISIS, todo o funcionamento do circuito Eletrônico e por fim no ambiente ARES, efetuar a construção da PCI (Placa de Circuito Impresso).

O funcionamento do circuito de acionamento dos motores se dá em quatro momentos que podemos descrever a diante:

4.1.1. Deslocamento para frente.

Nesta função teremos Q1 e Q3 saturados obedecendo a seguinte sequência:

Como podemos ver na Figura 15 quando Q1 tem sua base elevada para nível alto através de 5Vcc que vem do pino 5 do conector J1, o mesmo satura alimentando a bobina do relé RL1 com 12Vcc provocando o fechamento de seus contatos e alimentando com essa mesma tensão o pino 14 do conector J1 e na sequência o pólo positivo do motor M1.

O transistor Q1 além de alimentar RL1 também alimenta a bobina do relé RL2 que tem a finalidade de aterrar o motor M1 através do pino 13 do conector J1.

Como o transistor Q1, o transistor Q3 também tem sua base elevada para nível alto 5Vcc, mas nesse caso a base de Q3 assume nível alto através do pino 2 do conector J1. Esse nível alto satura Q3 que alimenta a bobina do relé RL5 provocando o fechamento de seus contatos e alimentando o pino 12 do conector J1 com 12Vcc e com isso o motor M2.

Q3 além de alimentar RL5, também alimenta a bobina do relé RL6 com 12Vcc, que esse por sua vez tem a função de aterrar o outro lado do motor M2 através do pino 11 do conector J1 para seu funcionamento.

Como podemos ver no diagrama eletrônico da Figura 15 e acompanhando a saturação dos transistores Q1 e Q3 e fechamento dos contatos dos relés RL1, RL2, RL5 e RL6 temos o funcionamento dos dois motores M1 e M2 girando na mesma direção.

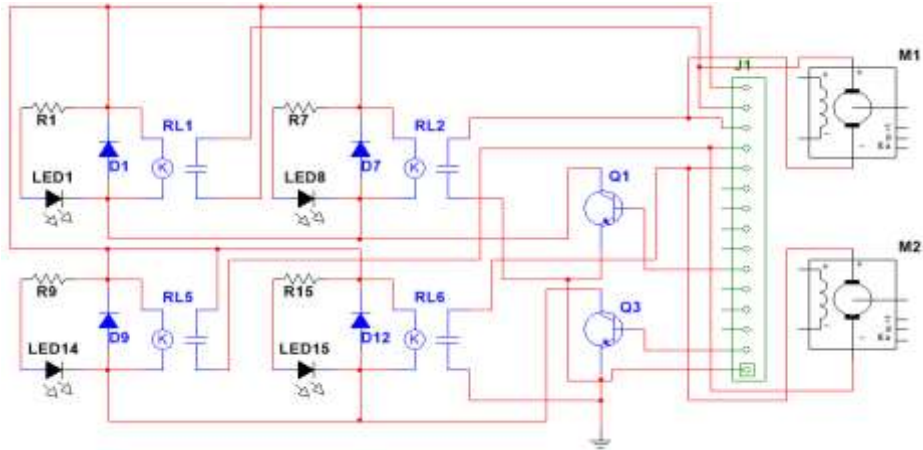


Figura 15. Circuito de deslocamento Para Frente.

4.1.2. Deslocamento para traz.

Nesta função teremos Q2 e Q4 saturados obedecendo a seguinte sequência:

Como podemos ver na Figura 16 Quando Q2 tem sua base elevada para nível alto através de 5Vcc que vem do pino 4 do conector J1, o mesmo satura alimentando a bobina do relé RL3 com 12Vcc provocando o fechamento de seus contatos e alimentando com essa mesma tensão o pino 13 do conector J1 e na sequência o polo positivo do motor M1.

O transistor Q2 além de alimentar RL3 também alimenta a bobina do relé RL4 que tem a finalidade de aterrar o motor M1 através do pino 14 do conector J1.

Como o transistor Q2, o transistor Q4 também tem sua base elevada para nível alto, mas nesse caso a base de Q4 assume nível alto através do pino 3 do conector J1. Esse nível alto satura Q4 que alimenta a bobina do relé RL7 provocando o fechamento de seus contatos e alimentando o pino 11 do conector J1 com 12Vcc e com isso o positivo motor M2.

Q4 além de alimentar RL7 também alimenta a bobina do relé RL8 com 12Vcc, que esse por sua vez tem a função de aterrar o outro lado negativo do motor M2 através do pino 12 do conector J1 para seu funcionamento.

Como podemos ver no diagrama eletrônico da Figura 16 e acompanhando a saturação dos transistores Q2 e Q4 e fechamento dos contatos dos relés RL3, RL4, RL7 e RL8 temos o funcionamento dos dois motores M1 e M2 girando na mesma posição, mas desta vez em sentido contrário a função anterior.

