

基于遗传算法的 CMOS 电路设计优化

CMOS Circuit optimized by Genetic Algorithm

广州大学 贺怡通

2017 年 9 月 7 日

Abstract

摘要: 在芯片设计中, 调整各 MOS 管的参数至关重要。文中利用遗传算法实现了对电路多个性能指标同时优化。同时也可自定义的指标倾向以适应不同的电路设计环境。新方法在设计大规模集成电路的时候有明显的速度优势, 降低了电路设计难度。

关键词: CMOS, 遗传算法, 芯片设计

Abstract: Optimizing parameters is very important in IC Design. This paper presents a method to optimize the circuit indicators by genetic algorithm. At the same time, it can also adapt to different environments by setting targets. This new method has a speed advantage in IC Design and reduces the difficulty.

Key words: CMOS, Genetic Algorithm, IC Design

| | | | |
|----------|---|--------------|---|
| 目录 | | | |
| 1 引言 | 2 | 2.5 生存条件 | 2 |
| 2 遗传算法概述 | 2 | 2.6 交配 | 2 |
| 2.1 结构 | 2 | 2.7 变异 | 2 |
| 2.2 初始化 | 2 | 3 遗传算法优化电路参数 | 3 |
| 2.3 编码 | 2 | 3.1 编码 | 3 |
| 2.4 个体评价 | 2 | 3.2 个体评价 | 3 |
| | | 4 仿真和实验结果 | 3 |

1 引言

暂略

2 遗传算法概述

2.1 结构

“物竞天择，适者生存”是达尔文进化论的产物，也是遗传算法的出发点，通过自然选择的过程来优化系统并达到预期目标，其具体流程结构如下：¹。

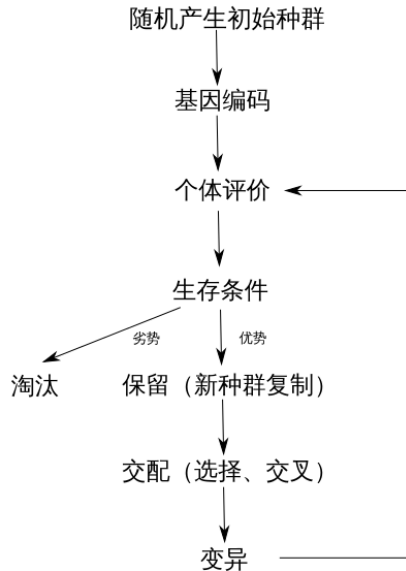


Figure 1: 遗传算法流程图

2.2 初始化

利用随机数产生一大小的样本空间，在这个样本空间中，不同的样本个体可能有截然不同的参数特性，它的多样性也保证了有足够的丰富度以供自然选择。

2.3 编码

编码部分是多数遗传算法的接入部分，也是应用算法至关重要的一个部分。通过一定规则的编码，将外部信息转换成可以用于训练的二进制信息。编码方式的选择在很大程度上决定了遗传算法的可行性、适应性以及计算精度。

2.4 个体评价

通过将个体基因内容解码，再与既定优化趋势进行比较。与既定优化趋势相符合的为优势性状，反之为劣势性状，并且由目标偏离程度来计算得分。

2.5 生存条件

经过个体评价后，根据得分来筛除掉一部分个体，这种筛除可以是划线式的硬性筛除，也可以根据概率来筛除，比如转轮筛选法等。当然也可以二者结合，确定一个硬性红线，然后再做二次筛除，在保留一定数据丰度的同时提高算法效率，也可以结合神经网络做多路径筛选。

2.6 交配

剩下的个体在经过生存条件筛选后得以保留，获得了交配的权利，其中优势性状越多的个体获得交配的概率也就相对越高，优势性状得以传承。且交配过程中不同个体的染色体可以互换，产生新的性状。

2.7 变异

除了正常交换以外，还可能发生染色体变异²和基因突变现象。

由生物学原理可知，基因经过交换可以产生新的基因型，但是无法产生新的基因，因此种群多样性受限。为了解决这一问题，我们采用加入

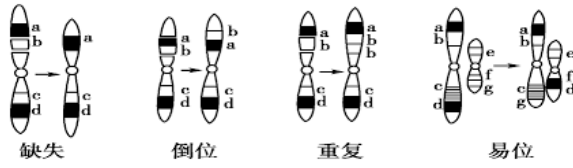


Figure 2: 染色体变异

一些随机数的方式来模拟小概率基因突变。这样做也是为了增加数据丰度，提供更多可能性。在变异完成之后新的种群重新进行自然选择的循环，直至预定目标。

3 遗传算法优化电路参数

3.1 编码

```
...
MPM5 ... W=100u L=.2u M=35
MNMF ... W=3u L=1u M=1
MPM6 ... W=4u L=1u M=1
MPM0 ... W=18u L=1u M=1
MPM2 ... W=4u L=1u M=1
MPM1 ... W=4u L=1u M=1
MNM1 ... W=2u L=7u M=1
MNM0 ... W=2u L=7u M=1
MNM3 ... W=6u L=2u M=1
MNM2 ... W=3u L=2.5u M=1
MPM4 ... W=20u L=1u M=1
MPM3 ... W=5u L=1u M=1
.END
```

Table 1: 网表文件示意图

在芯片设计中主要影响电路性能的参数就是各个 MOS 管的宽和长，以及它们之间的比例，因此编码也从这两个参数入手。考虑到二进制转换时候小数部分的精度问题，在这里需要做一些处理，比如先将所有数据都预先做倍乘处理，相当于将小数点的移位，等解码的时候再除回来。如果在其他模型中的参数为符号数，则可以引入补码机制来解决这一问题。考虑到数据处理上的方便，目前人为限定编码结果为固定长度，不足位则用 0 补充。

在确定二进制转换方法之后，将每一个 MOS 管的宽和长作为一个小组进行编码，单个个体携带一整套编码，也即包含了电路中所有 MOS 管的信息，具体个体的编码长度由下计算：

$$length = (W + L) * n$$

W 和 L 分别代表编码宽度和长度所需二进制数的个数，n 代表初始网表中 MOS 管的数量，这一值由正则表达式格式化网表文件¹后可得（详见 FILEIO.read）。按照这种样式一共随机生成五百个（粗略数）个体作为初始种群。

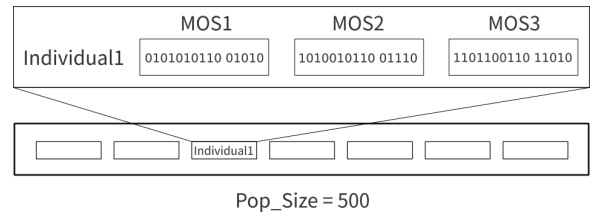


Figure 3: 编码

3.2 个体评价

针对不同的设计环境个体评价的方式也会不同，在本文中大体上来说有两个方向，一个是变化趋势，我需要某个分析出来的指标变大还是变小；二是指标权重，也就是每个指标对于整体分数的影响，比如我需要设计一个运放，那么电压增益这一指标就可以适当提高权重，最后个体得分采用加权平均计算。

$$\sum_{i=0}^n Indicator(i) * weight(i)$$

评价标准如下：

| 指标 | 权重 | 趋势 |
|----|----------|----|
| A | 0.232211 | + |
| B | 0.751256 | + |

Table 2: 评价标准示例

4 仿真和实验结果