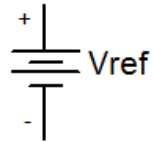

Задаващи източници на напрежение

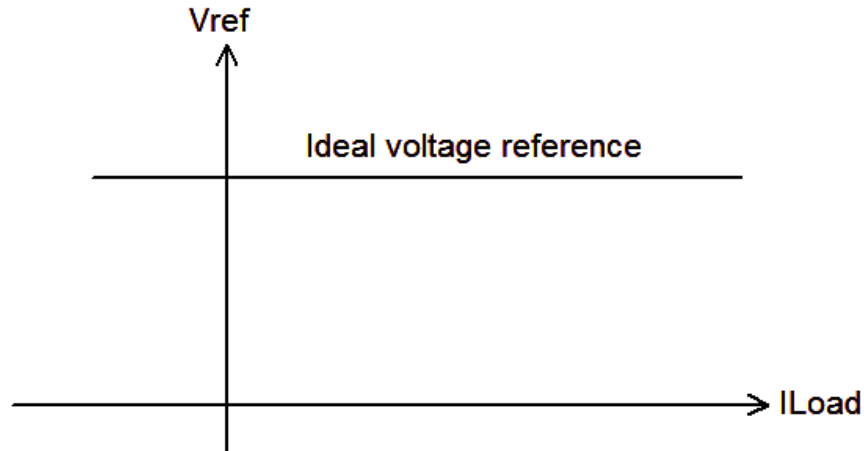
Проектиране на аналогови интегрални схеми

Емил Д. Манолов, edm@tu-sofia.bg, edmanolov@gmail.com
кат. “Електронна техника”, Технически университет - София

Основни характеристики



Graphical representation



Large signal voltage characteristic

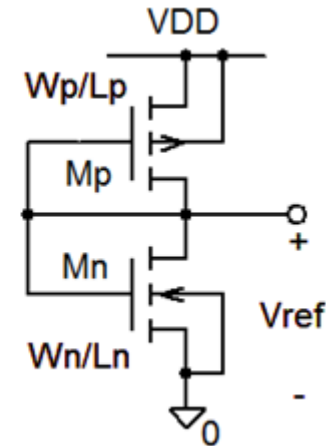
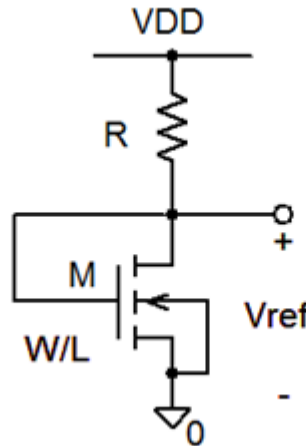
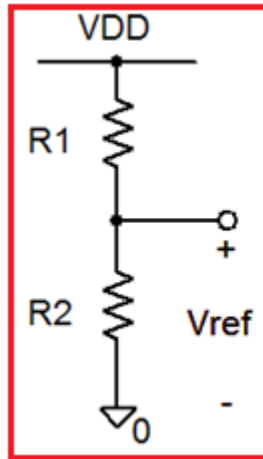
Задаващите източници на напрежение осигуряват **изходно напрежение с висока точност и стабилност.**

Идеалният задаващ източник на напрежение е **независим от хранящото напрежение, температурата и вариациите на технологичния процес.**

Основни схеми на задаващи източници на напрежение

- делители на напрежение;
- източници на напрежение с MOS транзистори и резистор;
- band-gap източник на напрежение.

