

2022年5月31日(火)



集積回路システム工学 第7回講義

アナログ集積回路 調査研究事例 (2)

DACデコーダ回路とレイアウト設計

小林春夫

群馬大学大学院理工学府 電子情報部門

koba@gunma-u.ac.jp

下記から講義使用 pdfファイルをダウンロードしてください。

出席・講義感想もここから入力してください。

<https://kobaweb.ei.st.gunma-u.ac.jp/lecture/lecture.html>



集積回路での実現のしやすさ

規則的な回路の2次元配列(配置配線)



IC内で実現しやすい

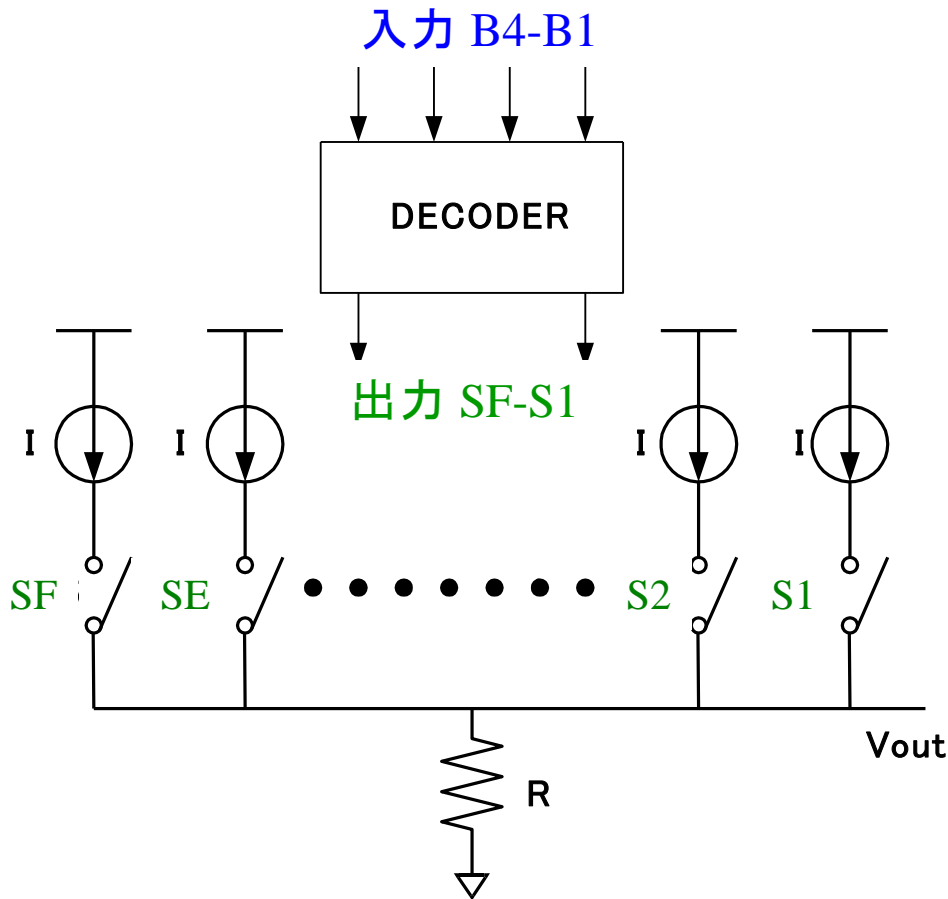


例

メモリ回路

セグメント型DA変換器のデコーダ回路

セグメント型DA変換器



4bitセグメント型DA変換器

● メリット

- ・グリッチが小さい
- ・入出力間の単調性が確保できる

● デメリット

- ・回路規模が大きい
- ・サンプリング速度がやや低下する