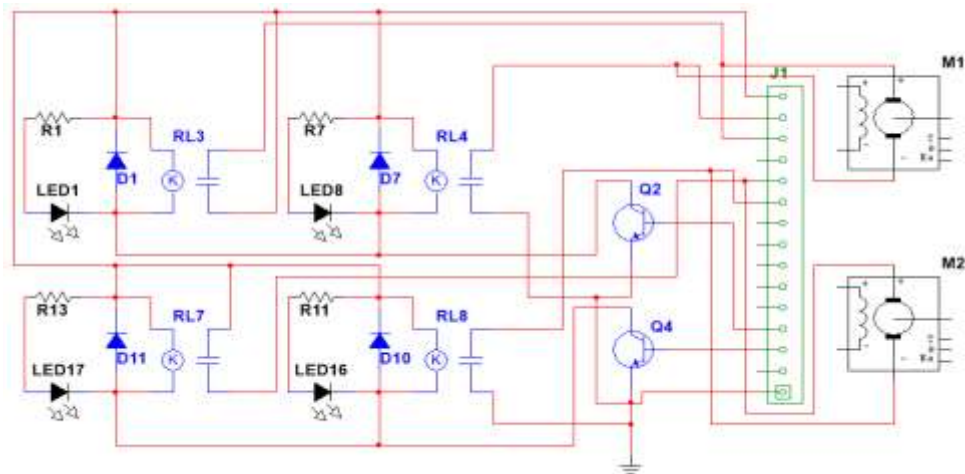


Figura 16. Circuito de deslocamento para traz.

4.1.3. Deslocamento para direita.

Nesta função teremos Q2 e Q3 saturados obedecendo a seguinte sequência:

Como podemos ver na Figura17 quando Q2 tem sua base elevada para nível alto através de 5Vcc que vem do pino 4 do conector J1, o mesmo satura alimentando a bobina do relé RL3 com 12Vcc provocando o fechamento de seus contatos e alimentando com essa mesma tensão o pino 13 do conector J1 e na sequência o polo positivo do motor M1.

O transistor Q2 além de alimentar RL3 também alimenta a bobina de RL4 que tem a finalidade de aterrar o motor M1 através do pino 14 do conector J1.

Como o transistor Q2, o transistor Q3 também tem sua base elevada para nível alto, mas nesse caso a base de Q3 assume nível alto através do pino 2 do conector J1. Esse nível alto satura Q3 que alimenta a bobina do relé RL5 provocando o fechamento de seus contatos e alimentando o pino 12 do conector J1 com 12Vcc e com isso o polo positivo do motor M2.

Q3 além de alimentar RL5 também alimenta a bobina do relé RL6 com 12Vcc, que esse por sua vez tem a função de aterrar o outro lado do motor M2 através do pino 11 do conector J1 para seu funcionamento.

Como podemos ver no diagrama eletrônico da Figura 17 e acompanhando a saturação dos transistores Q2 e Q3 e fechamento dos contatos dos relés RL3, RL4, RL5 e RL6 temos o funcionamento dos dois motores M1 e M2 girando os dois em sentidos contrários.

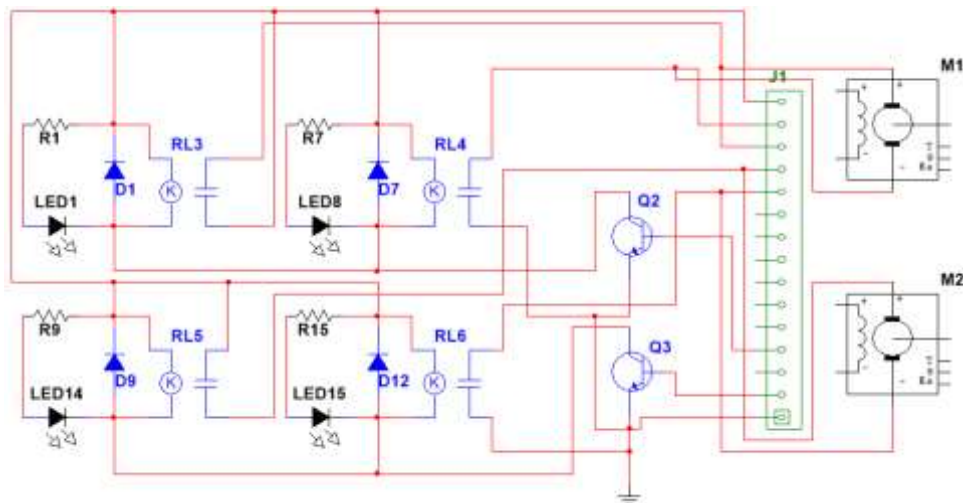


Figura 17. Deslocamento para Direita.

4.1.4. Deslocamento para Esquerda.

Nesta função teremos Q1 e Q4 saturados obedecendo a seguinte sequência:

Como pode ser visto na Figura 18 Quando Q1 tem sua base elevada para nível alto através de 5Vcc que vem do pino 5 do conector J1, o mesmo satura alimentando a bobina do relé RL1 com 12Vcc provocando o fechamento de seus contatos e alimentando com essa mesma tensão o pino 14 do conector J1 e na sequência o pólo positivo do motor M1.

