



Ministério da Educação
Universidade tecnológica Federal do Paraná
Gerência de Ensino e Pesquisa
Departamento Acadêmico de Eletrotécnica
Engenharia de Controle e Automação
Disciplina de Sistemas Hidráulicos

RELATÓRIO: Sistema de asas retráteis

Sergio Murilo

Guilherme Rufino

Gabriel Cuevas

Turma: S25

Local: Curitiba

Data: 23/10/2020



Ministério da Educação
Universidade tecnológica Federal do Paraná
Gerência de Ensino e Pesquisa
Departamento Acadêmico de Eletrotécnica
Engenharia de Controle e Automação
Disciplina de Sistemas Hidráulicos

RELATÓRIO: Sistema de asas retráteis

Relatório técnico apresentado por Sergio Murilo,
Guilherme Rufino e Gabriel Cuevas sobre
desenvolvimento de protótipo de equipamento
eletro hidráulico

Professor: Luiz Amilton Pepplow
Disciplina: Sistemas Hidráulicos

Local: Curitiba

Data: 23/10/2020



Ministério da Educação
Universidade tecnológica Federal do Paraná
Gerência de Ensino e Pesquisa
Departamento Acadêmico de Eletrotécnica
Engenharia de Controle e Automação
Disciplina de Sistemas Hidráulicos

Resumo:

O presente relatório trata-se da reprodução de um sistema didático de asas retráteis, muito presente em aviação embarcada e utilizado para armazenamento de aeronaves em hangares; com extenso uso em porta-aviões, tendo em vista que a envergadura das aeronaves é maior que a altura e geralmente há espaço vazio acima do avião quando é armazenado, de maneira que parte da envergadura da aeronave é “transferida” para a altura é apresentado algumas das aplicações e a utilidade que o sistema desempenha em diferentes contextos ao longo do século XX e na contemporaneidade. O sistema aqui desenvolvido, inspirado pelos sistemas de asas retráteis do final do século XX, visa integrar um sistema de software e hardware, cujo centro é o Arduino e seus periféricos, com um sistema hidráulico, coordenada pelo microcontrolador; o sistema visa didática, simplicidade e aprendizado.

Palavras chaves:

Aeronáutica; Asas Retráteis; Eletro-Hidráulica; Arduino



Introdução:

Foram desenvolvidos sistemas de asas retráteis ao longo do século XX. O sistema é fundamental em certos contextos, como por exemplo durante a segunda guerra mundial; no cenário da guerra no pacífico, tanto estadunidenses quanto japoneses faziam uso extensivo de sistemas de asas retráteis principalmente quando projetava-se a aeronave com propósito de operá-la em porta aviões; aeronaves da época como variantes do famoso Mitsubishi A6M Zero do lado japonês quanto os Grumman F4F Wildcat, Grumman TBF Avenger e F6F Hellcat do lado dos estadunidenses, assim como diversos outros, eram aeronaves que tiveram centenas de unidades produzidas e faziam uso extensivo do sistema de asas retráteis. Esse sistema demonstrou fundamental importância em termos de logística e esforço de guerra, pois o convés de porta aviões que antes comportava um certo número de porta aviões sem asas retráteis poderia operar mais aeronaves caso essas aeronaves sejam dotadas do sistema de asas retráteis, tal fato é bem exemplificado pela seguinte foto, que compara a envergadura do F4F Wildcat com suas asas retraídas e não retraídas:



Figura 1 - Comparação entre F4F's com asas retraídas e estendidas

Fonte: http://www.greatamericanplanes.com/pursuit_planes/F4F_wildcat/ (Acesso em 10/2020)



Tal sistema foi de fundamental importância na segunda guerra pois o uso de porta-aviões era muito mais intenso e numeroso do que na contemporaneidade, tanto estadunidenses quanto japoneses operavam um número grande de porta-aviões, número superior ao número de porta-aviões em operação no mundo hoje. Apesar disso, em inúmeros outros contextos as asas retráteis foram cruciais. Durante a guerra do Vietnã, onde grande parte das aeronaves estadunidenses operava em porta-aviões, pode-se citar uma das aeronaves de caça mais produzidas da história, o McDonnell Douglas F-4 Phantom II, cuja variação operada em porta-aviões tinha um sistema de asa retrátil.