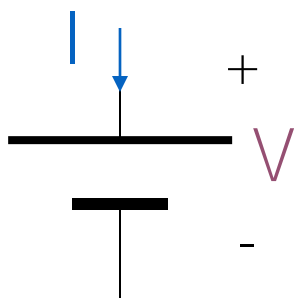
電圧源と電流源

電圧源： 流れる電流にかかわらず

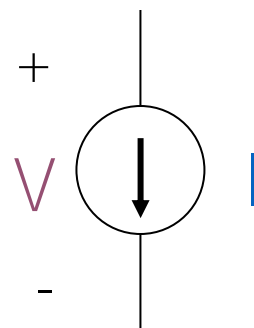
一定電圧 V を供給する。

電流源： 両端にかかる電圧にかかわらず

一定電流 I を供給する。

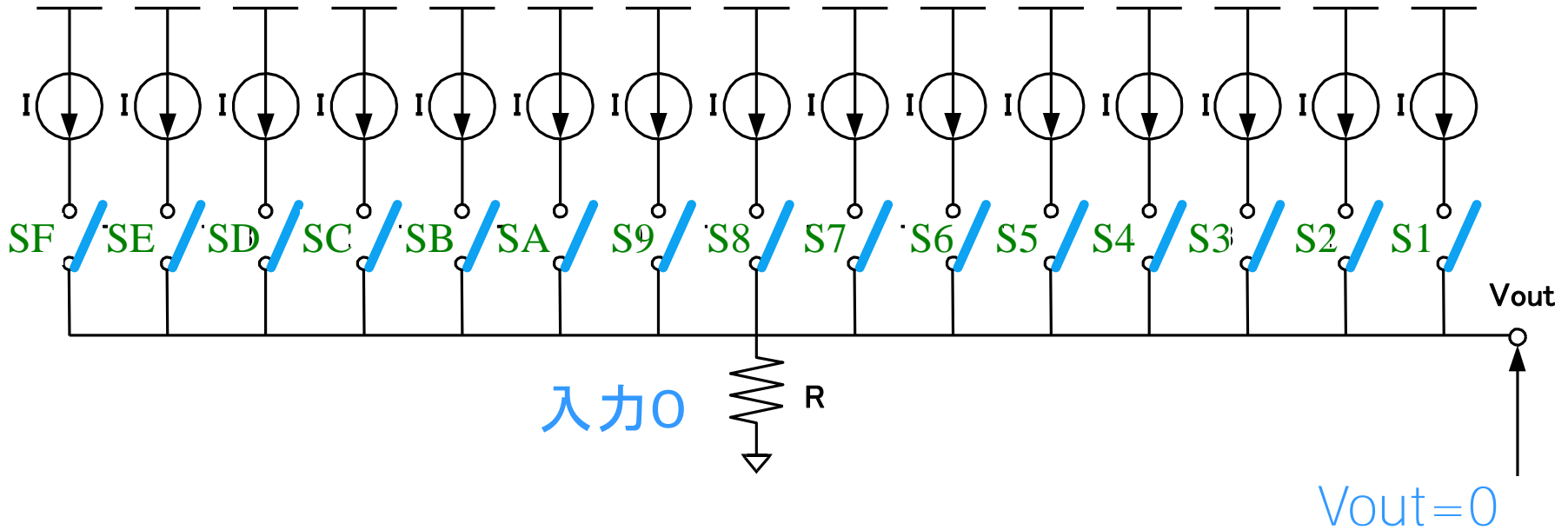


電圧源



電流源

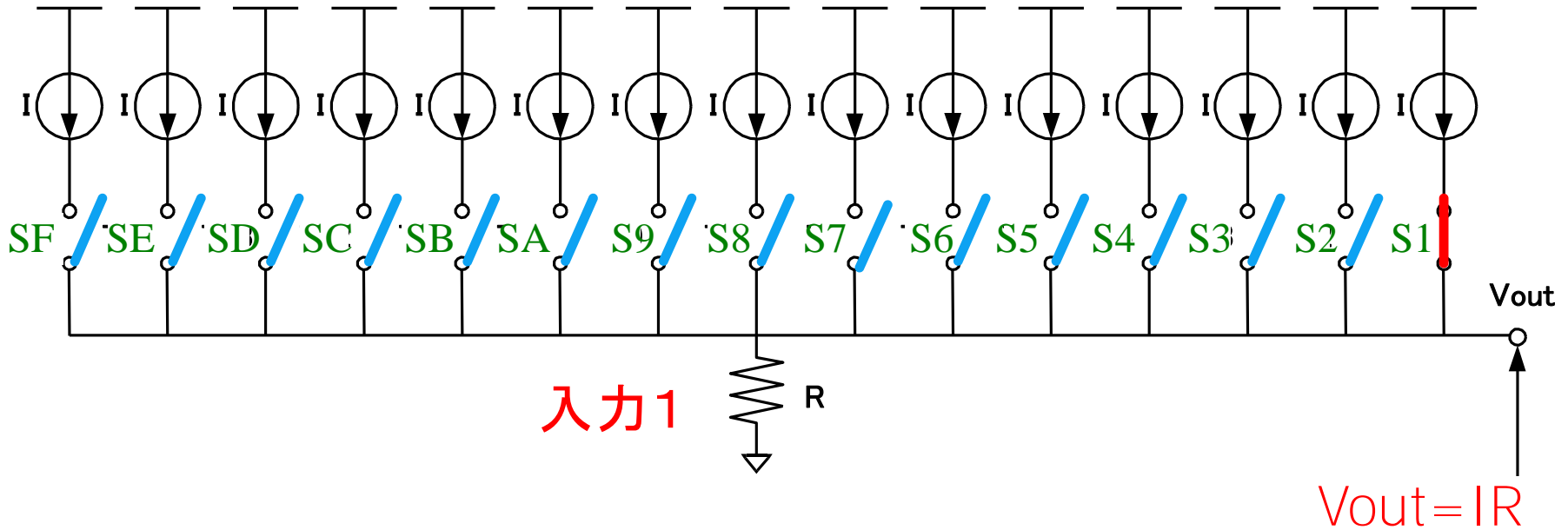
セグメント型DA変換器の動作



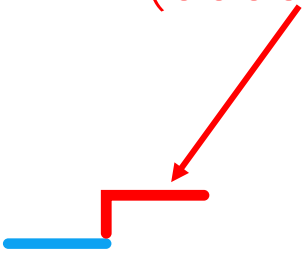
(0000000000000000)



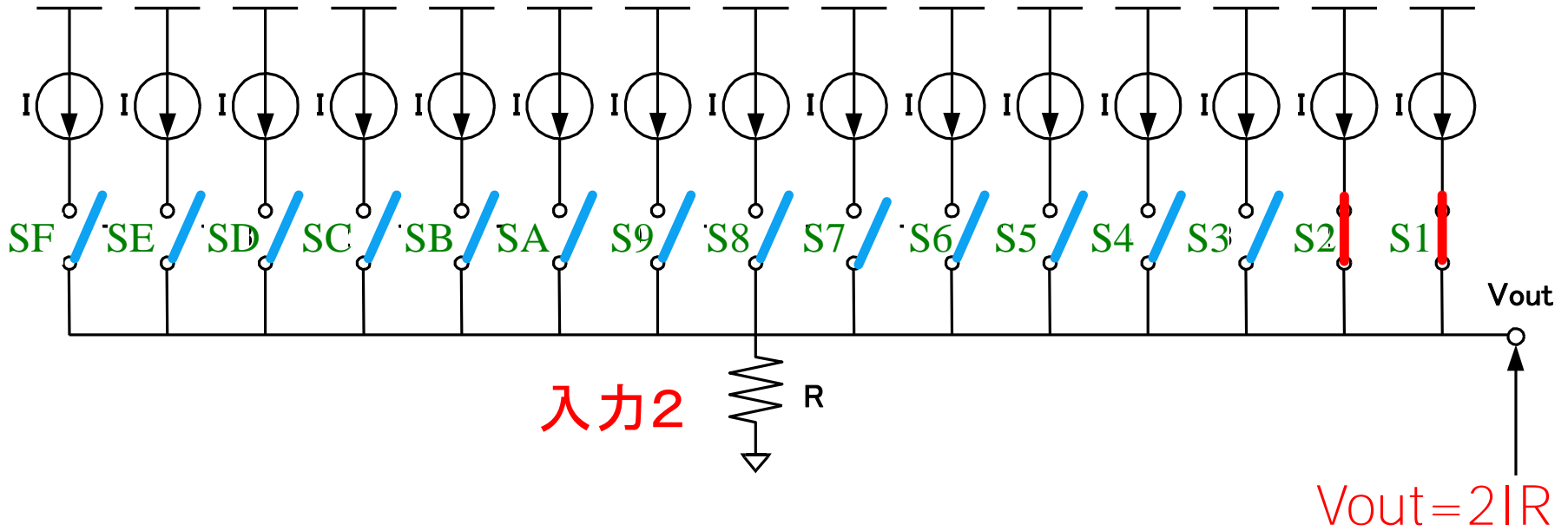
セグメント型DA変換器の動作



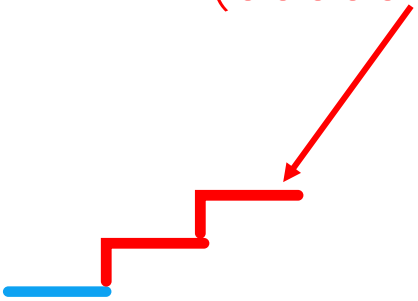
(0000000000000001)



