

Circuit électronique

Facteur d'influences et caractéristiques limites

Cours 1-ère année
Bachelor Cybersécurité
EPITA

Sommaire

1. Introduction

2. Résistance

2.1 Caractéristiques principales d'une Résistance

2.1 Méthode de calcul de la résistance réelle

2.3 Exercices

3. Condensateur

3.1 Caractéristiques principales d'un condensateur

3.2 Méthode de calcul de la capacité réelle

3.3 Exercices

1. Introduction

Pourquoi les Facteurs d'Influence sont Importants ?

Les **facteurs d'influence** jouent un rôle essentiel dans la performance et la fiabilité des composants électroniques. Leur compréhension est cruciale pour plusieurs raisons :

1. Comprendre les Limites des Composants

Les **facteurs d'influence** (comme la tolérance, la température, la tension et le vieillissement) peuvent affecter la capacité, la résistance ou d'autres caractéristiques des composants. Par exemple, un condensateur peut avoir une capacité différente sous tension ou à des températures extrêmes. Il est donc important de connaître l'impact de ces facteurs pour **comprendre les limites réelles** d'un composant par rapport à sa valeur nominale. Ces informations permettent de déterminer dans quelle mesure un composant peut fonctionner dans des conditions réelles et ce qui pourrait causer une défaillance.

2. Assurer la Fiabilité des Composants

Un composant qui n'est pas choisi en tenant compte des **facteurs d'influence** peut finir par être insuffisant pour l'application, ce qui réduit sa **fiabilité**. Par exemple, si un condensateur est mal dimensionné en tenant compte des effets de la température ou de la tension, sa capacité effective pourrait être trop faible, ce qui entraînerait des problèmes de stabilité, des pertes de performance, voire des pannes du système.

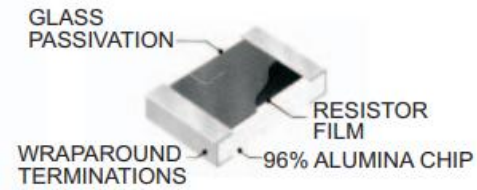
3. Réaliser des Designs Électroniques Optimisés

Les **facteurs d'influence** permettent de concevoir des circuits électroniques plus **robustes et fiables**. En comprenant comment la température, la tension et d'autres variables affectent un composant, vous pouvez choisir des composants mieux adaptés aux conditions de fonctionnement spécifiques de votre application. Cela permet de **réduire les risques de défaillance** et d'améliorer la **longévité du circuit**.

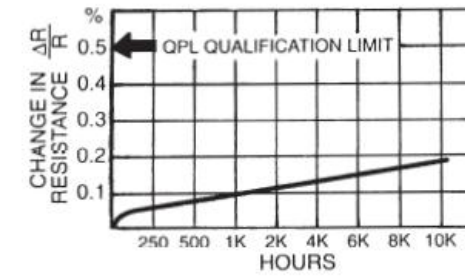
2. Résistance

Resistance Range
Tolerances (1)
TCR
Thermal Resistance
Maximum Power
Maximum Voltage

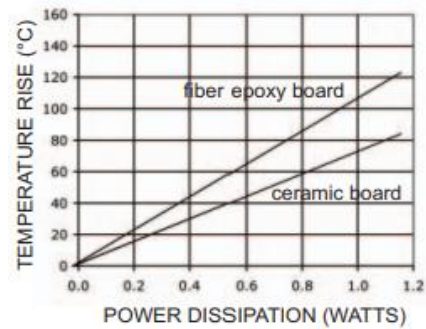
$1\Omega - 40M\Omega$
0.5%, 1%, 2%, 5%, 10%
 $\pm 100, \pm 200, \pm 300$ ppm
78.4°C/W
100 mW
45 Volts



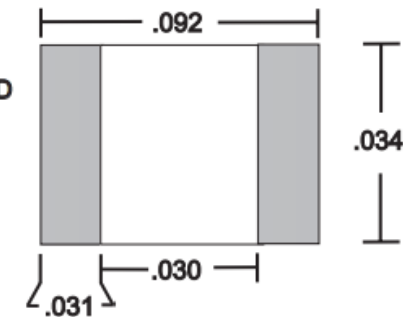
LIFE TEST



POWER DISSIPATION



MINIMUM
RECOMMENDED
MOUNTING
PADS
(INCHES)



2.1 Caractéristiques principales d'une Résistance

La température : variations provoquant des changements de la résistance.