Основни схеми с делители на напрежение



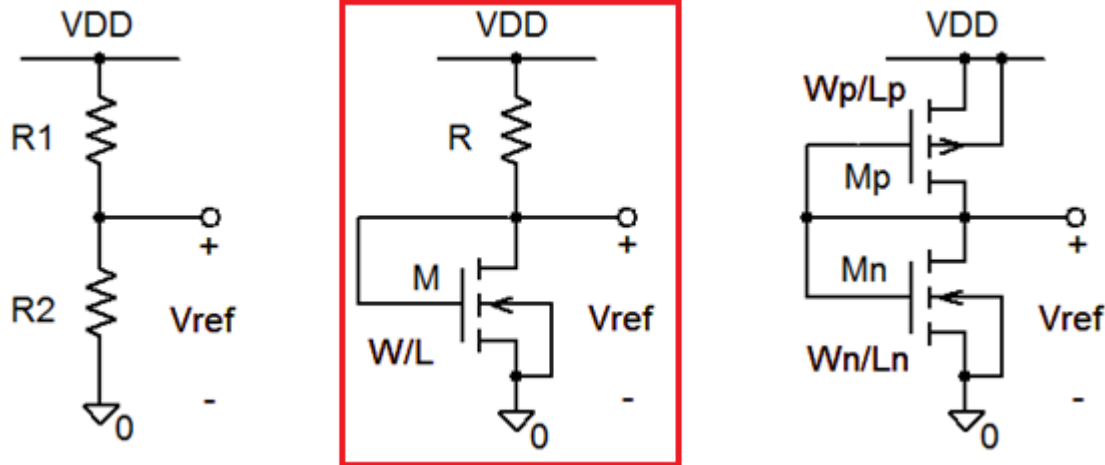
Лявата схема представя стандартния резисторен делител на напрежение с два резистора. Основен недостатък на това решение е високата чувствителност на опорното напрежение U_{ref} спрямо захранващото напрежение U_{DD} .

$$U_{ref} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} U_{DD};$$

$$S_{U_{DD}}^{U_{ref}} = \frac{\frac{dU_{ref}}{dU_{DD}}}{\frac{U_{ref}}{U_{DD}}} = \frac{\frac{R_2}{R_1 + R_2} dU_{DD}}{dU_{DD}} \bigg/ \frac{\frac{R_2}{R_1 + R_2} U_{DD}}{U_{DD}} = 1$$

Втори недостатък е, че за осигуряване на минимална консумацията е необходимо стойностите на резисторите да са много големи, което увеличава площта на схемата.

Схема с MOS транзистор и резистор



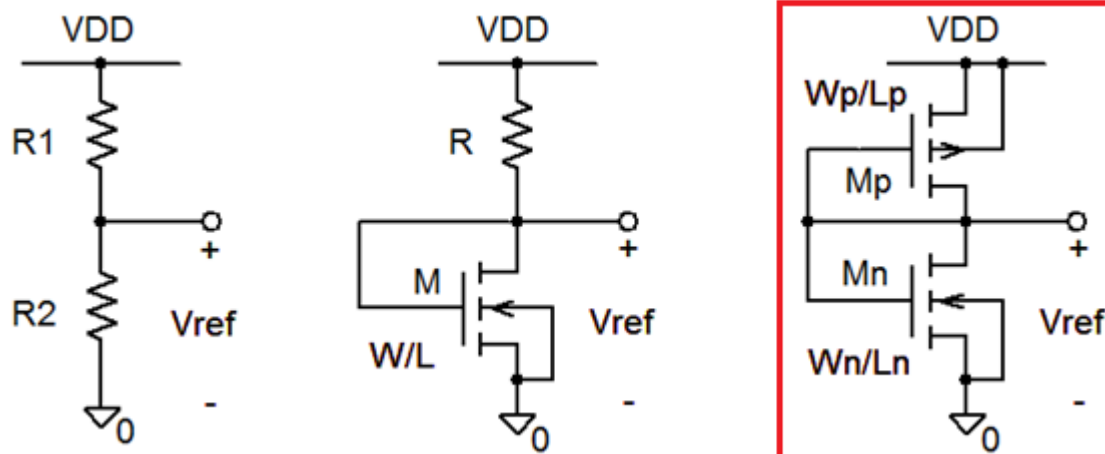
Втората схема използва NMOS транзистор и резистор. За да се определи стойността на напрежението U_{ref} , се прилага условието за еднаквост на токовете.

$$I_D = I_R; \quad I_D = \frac{K_n W}{2 L} (U_{GS} - U_{TNO})^2; \quad I_R = \frac{U_{DD} - U_{ref}}{R};$$

$$U_{ref} = U_{GS} = U_{TNO} + \sqrt{\frac{2}{K_n (W/L)} I_D} = U_{TNO} + \sqrt{\frac{2}{K_n (W/L)} \frac{(U_{DD} - U_{ref})}{R}}$$

Недостатъци: U_{ref} зависи от захранващото напрежение U_{DD} , вариациите на технологичния процес, температурата и от абсолютния толеранс на R.