O transistor Q1 além de alimentar RL1 também alimenta a bobina de RL2 que tem a finalidade de aterrar o motor M1 através do pino 13 do conector J1.

Como o transistor Q1, o transistor Q4 também tem sua base elevada para nível alto, mas nesse caso a base de Q4 assume nível alto através do pino 3 do conector J1. Esse nível alto satura Q4 que alimenta a bobina do relé RL7 provocando o fechamento de seus contatos e alimentando o pino 11 do conector J1 com 12Vcc e com isso o pólo positivo do motor M2.

Q4 além de alimentar RL7 também alimenta a bobina do relé RL8 com 12Vcc, que esse por sua vez tem a função de aterrar o outro lado do motor M2 através do pino 12 do conector J1 para seu funcionamento.

Como podemos ver no diagrama eletrônico da Figura 18 e acompanhando a saturação dos transistores Q1 e Q4 e fechamento dos contatos dos relés RL1, RL2, RL7 e RL8 temos o funcionamento dos dois motores M1 e M2 girando em sentidos contrários ao anterior.

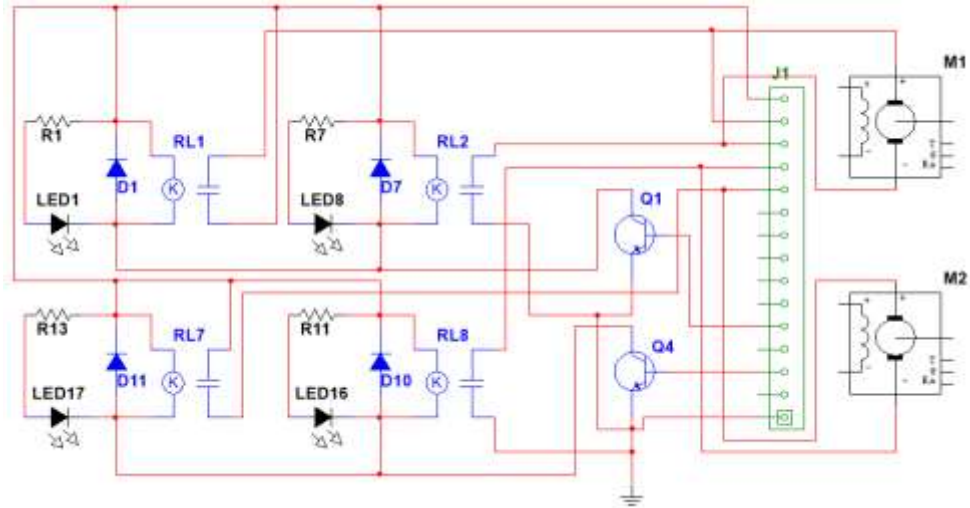


Figura 18. Deslocamento para Esquerda.

Na Tabela 02 apresentamos a sequência de saturação dos transistores e fechamento dos relés de acionamento dos motores Mabuchi M1 e M2.

4.1.5. Tabela de controle dos relés de deslocamento.

Transistor TIP31	P/frente	P/traz	Direita	Esquerda
BASE DE Q1	H	L	L	H
BASE DE Q2	L	H	H	L
BASE DE Q3	H	L	H	L
BASE DE Q4	L	H	L	H
RL1	FECHADO	ABERTO	ABERTO	FECHADO
RL2	FECHADO	ABERTO	ABERTO	FECHADO
RL3	ABERTO	FECHADO	FECHADO	ABERTO
RL4	ABERTO	FECHADO	FECHADO	ABERTO
RL5	FECHADO	ABERTO	FECHADO	ABERTO
RL6	FECHADO	ABERTO	FECHADO	ABERTO
RL7	ABERTO	FECHADO	ABERTO	FECHADO
RL8	ABERTO	FECHADO	ABERTO	FECHADO

Tabela 02. Sequência de polarização dos Transistores TIP 31C e fechamento dos relés.

4.1.6. PCI de Controle dos Relés.

Logo depois de ter feito o Auto-router que é a passagem do circuito eletrônico para o desenho da (PCI) Placa de Circuito Impresso de circuito no Proteus, tivemos apenas 2 pontos que tem a necessidade de ser colocado jumpers.

Abaixo na Figura 20, podemos ver como vai ficar o desenho do chapeado da PCI de controle dos relés bem como a imagem em 3D dessa mesma PCI.

