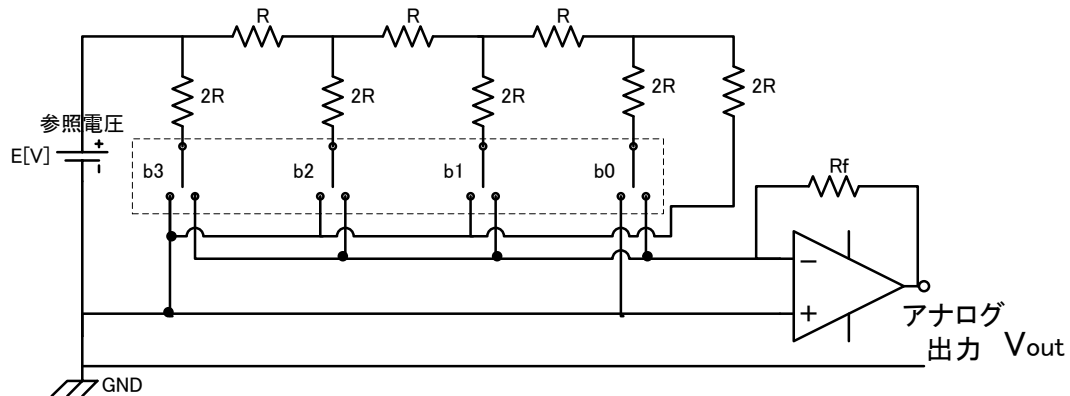


4-2. R-2R ラダー型 D/A 変換

【学習課題 2-1】

1. R-2R ラダー型 D/A 変換

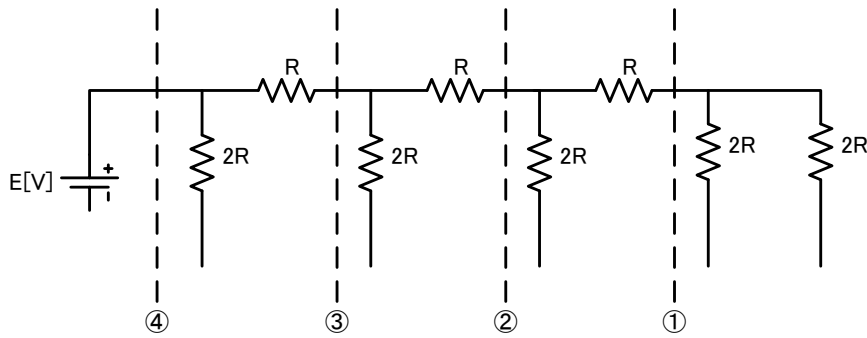


このようにリファレンス電圧を R - $2R$ の抵抗で分圧していき、その電流をそれぞれのデジタル bit に応じて重みつきで出力する回路を「 R - $2R$ ラダー型 D/A 変換回路」と呼ぶ。これも重みつき的一种である。図は 4bit の R - $2R$ ラダー型 D/A 変換回路である。

【回路解析】：

- (1) 「ladder」とはなんですか？ なぜこの回路がそう命名されているのか調べて下さい。
- (2) 前回の重みつき D/A 変換は例えば 8bit の場合は何種類の抵抗が必要ですか？また、この回路に必要な抵抗の種類はいくつですか？このことから、同じ 4bit の D/A を作成する場合のコストメリットなどを述べて下さい。

(3) この回路はテブナンの定理で解析していきます。



①から右を見た場合の合成抵抗は $2R$ と $2R$ の並列なので R $[\Omega]$ となる。

②から右を見ると、 $2R$ と、 R と先ほど合成した R の直列が並列になっているので結局は $2R$ と $2R$ の並列なので R $[\Omega]$ となる。

同様に③から右を見た場合の合成抵抗(テブナン等価抵抗)，と④から右を見た場合の合成抵抗(テブナン等価抵抗)を考えて下さい。

(4) 電源から見ると $2R$ と $2R$ で分流していくので電流は分岐点毎に $1/2$ されていきます。つまり下位 bit の出力電流ほど ($1/2^n$ の割合で) 小さくなっていく事がわかります。

(5) 従って、それぞれのデジタル出力に応じたアナログ出力は下表になります。これを完成させて下さい。ただし、 $i=E/R$ とし、フォードバック抵抗値は $R_f=R$ とします。