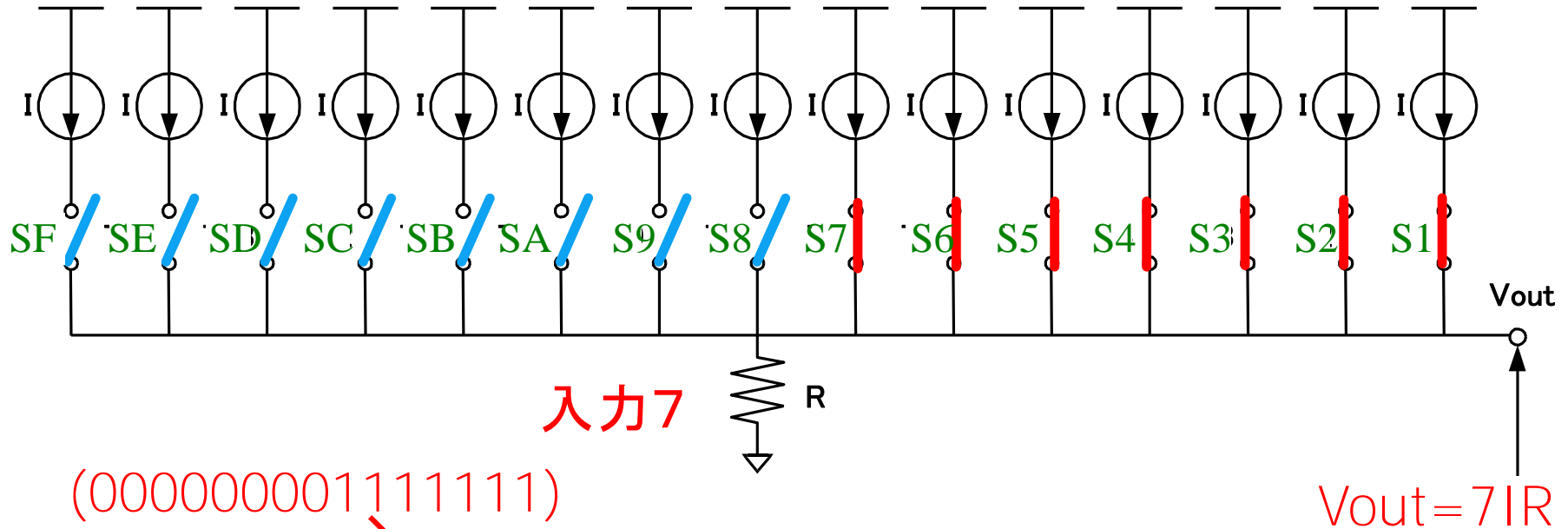
セグメント型DA変換器の動作



(0000000000000011)

