

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検討

1241004 筒井一稀

(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 の現段階での設計サイズの各種パラメータの値は、従来の古典的な2乗特性を用いた式から求めると大きな誤差が生じる。そこで、本研究では各種パラメータの値を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指す。

2. 2点間の線形近似と近似解

先行研究で実測値に基づいて作成された g_m と λ を得るための回路設計表から、 g_m と λ の傾きをまとめた、線形近似表を作成した。(表2. 1)

表2. 1 nチャネルMOSFET回路の g_m の線形近似表

W/L	W 1.8 μ m L 180n m	W 3.6 μ m L 180n m	W 5.4 μ m L 180n m	W 7.2 μ m L 180n m	W 9.0 μ m L 180n m	W10.8 μ m L 180n m	W12.6 μ m L 180n m	W14.4 μ m L 180n m	W16.2 μ m L 180n m
VGS									
0.3,0.4	0.402	1.496	1.961	4.222	3.383	10.646	5.002	7.935	6.660
0.4,0.5	3.444	9.960	15.503	19.921	23.718	20.098	35.915	34.596	42.210
0.5,0.6	11.166	28.354	33.478	48.852	52.924	66.405	83.516	107.918	111.256
0.6,0.7	8.907	19.658	31.913	48.471	54.876	66.324	69.014	119.577	204.443
0.7,0.8	10.452	4.940	24.089	17.963	31.230	77.658	78.057	10.340	-46.434
0.8,0.9	1.714	9.589	-0.968	4.999	23.695	-45.750	15.320	-36.521	-33.218
0.9,1	-2.650	-1.983	4.262	6.072	-41.295	3.150	-95.442	-44.149	-100.281
1.1,1	-1.540	-6.728	-16.368	-0.479	0.367	-8.724	-29.798	-24.986	10.634
1.1,1.2	-0.217	-9.716	-6.686	-42.730	9.012	-27.730	-0.440	15.299	-2.817
1.2,1.3	-2.625	1.051	3.582	-31.925	-37.174	4.813	-4.815	16.496	2.047
1.3,1.4	-3.516	-0.815	-10.259	24.636	7.383	-28.057	24.052	-15.090	38.072
1.4,1.5	-1.326	-9.356	-10.698	3.744	-8.902	13.717	-26.462	-16.768	-41.297
1.5,1.6	-0.684	2.666	-1.736	-8.671	-6.148	-45.732	14.371	-24.769	-20.126
1.6,1.7	-1.113	-7.845	-5.078	-3.253	-8.057	27.604	-41.779	-17.772	6.424
1.7,1.8	-2.107	-3.379	-5.414	-11.645	-17.390	-19.024	-8.687	-9.628	-10.431

3. プログラムの作成

csvファイルとして g_m をもとにした回路設計表を配列に格納し、 g_m を算出するプログラムを作成した。なお、今回は図6. 2に示すような簡易な回路設計表をcsvとして読み込み、動作確認を行った。

このプログラムでは1列ずつ値をコンマ区切りで格納していき、行の終わるかwhile文の条件にあるように20行目まで読み込む。一行目がW/Lを、一列目がVGSを表しており、それらに対応するようにB2からC5までのセルに g_m の値が入力されている。

	A	B	C
1	0	1.8	3.6
2	1.1	3.197	6.533
3	1.2	3.176	5.562
4	1.3	2.913	5.667
5	1.4	2.561	5.585

図 3. 1 簡易な g_m をもとにした回路設計表

・表にない g_m を補完するプログラム (V_{GS} の値が表になく、W/Lは表にある場合)

$$g_m = d \times e \times f \quad (3.1)$$

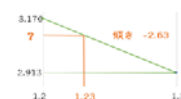
 d : g_m 傾き e : V_{GS} - バイアス f : g_m のy切片

図 3. 2 W/L=1. 8, VGS=1. 23 の場合の値の補完

値の補完は 5. 1 式により行うことができる。例えば W/L=1. 8, VGS=1. 23 の場合、図 6. 4 に示すような形で $g_m=3. 097$ を求めることができる。

```
f = 0;
e = 0;
d = 0;

for (k = 0; k <= 2; k++) {
    if (array[0][k] == a) {
        for (i = 0; i <= 4; i++) {
            if (array[i][0] < b && b < array[i + 1][0]) {
                for (j = 0; j <= 2; j++) {
                    if (array[0][j] == a) {
                        d = (array[i + 1][j] - array[i][j]) / (array[i + 1][0] - array[i][0]);
                        e = b - array[i][0];
                        f = array[i][j];
                    }
                }
                hokan1(d, e, f);
            }
        }
    }
}
```

図 3. 3 表から g_m をもとめるプログラム

・表にない g_m を補完するプログラム (W/Lの値が表になく、 V_{GS} は表にある場合)

$$g_m = d \times e \times f \quad (3.2)$$

 d : g_m 傾き e : W/L - バイアス f : g_m のy切片

W/Lの値が表にない場合も、同様にして 5. 2 式で、 g_m 補完することができる。

4. まとめ

・古典的な 2 乗特性の式を利用しない相互コンダクタンス g_m と λ を得るための回路設計表をもとに、線形近似を利用してnチャネルMOSFETで、ゲート-ソース間電圧 V_{GS} から相互コンダクタンス g_m をもとめるプログラムを C++で記述した。先行研究では、python を用いて、 g_m , gain, V_{GS} , V_{DS} , g_m の最大値を求めている。

今後については、

- ・C++で g_m 以外のパラメータを求められるようにする。
- ・ソース接地回路や、その他のアナログ回路での各種パラメータ算出プログラムの作成を行いたい。
- ・W/Lの値と V_{GS} の値が共に表にない場合の r_{ds} の補完値を求められるようにしたい。