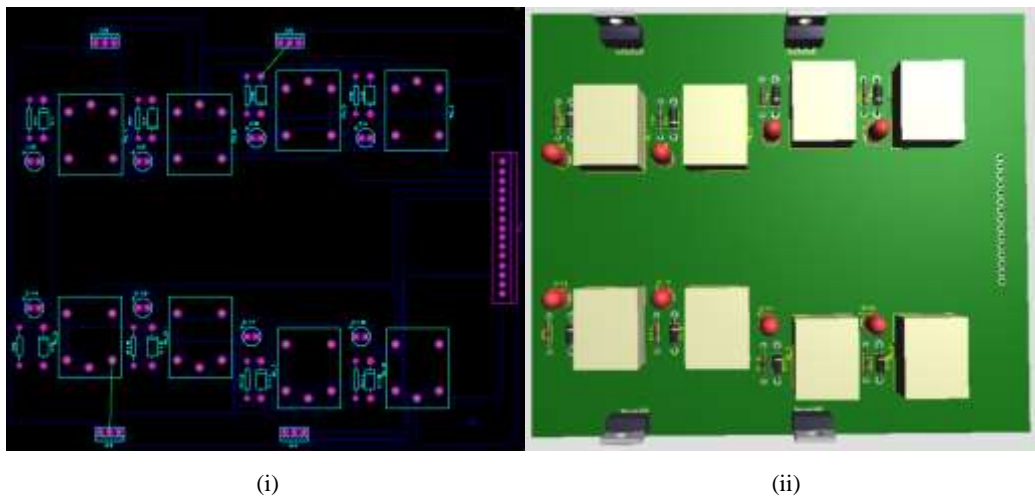


Figura 20. PCI Controle dos Relés. (i) Chapeado da PCI; (ii) Vista 3D da PCI.

5. TRANSMISSOR (TX)

5.1. Descrição.

O codificador, componente necessário para o bom funcionamento do projeto, é o circuito integrado HT12E, do fabricante HOLTEK. Por ser um componente discreto, de fácil acesso, custo relativamente reduzido e ideal para aplicações onde há transmissão de dados codificados. Normalmente utilizado em circuitos para alarmes de incêndio, controles remotos para acionamento de portões eletrônicos, controles remotos para carros, sistemas de alarme automotivo e até telefones sem fio ^[4].

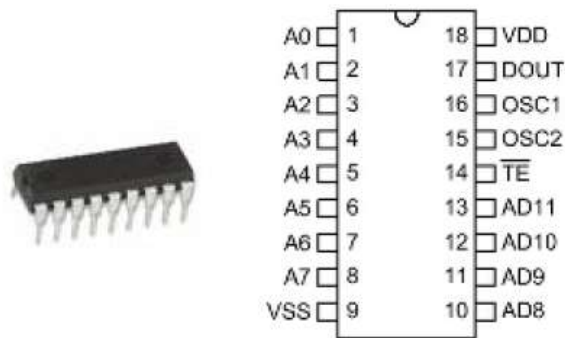


Figura 21. Integrado HT12E

O circuito integrado HT12E é um componente CMOS que opera com tensão de 2,4 a 12V com bits de capacidade de criptação e funcionamento em nível lógico alto. Constitui-se de 8 bits de endereçamento fixo mais 4 bits que podem ser tanto de endereçamento como de dados. Esses bits trabalham em dois estados: alto e baixo. Pelo fato do componente ser padrão alto os pinos os pinos “em aberto” - não conectados a nada – ficam com nível alto, ou seja, para lidar com o arranjo de endereços e dados, é necessário lançar níveis baixos - 0V – para os determinados pinos. ^[4]

Os 12 bits são enviados em forma de palavra e são habilitados à transmissão quando recebem um pulso baixo em seu gatilho, porém não possui portadora própria, ou seja, necessita de um circuito de RF auxiliar conectado a seu pino de saída. Além disso, um circuito oscilador também se faz necessário. Sua função é coordenar o processo de criação das palavras através de pulsos bem definidos. Dessa forma garante-se que estas serão formadas coerentemente e que não haverá perda de informação durante o encaminhamento à transmissão. ^[4]

O oscilador é composto de um circuito RC simples, porém apenas o fator resistivo pode ser manipulado, dado que a capacitância é fixa e inerente ao integrado. ^[4]

A frequência de operação típica do CI HT12E é de 3kHz, Assim como a alimentação típica é de 5V. Dessa forma, para gerar a oscilação adequada, precisar-se-ia de um resistor de aproximadamente 1MΩ conectado entre os pinos OSC1 e OSC2. ^[4]

O circuito Eletrônico do transmissor desenvolvido no Software PROTEUS é composto por um módulo transmissor FS1000A de 433MHz e um HT12E (CODIFICADOR) juntamente com outros componentes periféricos tais como chaves, resistores, regulador de tensão 7805 e um capacitor cerâmico de 10pF, como pode ser visto na PCI do Transmissor na Figura 22. Atuando um transmissor com uma frequência de 433Mhz o circuito tem uma cobertura de 100m de alcance sem obstáculo podendo cobrir tranquilamente a distância a ser trabalhada.