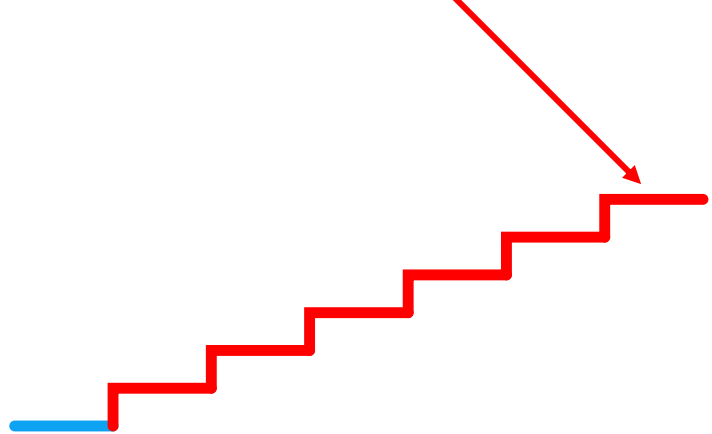


セグメント型DA変換器の動作

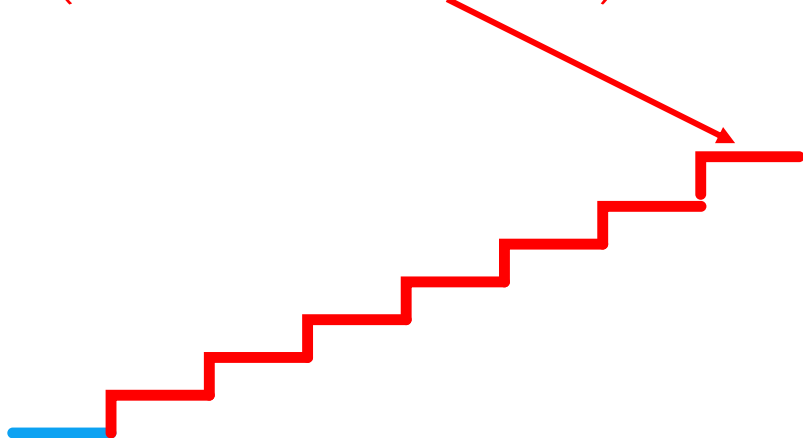
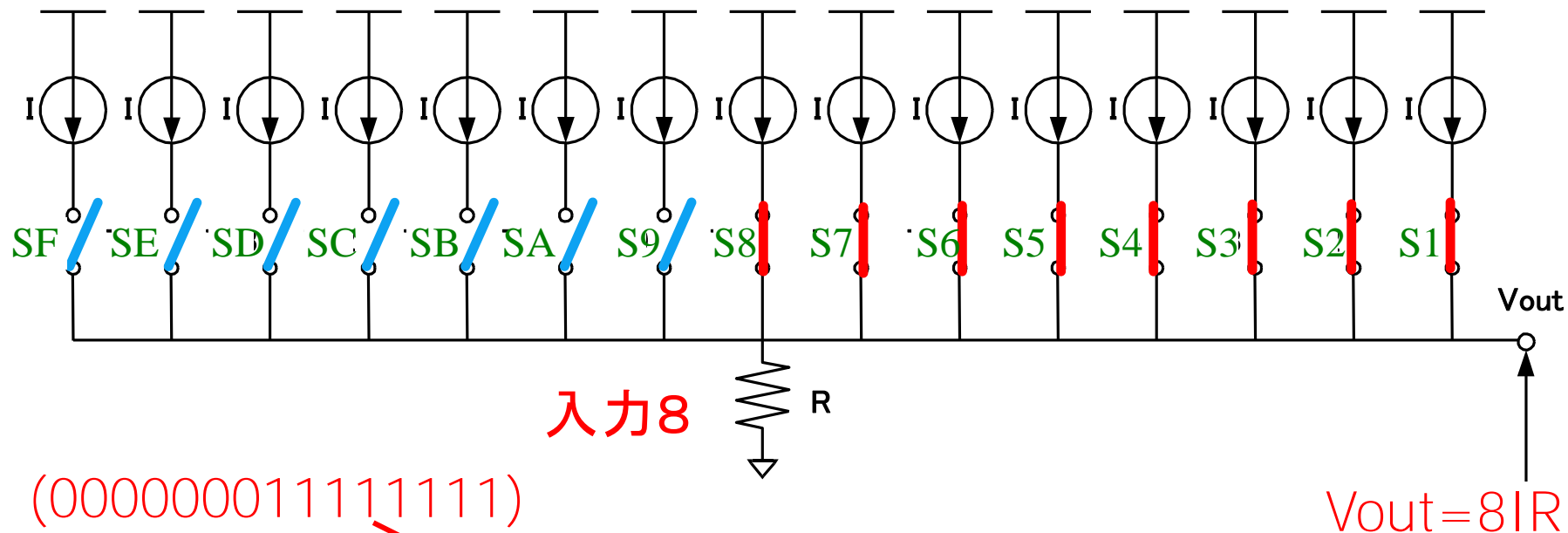


(000000001111111)

