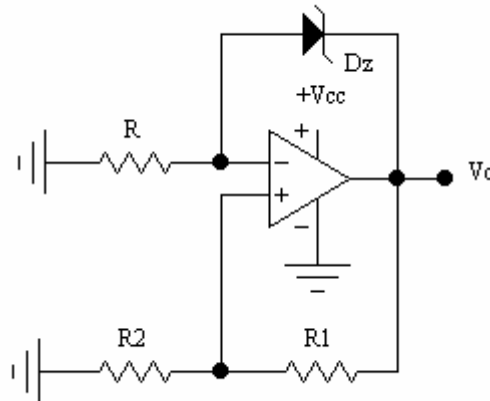


GENERATORE DI TENSIONE DI RIFERIMENTO

Un generatore di tensione di riferimento è un circuito in grado di generare un valore di tensione costante, indipendente dalla tensione d'alimentazione e dal carico.

Un circuito generatore di tensione di riferimento è quello di figura.



Si ricava la funzione d'uscita tenendo conto dell'equipotenzialità degli ingressi, $V_- = V_+$, e che gli ingressi non assorbono corrente.

Il diodo Zener, collegato all'uscita e all'ingresso invertente, deve essere polarizzato inversamente, pertanto l'amplificatore operazionale viene alimentato con singola alimentazione positiva ad evitare che il diodo Zener possa andare in conduzione diretta, stato nel quale rimarrebbe indefinitamente.

Al momento dell'alimentazione il diodo Zener non conduce, ma in uscita è presente una tensione di offset positiva (amplificatore operazionale alimentato a singola alimentazione positiva) che viene riportata sull'ingresso non invertente dalla rete resistiva R_1R_2 facendo tendere la tensione d'uscita al valore di saturazione positiva; ma, raggiunta la tensione V_Z di conduzione inversa del diodo zener, la tensione d'uscita verrà fissata al suo valore di progetto.

Si calcolano le tensioni V_- e V_+ , si uguagliano, e si ricava la tensione V_o :

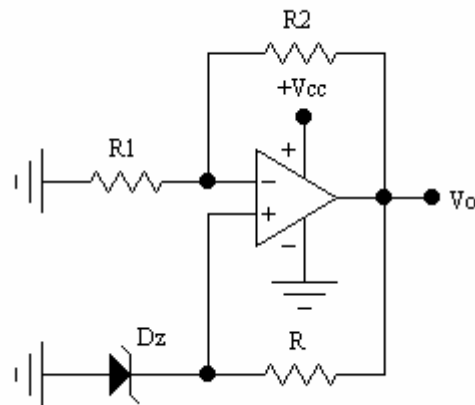
$$\begin{cases} V_- = V_o - V_Z \\ V_+ = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot V_o \end{cases} \Rightarrow V_o - V_Z = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot V_o \Rightarrow V_o = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) \cdot V_Z$$

La tensione d'uscita dipende dalla tensione V_Z di conduzione inversa del diodo zener. La tensione V_Z , e, quindi, la tensione d'uscita V_o , sarà stabile e indipendente dalla tensione di alimentazione se anche la corrente I_Z del diodo zener è indipendente dalla tensione di alimentazione. Si calcola la corrente I_Z :

$$I_Z = \frac{V_-}{R} = \frac{V_+}{R} = \frac{1}{R} \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot V_o \Rightarrow I_Z = \frac{R_2}{R(R_1 + R_2)} \cdot V_o = \frac{V_o - V_Z}{R}$$

La corrente I_Z dipende solo dalla tensione d'uscita V_o ed è, quindi, indipendente dalla tensione di alimentazione. La tensione V_o è indipendente dal carico perché la resistenza d'uscita del circuito è praticamente nulla.

Altro generatore di tensione di riferimento, sempre a singola alimentazione, è quello di figura.



Si ricava la funzione d'uscita tenendo conto dell'equipotenzialità degli ingressi, $V_- = V_+$, e che gli ingressi non assorbono corrente.