Схема с CMOS транзистори



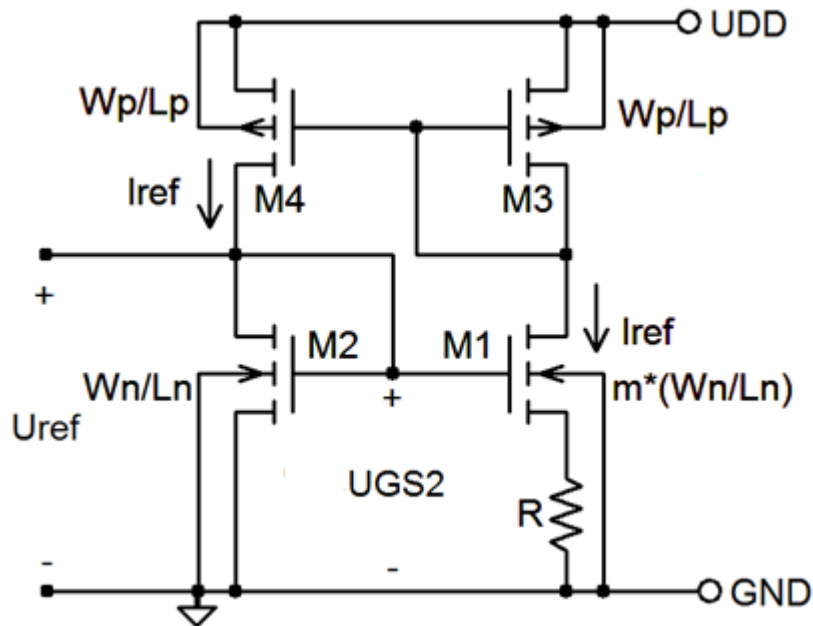
$$\frac{K_n W_n}{2 L_n} (U_{ref} - U_{TN0})^2 = \frac{K_p W_p}{2 L_p} (U_{DD} - U_{ref} - |U_{TP0}|)^2$$

$$U_{ref} = \frac{U_{DD} - |U_{TP0}| + \sqrt{\frac{K_n (W_n/L_n)}{K_p (W_p/L_p)} U_{TN0}}}{1 + \sqrt{\frac{K_n (W_n/L_n)}{K_p (W_p/L_p)}}}$$

Недостатъци: U_{ref} зависи силно от захранващото напрежение U_{DD} и от вариациите на технологичния процес и температурата.

Източник на напрежение с CMOS транзистори и резистор

Анализ при работа на транзисторите в режим на слаба инверсия



$$I_D \cong I_{D0} \frac{W}{L} \exp\left(\frac{U_{GS} - U_{TN}}{n\varphi_T}\right)$$

$$U_{ref} = U_{GS2} = n\varphi_T \ln \frac{I_{ref}}{I_{D0} (W_n/L_n)} + U_{TN0}$$

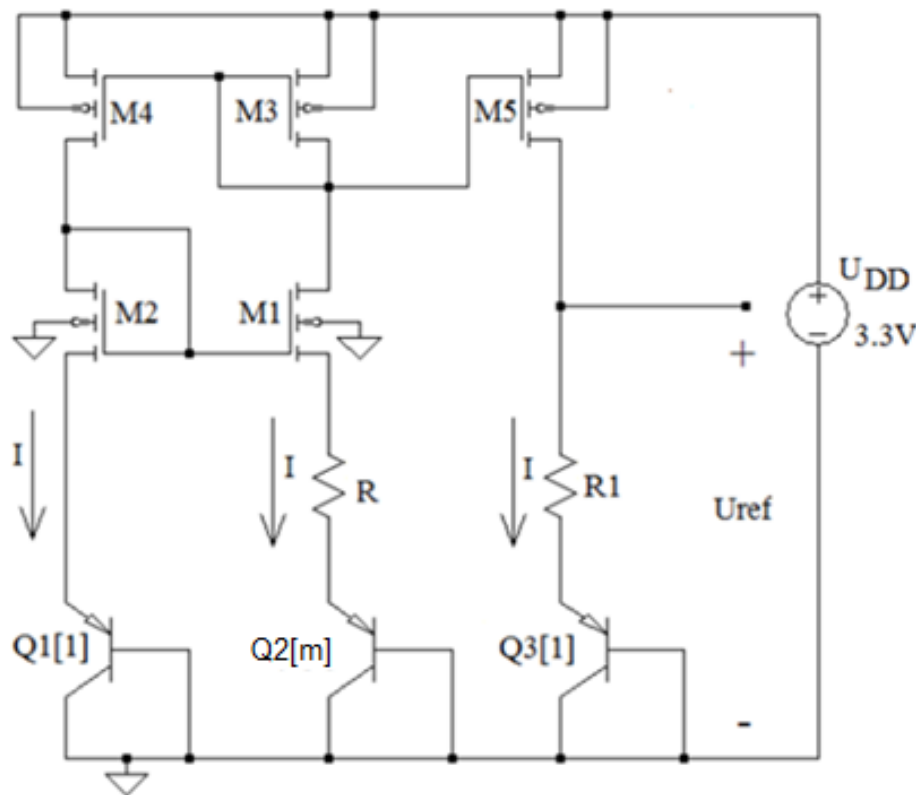
$$I_{ref} = \frac{n\varphi_T \ln(m) + U_{TN0} - U_{TN}}{R} \approx \frac{n\varphi_T \ln(m)}{R}$$

