

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE AERONÁUTICA



Gustavo Ceci Guimarães

**DESENVOLVIMENTO DE UMA FRAMEWORK
EM C++ PARA CRIAÇÃO DE JOGOS 3D PARA
A WEB - TG1**

Trabalho de Graduação
2015

Curso de Engenharia de Computação

Gustavo Ceci Guimarães

**DESENVOLVIMENTO DE UMA FRAMEWORK
EM C++ PARA CRIAÇÃO DE JOGOS 3D PARA
A WEB - TG1**

Orientador

Prof. Dr. Edgar Toshihiro Yano (ITA)

ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO

SÃO JOSÉ DOS CAMPOS
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE AERONÁUTICA

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
Divisão de Informação e Documentação

Guimarães, Gustavo Ceci

Desenvolvimento de uma framework em C++ para criação de jogos 3d para a Web - TG1 /
Gustavo Ceci Guimarães.

São José dos Campos, 2015.

23f.

Trabalho de Graduação – Curso de Engenharia de Computação– Instituto Tecnológico de
Aeronáutica, 2015. Orientador: Prof. Dr. Edgar Toshihiro Yano.

1. Jogos. 2. WebGL. 3. OpenGL. 4. WebAssembly. 5. Emscripten. 6. C++. I. Instituto
Tecnológico de Aeronáutica. II. Título.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

GUIMARÃES, Gustavo Ceci. **Desenvolvimento de uma framework em C++ para criação de jogos 3d para a Web - TG1**. 2015. 23f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Gustavo Ceci Guimarães

TÍTULO DO TRABALHO: Desenvolvimento de uma framework em C++ para criação de jogos 3d para a Web - TG1.

TIPO DO TRABALHO/ANO: Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) / 2015

É concedida ao Instituto Tecnológico de Aeronáutica permissão para reproduzir cópias deste trabalho de graduação e para emprestar ou vender cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte deste trabalho de graduação pode ser reproduzida sem a autorização do autor.

Gustavo Ceci Guimarães

Rua H8B 238

12.228-461 – São José dos Campos–SP

DESENVOLVIMENTO DE UMA FRAMEWORK EM C++ PARA CRIAÇÃO DE JOGOS 3D PARA A WEB - TG1

Essa publicação foi aceita como Relatório Final de Trabalho de Graduação

Gustavo Ceci Guimarães

Autor

Edgar Toshihiro Yano (ITA)

Orientador

Prof. Dr. Cecilia César

Coordenadora do Curso de Engenharia de Computação

São José dos Campos, 5 de março de 2015.

Aos meus queridos amigos

Agradecimentos

Primeiramente, gostaria de agradecer ao Dr. Donald E. Knuth, por ter desenvolvido o T_EX.

Ao Dr. Leslie Lamport, por ter criado o L^AT_EX, facilitando muito a utilização do T_EX, e assim, eu não ter que usar o Word.

Ao Prof. Dr. Meu Orientador, pela orientação e confiança depositada na realização deste trabalho.

Ao Dr. Nelson D'Ávila, por emprestar seu nome a essa importante via de trânsito na cidade de São José dos Campos.

Ah, já estava esquecendo... agradeço também, mais uma vez ao T_EX, por ele não possuir vírus de macro :-)

"Amigos it is because I stood on the shoulders of giants."

— SIR ISAAC NEWTON

Resumo

Aqui começa o resumo do referido trabalho. Não tenho a menor idéia do que colocar aqui. Sendo assim, vou inventar. Lá vai: Este trabalho apresenta uma metodologia de controle de posição das juntas passivas de um manipulador subatuado de uma maneira subótima. O termo subatuado se refere ao fato de que nem todas as juntas ou graus de liberdade do sistema são equipados com atuadores, o que ocorre na prática devido a falhas ou como resultado de projeto. As juntas passivas de manipuladores desse tipo são indiretamente controladas pelo movimento das juntas ativas usando as características de acoplamento da dinâmica de manipuladores. A utilização de redundância de atuação das juntas ativas permite a minimização de alguns critérios, como consumo de energia, por exemplo. Apesar da estrutura cinemática de manipuladores subatuados ser idêntica a do totalmente atuado, em geral suas características dinâmicas diferem devido a presença de juntas passivas. Assim, apresentamos a modelagem dinâmica de um manipulador subatuado e o conceito de índice de acoplamento. Este índice é utilizado na sequência de controle ótimo do manipulador. A hipótese de que o número de juntas ativas seja maior que o número de passivas ($n_a > n_p$) permite o controle ótimo das juntas passivas, uma vez que na etapa de controle destas há mais entradas (torques nos atuadores das juntas ativas), que elementos a controlar (posição das juntas passivas).

