

TP 0 : Résonance(s) du RLC série. Mesure de Q et f_0 avec intervalle d'incertitude

On relèvera successivement :

- la courbe de résonance en intensité
- les diagrammes de BODE des filtres constitués (suivant la tension de sortie)

On utilisera le passe bande sélectif en substituant L et C par des boites à décades pour discriminer une à une les premières harmoniques d'un signal créneau.

On proposera systématiquement des intervalles de confiance pour les évaluations numériques.

A. La résonance en courant.

On réalise le circuit RLC avec un condensateur de valeur nominale $C=1\text{ nF}$ et une self d'auto-inductance $L=1\text{ H}$ positionnées sur une plaquette LAB. La résistance de $3110\ \Omega$ est réalisée grâce à une association de boites AOIP.

1. Influence de l'incertitude sur les valeurs numériques des composants :

En négligeant tout supplément de résistance, de capacité ou d'inductance dans le circuit réalisé et en considérant les intervalles suivants pour les valeurs numériques :

$$L=[1,00\pm 0,05]\text{ H}$$

$$C=[1,00\pm 0,05]\text{ nF}$$

$$R=[3160\pm 10]\ \Omega$$

Donner les intervalles de même confiance pour la fréquence de résonance d'intensité f_0 et pour le facteur de qualité du circuit Q (évaluation par **somme quadratique des incertitudes relatives** dans les produits et les quotients (comparer à l'évaluation par les sommes des incertitudes relatives))

Mesurer alors L et C au LCR-mètre (mesure à faire sur la paillasse prof en apportant votre plaquette LAB). Donner les intervalles d'incertitude «constructeur» grâce au document joint en annexe 1. Les mesures de résistances se feront avec le multimètre MTX3283 en ohmmètre. En déduire de nouveaux intervalles de confiance pour les valeurs de f_0 et Q.

2. Incertitude sur les mesures d'intensité et de fréquence.

Nous allons relever des couples de valeurs $I_{\text{eff}}(f)$ sur la décade 1 kHz-10 kHz en branchant en série un multimètre MTX3283 en mode ampèremètre. Chaque mesure est entachée d'une incertitude sur l'intensité et sur la fréquence fournissant donc un rectangle d'incertitude sur chaque mesure. On estimera cette incertitude sur plusieurs valeurs (annexe 2). On relèvera les valeurs «à la main» et on les introduira dans un tableur. Le graphe sera donc fourni par le logiciel (pas d'interpolation (lissage) entre les valeurs expérimentales SVP !). Grâce à l'option «barres d'erreur» vous proposerez un pourcentage d'erreur compatible avec l'estimation faite d'après les données constructeur. Vous superposerez alors la courbe dite «théorique» en utilisant les valeurs médianes des composants et la tension d'entrée. (Après impression de la courbe avec les segments d'incertitude, je vous invite à redessiner le contour des rectangles d'incertitude.) Commentez. Estimation expérimentale de f_0 et Q avec leur incertitude. Expliquez complètement votre méthode d'évaluation de l'incertitude.

B. Les diagrammes de BODE du RLC série

1. Mesure directe au multimètre (sans aide logicielle sur ordinateur)

[si vous n'êtes pas en avance vous zappez ce B1 pour passer directement au B2]

On profitera des mesures directes en dB (fonction secondaire du MTX3283) pour relever le diagramme de BODE de gain en tension du RLC avec la tension de sortie sur le condensateur par exemple. Placez vos points de mesure de gain à la main sur un papier semi-log à deux décades. Évaluez la surtension aux bornes du condensateur à la résonance.

Accès aux fonctions secondaires



Choix des fonctions secondaires sur les afficheurs 2, 3 et 4 par appuis successifs sur la touche ci-contre en fonction de la mesure principale.

Un appui long supprime l'affichage des mesures secondaires.



Lors du choix d'une mesure principale, les dernières fonctions secondaires sélectionnées sont réactivées.

