

Busca Adaptativa em Grandes Vizinhanças Aplicada à Determinação de Leiautes de Circuitos Eletrônicos

Vinicius Gandra Martins Santos

Universidade Federal de Ouro Preto

gandra.vinicius@gmail.com

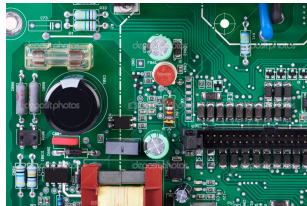
1 de Agosto de 2017

Sumário

- 1 Introdução
- 2 Fundamentação Teórica
- 3 Desenvolvimento
- 4 Experimentos
- 5 Conclusão

Circuitos Integrados

- Interconexão de componentes (diodos, transistores, capacitores, etc);
- Componentes ligados por fios condutores;
- Componentes dispostos sobre um substrato fino de material semiconductor;
- Diferentes disposições dos componentes geram diferentes leiautes.



Circuitos Integrados de Larga Escala

A microeletrônica promove a miniaturização dos componentes e da origem aos Circuitos Integrados de Larga Escala (*Very Large Scale Integration*, VLSI)

- Circuitos compostos por milhares de componentes;
- Disposição dos componentes influenciam no tamanho do circuito;
- Circuitos menores, com leiaute mais compactado, são mais rápidos e baratos.

Representação

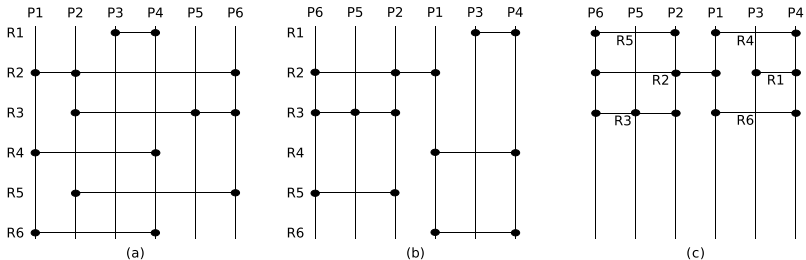


Figura: Matriz de portas programáveis (a) original, permutada (b), e compactada (c).

Determinação de Leiautes de Matrizes de Portas

- O Problema de Determinação de Leiaute de Matrizes de Portas (GMLP, do inglês *Gate Matrix Layout Problem*) consiste em determinar a permutação ótima de portas de modo a minimizar a quantidade de trilhas necessárias para implementar o circuito integrado correspondente e consequentemente minimizar a área e custo de produção do mesmo.

Motivação e Objetivos

Motivação

- O problema possui aplicações práticas na engenharia e indústria;
- Este trabalho tem equivalência com outros problemas na literatura;
- O GMLP é um problema NP-Difícil.

Objetivos

- Realizar pesquisa para geração de embasamento teórico e revisão bibliográfica sobre o GMLP e o ALNS;
- Implementar o ALNS e avaliar os resultados obtidos com os melhores resultados da literatura.

Instância

Matriz $m \times n$ $M = m_{ij} \rightarrow \{1, 0\}$

$$m_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{se somente se, a rede } i \text{ incluir a porta } j, \\ 0 & \text{caso contrário.} \end{cases} \quad (1)$$

| | <i>P1</i> | <i>P2</i> | <i>P3</i> | <i>P4</i> | <i>P5</i> |
|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| <i>R1</i> | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| <i>R2</i> | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| <i>R3</i> | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| <i>R4</i> | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| <i>R5</i> | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <i>R6</i> | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |

Propriedade dos 1s Consecutivos

| | <i>P1</i> | <i>P2</i> | <i>P3</i> | <i>P4</i> | <i>P5</i> |
|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| <i>R1</i> | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| <i>R2</i> | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| <i>R3</i> | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| <i>R4</i> | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| <i>R5</i> | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <i>R6</i> | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |

(a)

| | <i>P1</i> | <i>P2</i> | <i>P3</i> | <i>P4</i> | <i>P5</i> |
|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| <i>R1</i> | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| <i>R2</i> | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| <i>R3</i> | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| <i>R4</i> | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| <i>R5</i> | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <i>R6</i> | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |

(b)

A solução para o GMLP é avaliada de acordo com a soma de cada coluna da matriz M^π .

$$Z_{GMLP}(M^\pi) = \max_{j \in \{1, \dots, n\}} \sum_{i=1}^m m_{ij}^\pi \quad (2)$$