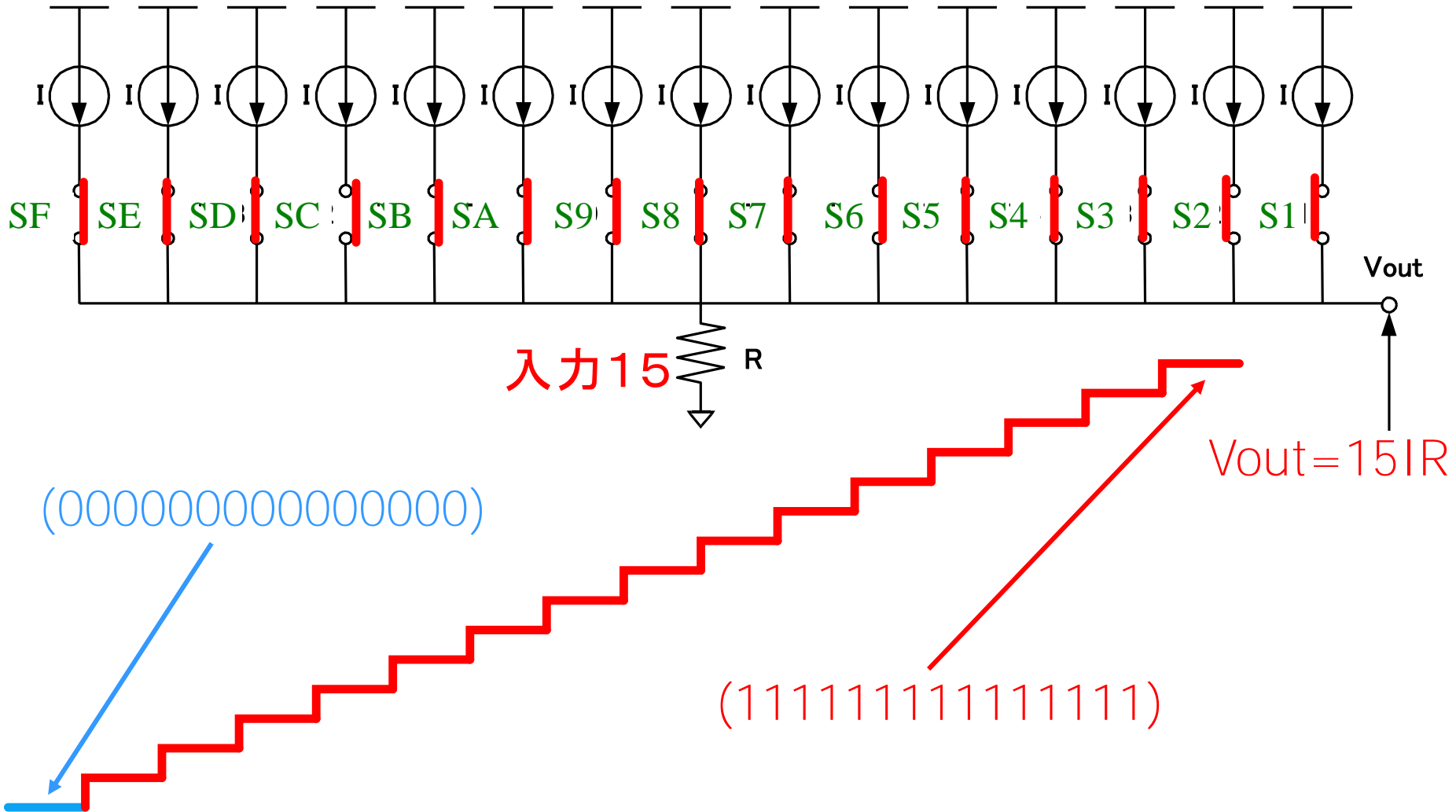
$$V_{out} = 7IR$$



セグメント型DA変換器の動作



セグメント型DA変換器の動作



温度計コード



棒温度計

4bit Binary Code

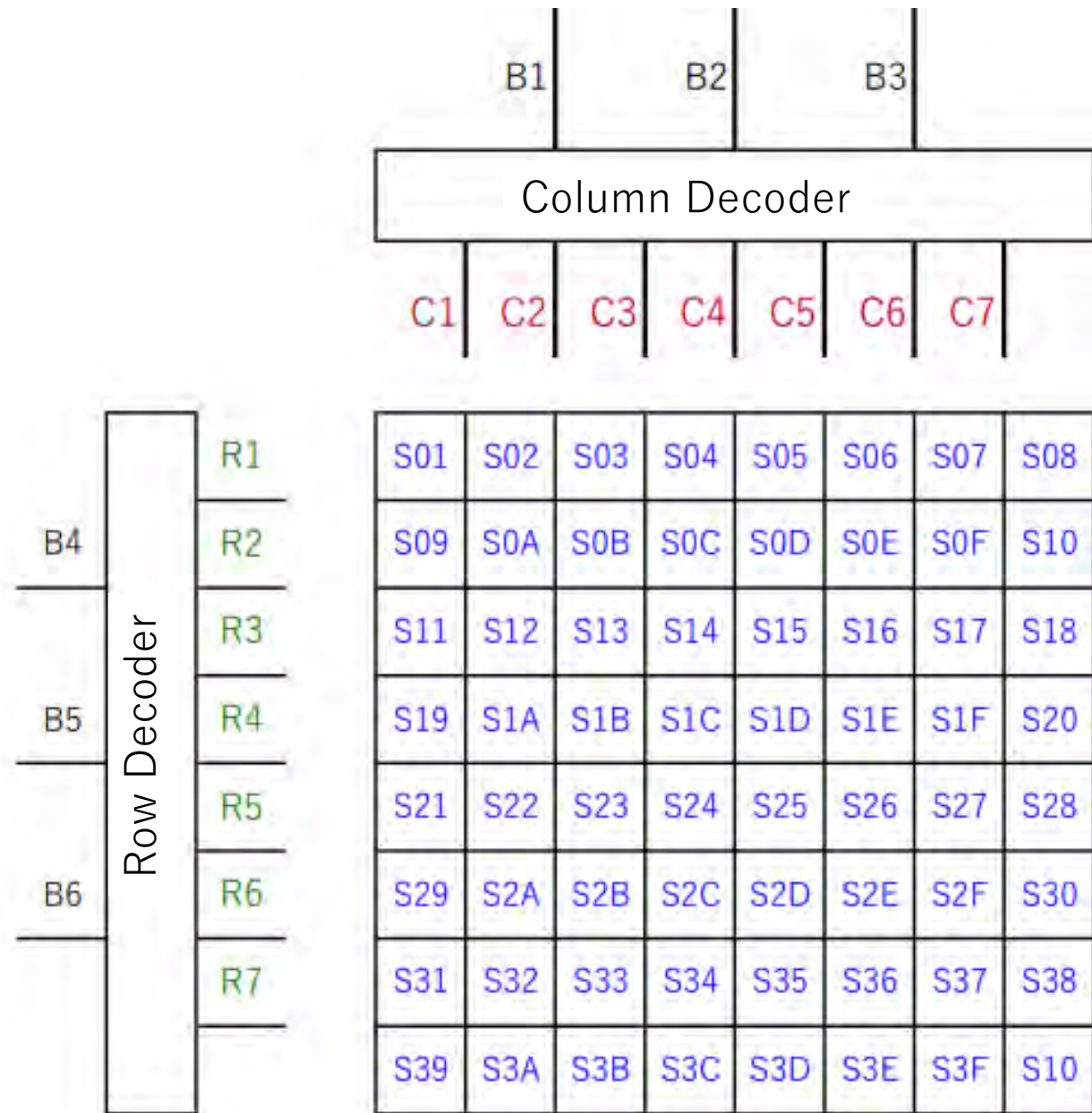
Thermometer Code

B4	B3	B2	B1	TF	TE	TD	TC	TB	TA	T9	T8	T7	T6	T5	T4	T3	T2	T1
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1
0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	0	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

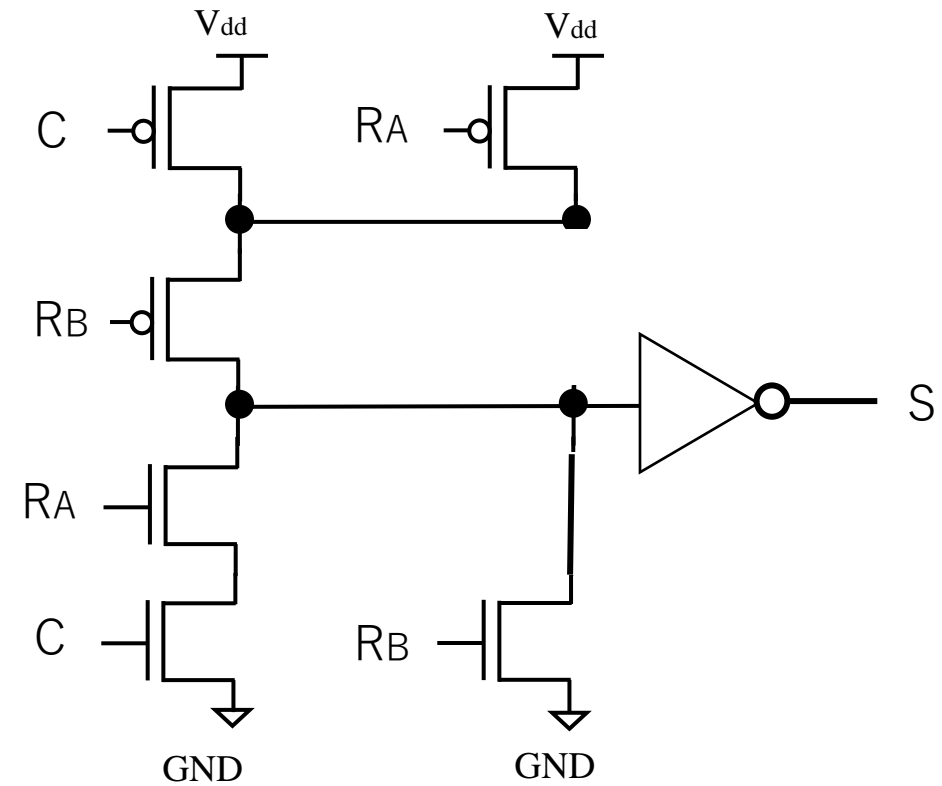
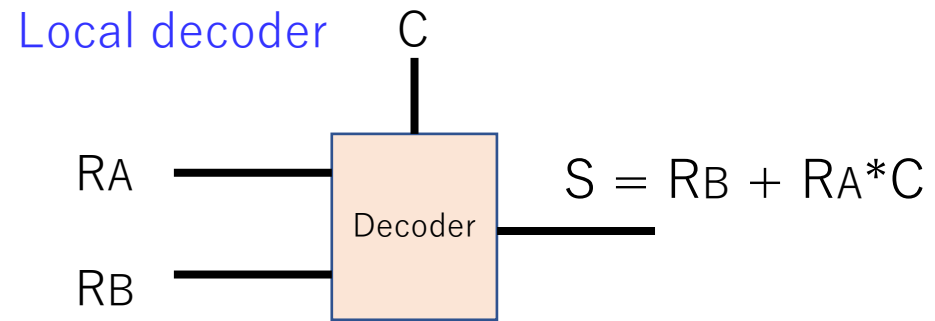