Les résistances sont caractérisées par leur coefficient de température (CT), qui indique comment leur valeur change en fonction de la température.

- **Exemples de valeurs de coefficient de température (CT)** : ± 100 , ± 200 , ± 300 ppm/°C

- **Impact** : La résistance varie proportionnellement à la température. Par exemple, une variation de 100 ppm/°C signifie que pour chaque degré Celsius d'écart, la résistance change de 0,01 %. Ce paramètre est crucial pour les applications sensibles aux variations thermiques.

La tolérance : précision du composant.

La tolérance indique la précision d'une résistance par rapport à sa valeur nominale.

- **Signification** : La tolérance indique l'écart maximal par rapport à la valeur nominale de la résistance. Par exemple, une tolérance de 1 % signifie que la valeur réelle de la résistance peut varier de ± 1 % par rapport à la valeur indiquée.

Exemple : Une résistance marquée $100\ \Omega \pm 5\%$ peut avoir une valeur réelle entre $95\ \Omega$ et $105\ \Omega$.

Puissance Dissipée

- **Exemple de puissance maximale** : 100 mW

- **Conséquence** : Une dissipation de puissance excessive peut entraîner une élévation de la température de la résistance, affectant ainsi sa stabilité et sa durée de vie. Il est essentiel de respecter cette limite pour éviter des dégradations thermiques

Tension Maximale

- **Tension maximale** : 45 V
- **Conséquence** : Appliquer une tension supérieure à cette limite peut entraîner des décharges électriques ou des dégradations du matériau, affectant ainsi la performance de la résistance.

Dimensions et type d'assemblage

- **Dimensions** : 0603 (1,6 mm × 0,8 mm)
- **Type d'assemblage** : Montage en surface (SMT) ou CMS en anglais
- **Avantage** : Cette taille compacte permet une intégration facile dans des circuits électroniques miniaturisés, tout en offrant une dissipation thermique adéquate pour sa puissance nominale.

Vieillessement et dégradation

- Les résistances peuvent se détériorer avec le temps en raison de l'humidité, de la chaleur excessive ou de charges électriques répétées. la résistance doit rester dans les limites spécifiées après des tests de durée de vie, garantissant ainsi sa fiabilité sur le long terme (**Test de durée de vie** : Conforme à MIL-PRF-55342).

Exemple d'analyse d'une datasheet de résistance : <https://www.resistor.com/assets/pdf/0603std.pdf>

Paramètre	Valeur typique	Facteur d'influence	Conséquence sur la résistance
Tolérance	$\pm 1 \%$, $\pm 2 \%$, $\pm 5 \%$	Précision de fabrication	Variation initiale de la valeur nominale de la résistance
Coefficient de température	1–10 Ω : ± 400 ppm/ $^{\circ}\text{C}$; 11–100 Ω : ± 200 ppm/ $^{\circ}\text{C}$; 100 Ω : ± 100 ppm/ $^{\circ}\text{C}$	Température ambiante	Changement de la résistance avec la température
Puissance nominale	1/10 W à 70 $^{\circ}\text{C}$	Température de fonctionnement	Risque de surchauffe si la puissance dissipée dépasse la valeur nominale
Tension maximale de service	50 V	Tension appliquée	Dégradation ou claquage si la tension dépasse la valeur maximale
Tension maximale de surcharge	100 V	Surintensités temporaires	Risque de dommages en cas de surtensions au-delà de cette valeur
Plage de température de fonctionnement	–55 $^{\circ}\text{C}$ à +155 $^{\circ}\text{C}$	Environnement thermique	Performances garanties uniquement dans cette plage de température
Vie en charge	$\pm 5 \%$: $\pm (3 \% + 0,1 \Omega)$ max ; $\pm 1 \%$: $\pm (1 \% + 0,1 \Omega)$ max	Vieillessement, température	Dérive de la valeur de résistance sur le long terme sous charge