Figura 2 - F-4's embarcados com as asas retraídas

Fonte: <https://aviation.stackexchange.com/questions/46378/do-f-4-phantom-ii-pilots-actually-fold-the-wings/4670> (Acesso em 10/2020)

A utilidade das asas retráteis não é restrita ao século XX, sendo encontrada extensivamente nas aeronaves McDonnell Douglas F/A-18 Hornet e Grumman E-2 Hawkeye, que são operados atualmente. O Boeing 777X, que se encontra em fase de



desenvolvimento no momento que esse trabalho está sendo redigido, também usa asas retráteis.



Figura 3 - Grumman E-2 Hawkeye embarcado com asas retraídas

Fonte: https://pt.wikipedia.org/wiki/Grumman_E-2 (Acesso em: 10/2020)

O sistema ainda é perfeitamente aplicável para drones e aeronaves armazenadas em hangares.

O objetivo do projeto aqui desenvolvido é a construção de um protótipo de asa retrátil que funcione a partir de atuação hidráulica, junto a um projeto eletrônico digital de controle da atuação desse sistema a partir de microcontroladores. Devido a limitações, o projeto eletrônico não foi implementado ao protótipo hidráulico desenvolvido. Portanto, o protótipo tem o objetivo de analisar o comportamento mecânico da atuação do projeto. Tem-se como fundamento do desenvolvimento do projeto a Lei de Pascal, que descreve que, dado um fluido incompressível contido em um espaço fechado, qualquer pressão exercida sobre esse será transmitida para todas as paredes que o envolvem, com a mesma intensidade (FIALHO, 2006). Segue, na figura abaixo, uma representação do que foi descrito.

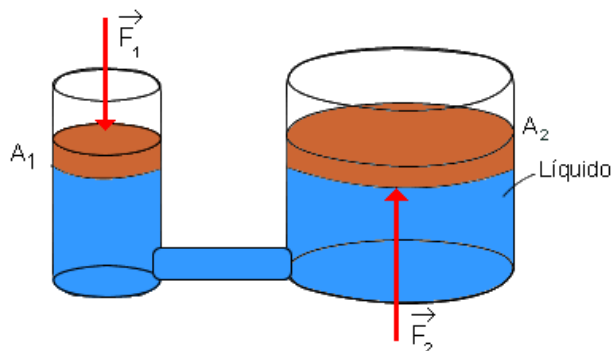


Figura 4 - Lei de Pascal

Fonte: Jeferson, 2003

A relação matemática entre as forças é, portanto:

$$\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$$

Dessa maneira, se aplicado uma força sobre um êmbolo móvel de certa área, caso exista um outro êmbolo móvel ligado ao sistema de área 2 vezes maior, esse exercerá uma força 2 vezes maior.

Essa lei, portanto, permite que haja a movimentação de grandes cargas a partir de pequenas aplicações de força, mediante a um sistema hidráulico. Dessa maneira, é possível ligar a ponta de uma asa retrátil a um êmbolo, que quando pressionado pelo sistema hidráulico pode realizar as movimentações de retração e abertura dessa asa. Para exercer a força, é possível tanto a utilização de outro êmbolo ou de uma bomba hidráulica, alimentada por um motor. No projeto teórico, foi considerada a utilização de uma bomba, pela sua eficiência e facilidade de implementação; entretanto no protótipo foi realizado o trabalho através de um outro êmbolo.

Para realização do controle da atuação dos êmbolos, podem ser aplicados um circuito elétrico que, dependendo do sistema, é capaz de comutar válvulas por meio de solenoides e realizar o controle do motor ligado a bomba. Detalhes sobre o circuito utilizado no projeto está presente nas seções “2.2” e “2.3”.