Независимост на U_{ref} от U_{DD} .

Зависимост на U_{ref} от температурата и вариациите на технологичния процес.

Възможна е частична температурна компенсация.

Band-gap източник на напрежение



Band-gap източникът на напрежение комбинира положителния температурен коефициент на източника на ток, пропорционален на топлинния потенциал φ_T , с отрицателния температурен коефициент на напрежението върху отпушения *p-n* преход.

В показаната схема площта на транзистора Q2 е **m** пъти по-голяма от площта на Q1, а стойността на R1 е L пъти по-голяма от R.

$$U_{ref} = R_1 I + U_{EB3} ;$$

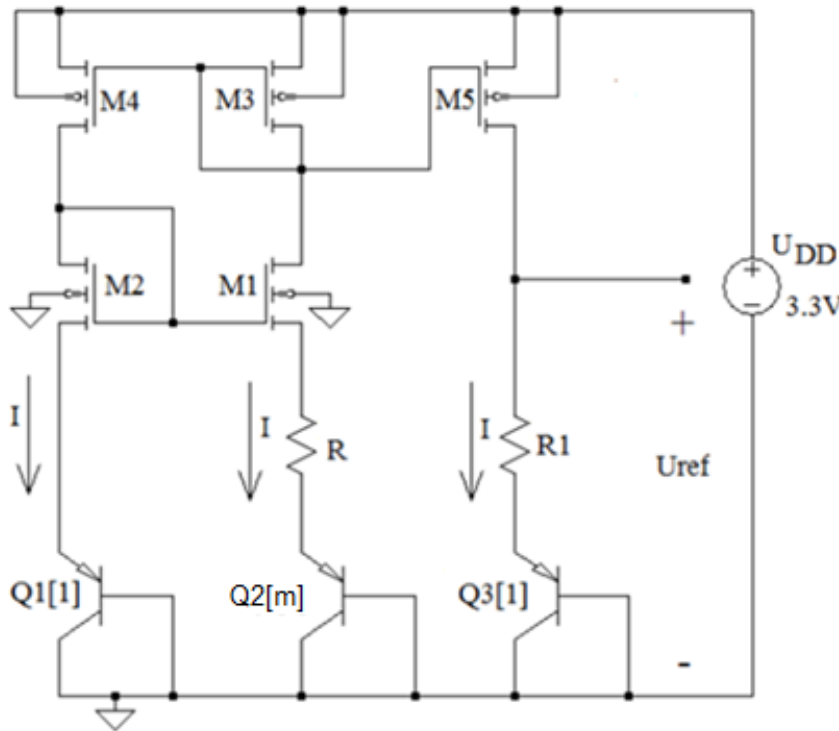
$$R_1 = L \cdot R ;$$

$$I = \frac{n\varphi_T}{R} \ln(m) ;$$

$$U_{ref} = R_1 I + U_{EB3} = LR I + U_{EB3} = LR \frac{n\varphi_T}{R} \ln(m) + U_{EB3} = Ln\varphi_T \ln(m) + U_{EB3} ;$$

