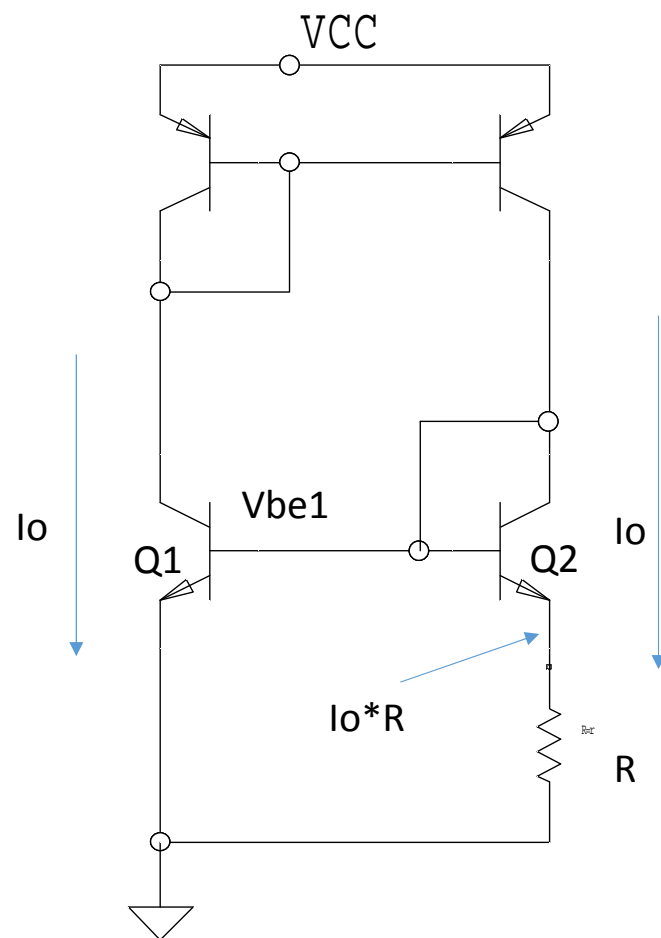


# BJT追補

BJTを用いた特殊な回路

総合研究大学院大学  
物理科学研究科 宇宙科学専攻 名誉教授  
池田 博一  
[ikeda.hirokazu@jaxa.jp](mailto:ikeda.hirokazu@jaxa.jp)

## 電源電圧に依存しない電流源



$$I_o = I_{s1} \cdot \exp(V_{be1}/(kT/q))$$

$$I_o = I_{s2} \cdot \exp((V_{be1} - I_o \cdot R)/(kT/q))$$

$$I_o = (1/R) \cdot (kT/q) \cdot \ln(I_{s1}/I_{s2})$$

$I_o = 0$ が成立する回路なので  
起動するための補助回路が  
必要である点に注意すること

## Bandgap reference

$$I_1 = I_{s1} \cdot \exp(V_{be1}/(kT/q))$$

$$I_2 = I_{s2} \cdot \exp(V_{be2}/(kT/q))$$

$$\Delta V_{be} = V_{be1} - V_{be2} = (kT/q) \cdot \ln((I_1/I_2) \cdot (I_{s2}/I_{s1}))$$

$$\begin{aligned} V_{out} &= V_{be1} + (R_2/R_3) \cdot (V_{be1} - V_{be2}) \\ &= V_{be2} + (1 + R_2/R_3) \cdot \Delta V_{be} \end{aligned}$$

負の温度係数

$$\begin{aligned} I_1 &= (V_{out} - V_{be1})/R_1 = (R_2/(R_1 \cdot R_3)) \cdot \Delta V_{be} \\ I_2 &= \Delta V_{be}/R_3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta V_{be} &= (kT/q) \cdot \ln((I_1/I_2) \cdot (I_{s2}/I_{s1})) \\ &= (kT/q) \cdot \ln((R_2/R_1) \cdot (I_{s2}/I_{s1})) \end{aligned}$$

正の温度係数

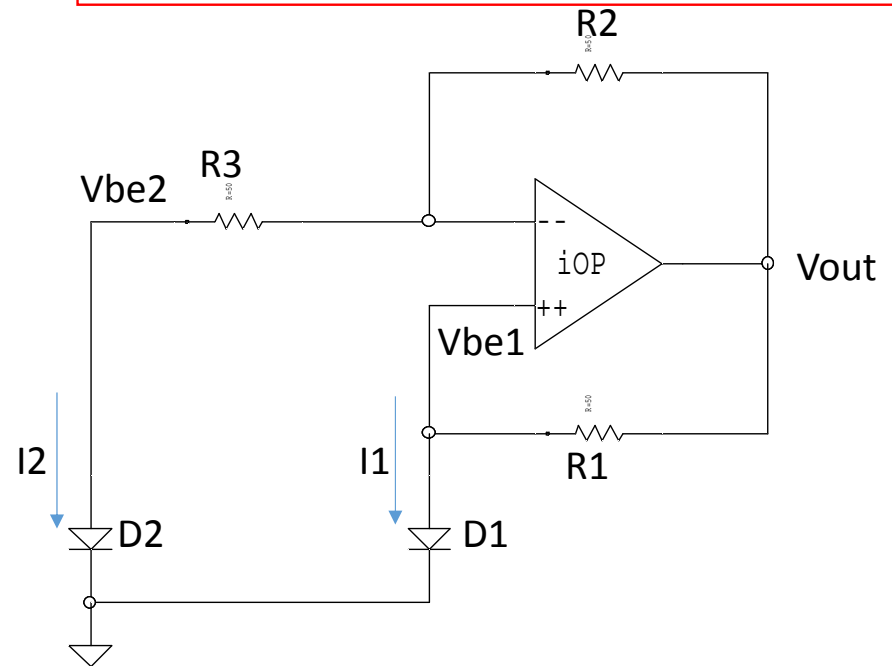
たとえば  $I_{s2}/I_{s1}=10$ ,  $R_1=R_2$ として

$$2 \text{ mV} = (25\text{mV}/300) \cdot (1 + R_2/R_3) \cdot \ln(10)$$

$$9.42 = R_2/R_3$$

$$\Delta V_{be} \cdot (1 + R_2/R_3) = 600 \text{ mV}$$

$$V_{out} \sim 1.2 \text{ V} \sim E_g: \text{しかしバンドギャップとは無関係}$$



$\Delta V_{be}$ について正の温度係数を持たせることができるので  
 $V_{out}$ の温度係数をゼロにする条件を設定することができる。

この回路も起動回路がないと  
 $I_1=I_2=0$ となってしまうことがある

以上