Materiais e Métodos

2.1) Sistema Hidráulico

O Sistema Hidráulico construído é um protótipo simplificado, feito com materiais facilmente encontrados no comércio. Para a construção do protótipo foram utilizados os seguintes materiais:

- Um pedaço de papelão de ao menos 70x40cm
- 4 abraçadeiras plásticas
- 1,4m de mangueira de silicone para aquário
- 4 seringas 10ml
- Tesoura
- Linha ou barbante
- Fita adesiva



Figura 5 - Materiais

No pedaço de papelão deve-se fazer um esboço do formato de asa e recortar, após faz-se mais um corte paralelo à base na asa e faz-se dois furos em cada parte próximos ao corte, onde juntaremos através das abraçadeiras, que serão a “dobradiça”. Depois iremos fixar a seringa já conectada a outra seringa através da mangueira de silicone na asa, e conectar uma linha ao êmbolo e a parte dobrável da asa, repetiremos



o processo para a outra asa, e para finalizar iremos utilizar um rolo de papel alumínio ou um cano de PVC com um corte do tamanho da base da asa, que será onde iremos encaixar as asas ficando assim:

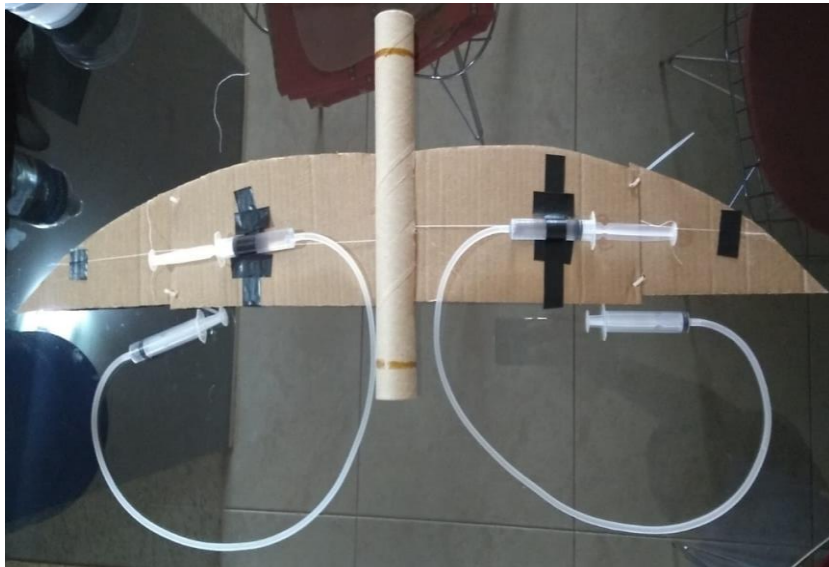


Figura 6 - Protótipo

Vale lembrar que o [video](#) explicativo do projeto é de grande ajuda no entendimento da montagem.

2.2) Controle e acionamento:

O esquema elétrico de controle e acionamento do sistema é composto pelos seguintes componentes:

- Resistores:

Estão presentes 5 resistores, todos de aproximadamente 220 ohm. Dois deles tem como finalidade limitar a quantidade de corrente que alimenta os LED's de sinalização, os outros dois servem para limitar a quantidade de corrente que percorre os interruptores que aqui exercem a função de fim de curso (tal artifício será explicado adiante). O outro resistor, que está contido no circuito do botão, serve pra adequado



funcionamento do botão. É importante constar que, não é recomendado realizar um curto circuito entre as portas de GPIO do Arduino com o nó de GND, o conjunto software e hardware não opera adequadamente; por isso os resistores são cruciais para evitar tal situação.

- Botão:

O botão é um dispositivo de conversão de energia mecânica para energia elétrica, no contexto do nosso trabalho serve como entidade para manifestar o desejo do operador de mudar a posição das asas (retrátil/estendida). O software avalia se tal impulso pode efetivamente resultar na mudança da posição da asa ou não, com base nas informações que tem.