2.2 Méthode de calcul de la résistance réelle

Calcul complet de la résistance réelle

La valeur finale de la résistance, $R_{réelle}$, en tenant compte de la tolérance, de la température et du vieillissement peut être estimée par :

1. Appliquer la tolérance pour obtenir la plage de résistance :

$$R_{\min} \text{ et } R_{\max}$$

2. Appliquer la variation de température pour chaque plage :

$$R_{\min}(T_2) = R_{\min} \times [1 + \alpha(T_2 - T_1)]$$

$$R_{\max}(T_2) = R_{\max} \times [1 + \alpha(T_2 - T_1)]$$

3. Appliquer le vieillissement en modifiant la résistance à chaque température :

$$R_{\min}(T_2, \text{vieillissement}) = R_{\min}(T_2) \times (1 + \text{Facteur de vieillissement})$$

$$R_{\max}(T_2, \text{vieillissement}) = R_{\max}(T_2) \times (1 + \text{Facteur de vieillissement})$$

Ainsi, la résistance réelle après avoir pris en compte la tolérance, la température et le vieillissement peut être située entre :

$$R_{\min}(T_2, \text{vieillissement}) \text{ et } R_{\max}(T_2, \text{vieillissement})$$

Quiz 1 :

Calculer les valeurs min et max d'une résistance 100 Ohm pour un fonctionnement en température entre 20°C et 100°C.

A noter que cette résistance se caractérise par une tolérance de 5%, un coefficient de température de +0,005 Ohm /°C et un facteur de vieillissement de 1%.

Quiz 2 :

Calculer les valeurs min et max d'une résistance 100 Ohm pour un fonctionnement en température entre 20°C et 100°C.

A noter que cette résistance se caractérise par une tolérance de 1%, un coefficient de température de +0,005 Ohm /°C et un facteur de vieillissement de 1%.

Quiz 3 :

Dans une alimentation régulée de 5V pour un ordinateur, un **pont diviseur de tension** est utilisé pour fournir un signal de rétroaction au régulateur de tension. Le pont est constitué de deux résistances :

- R_1 , qui est une résistance **variable** dont la valeur varie entre 134,33 Ω et 148,47 Ω ,
- $R_2 = 1000 \Omega$ (résistance fixe).

La tension d'entrée V_{in} est de 5V et la tension de sortie V_{out} doit être dans la plage de 4,5V à 5,5V pour assurer un fonctionnement stable de l'alimentation.

La formule du pont diviseur de tension modifiée, après l'inversion de R_1 et R_2 , devient :

$$V_{out} = V_{in} \times \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

Où :

- $V_{in} = 5V$ est la tension d'entrée,
- R_1 est la résistance **variable**, qui varie entre 134,33 Ω et 148,47 Ω ,
- $R_2 = 1000 \Omega$ est la résistance fixe.

Question 1 :

Calculer les valeurs minimales et maximales de V_{out} en fonction de la résistance variable R_1 qui varie entre 134,33 Ω et 148,47 Ω , en utilisant la formule du pont diviseur de tension modifiée.

Question 2 :

Vérifiez si la plage de tensions obtenue pour V_{out} avec les valeurs minimales et maximales de R_1 est compatible avec la plage de fonctionnement requise (c'est-à-dire entre 4,5V et 5,5V). Si ce n'est pas le cas, proposez une solution pour ajuster les valeurs de R_1 afin que V_{out} reste dans la plage de tension souhaitée.

Quiz 4 :

Dans une alimentation régulée de 5V pour un ordinateur, un pont diviseur de tension est utilisé pour fournir un signal de rétroaction au régulateur de tension. Le pont est constitué de deux résistances :

- R_1 , qui est une résistance variable dont la valeur varie entre 99 Ω et 101,4 Ω ,
- $R_2 = 1000 \Omega$ (résistance fixe).

La tension d'entrée V_{in} est de 5V et la tension de sortie V_{out} doit être dans la plage de 4,5V à 5,5V pour assurer un fonctionnement stable de l'alimentation.

