8.4 O resumo terá o peso de 20% sobre a nota final e será avaliado quanto a:

a) CLAREZA E OBJETIVIDADE (apresentação de forma clara e objetiva dos elementos mais importantes do trabalho); e

b) ADEQUAÇÃO LINGUÍSTICA (uso de linguagem apropriada).

**RESUMO**

Com o avanço da tecnologia de fabricação de circuitos integrados, cada vez mais parâmetros devem ser considerados durante a caracterização elétrica de circuitos para solucionar desafios como os de efeito de variabilidade do processo. Consequentemente, aumenta-se o tempo de caracterização devido às tradicionais técnicas baseadas em simulações elétricas exaustivas. A adoção de técnicas de aprendizado de máquina está sendo aplicada nas ferramentas do fluxo de projeto digital em muitos níveis de abstração, entretanto até o momento ainda não está sendo adotada na caracterização elétrica de portas lógicas, principalmente considerando os desafios de tecnologias nanométricas. Portanto, o objetivo principal desta pesquisa é avaliar algoritmos de regressão de aprendizado de máquina (regressão linear múltipla, máquina de vetores de suporte, árvores de decisão e floresta aleatória) como alternativa à simulação elétrica exaustiva no projeto de caracterização de células. Este projeto adota um primeiro estudo de caso: a caracterização elétrica de um inversor usando a tecnologia CMOS. Especificamente, este trabalho irá prever separadamente os valores da energia e os tempos de propagação desse circuito. Uma análise comparativa é feita entre os modelos para cada uma dessas variáveis, a fim de entender qual é o melhor modelo de regressão para a tarefa. O algoritmo com a função de custo menor, ou seja, menor erro quadrático médio, provou ser a floresta aleatória para todas as variáveis preditas. Os resultados iniciais deste trabalho foram publicados em uma conferência regional e os resultados finais serão submetidos a uma conferência internacional. A continuidade do trabalho prevê explorar redes neurais na predição do comportamento elétrico, outros circuitos e outras tecnologias de fabricação de circuitos integrados.

8.5 O vídeo terá o peso de 80% sobre a nota final e será avaliado quanto a:

a) CONTEÚDO (se abrange os elementos mais importantes do trabalho);

~~b) ATRATIVIDADE (capacidade de despertar interesse);~~

~~c) ADEQUAÇÃO AO TEMPO DISPONÍVEL (boa distribuição do tempo);~~

d) CLAREZA E OBJETIVIDADE (apresentação de forma clara e objetiva dos elementos mais importantes do trabalho);

e) COMUNICABILIDADE (se conseguiu transmitir de forma clara a essência do trabalho desenvolvido);

f) ORIGINALIDADE do trabalho (se o trabalho tem aspecto diferencial ou de inovação);

g) RELEVÂNCIA do trabalho para a comunidade científica (contribuição para o desenvolvimento do pensamento científico); e

h) ADAPTABILIDADE/CONTINUIDADE do plano de atividades durante o período de distanciamento social devido à pandemia do Coronavírus (COVID-19).

**ROTEIRO**

[1]Você sabe como que esse aparelho que você está utilizando foi construído? [2]Provavelmente você deve ter uma noção dos seus principais componentes, mas no nível mais básico temos o que proporcionou uma revolução na computação: [3]o transistor. Hoje os transistores são muito mais pequenos do que essa imagem, sendo a tecnologia mais [4]recente de apenas 2 nm! Isso é menor do que o diâmetro do seu DNA (2,5 nm)[5], então sim absurdamente pequeno. [6]Por serem tão microscópicos, esses equipamentos estão à mercê de todo tipo de interferência, o que é um problema muito grande quando estamos [7]produzindo chips, pois não queremos lançar um equipamento que troque os valores de um bits, já que isso não só gera informações conflitantes, mas também afeta o consumo de energia[8] e atraso de resposta do aparelho. Para mitigar esse tipo de variabilidade, diversas [9]simulações são feitas durante a produção, só que elas podem demorar muito, e para nossa sociedade, tempo é dinheiro. Nesse sentido, com a enorme primavera de inovações criada por [10]algoritmos de Aprendizado de Máquina, podemos tomar proveito dessas técnicas para garantir que todo esse processo seja mais confiável, rápido e barato.

Olá, meu nome é Gabriel Jacinto, fui bolsista PIBIC pelo CNPQ nesse último ano, e, juntamente com a professora Cristina do ECL, pesquisei sobre a predição da caracterização elétrica de circuitos com algoritmos de Aprendizado de Máquina e aqui apresento meus resultados. [a]O objetivo da nossa pesquisa foi fazer um primeiro estudo em um circuito inversor para prever os seus atrasos e sua energia.