- Potenciômetros:

O potenciômetro exerce a função de resistor variável. No contexto do trabalho, serve para limitar a quantidade de corrente que alimenta os motores, optou-se por potenciômetros para, por questões de construção, conseguir regular a corrente que alimenta o motor com objetivo que seja perceptível seu movimento, o que não é simples em fase de projeto. O resistor de 220 ohm limita exageradamente a corrente, pela possibilidade de impormos ao circuito uma resistência pequena, optou-se pelo potenciômetro.

- LED's:

Estão presentes dois ledes no circuito, o verde e o vermelho. A finalidade dos LED's é sinalizar ao operador se é seguro e se está permitido a alteração da posição das asas por meio do botão. Se o led verde está aceso, significa que o software avaliou que é seguro alterar a posição das asas e que o pressionamento do botão resultará na mudança da posição das asas, se o LED vermelho está aceso, significa que o software avaliou que não é seguro alterar a posição das asas, o pressionamento do botão não surtirá efeito.

- Motores:



São as entidades responsáveis pela movimentação do mecanismo que resultará no fornecimento da energia hidráulica aos atuadores que vão alterar a posição das asas. No contexto do trabalho, foram usados dois motores simples de corrente contínua que giram em sentido oposto, um realiza o esforço para os atuadores retraírem as asas enquanto o outro realiza o esforço para os atuadores estenderem as asas.

- Interruptores:

O interruptor funciona como o botão, só que o botão volta à posição inicial no final do esforço mecânico, coisa que não acontece com o interruptor. No contexto desse trabalho, o interruptor é análogo aos fins de curso, ao todo seriam quatro fins de curso, dois fins de curso para cada posição de asa (retraída ou estendida), possibilitando a identificação de assimetrias por exemplo, informação que o software interpreta e trata. O fim de curso consegue transmitir a informação de se está pressionado ou não, eletricamente. Os dois interruptores na posição zero indicam que os dois fins de curso que identificam a abertura da asa estão pressionados, os dois interruptores na posição um identificam que os dois fins de curso que indicam que as asas estão retraídas estão pressionados. Em qualquer situação diferente das duas citadas, é identificado assimetria na posição das asas pelo software.

- O sensor de distância:

O sensor de distância HC-SR04 é um sensor ultrassônico de baixo custo que, no contexto do nosso trabalho, identifica a posição da aeronave em relação ao solo. Ele seria posicionado na parte inferior da aeronave, de modo que as ondas ultrassônicas seriam disparadas em direção ao solo para identificar a altura da aeronave em relação ao solo. Tal informação é importante para o software determinar se é seguro ou não mudar a posição das asas.



- Arduino Uno R3:

O Arduino Uno R3 é uma placa de desenvolvimento baseado no microcontrolador ATmega328, contando com vários periféricos. É uma plataforma de fácil utilização e programação, havendo muito material educativo para desenvolvimento de projetos.

2.3) Código:

A seguir temos o código executado pelo microcontrolador em conjunto com os periféricos do Arduino. Importante constar que é mais fácil compreender o funcionamento do conjunto por meio da explicação disponibilizada em [vídeo](#).

```
/* Escrito por Sergio Murilo para projeto final de sistemas hidraulicos UTFPR 2020/02 */
#define trigPin 10 /* Muda a definicao do pino do 10 para trigPin, para o uso do sensor de distancia*/
#define echoPin 13 /* Muda a definicao do pino do 13 para echoPin, para o uso do sensor de distancia*/
float duration; /* Declara a variavel duration, que vai ser usada para o sensor de distancia funcionar */
float distance; /* Declara a variavel distance, que tambem será usada pro funcionamento do sensor de distnacia*/
bool comando; /* Declara variavel booleana comando, que acende o led que indica se é seguro retrainr ou nao as asas,
opera em conjunto com a saída do sensor de distancia*/

int Fim_de_curso; /* Variavel que representa dois fins de curso, representado aqui pelos interruptores*/
int Fim_de_curso_2; /* Variavel que representa dois fins de curso, representado aqui pelos interruptores*/
int buttonState;
int analogPin = A3;
float val;

void setup() /* Funcao que nao retorna nada que serve pra configurar as funções dos pinos do arduino e inicializar o
monitor serial*/
{
    Serial.begin (9600); /* Inicializa monitor serial*/

    pinMode(trigPin, OUTPUT); /* Configura o pino trigPin como saída, que vai suprir o sensor de distancia com a
informacao necessaria pra seu funcionamento*/

    pinMode(echoPin, INPUT); /* Configura o pino echoPin como entrada, é o valor que o arduino recebe que reflete a
distancia do sensor de distancia ate um dado corpo sólido*/

    pinMode(12,OUTPUT); /* Configura o pino 12 como saida, serve para operação do led verde*/
    pinMode(8,OUTPUT); /* Configura o pino 8 como saída, serve para operação do led vermelho*/
    pinMode(7,INPUT); /* Configura o pino 7 como entrada, serve para leitura digital de um dos interuptores*/
    pinMode(2,INPUT); /* Configura o pino 2 como entrada, serve para leitura digital de um dos interuptores */
    pinMode(3,OUTPUT); /* Configura o pino 3 como saída, serve para comandar um dos motores CC*/
    pinMode(5,OUTPUT); /* Configura o pino 2 como saída, serve para comandar um dos motores CC*/
}
```