La formule du pont diviseur de tension modifiée, après l'inversion de R_1 et R_2 , devient :

$$V_{out} = V_{in} \times \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

Où :

- $V_{in} = 5V$ est la tension d'entrée,
- R_1 est la résistance variable, qui varie entre 99 Ω et 101,4 Ω ,
- $R_2 = 1000 \Omega$ est la résistance fixe.

Question 1 :

Calculer les valeurs minimales et maximales de V_{out} en fonction de la résistance variable R_1 qui varie entre 99 Ω et 101,4 Ω , en utilisant la formule du pont diviseur de tension modifiée.

Question 2 :

Vérifiez si la plage de tensions obtenue pour V_{out} avec les valeurs minimales et maximales de R_1 est compatible avec la plage de fonctionnement requise (c'est-à-dire entre 4,5V et 5,5V). Si ce n'est pas le cas, proposez une solution pour ajuster les valeurs de R_1 afin que V_{out} reste dans la plage de tension souhaitée.

3. Condensateur



■ Rated Value

④ Temperature Characteristics [R7] (Public STD Code : [X7R(EIA)])			⑤ Rated Voltage	⑥ Capacitance	⑦ Capacitance Tolerance	Operating Temp. Range	Mounting Method
Temp. coeff. or Cap. Change	Temp. Range	Ref. Temp.					
-15 to 15 %	-55 to 125°C	25°C	DC 63V	10μF	+/-10%	-55 to 125°C	Reflow

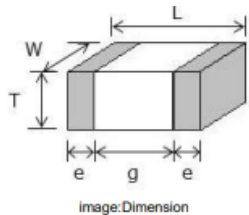
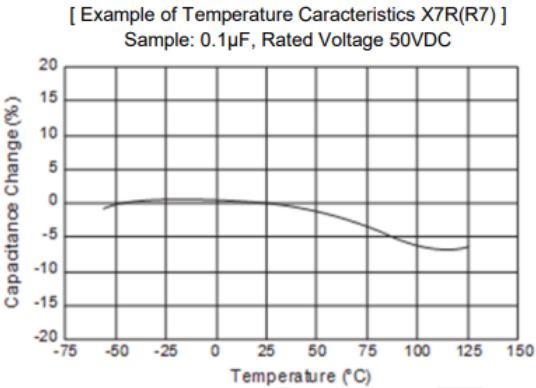
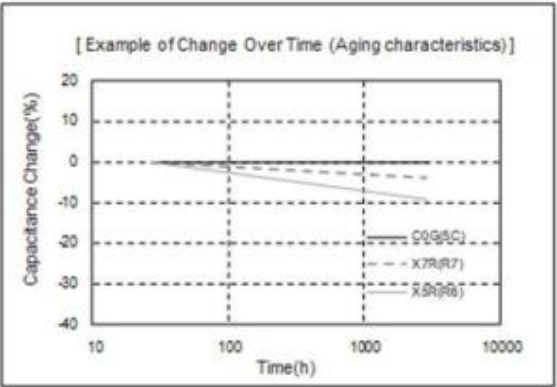
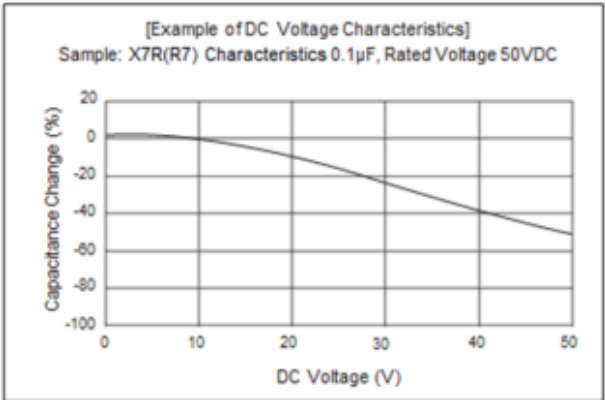


Image:Dimension

Size Code : 3225M(1210)					(in mm)
② L	② W	② T	e	g	
3.2+/-0.3	2.5+/-0.2	2.5+/-0.2	0.3 min.	1.0 min.	