Abstract

Well, the book is on the table. This work presents a control methodology for the position of the passive joints of an underactuated manipulator in a suboptimal way. The term underactuated refers to the fact that not all the joints or degrees of freedom of the system are equipped with actuators, which occurs in practice due to failures or as design result. The passive joints of manipulators like this are indirectly controlled by the motion of the active joints using the dynamic coupling characteristics. The utilization of actuation redundancy of the active joints allows the minimization of some criteria, like energy consumption, for example. Although the kinematic structure of an underactuated manipulator is identical to that of a similar fully actuated one, in general their dynamic characteristics are different due to the presence of passive joints. Thus, we present the dynamic modelling of an underactuated manipulator and the concept of coupling index. This index is used in the sequence of the optimal control of the manipulator.

Lista de Figuras

FIGURA A.1 –Uma figura que está no apêndice	22
---	----

Lista de Tabelas

Lista de Abreviaturas e Siglas

CTq	computed torque
DC	direct current
EAR	Equação Algébrica de Riccati
GDL	graus de liberdade
ISR	interrupção de serviço e rotina
LMI	linear matrices inequalities
MIMO	multiple input multiple output
PD	proporcional derivativo
PID	proporcional integrativo derivativo
PTP	point to point
UARMII	Underactuated Robot Manipulator II
VSC	variable structure control

Lista de Símbolos

a	Distância
\mathbf{a}	Vetor de distâncias
\mathbf{e}_j	Vetor unitário de dimensão n e com o j -ésimo componente igual a 1
\mathbf{K}	Matriz de rigidez
m_1	Massa do cumpim
δ_{k-k_f}	Delta de Kronecker no instante k_f

Sumário

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	Motivação	15
1.2	Objetivo	15
1.3	Ferramentas	16
1.3.1	Emscripten	16
1.3.2	OpenGL	16
1.3.3	SDL2	16
2	MODELAGEM DINÂMICA DE CUPINS CIBERNÉTICOS	17
3	CONTROLE ROBUSTO DE CONCRETOS CAÓTICOS	18
4	CONCLUSÃO	19
	REFERÊNCIAS	20
	APÊNDICE A – TÓPICOS DE DILEMA LINEAR	22
A.1	Uma Primeira Seção para o Apêndice	22
	ANEXO A – EXEMPLO DE UM PRIMEIRO ANEXO	23
A.1	Uma Seção do Primeiro Anexo	23

1 Introdução

A indústria de jogos é um dos setores da indústria de entretenimento que mais gera lucro, gerando em 2016 mais lucro que o setor de musica e de filmes (NASDAQ, 2016). Essa indústria é dividida em diversos outros subsetores como o desenvolvimento de jogos para video-game, jogos mobile e jogos de computador. Dentro do setor dos jogos de computador pode-se também fazer algumas subdivisões como jogos que precisam ser instalados e jogos que podem ser jogados no browser.

Apesar de ser a menor parcela do setor no quesito de lucro, os jogos de browser ainda possuem relevância no contexto geral, e muitas vezes servem como o ambiente inicial onde o jogo pode ser jogado (NEWZOO, 2017). Por não necessitarem de software baixado além do navegador e serem tipicamente gratuitos, os jogos de browser são de acessibilidade muito simples para o usuário. Para os desenvolvedores, especialmente aqueles sem investimentos multimilionários voltados para marketing e publicação, a acessibilidade dos jogos de browser torna-se um método de veiculação e engajamento de usuário muito eficiente. Diversos jogos independentes bem sucedidos possuem ou possuíram em algum momento alguma versão ou protótipo possível de ser jogado no browser (JOGO, 2011; JOGO, 2015; JOGO, 2016).

