DETERMINAZIONE DEI VALORI STANDARD DEI COMPONENTI PASSIVI

Tutti sanno che i valori standard dei componenti elettronici passivi (resistori, condensatori, ecc.), seguono una **particolare scala numerica commerciale**. Per esempio, potremo acquistare in un negozio una resistenza di 68 Ω ma non una di 67 Ω o di 69 Ω. Perché?
Cerchiamo, qui, di dare una giustificazione alla serie formata da questi valori e di scoprire il criterio che porta alla loro determinazione.

Senza togliere nulla alla generalità, parliamo solo dei resistori.
Come sappiamo, i componenti elettronici e in particolare i resistori sono prodotti con delle tolleranze percentuali ben definite (1%, 2%, 5%, 10%, ecc…), adatte a soddisfare qualsiasi necessità di progettazione.
Dimostreremo che, proprio a motivo di queste tolleranze, basta un numero discreto di valori per decade per coprire l'intera gamma decadica con continuità.
Infatti, fissata una particolare tolleranza, un resistore con un certo valore nominale R ***potrà avere teoricamente uno tra tutti i valori compresi tra*** $R\cdot(1-\Delta R)$ ***e*** $R\cdot(1+\Delta R)$ ***dove con*** ΔR ***indichiamo proprio la tolleranza.***

Vediamo, allora, come attribuire questi valori standard ad R. Supponiamo di avere un valore qualsiasi R_n con il relativo intorno tra $R_n\cdot(1-\Delta R)$ e $R_n\cdot(1+\Delta R)$ dovuto alla sua tolleranza. Affinché sia assicurata ***teoricamente*** la probabilità di trovare in commercio un qualsiasi valore di R è necessario che il valore massimo probabile di R_n, cioè $R_n\cdot(1+\Delta R)$, debba sovrapporsi al valore minimo probabile $R_{n+1}\cdot(1-\Delta R)$ del valore nominale successivo R_{n+1}.
Ciò è rappresentato intuitivamente nella Fig.01.

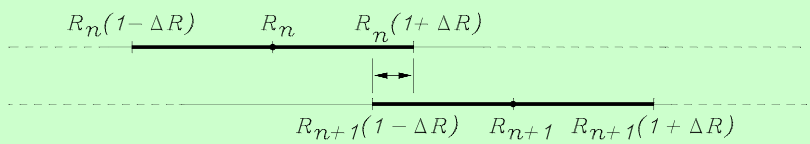

Fig.01

In formule ed in base alla Fig.01 possiamo allora scrivere che:

$$R_{n+1}(1-\Delta R)\le R_n(1+\Delta R) \qquad (1)$$

Dalla relazione (1) possiamo dedurre l'importante espressione:

$$\frac{R_{n+1}}{R_n}\le\frac{1+\Delta R}{1-\Delta R} \qquad (2)$$

Dalla (2), in grandezze logaritmiche, otteniamo:

$$(\lg R_{n+1}-\lg R_n)\le \lg\frac{1+\Delta R}{1-\Delta R} \qquad (3)$$

cioè:

$$\boxed{\lg R_{n+1}\le \lg R_n+\lg\frac{1+\Delta R}{1-\Delta R}} \qquad (4)$$

Questa è la relazione base che porta al calcolo dei valori nominali dei componenti elettronici passivi.

Facciamo qualche esempio.

Poniamo il caso di una tolleranza del 5%: Allora è: $\Delta R = 0{,}05$ quindi scriviamo:

$$\lg R_{n+1} \le \lg R_n + \lg\frac{1+0{,}05}{1-0{,}05} = \lg R_n + \lg\frac{1{,}05}{0{,}95} = \lg R_n + 0{,}0434 \qquad (5)$$

Poiché $0{,}0434 = 1/23{,}04 \cong 1/24$, possiamo scrivere:

$$\lg R_{n+1} \cong \lg R_n + \frac{1}{24} \qquad (6)$$

Posto, per convenienza, a 10Ω il primo valore di scala, il prossimo valore sarà così calcolato:

$$\lg R_{n+1} = \lg 10 + \frac{1}{24} = 1 + \frac{1}{24} = 1.0416 \qquad (7)$$

da cui, con la risoluzione del logaritmo, risulta che il secondo valore è:

$$R_{n+1} = 10^{1{,}0416} \cong 11\Omega \qquad (8)$$

Di seguito, per alcuni valori successivi:

$$\begin{aligned}
\lg R_{n+2} &= \lg 11 + \frac{1}{24} = 1{,}083 \rightarrow R_{n+2} = 10^{1{,}083} \cong 12\Omega \\
\lg R_{n+3} &= \lg 12 + \frac{1}{24} = 1{,}122 \rightarrow R_{n+3} = 10^{1{,}122} \cong 13\Omega \\
\lg R_{n+4} &= \lg 13 + \frac{1}{24} = 1{,}157 \rightarrow R_{n+4} = 10^{1{,}157} \cong 15\Omega
\end{aligned} \qquad (9)$$

e così via.

Si formano cioè, per le tolleranze al 5%, i valori del ben noto **codice E24:**

10-11-12-13-15-16-18-20-22-24-27-30-33-36-39-43-47-51-56-62-68-75-82-91

E' chiaro ora perché si chiama codice $E24$: perché vi sono 24 valori per decade!