Ministério da Educação
Universidade tecnológica Federal do Paraná
Gerência de Ensino e Pesquisa
Departamento Acadêmico de Eletrotécnica
Engenharia de Controle e Automação
Disciplina de Sistemas Hidráulicos

void loop() / Faz com que o sensor de distancia opere continuamente e ofereça um bom numero de leituras de distancia por segundo, assim como permite que o programa opere continuamente*/*

```
{  
  
    float SoundSpeed=0.0343; /* declara a variavel SoundSpeed para 0.0343, dado que a velocidade do som no vácuo é de 343 m/s; definição necessaria pra termos o dado da distancia. Evidentemente que o sistema não operaria no vácuo, mas para esse sistema essa suposição é suficiente. */  
  
    digitalWrite(trigPin, LOW); /* Envia um sinal binario zero, durante 2 milissegundos, configurado abaixo, para operacao do sensor de distancia*/  
  
    delayMicroseconds(2);  
  
    digitalWrite(trigPin, HIGH); /* Envia um sinal binario um, durante 10 milissegundos, configurado abaixo, para operacao do sensor de distancia*/  
  
    delayMicroseconds(10);  
  
    digitalWrite(trigPin, LOW); /* Novamente o nivel logico do trigger do sensor é configurado pra zero, pra finalizar o ciclo do input que o sensor precisa pra funcionar*/  
  
    Fim_de_curso = digitalRead(2);  
    Fim_de_curso_2 = digitalRead(7);  
  
    duration = pulseIn(echoPin, HIGH); /* Verifica a duracao que o sinal de som "vai e volta" */  
  
    distance = 0.5*duration*SoundSpeed; /* Retorna a distancia que o sinal sonico cobriu, dividido por 2; pelo fato de que o sinal "vai e volta"*/  
  
    digitalWrite(0);  
    Serial.print(distance); /* Solicita exibicao do dado obtido acima, a distancia*/  
    Serial.println(" ");  
    delay(500);  
  
    /*Fim de curso 1: Asa esquerda*/  
    /*Fim de curso 2: Asa direita*/  
  
    /* Posicao 0: Fim de curso pressionado indicando asa aberta*/  
    /* Posicao 1: Fim de curso pressionado indicando asa retraida*/  
  
  
    if(Fim_de_curso == 0)  
    {  
        Serial.println("Fim de curso 1 na posicao 0");  
    }  
    else if(Fim_de_curso == 1)  
    {  
        Serial.println("Fim de curso 1 na posicao 1");  
    }  
  
    if(Fim_de_curso_2 == 0)  
    {  
        Serial.println("Fim de curso 2 na posicao 0");  
    }
```



```
}  
else if(Fim_de_curso_2 == 1)  
{  
  Serial.println("Fim de curso 2 na posicao 1");  
}  
if((Fim_de_curso == 0)&&(Fim_de_curso_2 == 1))  
{  
  Serial.println("Alerta: Asas assimetricas");  
}  
else if((Fim_de_curso == 1)&&(Fim_de_curso_2 == 0))  
{  
  Serial.println("Alerta: Asas assimetricas");  
}  
if((distance < 200.00)&&(Fim_de_curso==Fim_de_curso_2)&&(Fim_de_curso==0)) /*Condição que analisa se o sistema  
exibe uma mensagem em que consta que pode abrir as asas;*/  
{  
  Serial.println("Sistema pode retrain as asas.");  
  comando = true;  
}  
else  
{  
  Serial.println("Sistema NAO pode retrain as asas.");  
  comando = false;  
}  
if((distance < 200.00)&&(Fim_de_curso==Fim_de_curso_2)){ /*Condição para acender led verde*/  
  digitalWrite(12, HIGH);  
  delay(499);  
  digitalWrite(12, LOW);  
}  
else{ /*Condição para acender led vermelho*/  
  digitalWrite(8, HIGH);  
  delay(499);  
  digitalWrite(8, LOW);  
}  
val = analogRead(analogPin); // Armazena leitura do pino analógico A3 na variável val, util pra ver se o botão está  
pressionado ou não  
if((val < 20.00)&&(distance < 200.00)){ // Condição que analisa se o aviao esta proximo do solo e o botao esta  
pressionado  
  if((Fim_de_curso == 0)&&(Fim_de_curso_2 == 0)){
```




```
Serial.println("Botao em 1");  
digitalWrite(5, HIGH);  
delay(499);  
digitalWrite(5, LOW);  
}  
else if((Fim_de_curso == 1)&&(Fim_de_curso_2 == 1)){  
Serial.println("Botao em 1");  
digitalWrite(3, HIGH);  
delay(499);  
digitalWrite(3, LOW);  
}  
}  
}
```