Função Objetivo

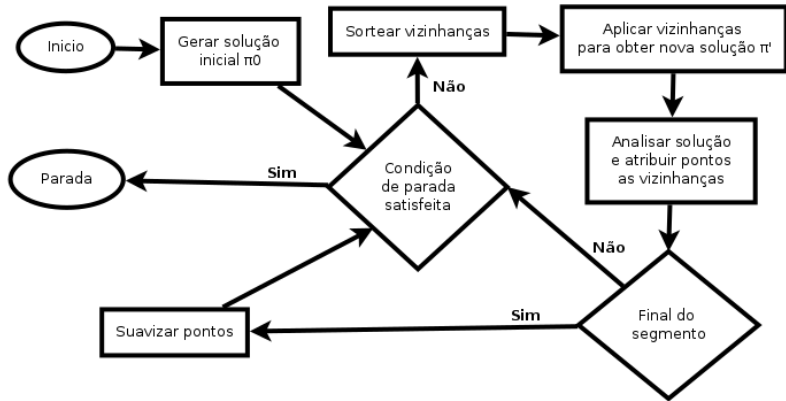
$$\min_{\pi \in \Pi} Z_{GMLP}(M) \quad (3)$$

Determinar uma matriz M^π corresponde que minimize a quantidade necessária de trilhas para implementar o circuito equivalente, ou seja, encontrar a permutação que possuir o menor gargalo.

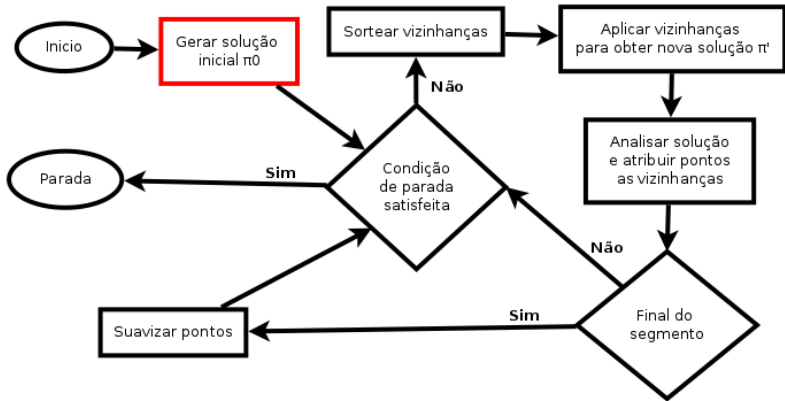
Busca Adaptativa em Grandes Vizinhanças

- Ropke e Pisinger (2006) propuseram a metaheurística Busca Adaptativa em Grandes Vizinhanças (Adaptive Large Neighborhood Search, ALNS). O ALNS utiliza buscas locais e perturbações para explorar uma porção ampla das possíveis soluções para problemas combinatórios.

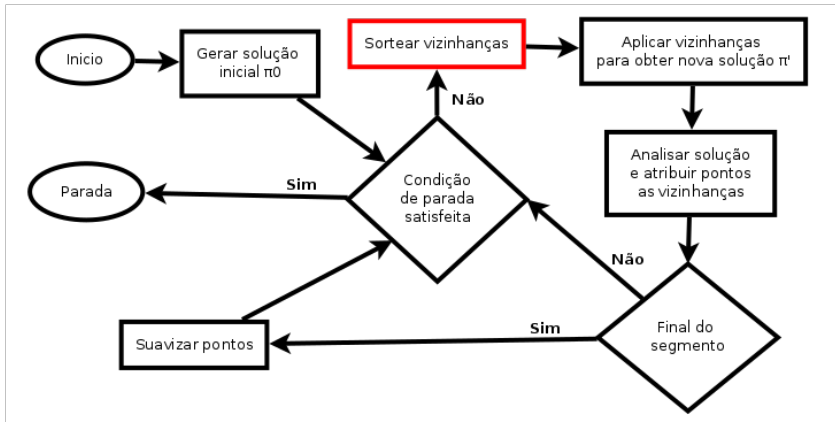
ANLS



ANLS



ANLS



Vizinhanças

Vizinhanças

Conjunto de soluções similares obtidas através de simples movimentos.

Vizinhanças de Remoção

- Recebe solução representada por uma sequência de portas π ;
- Remove q portas da solução.

Vizinhanças de Inserção

- Recebe solução parcial e um conjunto γ de portas para inserção;
- Cada porta de γ é selecionada aleatoriamente e inserida na solução.

Vizinhanças de Remoção

- Remoção de Colunas Críticas;
- Remoção de Uns Consecutivos em Colunas Críticas;
- Remoção de Uns Consecutivos em Linhas;
- Remoção Aleatória;
- Remoção de Portas Relacionadas.