3.1 Caractéristiques principales d'un condensateur

Paramètre	Valeur typique	Facteur d'influence	Conséquence sur le condensateur
Capacité	1 μ F, 10 μ F, etc.	Taux de fabrication	La capacité réelle peut légèrement varier autour de la valeur nominale en fonction du processus de fabrication.
Tolérance	± 10 %, ± 20 %	Précision de fabrication	La tolérance plus large signifie que la capacité peut varier jusqu'à ± 10 % ou ± 20 % par rapport à la valeur nominale.
Type de diélectrique	X7R, COG/NP0, Y5V, etc.	Température, fréquence, stabilité	X7R, par exemple, offre une meilleure stabilité thermique, tandis que Y5V peut être moins stable avec la température.
Plage de température	-55 °C à +125 °C	Température ambiante	En dehors de cette plage, la capacité peut diminuer ou devenir non linéaire.
Tension de service maximale	25 V, 50 V, 100 V	Application de tension	Une tension supérieure à la valeur maximale peut endommager le condensateur, entraînant une défaillance ou une perte de capacité.
ESR (Résistance Série Équivalente)	0.05 Ω , 0.1 Ω	Fréquence et type de condensateur	Un ESR trop élevé peut réduire l'efficacité du condensateur, particulièrement pour les applications de filtrage haute fréquence.
Capacité en fonction de la tension appliquée	10 % de réduction à la tension nominale (ex : 25 V pour un condensateur de 25 V)	Effet de la tension appliquée	La capacité peut diminuer sous haute tension, ce qui est un phénomène connu sous le nom de "tension de polarisation".
Vieillessement (perte de capacité)	≤ 10 % après 1000 heures à température élevée (125 °C)	Temps et conditions environnementales	Un vieillissement accéléré peut réduire la capacité du condensateur au fil du temps.

- **Capacité et tolérance** : Le condensateur MLCC est conçu pour offrir une capacité nominale mais avec une **tolérance** qui peut varier en fonction des procédés de fabrication. Cela signifie que la valeur réelle de la capacité peut fluctuer autour de la valeur nominale, ce qui peut avoir un impact sur le circuit, en particulier dans les applications sensibles à la capacité précise.
- **Type de diélectrique** : Selon le type de diélectrique utilisé, comme **X7R** ou **COG**, le condensateur réagira différemment aux variations de température. Par exemple, un condensateur **COG/NPO** sera plus stable à des températures élevées, tandis qu'un **Y5V** pourrait perdre significativement sa capacité à des températures élevées.
- **Plage de température** : Le condensateur peut supporter des températures allant de **-55 °C à +125 °C**. En dehors de cette plage, sa capacité et ses autres caractéristiques électriques peuvent se dégrader. Ce facteur est particulièrement important dans les applications qui exigent des performances stables sur une large plage de températures.
- **Tension de service maximale** : Cette valeur indique la **tension maximale** que le condensateur peut supporter sans risque de défaillance. Exceeding cette tension peut provoquer une rupture du diélectrique interne, ce qui entraînerait une perte de capacité ou une défaillance totale.
- **ESR (résistance série équivalente)** : L'ESR est une mesure de la résistance interne du condensateur. Un **ESR élevé** peut affecter les performances du condensateur, en particulier dans des circuits à haute fréquence, où il peut engendrer des pertes d'énergie, réduire l'efficacité du filtrage et provoquer une dissipation thermique accrue.

- **Effet de la tension sur la capacité** : La capacité d'un condensateur MLCC peut **diminuer** sous l'effet de la **tension appliquée**, phénomène bien connu sous le nom de "**tension de polarisation**". Cela est particulièrement pertinent pour les condensateurs utilisés dans des circuits à haute tension, où une réduction de la capacité peut affecter le comportement global du circuit.
- **Vieillessement** : Le condensateur perdra lentement de sa capacité au fil du temps, particulièrement à des températures élevées. Ce **vieillessement** est généralement un phénomène lent mais doit être pris en compte dans les applications critiques, notamment en termes de durabilité et de longévité des circuits.