O circuito inversor é feito a partir de dois transistores, como na figura, e sua função é inverter o sinal que está sendo passado, ou seja, se temos o valor 1 na entrada, teremos o valor 0 na saída e vice-versa. Na simulação, calculam-se os valores para seu atraso, que é o tempo que o sinal demora para se propagar pelo circuito, e o valor da energia gasta. São essas características elétricas que queremos prever neste trabalho. Como estamos trabalhando com valores contínuos e não grupos (como se um animal é um cão ou um gato) estamos fazendo uma tarefa de regressão e não de classificação.

Cada algoritmo estará aprendendo a prever os valores de atraso de subida (tphl), o atraso de descida (tplh) e a energia (iint) do nosso inversor. Dessa forma, treinamos quatro algoritmos clássicos de regressão:

* [b]a regressão linear múltipla, onde nosso valor predito é descrito na pela seguinte equação, onde os tetas são os pesos de cada valor das variáveis de entrada. O que se deseja é encontrar os valores de cada peso que minimizem nossa medida de performance.
* [c]a máquina de suporte de vetores, que dado um valor epsilon, o SVR calcula uma margem em torno do hiperplano da função de previsão, onde tentamos ajustar o máximo de observações possível entre a área definida pelas margens e reduzir os valores que são fora dessa.
* [d]as árvores de decisão, que funciona criando uma estrutura em árvore com nós internos com testes que são feitos para prever a qual nó folha o valor será atribuído, retornando, em nosso caso, um valor contínuo.
* [e]e por fim a floresta aleatória, que calcula um grande número de árvores de decisão com profundidades diferentes e, em seguida, calcula a média de todas as previsões para estimar o valor.

[f]Para avaliar como eles performam em suas predições vamos usar a métrica conhecida como erro quadrado médio. [g]Aqui podemos ver em mais detalhes todas as nossas variáveis de entrada junto com seus valores e nossas variáveis a serem preditas. No final da simulação e após remover alguns valores discrepantes, tivemos um conjunto de 111.000 dados, sendo 80% para o treinamento do algoritmo e 20% para o teste dele a fim de se evitar o overfit.

[h]Um detalhe importante que tivemos que ajustar em nossos dados foi a escala das nossas variáveis de predição, já que a magnitude delas é muito pequena (estamos falando de uma escala menor que nano). Logo, nós aplicamos a seguinte fórmula, conhecida como MinMaxScaler, em todos os valores para que eles ficassem entre o intervalo zero e um. A distribuição de nossas variáveis de predição ficou da seguinte forma, nós vamos usar essa distribuição para visualizar de forma mais intuitiva as predições feitas por cada algoritmo.

[i]Como podemos ver, para o TPHL, é quase impossível ver algum erro nas curvas preditas pelas árvores de decisão e pela floresta aleatória e isso fica ainda mais claro quando analisamos os resultados do erro quadrático médio, que nos diz que o melhor algoritmo foi realmente o florestas aleatórias e o pior a regressão linear múltipla. Seguindo para o TPLH, nossa curva característica aqui em laranja, podemos ver que o mesmo padrão se repete, com o melhor algoritmo sendo as florestas aleatórias e o pior a regressão linear múltipla. Por fim temos a energia, com sua curva aqui em verde e mais achatada, e, sem surpresa nenhuma, o florestas aleatórias ganha novamente dos outros algoritmos. É interessante notar a pequena diferença entre os erros dela e das árvores de decisão, o que faz sentido, já que a floresta em si é composta por diversas árvores.

[j]Nessa conjuntura, podemos ver que o nosso algoritmo campeão foi o florestas aleatórias, o que já era até esperado, já que é um dos algoritmos mais poderosos. Podemos concluir que algoritmos de machine learning são capazes sim de prever a caracterização elétrica de circuitos. Contudo, esses algoritmos ainda são relativamente simples quando olhamos para o cenário atual de pesquisa em aprendizagem de máquina, então à medida que formos pegando circuitos cada vez mais complexos para fazer a predição, muito provavelmente iremos usar de técnicas mais robustas como redes neurais. Tudo isso com o intuito de acelerarmos o processo de simulação de circuitos. [k]Quando iniciei esse trabalho há um ano, a pandemia já estava ocorrendo, então não tive que adaptar minhas pesquisas pois já nos encontrávamos em sistema remoto e por sorte como todos os recursos que precisei acessar estavam disponíveis em servidores (que caiam de vez em quando, mas nada muito sério) não ocorreu um impacto grande no desenvolvimento do plano de atividades. [l]Por fim, com os resultados desse trabalho foi possível criar um artigo que foi publicado e apresentado no Simpósio Sul de Microeletrônica. Obrigado!