Ванд-гар источник на напряжение

$$U_{ref} = R_1 I + U_{EB3} = LR I + U_{EB3} = LR \frac{n\varphi_T}{R} \ln(m) + U_{EB3} = Ln\varphi_T \ln(m) + U_{EB3};$$



$$U_{ref} = R_1 I + U_{EB3} = R_1 \frac{n\varphi_T}{R} \ln(m) + U_{EB3};$$

$$\frac{dU_{ref}}{dT} = R_1 \frac{n}{R} \frac{d\varphi_T}{dT} \ln(m) + \frac{dU_{EB3}}{dT} = 0;$$

$$\frac{d\varphi_T}{dT} = \frac{d\left(\frac{k_B}{q} T\right)}{dT} = \frac{k_B}{q} = \frac{\varphi_T}{T};$$

$$R_1 \frac{n}{R} \frac{\varphi_T}{T} \ln(m) + \frac{dU_{EB3}}{dT} = 0;$$

$$R_1 \frac{I}{T} + \frac{dU_{EB3}}{dT} = 0;$$

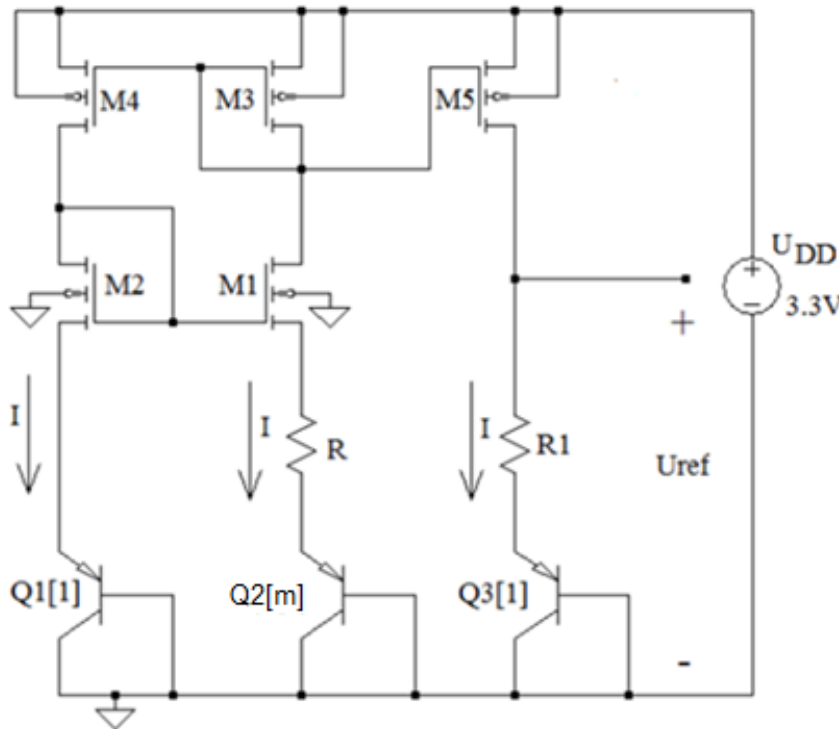
$$R_1 I = -T \frac{dU_{EB3}}{dT};$$

$$U_{ref} = R_1 I + U_{EB3} = -T \frac{dU_{EB3}}{dT} + U_{EB3};$$

$$U_{ref} \approx -T \frac{dU_{EB3}}{dT} + U_{EB3} = -300K * (-2mV/K) + 0,60V = 1,2V;$$

Ванд-гар источник на напряжение

$$U_{ref} = R_1 I + U_{EB3} = LRI + U_{EB3} = LR \frac{n\varphi_T}{R} \ln(m) + U_{EB3} = Ln\varphi_T \ln(m) + U_{EB3};$$