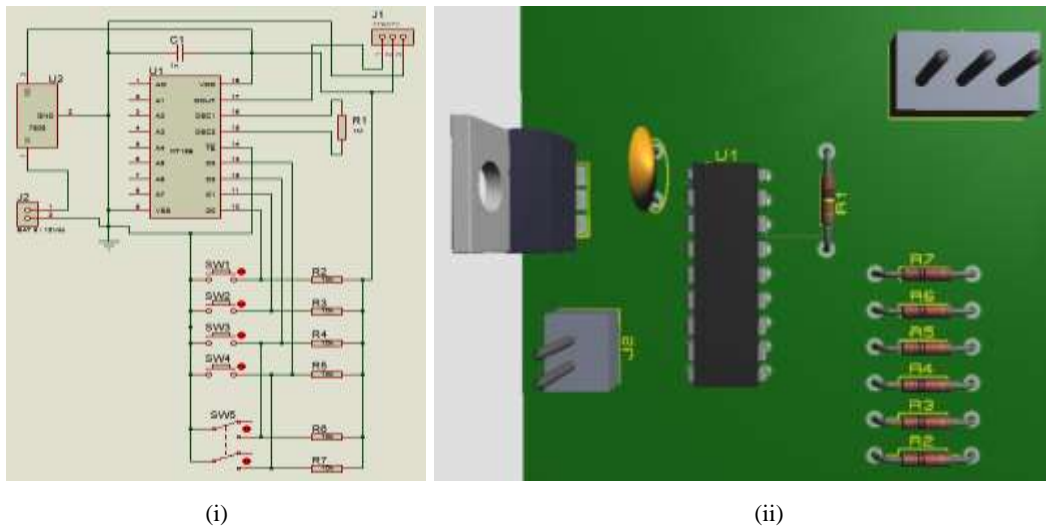


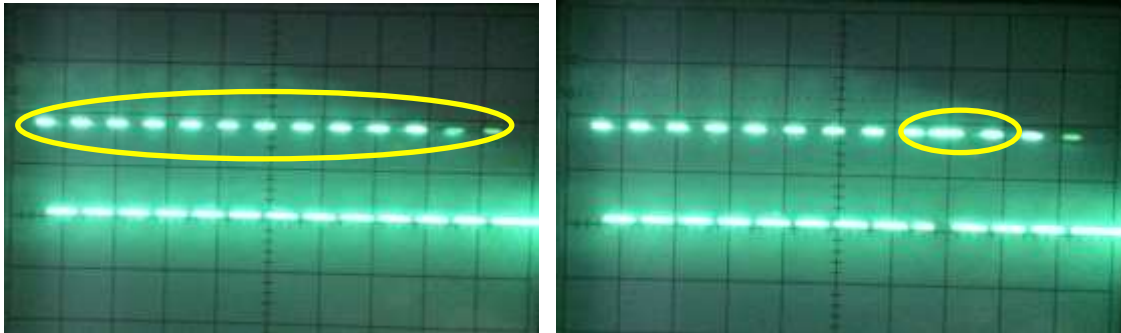
Figura 22. PCI Transmissor. (i) Circuito Eletrônico da PCI, (ii) Imagem 3D da PCI

5.1.1. Funcionamento.

O funcionamento do transmissor ocorre quando a(s) saída(s) pinos 10, 11, 12 e 13 (AD8, AD9, AD10 e AD11) do HT12E são levadas a nível baixo via resistores R2, R3, R4, R5, R6, R7 de 10k Ω e chaves SW1, SW2, SW3, SW4 e SW5 associadas para massa GND.

Quando o fechamento individual de cada chave é feito, faz com que o trem de pulso que pode ser visto na Figura23 liberado pelo pino 17 (DOUT) sofra deformação conforme a função solicitada e assim seja transmitido via módulo

FS 1000A transmissor (TX) que trabalha em conjunto com o HT12D ao modulo MX-05V módulo receptor (RX).



(i)

(ii)

Figura 23. Saída de trem de pulso pino 17 U1 "HT12E". (i) Trem de Pulso, (ii) Trem de Pulso deformado após pressionar tecla.

Abaixo na Figura 24, podemos ver uma tabela que exemplifica melhor o fechamento dessas chaves.

	SW1	SW2	SW3	SW4	SW5
D0	0	1	1	1	1
D1	1	0	1	1	1
D2	1	1	0	1	1
D3	1	1	1	0	1
D2/D3	1	1	0	0	0

Figura24. Tabela de fechamento das chaves do circuito Transmissor (TX)

5.1.2. Especificação do Módulo Transmissor MX-FS- 03v.



Figura25. Módulo transmissor MX-FS- 03v

- * Modelo: MX-FS- 03 v
- * Alcance: 20 ~ 200m
- * Tensão de operação: 3,5 ~ 12 v
- * Módulo de Operação: AM (Modulação em AMplitude)
- * Taxa de transferência: 4 KB/s
- * Potência de transmissão: 10mW
- * Frequência de transmissão: 433 Mhz
- * Pinagem: Dados(1), Vcc(2), GND(3) (Esq.-> Dir.)
- * Dimensões: 19 x 19m