ユーモラスな名称！

Upper 6-bit Unary DAC Layout & Routing



Local decoder



温度計コード



棒温度計

4bit Binary Code

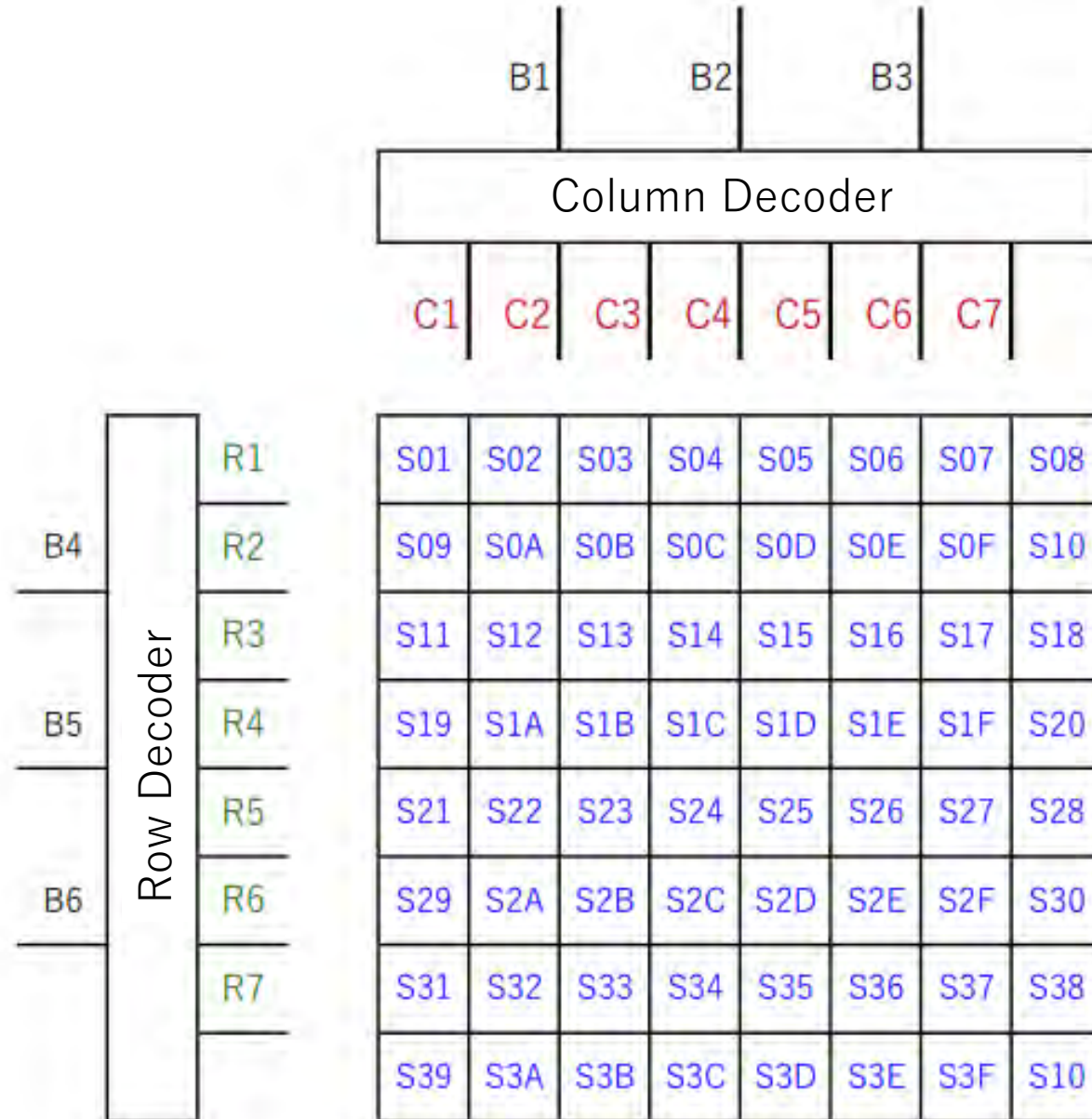
Thermometer Code

B4	B3	B2	B1	TF	TE	TD	TC	TB	TA	T9	T8	T7	T6	T5	T4	T3	T2	T1
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1
0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	0	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

