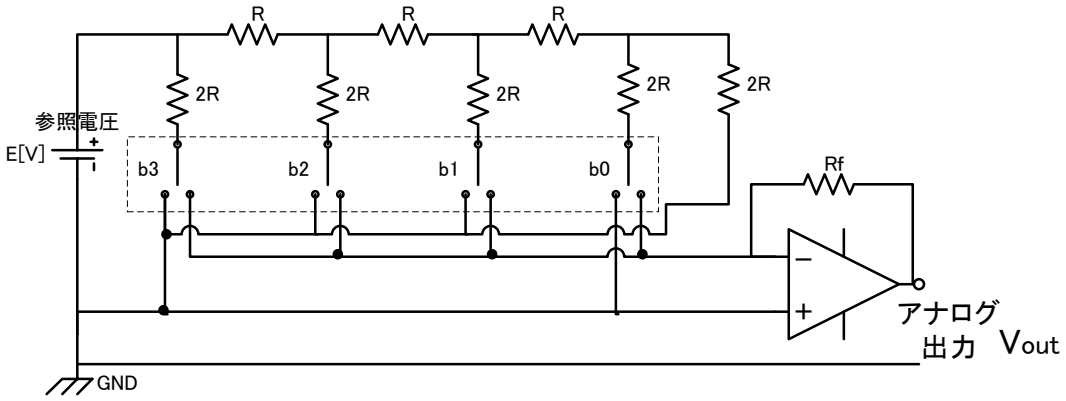
4-2. R-2R ラダー型 D/A 変換

【学習課題 2-1】

1.　R-2R ラダー型 D/A 変換



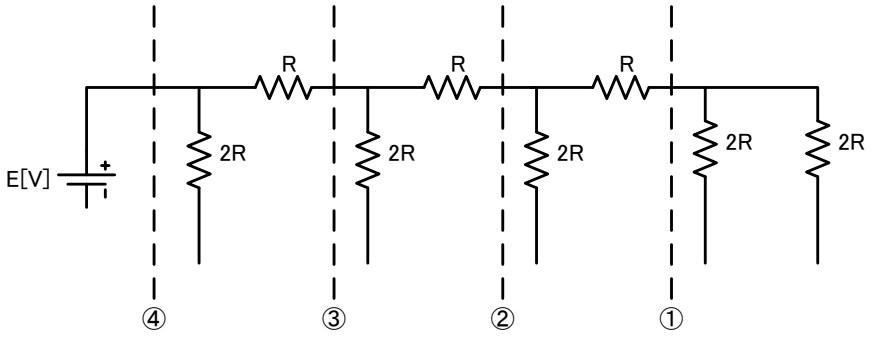
このようにリファレンス電圧を R-2R の抵抗で分圧していき，その電流をそれぞれのデジタル bit に応じて重みつきで出力する回路を「R-2R ラダー型 D/A 変換回路」と呼ぶ．これも重みつきの一種である．図は 4bit の R-2R ラダー型 D/A 変換回路である．

【回路解析】:

(1)　「ladder」とはなんでしょうか?　なぜこの回路がそう命名されているのか調べておいて下さい.

(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から右を見た見た場合の合成抵抗は 2R と 2R の並列なので R【Ω】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【Ω】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 Rf=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 =Rf に流れる電流	アナログ出力 Vout【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		

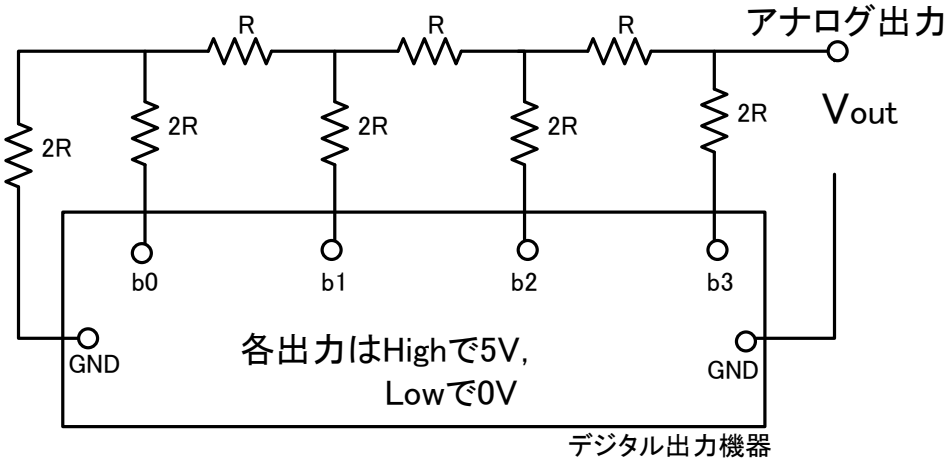
※皆さんは全て埋めて下さい

☆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，Vout が Vref/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行くと簡単です(最初は 2R の並列から。次にその等価回路に R-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，Vout が Vref/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，

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

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.

※b2,b1 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 $Vout = \left(\frac{b_3}{2} + \frac{b_2}{4} + \frac{b_1}{8} + \frac{b_0}{16}\right) \cdot 5 = \frac{5}{16}(8b_3 + 4b_2 + 2b_1 + b_0)\ [V]$ となる。