Tableau des fonctions secondaires

Voir p. 9

	Afficheur secondaire 1		Afficheur secondaire 2		Afficheur secondaire 3	Afficheur : Mesure principale					
	Fonction	Unité	Fonction	Unité		VAC VAC+DC	VDC	AAC AAC+DC	ADC	Hz	Ω
MTX 3281 / 2 / 3	FRÉQ	Hz	PER	S	Fonct. MATH	x		x			
MTX 3283	FRÉQ	Hz	dB	dB	Fonct. MATH	x					
MTX 3283	dBm	dBm	REF (dBm)	Ω	Fonct. MATH	x					

Accès aux fonctions secondaires (suite)

Modèle MTX 3283

A l'activation des mesures **dB**, la valeur mesurée est prise comme référence de tension (V ref).

Le calcul est le suivant :

$$20 \log_{10} (V \text{ mesurée} / V \text{ ref}).$$



La référence de tension (V ref) ne peut pas être modifiée.

2. Relevé des diagramme de BODE par Regressi™

En prenant successivement les tensions sur R puis L puis C (on les positionne dans le circuit avec une borne à la masse), utilisez Regressi pour une acquisition des trois diagrammes de BODE (gain et phase). Imprimez vos diagrammes. Confirmez la cohérence avec les mesures du B.1

C. Extraction des harmoniques d'un signal créneau de 5 kHz

On substitue les L et C de la plaquette par des boîtes à décades de capacités et d'inductances sans modifier R. Partant des valeurs précédentes, comment sélectionnez-vous les harmoniques 3,5 et 7 d'un signal créneau de 5kHz de façon à confirmer leurs rapports d'amplitude au fondamental 1/3, 1/5, 1/7 ?

Justifiez votre méthode et présentez vos résultats.

Annexe 1 : Incertitude du Pont RLC digital (LCRmètre)

Capacitance

Test Freq. 120Hz

Range	Max Display	Accuracy		Specified Note
		Cx*	DF	
10mF	9.99mF *note 4	$\pm(5\% + 5 \text{ counts})$ (DF<0.1)	$\pm(10\% + 100/Cx + 5 \text{ counts})$ (DF<0.1)	after short cal.
1000µF	999.9µF	$\pm(1\% + 5 \text{ counts})$ (DF<0.1)	$\pm(2\% + 100/Cx + 5 \text{ counts})$ (DF<0.1)	after short cal.
100µF	99.99µF	$\pm(0.7\% + 3 \text{ counts})$ (DF<0.5)	$\pm(0.7\% + 100/Cx + 5 \text{ counts})$ (DF<0.5)	—
10µF	9.999µF	$\pm(0.7\% + 3 \text{ counts})$ (DF<0.5)	$\pm(0.7\% + 100/Cx + 5 \text{ counts})$ (DF<0.5)	—
1000nF	999.9nF	$\pm(0.7\% + 3 \text{ counts})$ (DF<0.5)	$\pm(0.7\% + 100/Cx + 5 \text{ counts})$ (DF<0.5)	—
100nF	99.99nF	$\pm(0.7\% + 3 \text{ counts})$ (DF<0.5)	$\pm(0.7\% + 100/Cx + 5 \text{ counts})$ (DF<0.5)	after open cal.
10nF	9.999nF	$\pm(1\% + 5 \text{ counts})$ (DF<0.1)	$\pm(2\% + 100/Cx + 5 \text{ counts})$ (DF<0.1)	after open cal.