Além do apelo financeiro, jogos podem ser usados como forma de expressão artística e como um hobby. Como para as grandes empresas jogos são um investimento multimilionário, os resultados são em sua maioria jogos menos inovadores que aqueles desenvolvidos por pequenas empresas ou desenvolvedores que o fazem por hobby, uma vez que o risco envolvido para estes costuma ser bem menor (MCGUIRE; JENKINS, 2009).

Inicialmente, grande parte dos jogos de browser eram desenvolvidos utilizando-se a ferramenta Adobe Flash, porém, com o surgimento do HTML5 e do WebGL, o uso de um plugin terceirizado para rodar jogos tem sido cada vez mais mal visto, incentivando o desenvolvimento usando as tecnologias padrão encontradas no browser (UNITY, 2015; FLASH, 2015).

Uma limitação sempre presente quanto à evolução dos jogos de browser é a limitação da velocidade de processamento do browser, especialmente quando os jogos são em ambientes tridimensionais. A linguagem mais utilizada para o desenvolvimento de jogos 3d

é C++, especialmente devido à eficiência, gerenciamento de memória e comunicação com sistemas de baixo nível como a placa de vídeo. Como javascript é a linguagem padrão dos browsers e sua eficiência é consideravelmente inferior à de C++ (BENCHMARKS, 2017), a implementação de jogos 3d com gráficos otimizados no browser sempre foi deixada de lado. No entanto com o crescimento cada vez maior das tecnologias dos browsers tornou-se necessário cada vez mais ter códigos mais eficientes e com velocidades mais próximas à nativa, surgindo assim diversas soluções para se executar códigos nativos no browser como PNaCL (PNaCL, 2011) e WebAssembly (WASM, 2015).

1.1 Motivação

As ferramentas existentes hoje em dia para desenvolvimento de jogos com suporte para exportar para web são em sua maioria Engines completas, como Unity3d, Unreal Engine e Godot. Estas possuem inúmeras utilidades como simulação de física, criação de interface de usuário (UI), gerenciador de animações para modelos 3d, entre outras. Para ser possível a união de tantas ferramentas em uma única Engine, o usuário acaba se vinculando demais à arquitetura da mesma e soluções improváveis acabam se tornando mais difíceis de se implementar devido à generalização. Para a maioria dos casos a Engine serve perfeitamente ao desenvolvedor, no entanto, em alguns casos a falta de controle é relevante.

Esse trabalho tem como objetivo criar não uma engine, mas uma framework que dá ao usuário a capacidade de pular as tarefas mais complicadas de se desenvolver uma engine, como um mecanismo simples de input e uma interface mais simples de utilização da placa de vídeo que o OpenGL padrão.

A motivação pessoal para o desenvolvimento desse trabalho é poder ter uma ferramenta própria para desenvolvimento de jogos, com capacidade de exportar para Web. Além disso, esse projeto visa ampliar os conhecimentos sobre os sistemas de baixo nível no desenvolvimento de jogos, especialmente um melhor entendimento de API's de gráfico 3d e da linguagem C++ em um projeto de maior escala.

1.2 Objetivo

O objetivo do trabalho é ter uma framework de fácil distribuição e fácil uso no sistema operacional Windows. Para a criação de jogos, a framework terá como objetivo abstrair as camadas de entendimento complexo relacionado ao uso do OpenGL e do STL. A framework deverá ter uma interface simples de posicionamento de formas geométricas no espaço (sendo um bonus a possibilidade de se importar modelos 3d) além da implemen-

tação de um sistema de cameras básico. Além disso, a framework deverá possuir uma interface simples de leitura de input do teclado e do mouse. Por fim, caso se mostre necessário, a framework poderá ter integrada uma biblioteca de UI imediata para casos de debug e desenvolvimento.