6. Receptor (RX)

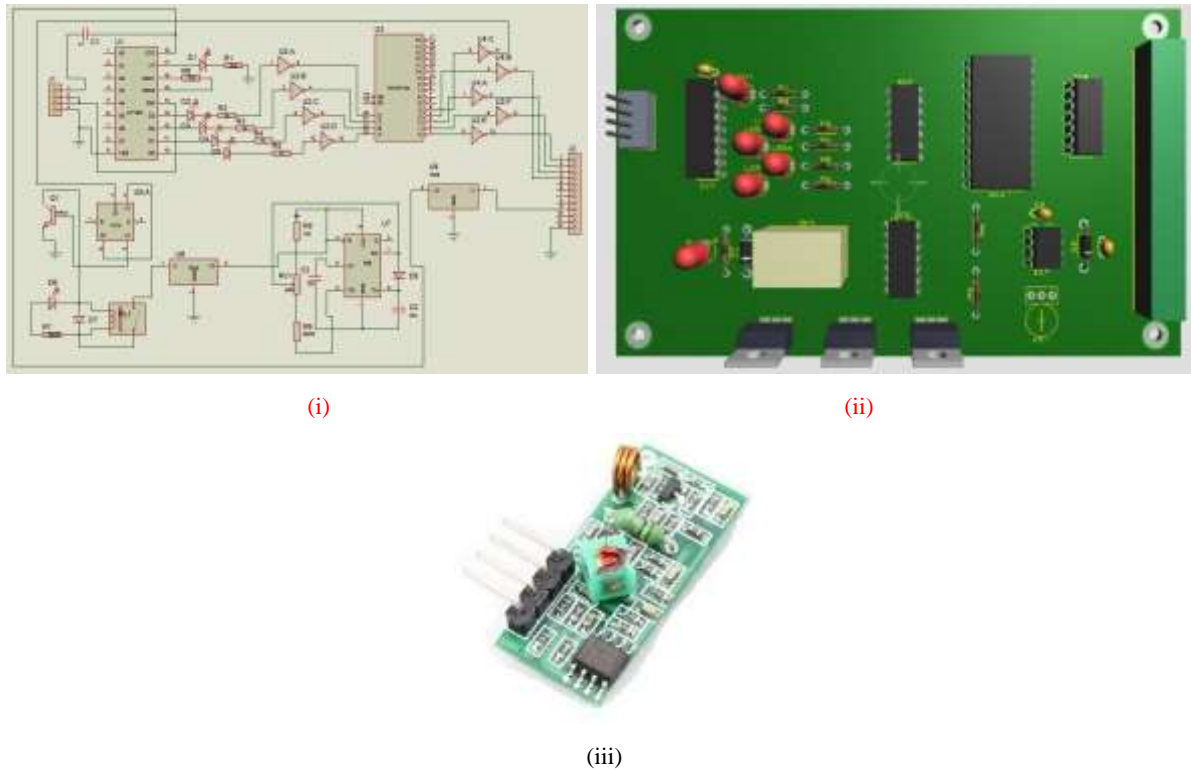


Figura 26. (i) Esquema eletrônico do circuito de recepção e controle dos motores de corte. (ii) Vista 3D da Placa de circuito Impresso. (iii) Módulo Receptor MX- 05V (RX).

6.1. Descrição e Funcionamento.

O sistema de recepção integra em uma mesma placa de circuito impresso o circuito de recepção e o de controle dos motores de corte de vegetação como pode ser visto na Figura 26 (i).

Essa placa é composta de um módulo receptor de 433MHz (MX- 05V) Figura 26 (iii) que tem a finalidade de receber o sinal enviado pelo transmissor TX e decodificar o mesmo no HT12D (DECODER) que é o par do integrado HT12E (CODIFICADOR) que encontra-se na placa transmissora da Figura 22 (i).

O sinal que sai do módulo MX- 05V receptor pinos 2 e 3 entra em U1 (HT12D) via pino 14 e os pinos de saída 10, 11, 12 e 13 desse mesmo integrado se encarrega de mandar o nível de tensão alto para um 7404 (INVERSOR) para

preservar na entrada de U2, pinos 20, 21, 22 e 23 nível baixo de tensão em sua entrada.

Como U2 (74HCT157) trata-se de é um DEMUX de 4x16 e tem suas saídas 0 ~15 assumindo nível baixo dependendo dos níveis altos de suas entradas. O mesmo vai ser responsável pelo controle de todos os motores do ROV.

Os pinos de saída de U2, pinos 1, 2, 3 e 4 passam novamente por um novo inversor U3, que desta vez ,garante o nível alto de suas saídas que anteriormente eram baixo. São eles responsáveis pela polarização das bases dos transistores TIP31 Q2, Q3, Q4 e Q5 que compõem o circuito de alimentação dos motores de propulsão do ROV.