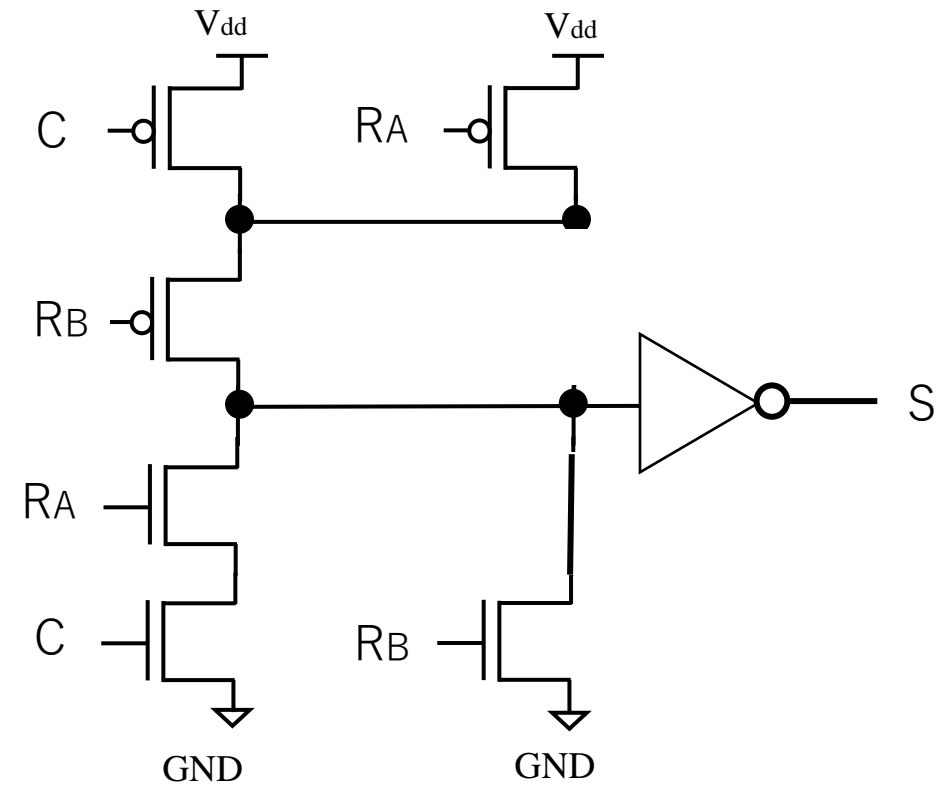
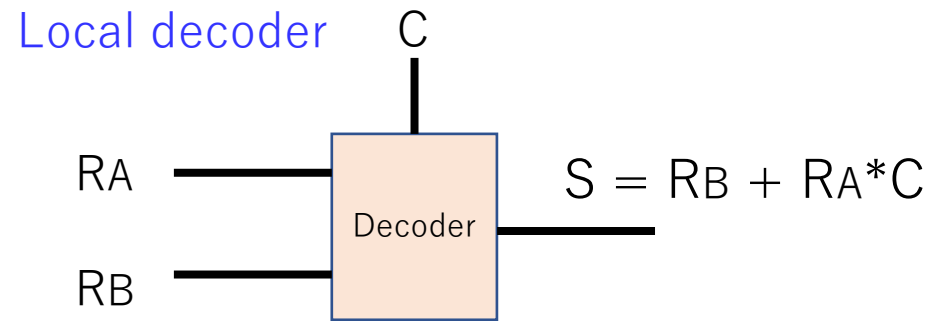


ユーモラスな名称！

Upper 6-bit Unary DAC Layout & Routing



Local decoder



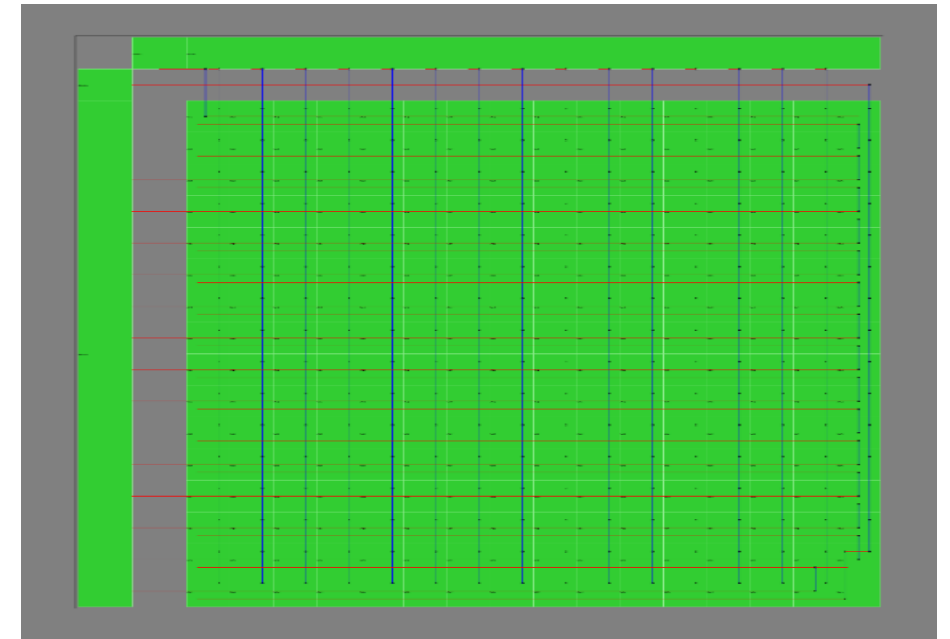
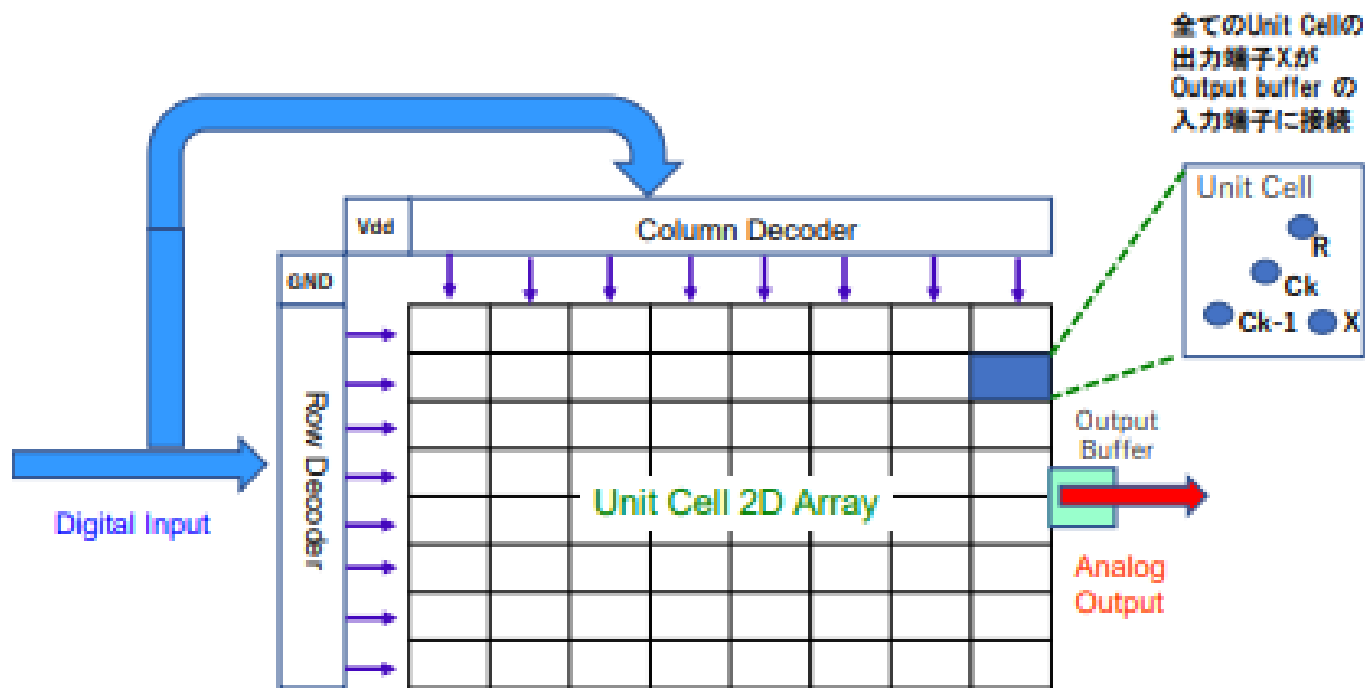
6bit Segmented DAC Decoder Truth Table