Facciamo un altro calcolo, per convincerci meglio della bontà del metodo. Verifichiamo se il valore successivo a 68 è 75, come è riportato sulla tabella del Codice E24:

$$\lg R_{n+22} = \lg 68 + \frac{1}{24} = 1{,}876 \rightarrow R_{n+22} = 10^{1{,}876} = 75{,}16 \cong 75\Omega\,.$$

I conti tornano!

Controlliamo ora se il metodo adoperato porta effettivamente alla sovrapposizione tra un valore massimo di una resistenza nominale qualsiasi e il valore minimo di quella successiva.

Per il valore massimo di 10Ω con la tolleranza del 5% abbiamo: 10(1+0,05)=10,50Ω.

Per il valore minimo di 11Ω con la tolleranza del 5% abbiamo: 11(1-0,05)=10,45Ω.

Quindi, con la tolleranza del 5%, effettivamente il valore massimo probabile di 10Ω (10,5Ω) si sovrappone al valore minimo probabile di 11Ω (10,45Ω).

Con la tolleranza del 5%, il valore massimo probabile di 11Ω (11,55Ω) si sovrappone al valore minimo probabile di 12Ω (11,40Ω).

Con la tolleranza del 5%, il valore massimo probabile di 12Ω (12,60Ω) si sovrappone al valore minimo probabile di 13Ω (12,35Ω).

Cosi possiamo continuare:

Per il valore massimo di 68Ω con tolleranza a 5% abbiamo: 68(1+0,05)=71,4Ω.

Per il valore minimo di 75Ω con tolleranza al 5% abbiamo: 75(1-0.05)=71,25Ω.

E così via.

Per le tolleranze del 10% abbiamo: $\Delta R = 2/24 = 1/12$, quindi i valori per decade saranno:

10-12-15-18-22-27-33-39-47-56-68-82

che danno luogo al **Codice E12.**
Per le tolleranze del 20% abbiamo: $\Delta R = 4/24 = 1/6$, quindi:

10-15-22-33-47-68

che danno luogo al **Codice E6,** con 6 valori per decade.
Per un maggiore convincimento sul metodo di calcolo facciamo un controllo ulteriore anche sul Codice E6. Vediamo, per esempio, se il valore successivo a 15Ω è effettivamente 22Ω:

$$\lg R_{n+2} = \lg 15 + \frac{1}{6} = 1{,}176 + 0{,}166 = 1{,}342 \rightarrow R_{n+2} = 10^{1{,}342} \cong 22\Omega$$

Quindi anche i valori del Codice E6 rispettano il metodo di calcolo.
Per ottenere tutti gli altri valori dell'intera gamma, dai decimi di Ohm ai milioni di Ohm, basta moltiplicare per 10, per 100, per 1000, per 0.1, per 0.01 ecc. i valori per decade così trovati. Per esempio, troveremo sul mercato le resistenze il cui valore è: 68 680 6800 68000 ….6,8 0,68 …. ecc.
Per una tolleranza del 2% abbiamo il **Codice E48,** che è formato necessariamente da tre cifre numeriche; per una tolleranza del 1% avremo il **Codice E96** e cosi via. Risulta quindi che tutti i codici sono o **multipli o sottomultipli di 1/24.**

Facciamo qualche calcolo di controllo sul ***Codice E96.***
I listini delle case di produzione forniscono in tabelle i 96 valori, dei quali i primi quattro sono, per la decade centrale (10Ω – 100Ω):

10,0 – 10,2 – 10, 5 – 10,7.

Controlliamo allora se il calcolo or ora discusso fornisce questi quattro valori. L'espressione da utilizzare è senz'altro la seguente:

$$\lg R_{n+1} \cong \lg R_n + \frac{1}{96}$$

Partendo dal valore iniziale 10, scriviamo:

$$\lg R_{n+1} = \lg 10 + \frac{1}{96} = 1 + \frac{1}{96} = 1 + 0{,}0104 = 1.0104 \rightarrow R_{n+1} = 10^{1{,}0104} = 10{,}2\Omega$$

$$\lg R_{n+2} = \lg 10{,}2 + \frac{1}{96} = 1{,}0086 + \frac{1}{96} = 1{,}0086 + 0{,}0104 = 1.0190 \rightarrow R_{n+1} = 10^{1{,}0190} = 10{,}44 \cong 10{,}5\Omega$$

$$\lg R_{n+3} = \lg 10{,}5 + \frac{1}{96} = 1{,}02118 + \frac{1}{96} = 1{,}02118 + 0{,}0104 = 1.03158 \rightarrow R_{n+1} = 10^{1{,}03158} = 10{,}75 \cong 10{,}7\Omega$$

Abbiamo ottenuto i primi quattro valori del Codice E96, che sono risultati, entro l'errore della seconda cifra decimale, uguali a quelli del codice commerciale.
Infine, è appena necessario dire che, poiché le cifre significative sono tre, anche il codice dei colori dovrà avere una fascia colorata in più per definire pienamente il valore nominale dei Codici E48 e E96.

Gennaio 2012

Nicola del Ciotto