7. Motores de Corte

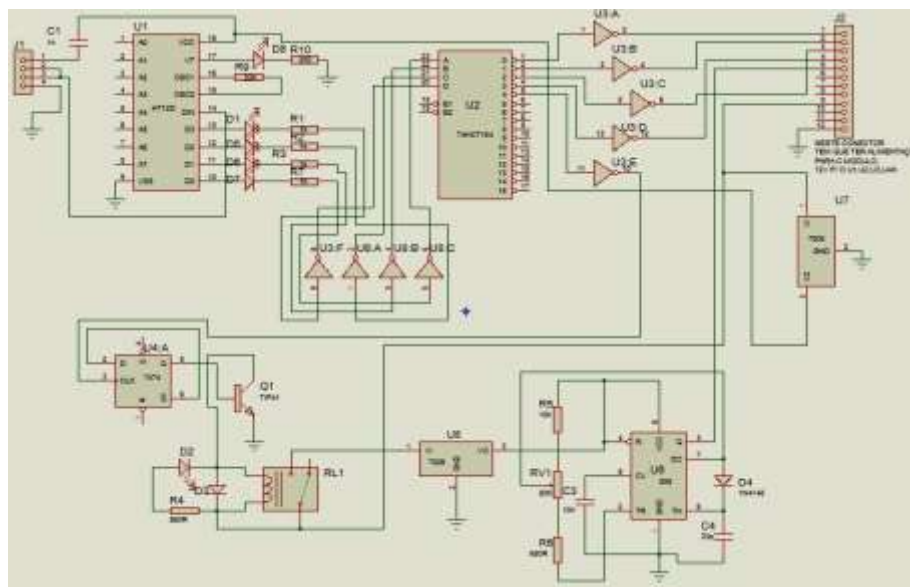


Figura 27. Circuito de recepção e controle dos motores de corte.



(i)



(ii)

Figura 28. (i) ESC (Electronic Speed Control) de 40A. (ii) Motor de Disco Rígido (HD).

7.1 Descrição e Funcionamento

O sistema de corte como pode ser visto na Figura 28 é composto de dois ESC (Electronic Speed Control) de 40A mais dois motores de Disco Rígido (HD) que suportam duas lâminas de corte em cada um. O conjunto vai ser responsável pela execução de corte da vegetação que oferece risco de abertura de arco elétrico próximo aos condutores de alta tensão nas áreas restritas do sistema elétrico.

Para o acionamento dos motores de corte, o pino 5 de U2, que pode ser visto na Figura 27, envia um sinal para o inversor U3 entrada pino 11 e saída pino 10 interligando a entrada CLK pino 2 de U4 (7474) flip-flop que encontra-se montado em uma configuração tipo D.

Esse sinal recebido no pino 2 tem como objetivo mudar o estado de saída Q do pino 5 deste flip-flop para nível alto, alimentando assim a base de Q1 (TIP41) esse satura e alimenta a bobina de RL1 que por sua vez alimenta com 12v U5 (7806) regulador de 6v que alimenta através de sua saída pino 3 U6 (555) com 6v regulados.

Após U6 ser alimentado com 6v o mesmo gera um pulso PWM em sua saída pino 3 pré ajustado com os valores do potenciômetro RV1 e do capacitor C3.

O pulso PWM gerado no 555 vai para um ESC (Eletrinic Speed Control) através do pino 5 do conector J2 que alimentar diretamente os motores das lâminas de corte do ROV.

Uma colocação importante que podemos ver, é que o pulso que foi dado no pino 2 de U4 passou sua saída Q pino 5 desse mesmo CI para nível alto e para que essa mesma saída assuma nível baixo, basta simplesmente dar outro nível alto no mesmo pino 2 de U4 fazendo com que a saída Q pino 5 agora assuma nível baixo. Esse nível corta Q1 que estava saturado anteriormente e abre RL1 cortando assim a alimentação de U6 que provoca o desligamento dos motores das lâminas de corte.

O sistema de corte como pode ser visto na Figura 28 é composto de dois ESC (Electronic Speed Control) de 40A mais dois motores de Disco Rígido (HD) que suportam duas lâminas de corte cada um.

7.2. Módulos receptor e Transmissor de 433Mhz.



Figura 29. Módulos MX- 05V (RX) e MX-FS- 03 v (TX)

O modulo Transmissor e Receptor de rádio frequência que pode ser visto na Figura 29, opera com modulação em AM com frequência de trabalho de 433Mhz e tem um alcance de 200m. O mesmo além de ter baixo custo encontra-se presente em sistemas de controle remoto, aquisição de dados, robótica e outros.

7.2.1. Especificação do Módulo Receptor



Fig.29 Módulo receptor MX-05v

- * Modelo: MX-05V
- * Tensão de operação: 5 Vcc
- * Corrente de operação: 4 mA
- * Frequência de recepção: 433 Mhz
- * Pinagem: Vcc(01), DATA(2 e 3), GND(4) (Esq.-> Dir.)
- * Dimensões: 30 x 14 x 7 mm

8. Alimentação12V

8.1. Descrição

A alimentação de 12v é feita por duas baterias de 7,0Ah UNIPOWER ligadas em paralelo, destinadas à alimentação das placa de controle dos motores, placa RX responsável pelo recebimento de dados do receptor TX e circuito de alimentação dos motores de corte.

Abaixo segue vista das baterias com suas medidas em mm, bem como sua especificação técnica.