1.3 Ferramentas

1.3.1 Emscripten

Emscripten é um compilador de LLVM para javascript. LLVM é uma infraestrutura de compilador que serve para facilitar a criação de compiladores e transpiladores. Dada qualquer linguagem compilada para a linguagem intermediária do LLVM, a ferramenta Emscripten pode ser utilizada para ser enfim compilada pra javascript (ZAKAI, 2011).

O principal objetivo de compilar LLVM para javascript é a compilação de C++. Além disso, o Emscripten possui já implementadas algumas bibliotecas importantes para o uso no browser, sendo elas a transformação de OpenGL para WebGL e a biblioteca SDL2.

1.3.2 OpenGL

OpenGL, *Open Graphics Library* é uma API multiplataforma padrão para desenvolvimento de graficos 3D. É um padrão de API 3D amplamente aceito com uso significativo no mundo real.(MUNSHI DAN GINSBURG, 2008). A versão do OpenGL usada nos browsers, com a API em javascript é conhecida como WebGL, que é baseada no OpenGL ES 2.0, versão essa voltada para dispositivos móveis e sistemas embarcados. Como o emscripten é capaz de transformar um subconjunto de OpenGL ES 2.0 em WebGL sem maiores problemas (EMSCRIPTEN, 2015), esse será o subconjunto utilizado no projeto.

1.3.3 SDL2

SDL2, *Simple DirectMedia Layer* é uma biblioteca de desenvolvimento multiplataforma criada para prover acesso de baixo nível aos hardwares de audio, mouse, teclado, joystick, alem de possuir uma interface com OpenGL (SDL2, 2015). Como é uma biblioteca muito utilizada para desenvolvimento de jogos em C++ e o emscripten já possui uma versão própria da biblioteca já compilada, essa foi a escolha de biblioteca base para a multimídia do trabalho.

2 Modelagem Dinâmica de Cupins Cibernéticos

3 Controle Robusto de Concretos Caóticos

4 Conclusão

Referências

BENCHMARKS: The computer language benchmarks game. 2017. Disponível em: <<http://benchmarksgame.alioth.debian.org/>>.

EMSCRIPTEN: Opengl support in emscripten. 2015. Disponível em: <https://kripken.github.io/emscripten-site/docs/porting/multimedia_and_graphics/OpenGL-support.html>.

FLASH: The death of adobe flash. 2015. Disponível em: <<http://kotaku.com/the-death-of-flash-is-coming-and-not-everyones-happy-1717824387>>.

JOGO: The binding of isaac. 2011. Disponível em: <[https://en.wikipedia.org/wiki/The_Binding_of_Isaac_\(video_game\)](https://en.wikipedia.org/wiki/The_Binding_of_Isaac_(video_game))>.

JOGO: Clicker heroes. 2015. Disponível em: <<https://en.wikipedia.org/wiki/Superhot>>.

JOGO: Superhot. 2016. Disponível em: <<https://en.wikipedia.org/wiki/Superhot>>.

MCGUIRE, M.; JENKINS, O. C. **Creating games: mechanics, content, and technology**. 3rd. ed. Wellesley, Mass: AK Peters, Ltd, 2009. 33–34 p.

MUNSHI DAN GINSBURG, D. S. A. **OpenGL ES 2.0 Programming Guide**. [S.l.]: Pearson Education, 2008.

NASDAQ: Investing in video games industry. 2016. Disponível em: <<http://www.nasdaq.com/g00/article/investing-in-video-games-this-industry-pulls-in-more-revenue-than-movies-music-cm634585/>>.

NEWZOO: Global games market report. 2017. Disponível em: <<https://newzoo.com/insights/articles/the-global-games-market-will-reach-108-9-billion-in-2017-with-mobile-taking-42/>>.

PNACL: Google native client. 2011. Disponível em: <<https://developer.chrome.com/native-client>>.

SDL2: Simple directmedia layer homepage. 2015. Disponível em: <<https://www.libsdl.org/index.php>>.