デジタル出力 b3 b2 b1 b0	オペアンプへの流入電流 = R_f に流れる電流	アナログ出力 V_{out} [V]
0 0 0 0	$I=0+0+0+0$	0
0 0 0 1	$I=0+0+0+i/16=I_0$ とする	$-R \cdot I_0 = -E/16$
0 0 1 0	$I=0+0+i/8+0=2I_0$	$-R \cdot 2I_0 = -2E/16$
0 0 1 1	$I=0+0+i/8+i/16=3I_0$	$-R \cdot 3I_0 = -3E/16$
...		
...		
1 1 1 1		

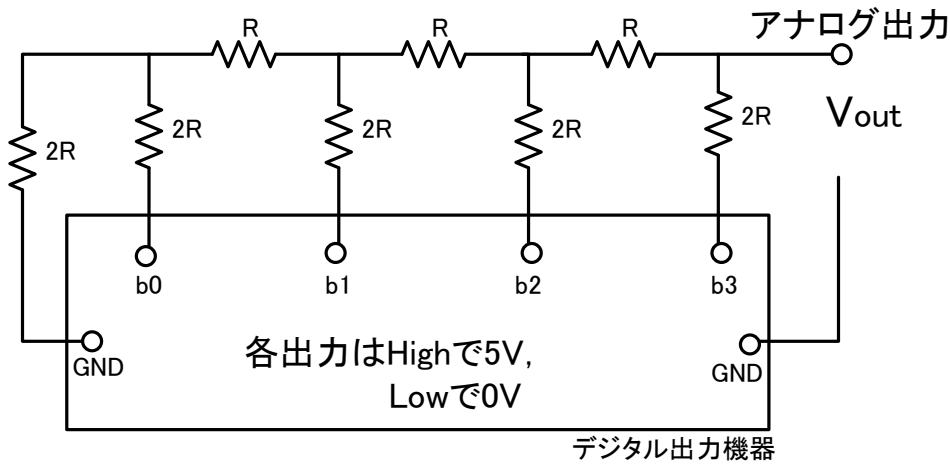
※皆さんは全て埋めて下さい

☆これにより、基準電圧を bit に応じて分割した、任意のデジタル値をアナログ値に変換している事がわかる。

☆しかしながら、この回路ではデジタル bit 部が SW である。本来は各 bit から $5V$ が出力されてくるので、デジタル機器として違和感があるのではないだろうか？ そこで...

【学習課題 2-2】

1. 次の D/A 変換回路について答えよ。



※ Low のときは各 bit は GND にスイッチングされるものとします。

★5V だと計算が大変なので、今は High で 16V(=Vref)が出力されることにしよう。

- (1) の回路において、 $(0001)_2$ が出力された場合、 V_{out} が $V_{ref}/16=1V$ 【V】であり、基準 16V を 16 分割したうちの $(0001)_2$ に応じた出力であることを示してください。

※左から順にテブナン等価回路を作っていくと簡単です(最初は $2R$ の並列から。次にその等価回路に $R \cdot 2R$ を追加、、、とちょっとずつ追加していきましょう)。もし電源を中心に分圧、分圧、分圧、とやっていくととても大変です

- (2) この回路において、 $(1000)_2$ が出力された場合、 V_{out} が $V_{ref}/2=8V$ 【V】であり、基準 16V を 16 分割したうちの $(1000)_2$ に応じた出力であることを示してください。

※この場合は左側が簡単になるので分圧の繰り返しのほうが楽です。

- (3) 同様に、同じようにデジタル値が $(1111)_2$ であるとき、

$$V_{out} = \left(\frac{b_3}{2} + \frac{b_2}{4} + \frac{b_1}{8} + \frac{b_0}{16} \right) \cdot 16 = (8b_3 + 4b_2 + 2b_1 + b_0) \text{ [V]}$$

となり、それぞれの bit が重みを持っていることを示して下さい。

※ b_2, b_1 は計算しなくてよいです。(1)、(2) と同じように考えてください。

ここでは複数の電源があるときはどうすれば(どの定理を使えば)良いかを考えます

デジタル出力が 5V ならば $V_{out} = \left(\frac{b_3}{2} + \frac{b_2}{4} + \frac{b_1}{8} + \frac{b_0}{16} \right) \cdot 5 = \frac{5}{16} (8b_3 + 4b_2 + 2b_1 + b_0) \text{ [V]}$ となる。