Si calcolano le tensioni V_- e V_+ , si uguagliano, e si ricava la tensione V_o :

$$\begin{cases} V_+ = V_Z \\ V_- = \frac{R_1}{R_1 + R_2} \cdot V_o \end{cases} \Rightarrow V_Z = \frac{R_1}{R_1 + R_2} \cdot V_o \Rightarrow V_o = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) \cdot V_Z$$

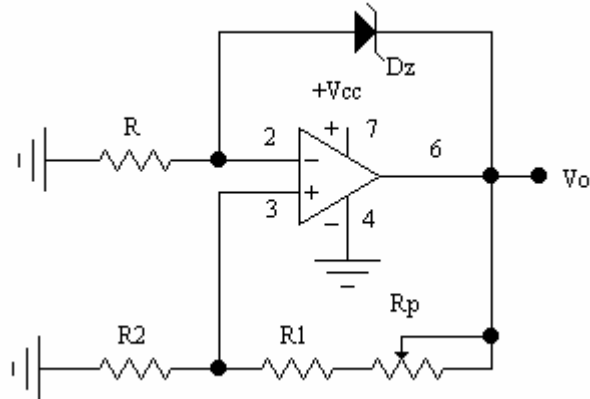
La tensione d'uscita dipende dalla tensione V_Z di conduzione inversa del diodo zener.

La tensione V_Z , e, quindi, la tensione d'uscita V_o , sarà stabile e indipendente dalla tensione di alimentazione se anche la corrente I_Z del diodo zener è indipendente dalla tensione di alimentazione. Si calcola la corrente I_Z :

$$I_Z = \frac{V_o - V_Z}{R} = \frac{V_o - \frac{R_1}{R_1 + R_2} \cdot V_o}{R} = \frac{R_1}{R(R_1 + R_2)} \cdot V_o$$

La corrente I_Z dipende solo dalla tensione d'uscita V_o ed è, quindi, indipendente dalla tensione di alimentazione.

PROGETTO E VERIFICA DI UN GENERATORE DI TENSIONE DI RIFERIMENTO DI 6V CON SINGOLA ALIMENTAZIONE



Dati: I.C. TL081 ; $V_{CC} = 12V$; $V_Z = 4,7V$; $I_Z = 4mA$; $V_o = 6V > V_Z$.

Viene inserito un trimmer in serie a R_1 al fine di tarare l'uscita all'esatto valore richiesto.

Calcolo di R_p , R_1 e R_2 :

$$V_o = \left(1 + \frac{R_2}{R_1 + \frac{R_p}{2}} \right) \cdot V_Z \Rightarrow \frac{R_2}{R_1 + \frac{R_p}{2}} = \frac{V_o}{V_Z} - 1 = \frac{6}{4,7} - 1 = 0,276 \Rightarrow R_2 = 0,276 \cdot \left(R_1 + \frac{R_p}{2} \right)$$

Fissato $R_p = 10K\Omega$ e $R_1 = 4,7K\Omega$, si calcola $R_2 = 0,276 \cdot \left(4,7 \cdot 10^3 + \frac{10 \cdot 10^3}{2} \right) = 2,7k\Omega$.

Calcolo di R:

$$R = \frac{V_o - V_Z}{I_Z} = \frac{6 - 4,7}{4 \cdot 10^{-3}} = 325\Omega$$

per il quale utilizzeremo il valore commerciale di 330Ω .