UNITY: The computer language benchmarks game. 2015. Disponível em:
<<https://blogs.unity3d.com/2015/10/08/unity-web-player-roadmap/>>.

WASM: The computer language benchmarks game. 2015. Disponível em:
<<http://webassembly.org/>>.

ZAKAI, A. Emscripten: an llvm-to-javascript compiler. **OOPSLA '11 Proceedings of the ACM international conference companion on Object oriented programming systems languages and applications companion**, p. 301–312, out. 2011.

Apêndice A - Tópicos de Dilema Linear

A.1 Uma Primeira Seção para o Apêndice

A matriz de Dilema Linear M e o vetor de torques inerciais b , utilizados na simulação são calculados segundo a formulação abaixo:

$$M = \begin{bmatrix} M_{11} & M_{12} & M_{13} \\ M_{21} & M_{22} & M_{23} \\ M_{31} & M_{32} & M_{33} \end{bmatrix} \quad (\text{A.1})$$



FIGURA A.1 – Uma figura que está no apêndice

Anexo A - Exemplo de um Primeiro Anexo

A.1 Uma Seção do Primeiro Anexo

Algum texto na primeira seção do primeiro anexo.

FOLHA DE REGISTRO DO DOCUMENTO

1. CLASSIFICAÇÃO/TIPO TC	2. DATA 25 de março de 2015	3. DOCUMENTO Nº DCTA/ITA/TC-018/2015	4. Nº DE PÁGINAS 23
5. TÍTULO E SUBTÍTULO: Desenvolvimento de uma framework em C++ para criação de jogos 3d para a Web - TG1			
6. AUTOR(ES): Gustavo Ceci Guimarães			
7. INSTITUIÇÃO(ÕES)/ÓRGÃO(S) INTERNO(S)/DIVISÃO(ÕES): Instituto Tecnológico de Aeronáutica – Divisão de Engenharia Mecânica – ITA/IEM			
8. PALAVRAS-CHAVE SUGERIDAS PELO AUTOR: Cupim; Cimento; Estruturas			
9. PALAVRAS-CHAVE RESULTANTES DE INDEXAÇÃO: Cupim; Dilema; Construção			
10. APRESENTAÇÃO: (X) Nacional () Internacional ITA, São José dos Campos. Curso de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Aeronáutica e Mecânica. Área de Sistemas Aeroespaciais e Mecatrônica. Orientador: Prof. Dr. Adalberto Santos Dupont. Coorientadora: Prof ^a . Dr ^a . Doralice Serra. Defesa em 05/03/2015. Publicada em 25/03/2015.			
11. RESUMO: Aqui começa o resumo do referido trabalho. Não tenho a menor idéia do que colocar aqui. Sendo assim, vou inventar. Lá vai: Este trabalho apresenta uma metodologia de controle de posição das juntas passivas de um manipulador subatuado de uma maneira subótima. O termo subatuado se refere ao fato de que nem todas as juntas ou graus de liberdade do sistema são equipados com atuadores, o que ocorre na prática devido a falhas ou como resultado de projeto. As juntas passivas de manipuladores desse tipo são indiretamente controladas pelo movimento das juntas ativas usando as características de acoplamento da dinâmica de manipuladores. A utilização de redundância de atuação das juntas ativas permite a minimização de alguns critérios, como consumo de energia, por exemplo. Apesar da estrutura cinemática de manipuladores subatuados ser idêntica a do totalmente atuado, em geral suas características dinâmicas diferem devido a presença de juntas passivas. Assim, apresentamos a modelagem dinâmica de um manipulador subatuado e o conceito de índice de acoplamento. Este índice é utilizado na sequência de controle ótimo do manipulador. A hipótese de que o número de juntas ativas seja maior que o número de passivas ($n_a > n_p$) permite o controle ótimo das juntas passivas, uma vez que na etapa de controle destas há mais entradas (torques nos atuadores das juntas ativas), que elementos a controlar (posição das juntas passivas).			
12. GRAU DE SIGILO: (X) OSTENSIVO () RESERVADO () CONFIDENCIAL () SECRETO			