Apresentação e Análises de Resultados

Em relação à análise de resultados, pode-se discutir as limitações do projeto e aspectos que poderiam ser melhor desenvolvidos e certamente são mais profundamente estudados em sistemas mais elaborados: Primeiramente, o sensor de distância aqui utilizado é de baixo custo e apresenta limitações quanto à precisão e confiabilidade, certamente em um outro projeto haveria possibilidade do uso da leitura do altímetro, por exemplo. Outro aspecto é que, o sistema aqui apresentado usa exclusivamente a leitura do sensor de distância para determinar se será permitida a abertura ou retração das asas, entretanto não é o suficiente para uma operação segura. Certamente o uso de um tubo de pitot, como é comum na aviação, em conjunto com o sensor de distância, poderia determinar a velocidade da aeronave e assim somente permitir a operação das asas dentro de uma margem de velocidade segura; o sistema aqui apresentado falha ao prover segurança quando a aeronave voa extremamente baixo ou se está em solo durante o processo de pouso ou decolagem e é tentado acionar a retração ou extensão das asas. O sistema também falha em questão de confiabilidade e redundância, a redundância é crucial no desenvolvimento de projetos aeronáuticos e, no caso desse projeto, o sistema depende somente da leitura do sensor de distância. Certamente é desejado o uso de mais de um sensor de distância, com características de operação diferentes daquelas apresentadas pelo sensor aqui, com princípio de funcionamento



diferente. O código também poderia ser revisto e editado visando maior eficiência e rapidez, principalmente por que o código aqui apresentado visa didática, o que apresenta seu custo em termos de processamento e eficiência energética. No quesito de processador, certamente a plataforma Arduino, certamente está além das necessidades de processamento do sistema, podendo ser substituída por outra plataforma de menor complexidade e menor consumo.

Outro aspecto interessante é o quesito do dimensionamento dos motores CC, aqui foram utilizados dois motores CC alimentados por 5 Vcc, entretanto, numa aplicação prática, o torque e a potência do motor podem não ser suficientes para mover o fluido hidráulico com pressão suficiente para realizar os esforços de retração e extensão das asas. Pode-se pensar nas portas do Arduino que alimentam o motor como fontes de sinais de controle que controlam o funcionamento de outro motor, alimentado externamente; tal adaptação seria favorecida pelo fato da alimentação do motor ser um sinal digital, o que é bom para fins de controle, mas pode não ser suficiente em termos de entrega de trabalho.