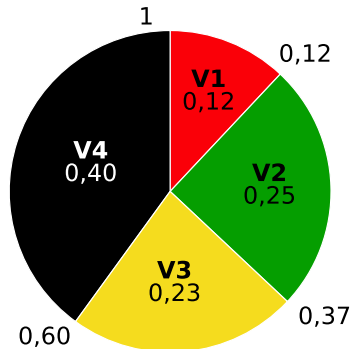
Vizinhanças de Inserção

- Inserção Aleatória;
- Inserção Limitada por Coluna;
- Inserção na Melhor Posição;
- Inserção por Arrependimento.

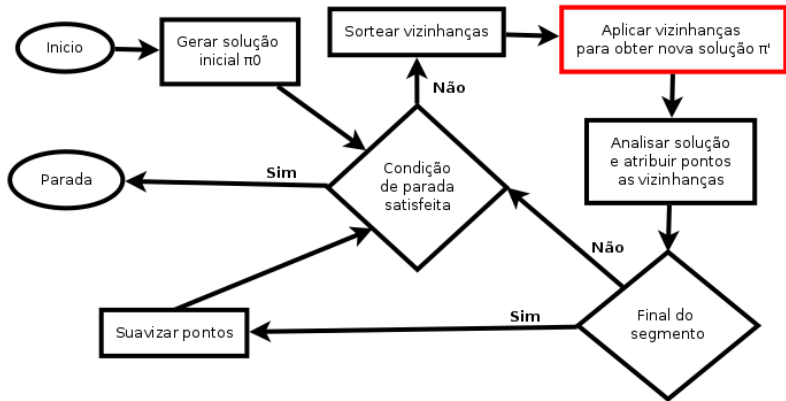
Roleta

A seleção das vizinhanças são feitas através do método da roleta.

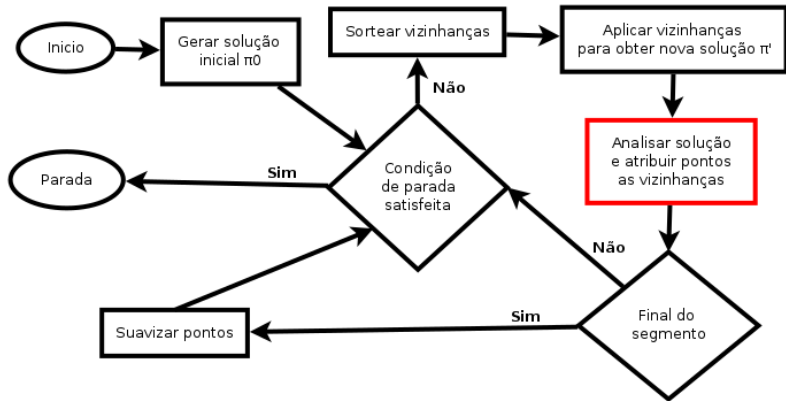
- Roleta é representada no intervalo $R = [0...1] \in \mathbb{R}$;
- Cada vizinhança i recebe uma fatia proporcional à sua probabilidade de ser selecionada;
- $v1 = 60$, $v2 = 125$,
 $v3 = 115$, $v4 = 200$.



ANLS



ANLS



Pontuação

A cada iteração as vizinhanças selecionadas recebem pontos de acordo com seu desempenho.

- σ_1 , quando as heurísticas (remoção e inserção) resultaram na melhor solução até o momento;
- σ_2 , quando as heurísticas resultaram em uma solução cujo custo seja menor que o da solução corrente; e
- σ_3 , quando as heurísticas resultaram em uma solução que é aceita por um critério de aceitação, porém com o custo maior que o da solução corrente.

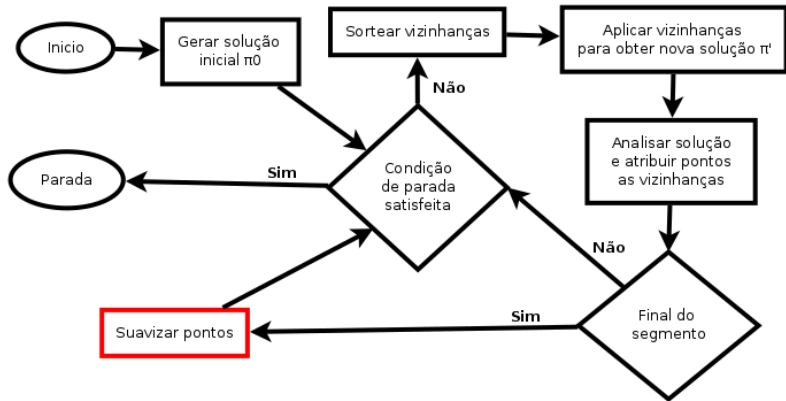
Critério de aceitação

Uma solução π' gerada a partir de outra solução π é aceita com probabilidade calculada de acordo com a Equação:

$$e^{-(f(\pi')-f(\pi))/T} \quad (4)$$

- T – Temperatura;
- $T_{start} = 0,05f(\pi_0)/\ln 2$ – Temperatura inicial;
- $T = T \times c$ – Expressão de resfriamento.
- $c \in \{0...1\}$ – Taxa de resfriamento;

ANLS



Suavização

As execuções do ALNS são divididas em segmentos de θ iterações. Ao final de cada segmento os pontos acumulados das vizinhanças são suavizados no intuito de diminuir a discrepância entre eles.

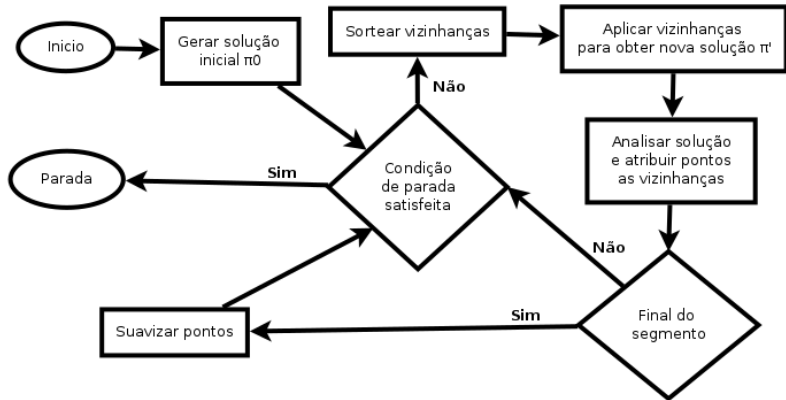
- $r_{i,j}$ são os pontos observados da heurística i no segmento j ;
- a_i é o número de vezes que a heurística i foi chamada durante o segmento j ;
- $\rho \in (0, 1)$ é o fator de reação.

$$r_{i,j+1} = \rho \frac{\bar{r}_{i,j}}{a_i} + (1 - \rho)r_{i,j} \quad (5)$$

$$r_j = [29.48, 3.28, 1.50, 2.69]$$

$$r_{j+1} = [2.56, 1.28, 0.62, 1.17]$$

ANLS



Ambiente Computacional

- Processador *Intel Core i5* 3.0 GHz;
- 8 GB RAM;
- Ubuntu 15.10;
- Código escrito em C++, compilado com g++ 5.2.1.

Parâmetros Utilizados

Para os experimentos apresentados neste trabalho, os parâmetros necessários foram determinados usando a ferramenta *irace* (López-Ibáñez et al., 2016)

| Parâmetros | Valor Escolhido | Intervalo |
|--------------------------|-----------------|----------------------------|
| σ_1 | 15 | [5, 10, ..., 45, 50] |
| σ_2 | 25 | [5, 10, ..., 45, 50] |
| σ_3 | 5 | [5, 10, ..., 45, 50] |
| Taxa de Resfriamento c | 0,23 | [0,00 .. 1,00] |
| Fator de Reação ρ | 0,66 | [0,00 .. 1,00] |
| Número de Iterações | 800 | [300, 400, ..., 900, 1000] |
| Tamanho de cada Segmento | 60 | [30, 40, ..., 90, 100] |

Conjuntos de Instâncias

- VLSI – 25 instâncias reais;
- SCOOP Consortium – 24 instâncias MOSP reais de duas empresas moveleiras europeias;
- Faggioli & Bentivoglio (F & B) – 300 instâncias artificiais;
- First Constraint Modeling Challenge – 46 instâncias artificiais;
- Instâncias MOSP – 200 instâncias MOSP de maiores dimensões geradas aleatoriamente por Chu e Stuckey (2009).

10 testes foram executados para cada conjunto de instâncias.

Conclusão

- Este trabalho propôs pela primeira vez a utilização do método ALNS para solução do GMLP. Os resultados preliminares foram satisfatórios e demonstraram a eficiência e robustez do método proposto;
- Os trabalhos futuros serão concentrados em aprimorar as vizinhanças utilizadas e o ALNS com o intuito de obter melhores resultados, e também otimizar o código em busca de melhores tempos de execução.

Fim