$$U_{ref} = Ln\varphi_T \ln(m) + U_{EB3}$$

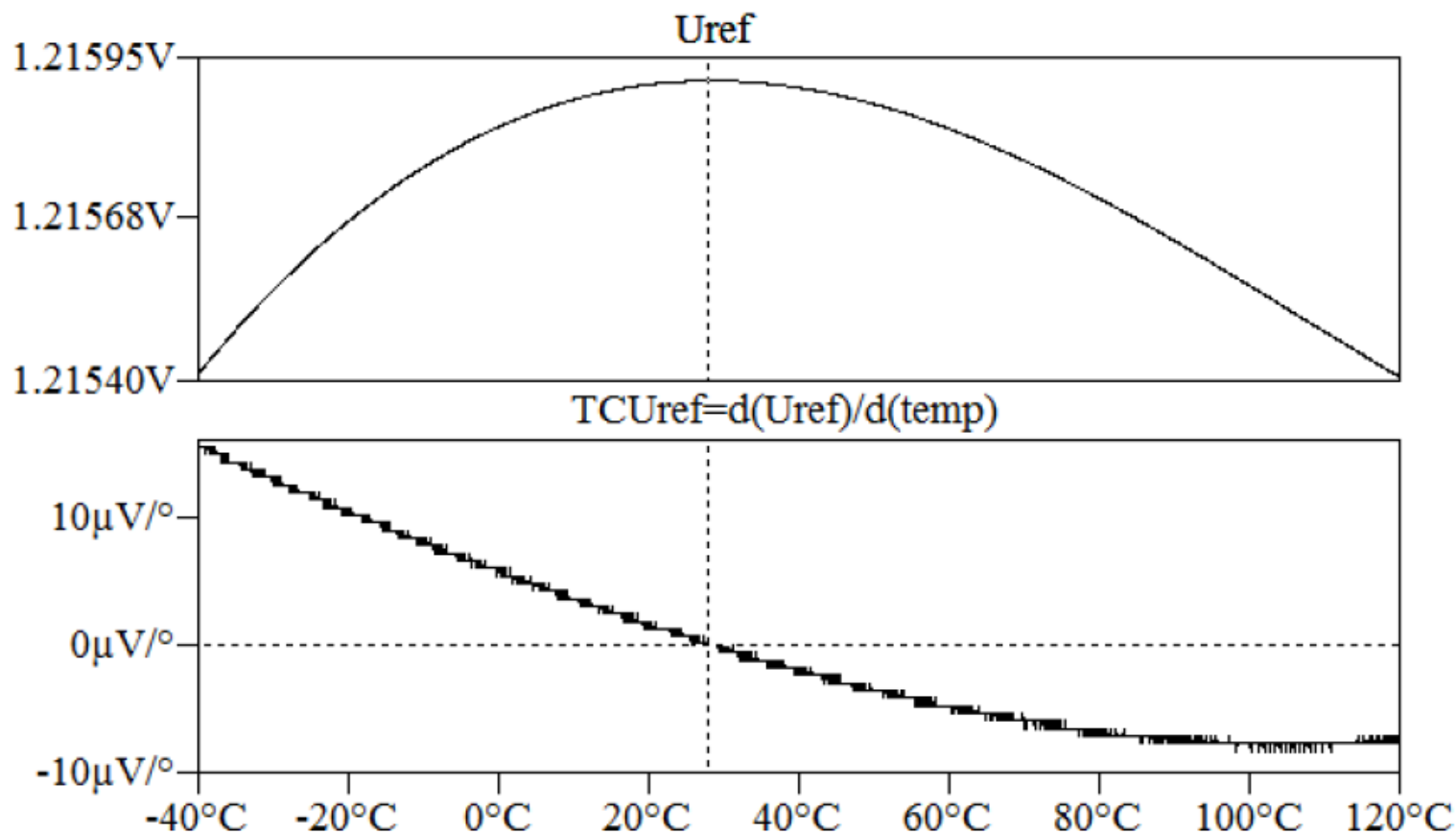
$$\frac{dU_{ref}}{dT} = Ln \frac{d\varphi_T}{dT} \ln(m) + \frac{dU_{EB3}}{dT} = 0;$$

$$\frac{d\varphi_T}{dT} = \frac{d\left(\frac{k_B}{q} T\right)}{dT} = \frac{k_B}{q} = \frac{\varphi_T}{T};$$

$$Ln \frac{\varphi_T}{T} \ln(m) + \frac{dU_{EB3}}{dT} = 0;$$

$$Ln \ln(m) = -\frac{\frac{dU_{EB3}}{dT}}{\frac{d\varphi_T}{dT}} = -\frac{\frac{dU_{EB3}}{dT}}{\frac{\varphi_T}{T}} = -\frac{-2mV/^\circ C}{0,086mV/^\circ C} = 23,26$$

Ванд-гар източник на напрежение - характеристики



Пълна температурна компенсация е възможна само за една температура

Благодаря!