Quanto às características construtivas do protótipo também existem algumas limitações, por exemplo ao fazer o acionamento dos dois êmbolos ao mesmo tempo, pode ser que a retração das asas não ocorra simultaneamente, isso se dá devido a pequenas diferenças de tamanho das asas, fixação não exatamente igual pelas abraçadeiras, tamanho das mangueiras de silicone, quantidade de água nas seringas e etc, ou seja, por mais que na hora da construção tentamos fazer essas medidas o mais próximas possíveis, não é um sistema perfeitamente simétrico, logo, essas divergências já eram esperadas.

No mais o sistema desenvolvido conseguiu servir bem o propósito de protótipo e foi possível verificar de maneira visual como seria o funcionamento do sistema de maneira simplificada, a maior dificuldade encontrada foi no mecanismo das seringas, pois como a mangueira era de silicone, ela se deforma facilmente, então quando o comprimento dela era muito grande, quando puxamos um dos êmbolos, a mangueira se deformava e não chegava a contrair o outro êmbolo, para resolver esse problema



Ministério da Educação
Universidade tecnológica Federal do Paraná
Gerência de Ensino e Pesquisa
Departamento Acadêmico de Eletrotécnica
Engenharia de Controle e Automação
Disciplina de Sistemas Hidráulicos

reduzimos o tamanho da mangueira de 1m para 0,7m, o que já se mostrou eficiente para este caso, mas se fosse utilizado uma mangueira de um material mais rígido e de difícil deformação, o comprimento poderia ser bem maior e o mecanismo ainda funcionaria de maneira adequada.

Conclusões

A partir dos métodos estabelecidos e a fundamentação teórica de sistemas hidráulicos e de circuitos, foi possível o desenvolvimento de um protótipo funcional de uma asa retrátil, assim como foi possível o modelamento de um circuito digital para o controle dessa asa. Deve-se constar que o projeto, apesar de funcional no quesito da função procurada, está longe de ser aplicável para aviação e o desenvolvimento e drones, pois não foi analisado relações reais de carga e de aerodinâmica, necessárias para o desenvolvimento de um sistema utilizável.

Dessa forma, para que se possa obter um protótipo mais adequado seriam necessários modelamentos e materiais de maior confiabilidade e precisão. O mesmo pode ser dito quanto ao controle eletrônico desenvolvido.

Enfim, foi possível o desenvolvimento do projeto visando didática e com um baixo custo de fabricação. Apesar disso, são necessários uma maior quantidade de estudo e refinamento do processo de fabricação para que o projeto seja aperfeiçoado.



Ministério da Educação
Universidade tecnológica Federal do Paraná
Gerência de Ensino e Pesquisa
Departamento Acadêmico de Eletrotécnica
Engenharia de Controle e Automação
Disciplina de Sistemas Hidráulicos

Bibliografia

FIALHO, Arivelto Bustamante. **Automação hidráulica: projetos, dimensionamento e análise de circuitos**, 4ª edição. São Paulo 2006.

GILES, Ranald, V. **Mecânica dos fluidos e hidráulica**. São Paulo, 1975.

JEFERSON, **Métodos Computacionais para Licenciatura: Aula Hidrostática**. UFRGS, 20 de março de 2003, disponível em: < <http://www.if.ufrgs.br/tex/fis01043/20022/Jeferson/> >

E-2C / D Hawkeye Airborne Early Warning Aircraft. Naval Technology, disponível em: <<https://www.naval-technology.com/projects/e2-hawkeye/>>

Folding Wing. Wikiwand, disponível em: <https://www.wikiwand.com/en/Folding_wing>

Carrier Battles: Command Decision in Harm's Way. Florida State University Libraries, Douglas Vaughn Smith, 2005. Disponível em: <<http://diginole.lib.fsu.edu/islandora/object/fsu:168474/datastream/PDF>>