3.2 Méthode de calcul de la capacité réelle

1. Capacité Minimale avec la Tolérance

$$C_{\min} = C_{\text{nominal}} \times \left(1 - \frac{\text{Tolérance}}{100}\right)$$

Où :

- C_{\min} : Capacité minimale après tolérance
- C_{nominal} : Capacité nominale du condensateur
- **Tolérance** : Le pourcentage de tolérance spécifié par le fabricant



2. Capacité en Fonction de la Température

$$C_{\text{temp}} = C_{\min} \times \left(1 + \frac{\text{Variation de Température}}{100}\right)$$

Où :

- C_{temp} : Capacité après variation de température
- C_{\min} : Capacité minimale après tolérance
- **Variation de Température** : Le pourcentage de variation de la capacité dû à la température (exprimé en %)

3. Capacité en Fonction de la Tension

$$C_{\text{tension}} = C_{\text{temp}} \times \left(1 - \frac{\text{Variation sous Tension}}{100}\right)$$

Où :

- C_{tension} : Capacité après variation sous tension
- C_{temp} : Capacité après variation de température
- **Variation sous Tension** : Le pourcentage de variation de la capacité sous une certaine tension (exprimé en %)



Capacité Réelle

$$C_{\text{réelle}} = C_{\text{tension}}$$

La **capacité réelle** du condensateur après avoir pris en compte la tolérance, la température et la variation sous tension.

Ces formules vous permettent de déterminer la capacité d'un condensateur dans des conditions réelles, tenant compte des facteurs d'influence comme la tolérance, la température et la tension.

Quiz 1 :

Un condensateur céramique de 100 μF (référence : Murata GRM31CR60J107MEA8#) est utilisé dans une alimentation régulée 5V pour filtrer les ondulations de la tension en sortie. La datasheet de ce condensateur donne les caractéristiques suivantes :

- Capacité nominale (C_0) : 100 μF
- Tolérance : $\pm 20\%$
- Plage de température : -55°C à $+85^\circ\text{C}$
- Réduction sous tension : 10% à 5V

La capacité minimale requise pour un bon filtrage est de 40 μF

Se référer à la datasheet suivante :

<https://www.murata.com/en-eu/products/productdetail?partno=GRM31CR60J107MEA8%23>

Questions :

1. Calculer la capacité minimale du condensateur en tenant compte de la **tolérance** spécifiée dans la **datasheet** (par exemple, $\pm 20\%$).
2. Calculer la capacité minimale en fonction de la température entre 25°C et 85°C , en utilisant le **coefficient de température** fourni dans la **datasheet**. Se référer à la courbe **cap change Rate [%] vs Temperature [DegC]**
3. Calculer la capacité minimale après réduction sous tension à 5V, en prenant en compte l'effet de la tension selon les informations de la **datasheet**. Se référer à la courbe **cap change Rate [%] vs DC Bias [V]**
4. Quelle conclusion pouvez vous tirer après ces calculs

Quiz 2 :

Vous avez un condensateur avec la référence **Murata GRM31CR60J107MEA8#** (220 μ F, céramique, type X5R) ayant les caractéristiques suivantes :

- **Capacité nominale (C_0)** : 220 μ F
- **Tolérance** : $\pm 20\%$

La capacité minimale requise pour un bon filtrage est de 40 μ F

Se référer à la datasheet suivante :

<https://www.murata.com/en-eu/products/productdetail?partno=GRM31CR60J227ME11%23>

Questions :

1. **Calculer la capacité minimale du condensateur** en tenant compte de la **tolérance** spécifiée dans la **datasheet** (par exemple, $\pm 20\%$).
2. **Calculer la capacité minimale en fonction de la température** entre **25°C et 85°C**, en utilisant le **coefficient de température** fourni dans la **datasheet**. [Se référer à la courbe cap change Rate \[%\] vs Temperature \[DegC\]](#)
3. **Calculer la capacité minimale après réduction sous tension à 5V**, en prenant en compte l'effet de la tension selon les informations de la **datasheet**. [Se référer à la courbe cap change Rate \[%\] vs DC Bias \[V\]](#)
4. **Quelle conclusion pouvez vous tirer après ces calculs**