上位3bit バイナリ入力 B6, B5, B3 の温度計コード出力 C7, C6, C5, C4, C3, C2, C1

下位3bit バイナリ入力 B3, B2, B1 の温度計コード出力 R7, R6, R5, R4, R3, R2, R1

B6	B5	B4	B3	B2	B1	R7	R6	R5	R4	R3	R2	R1	C7	C6	C5	C4	C3	C2	C1	ONの個数	スイッチ	オン	Local	Decoder	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	S01	S01	S01 = R1 + 1*C1
0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	S02	-S01	S02 = R1 + 1*C2
0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	S03	-S01	S03 = R1 + 1*C3
0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	S04	-S01	S04 = R1 + 1*C4
0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	S05	-S01	S05 = R1 + 1*C5
0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	S06	-S01	S06 = R1 + 1*C6
0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	S07	-S01	S07 = R1 + 1*C7
0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	S08	-S01	S08 = R1+ 1*0
0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	S09	-S01	S09 = R2 + R1*C1
0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	S0A	-S01	S0A = R2+ R1*C2
0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	S0B	-S01	S0B = R2 + R1*C3
0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	S0C	-S01	S0C = R2 + R1*C4
0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	S0D	-S01	S0D = R2 + R1*C5
0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	S0E	-S01	S0E = R2 + R1*C6
0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	S0F	-S01	S0F = R2+ R1*C7
0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	S10	-S01	S10 = R2+ R1*0
0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	S11	-S01	S11 = R3 + R2*C1
0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	S12	-S01	S12 = R3 + R2*C2
0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	S13	-S01	S13 = R3 + R2*C3
0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	S14	-S01	S14 = R3 + R2*C4
0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	S15	-S01	S15 = R3 + R2*C5
0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	S16	-S01	S16 = R3 + R2*C6
0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	S17	-S01	S17 = R3 + R2*C7
0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	S18	-S01	S18 = R3+ R2*0
0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	S19	-S01	S19 = R4 + R3*C9
0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	S1A	-S01	S1A = R4 + R3*CA
0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	S1B	-S01	S1B = R4 + R3*CB
0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	S1C	-S01	S1C = R4 + R3*CC
0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	S1D	-S01	S1D = R4 + R3*CD
0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	S1E	-S01	S1E = R4 + R3*CE
0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	S1F	-S01	S1F = R4 + R3*CF
1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	S20	-S01	S20 = R4+ R3*0
1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	S21	-S01	S21 = R5+ R4*C1
1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	S22	-S01	S22 = R5 + R4*C2
1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	S23	-S01	S23 = R5 + R4*C3
1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	S24	-S01	S24 = R5 + R4*C4
1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	S25	-S01	S25 = R5 + R4*C5
1	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	S26	-S01	S26 = R5 + R4*C6
1	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	S27	-S01	S27 = R5 + R4*C7
1	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	S28	-S01	S28 = R5+ R4*0
1	0	1	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	S29	-S01	S29 = R6 + R5*C1
1	0	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	S2A	-S01	S2A = R6 + R5*C2
1	0	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	S2B	-S01	S2B = R6 + R5*C3
1	0	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	S2C	-S01	S2C = R6 + R5*C4
1	0	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	S2D	-S01	S2D = R6 + R5*C5
1	0	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	S2E	-S01	S2E = R6 + R5*C6
1	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	S2F	-S01	S2F = R6 + R5*C7
1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	S30	-S01	S30 = R6 + R5*0
1	1	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	S31	-S01	S31 = R7 + R6*C1
1	1	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	S32	-S01	S32 = R7 + R6*C2
1	1	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	S33	-S01	S33 = R7 + R6*C3
1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	S34	-S01	S34 = R7 + R6*C4
1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	S35	-S01	S35 = R7 + R6*C5
1	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	S36	-S01	S36 = R7 + R6*C6
1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	S37	-S01	S37 = R7 + R6*C7
1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	S38	-S01	S38 = R7+ R6*0
1	1	1	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	S39	-S01	S39 = R7+ R6*C1
1	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	S3A	-S01	S3A = R7+ R6*C2
1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	S3B	-S01	S3B = R7+ R6*C3
1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	S3C	-S01	S3C = R7+ R6*C4
1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	S3D	-S01	S3D = R7+ R6*C5
1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	S3E	-S01	S3E = R7+ R6*C6
1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	S3F	-S01	S3F = R7+ R6*C7

セグメント型DACの配置配線例



16x16 Unit Cell 2次元配列の配置配線