

CMOS アナログ回路設計のためのパラメータ計算システムの開発

1210011 池田智哉 (回路工学研究室)

(指導教員 橘 昌良 教授)

1. はじめに

微細化，低電圧化された MOSFET (Metal-Oxide-Semiconductor Field Effect Transistor) の現段階での設計サイズの各種パラメータの値が従来の古典的な 2 乗特性を用いた式から求めると，大きく値がずれてしまうため，本研究では各種パラメータの値を古典的な 2 乗特性の式を利用せずに計算し，その計算値を利用して最終的には回路設計を行えるシステムを開発することを目的としている。

2. n チャネル MOSFET 回路の線形近似

先行研究で作成された gm, W/L の実測値表を元に表上における縦，横，斜めの線形近似を算出した。その計算方法は式 (2.1) である。

$$y = \frac{W}{L} \tag{2.1}$$

表 2.1 に横の線形近似の値のついて示す。

表 2.1 n チャネル MOSFET 回路の gm, W/L の横の線形近似

W/L	1.8 μm, 3.6 μm	3.6 μm, 5.4 μm	5.4 μm, 7.2 μm	7.2 μm, 9.0 μm	9.0 μm, 10.8 μm	10.8 μm, 12.6 μm	12.6 μm, 14.4 μm	14.4 μm, 16.2 μm
0.3,0.4	-0.03	-0.085	-1.1283	1.42333	0	-0.0583	0.4	-0.26
0.4,0.5	1.0638	0.38	1.1325	0.585	7.2625	-5.7025	3.33375	-1.535
0.5,0.6	7.58	5.922	5.551	4.382	3.642	10.115	2.015	6.079
0.6,0.7	24.768	11.0467	20.925	8.45333	17.1233	27.2258	26.4175	9.41667
0.7,0.8	35.519	23.3014	37.4829	14.8586	28.5714	29.9157	76.98	94.2829
0.8,0.9	30.007	42.4506	31.3569	28.125	75	30.315	9.2625	37.5087
0.9,1	37.882	31.8933	37.3233	46.8211	5.55556	91.3844	-42.578	40.8111
1,1.1	38.548	38.1385	39.134	-0.546	50	-7.2075	8.715	-15.32
1,1.1,2	33.36	28.4986	55.0232	0.3	40.9091	-28.282	13.5273	20.3
1,2,1,3	23.862	31.5283	18.98	52.0417	4.16667	-0.9917	29.2667	2.18333
1,3,1,4	27.538	34.0588	-16.527	46.7923	46.1538	-10.619	50.5769	-12.265
1,4,1,5	30.238	24.615	18.3679	29.5393	10.7143	41.4893	11.4357	40.8964
1,5,1,6	22.208	23.2733	32.81	16.8933	33.3333	1.31	21.13	16.3667
1,6,1,7	25.558	18.8719	25.875	19.4156	-6.25	61.4125	-18.009	21.0094
1,7,1,8	18.826	21.6382	27.7	14.6118	29.4118	-7.9706	5.99706	45.2059

3. 線形近似に基づく近似解

n チャネル MOSFE 回路の gm, W/L の線形近似に基づいて近似解を求めた。gm は先行研究で得られた最高値 36.5 までの値を算出している。gm の値 0.1 から 36.5 を 0.1 ずつ算出した。gm の値と線形近似の商を取ることで近似解を求めた。データの量が縦，横，斜めそれぞれ 49275 個もあるため表 3.1 として記載しているものは近似解としてのものである。

表 3.1 W 1.8 μm の n チャネル MOSFET 回路の gm, W/L の縦の線形近似の近似解

傾き gm	-3.5	-2.7	-2.6	-2.1	-1.5	-1.3
0.1	-0.0286	-0.037	-0.03846	-0.047619	-0.0667	-0.0769231
0.2	-0.0571	-0.0741	-0.07692	-0.095238	-0.1333	-0.1538462
0.3	-0.0857	-0.1111	-0.11538	-0.142857	-0.2	-0.2307692
0.4	-0.1143	-0.1481	-0.15385	-0.190476	-0.2667	-0.3076923
0.5	-0.1429	-0.1852	-0.19231	-0.238095	-0.3333	-0.3846154
0.6	-0.1714	-0.2222	-0.23077	-0.285714	-0.4	-0.4615385
0.7	-0.2	-0.2593	-0.26923	-0.333333	-0.4667	-0.5384615
0.8	-0.2286	-0.2963	-0.30769	-0.380952	-0.5333	-0.6153846
0.9	-0.2571	-0.3333	-0.34615	-0.428571	-0.6	-0.6923077
1	-0.2857	-0.3704	-0.38462	-0.47619	-0.6667	-0.7692308
1.1	-0.3143	-0.4074	-0.42308	-0.52381	-0.7333	-0.8461538

4. プログラムの作成

線形近似及び近似解に基づいてプログラムを作成した。今回使用したプログラム言語は python である。このプログラムは線形近似の値に基づいて作成され，VGS の値を簡単に求めることができるものである。L については一定であり，180nm である一方，W の値が 1.8 μm, 3.6 μm, 5.4 μm, 7.2 μm, 9.0 μm, 10.8 μm, 12.6 μm, 14.4 μm, 16.2 μm と変化するため線形近似の値が変化する。そのため，各 W/L に対応したプログラムを作成している。図 4.1 には作成したプログラムの一部を掲載する。

```

1 #W=1.8, L=1.8
2 a = [-3.5, -2.7, -2.6, -2.1, -1.5, -1.3, -1.1, -0.7, -0.2, 0.4, 1.7, 3.4, 9, 10, 11]
3 path="C:/Users/Oer/Documents/智哉/program/data.txt"
4 with open(path, mode='w') as f:
5     for i in a:
6         for j in range(1, 366):
7             print(j*0.1/i)
8             print(str(j*0.1)+"/"+str(i))
9             ans=str(j*0.1)+"/"+str(i) + "=" + str(j*0.1/i) + "\n"
10            f.write(ans)
11
12 #W=3.6, L=1.8
13 a = [-9.7, -9.4, -7.8, -6.7, -3.4, -2, -0.8, 1.1, 1.5, 2.7, 4.9, 9.6]
14 path="C:/Users/Oer/Documents/智哉/program/data.txt"
15 with open(path, mode='w') as f:
16     for i in a:
17         for j in range(1, 366):
18             print(j*0.1/i)
19             print(str(j*0.1)+"/"+str(i))
20             ans=str(j*0.1)+"/"+str(i) + "=" + str(j*0.1/i) + "\n"
21            f.write(ans)
22

```

図 4.1 n チャネル MOSFE 回路の gm, W/L の線形近似に基づく近似解を用いたプログラム

5. まとめ

設計サイズの各種パラメータの値を 2 乗特性を用いた式から求めると，大きく値がずれてしまうが，このプログラムを作成したことでを利用して最終的には回路設計を行うことができる。算出結果は実測値と多少若干異なる理由はプログラムを作成する時の四捨五入だと考えられる。