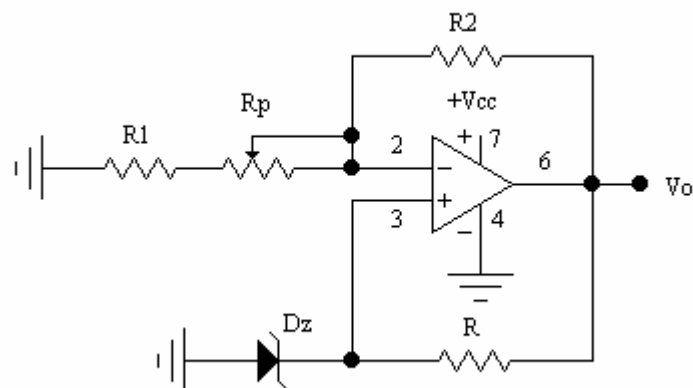
Riassumendo $R_1 = 4,7K\Omega$; $R_2 = 2,7k\Omega$; $R_p = 10K\Omega$; $R = 330\Omega$

Verifica sperimentale

Si verifica il circuito con R_p tarato, $R_p = 0$, $R_p = 10K\Omega$. Si rileverà il valore della tensione d'uscita, della tensione ai capi dello zener, della tensione ai capi della resistenza R e, dividendo tale valore per R, si determina il valore della corrente I_Z . i dati vengono riportati in una tabella insieme ai valori calcolati teoricamente, per un più immediato riscontro.

R _P	Valori misurati				Valori misurati			
	Volt			mA	Volt			mA
	V _o	V _Z	V _{RZ}	I _Z	V _o	V _Z	V _{RZ}	I _Z
Tarato	6	4,652	1,347	4,08	6	4,7	1,3	3,94
0	7,630	4,832	2,797	8,46	7,4	4,7	2,7	8,81
10KΩ	5,360	4,510	0,851	2,58	5,56	4,7	0,86	2,61

PROGETTO E VERIFICA DI UN GENERATORE DI TENSIONE DI RIFERIMENTO DI 7,5V CON SINGOLA ALIMENTAZIONE



Dati: I.C. TL081 ; V_{CC} = 12V ; V_Z = 4,7V ; I_Z = 4mA ; V_o = 7,5V > V_Z.

Viene inserito un trimmer in serie a R₁ al fine di tarare l'uscita all'esatto valore richiesto.

Calcolo di R_P, R₁ e R₂ :

$$V_o = \left(1 + \frac{R_2}{R_1 + \frac{R_P}{2}} \right) \cdot V_Z \Rightarrow \frac{R_2}{R_1 + \frac{R_P}{2}} = \frac{V_o}{V_Z} - 1 = \frac{7,5}{4,7} - 1 = 0,596 \Rightarrow R_2 = 0,596 \cdot \left(R_1 + \frac{R_P}{2} \right)$$

Fissato R_P = 10KΩ e R₁ = 4,7KΩ, si calcola R₂ = 0,276 · $\left(4,7 \cdot 10^3 + \frac{10 \cdot 10^3}{2} \right) = 5,78\text{k}\Omega$, per il quale utilizzeremo il valore commerciale di 5,6KΩ.

Calcolo di R:

$$R = \frac{V_o - V_Z}{I_Z} = \frac{7,5 - 4,7}{4 \cdot 10^{-3}} = 700\Omega$$

per il quale utilizzeremo il valore commerciale di 680Ω.

Riassumendo R₁ = 4,7KΩ ; R₂ = 5,6kΩ ; R_P = 10KΩ ; R = 680Ω

Verifica sperimentale

Si verifica il circuito con R_p tarato, $R_p = 0$, $R_p = 10K\Omega$. Si rileverà il valore della tensione d'uscita, della tensione ai capi dello zener, della tensione ai capi della resistenza R e, dividendo tale valore per R , si determina il valore della corrente I_Z . i dati vengono riportati in una tabella insieme ai valori calcolati teoricamente, per un più immediato riscontro.

R_p	Valori misurati				Valori misurati			
	Volt			mA	Volt			mA
	V_o	V_Z	V_{RZ}	I_Z	V_o	V_Z	V_{RZ}	I_Z
Tarato	7,5	4,656	2,843	4,18	7,5	4,7	2,8	4,12
0	9,150	4,760	4,381	6,44	10,3	4,7	5,6	8,23
10K Ω	6,215	4,500	1,714	2,52	6,49	4,7	1,79	2,63