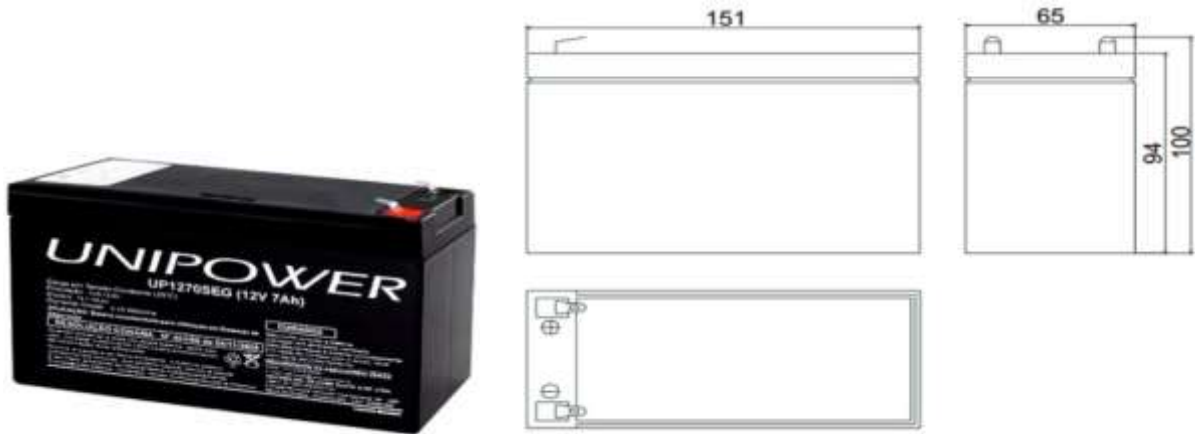


Fig.31 Bateria 7,0Ah UNIPOWER

8.2. Especificações Técnicas

Especificações

- Tensão Nominal: 12V
- Capacidade Nominal: 7,0Ah

Dimensões

- Comprimento: 151 mm
- Largura: 65 mm
- Altura com Terminal: 100 mm
- Peso: 2,00kg

9. Considerações finais

9.1. Conclusão

O projeto em questão vem com o objetivo de mudar e automatizar a forma de atuação para tais execuções de limpeza de vegetação em determinadas áreas do Sistema Elétrico de Potência.

Com essa mudança, podemos aumentar nosso ganho em relação à diminuição de mão de obra para tal atividade bem como evitar assim eventuais acidentes que possam acontecer nessas áreas restritas.

O projeto tem como objetivo também, reduzir o número de horas de desligamento de nossos ativos bem como a redução de manobras de outros equipamentos que estão agregados aos que sofrem essas intervenções.

Por fim, devemos levar em consideração que o impacto financeiro positivo para a empresa deve aumentar substancialmente, já que esses ativos não vão sofrer com desligamentos para eventuais manutenções de limpeza de vegetação.

Para projetos futuros o ROV receberá para sua melhoria uma bomba de aplicação de herbicida bem como um rastelo ou um braço mecânico para retirada de objetos ou animais mortos nas áreas restritas em questão.

10. REFERÊNCIAS

¹ MENEZES JUNIOR, Luciano; **Desenvolvimento de um Sistema de Controle de Missão Através das Redes Petri**. Rio de Janeiro, 2014.

² TAVARES NETO, Roberto Fernandes; **Planejamento de Vistorias Usando Robôs Móveis Autônomos e Otimização Pelo Algoritmo de Colônias de Formigas**. Curitiba, 2005.

³ SILVEIRA, Paulo Cezar Rocha; **Robô Baseado em Tecnologia Celular Android e Lógica Nebulosa Para Inspeção e Monitoramento em Usinas Nucleares**. Rio de Janeiro 2012.

⁴ MARLI TOKARSHI, Célia; AMARAL SEGER, Rodrigo; **Solução Eletrônica para substituição de senhas de papel em restaurantes e praças de alimentação**. Curitiba - Paraná.

MACIEL MARCELO - **ORBITAL: O VEÍCULO MOVIDO A ESTEIRA**.
Disponível em: <<http://www.marcelomaciel.com>> **Acesso em: 20 de Novembro de 2015**

MOTOR MABUCHI - **Motor Vidro Elétrico Mabuchi 8 Dentes 12V**
Disponível em <<http://www.connectparts.com.br>>
Acessado em: 28 de Março de 2016

Módulo RF Transmissor + Receptor 433Mhz AM
Disponível em <<http://filipeflop.com>> **Acesso em: 22 de Abril de 2016**

Rogercom - **Controlando dispositivos via RF (RR3 E RT4)**.
Disponível em <<http://www.rogercom.com>> **Acesso em 22 de Abril de 2016.**

UNIPOWER - **Baterias UP12180**
Disponível em <<http://www.unipower.com.br>> **Acesso em 17 de Outubro de 2016.**

HobbyKing - **Aerostar 40A Eletronic Speed Controller with 3A BEC(2~4S)**
Disponível em <[http:// www.hobbyking.com](http://www.hobbyking.com)> **Acesso em 20 de Outubro de 2016.**