Test Freq. 1kHz

Range	Max Display	Accuracy		Specified Note
		Cx*	DF	
1000µF	0.999mF *note 4	$\pm(5\% + 5 \text{ counts})$ (DF<0.1)	$\pm(10\% + 100/Cx + 5 \text{ counts})$ (DF<0.1)	after short cal.
100µF	99.99µF	$\pm(1\% + 5 \text{ counts})$ (DF<0.1)	$\pm(2\% + 100/Cx + 5 \text{ counts})$ (DF<0.1)	after short cal.
10µF	9.999µF	$\pm(0.7\% + 3 \text{ counts})$ (DF<0.5)	$\pm(0.7\% + 100/Cx + 5 \text{ counts})$ (DF<0.5)	—
1000nF	999.9nF	$\pm(0.7\% + 3 \text{ counts})$ (DF<0.5)	$\pm(0.7\% + 100/Cx + 5 \text{ counts})$ (DF<0.5)	—
100nF	99.99nF	$\pm(0.7\% + 3 \text{ counts})$ (DF<0.5)	$\pm(0.7\% + 100/Cx + 5 \text{ counts})$ (DF<0.5)	—
10nF	9.999nF	$\pm(0.7\% + 5 \text{ counts})$ (DF<0.5)	$\pm(0.7\% + 100/Cx + 5 \text{ counts})$ (DF<0.5)	after open cal.
1000pF	999.9pF	$\pm(1\% + 5 \text{ counts})$ (DF<0.1)	$\pm(2\% + 100/Cx + 5 \text{ counts})$ (DF<0.1)	after open cal.

Notes:

1. Q Value is the reciprocal of DF
2. This specification is based on the measurement performed at the test socket.
3. Dut & Test lead to be properly shielded to GND (DC “-”) if necessary.
- *4. This reading can be extended to 1999 MAX display with accuracy not specified.
- *5. Cx= Counts of displayed C value. e.g. C=88.88µF than Cx=8888.

Inductance

Test Freq. 120Hz

Range	Max Display	Accuracy		Specified Note
		Lx* (DF<0.5)	DF (DF<0.5)	
10000H	9999H	*Note 4	*Note 4	—
1000H	999.9H	$\pm[1\% + (Lx/10000)\% + 5 \text{ counts}]$	$\pm(2\% + 100/Lx + 5 \text{ counts})$	after open cal.
100H	99.99H	$\pm[0.7\% + (Lx/10000)\% + 5 \text{ counts}]$	$\pm(1.2\% + 100/Lx + 5 \text{ counts})$	—
10H	9.999H	$\pm[0.7\% + (Lx/10000)\% + 5 \text{ counts}]$	$\pm(1.2\% + 100/Lx + 5 \text{ counts})$	—
1H	999.9mH	$\pm[0.7\% + (Lx/10000)\% + 5 \text{ counts}]$	$\pm(1.2\% + 100/Lx + 5 \text{ counts})$	—
100mH	99.99mH	$\pm[1\% + (Lx/10000)\% + 5 \text{ counts}]$	$\pm(3\% + 100/Lx + 5 \text{ counts})$	after short cal.
10mH	9.999mH	$\pm[2\% + (Lx/10000)\% + 5 \text{ counts}]$	$\pm(10\% + 100/Lx + 5 \text{ counts})$	after short cal.

Test Freq. 1kHz

Range	Max Display	Accuracy		Specified Note
		Lx* (DF<0.5)	DF (DF<0.5)	
1000H	999.9H	*Note 4	*Note 4	—
100H	99.99H	$\pm[1\% + (Lx/10000)\% + 5 \text{ counts}]$	$\pm(1.2\% + 100/Lx + 5 \text{ counts})$	after open cal.
10H	9.999H	$\pm[0.7\% + (Lx/10000)\% + 5 \text{ counts}]$	$\pm(1.2\% + 100/Lx + 5 \text{ counts})$	—
1H	999.9mH	$\pm[0.7\% + (Lx/10000)\% + 5 \text{ counts}]$	$\pm(1.2\% + 100/Lx + 5 \text{ counts})$	—
100H	99.99mH	$\pm[0.7\% + (Lx/10000)\% + 5 \text{ counts}]$	$\pm(1.2\% + 100/Lx + 5 \text{ counts})$	—
10mH	9.999mH	$\pm[1.2\% + (Lx/10000)\% + 5 \text{ counts}]$	$\pm(5\% + 100/Lx + 5 \text{ counts})$	after short cal.
1mH	999.9µH	$\pm[2\% + (Lx/10000)\% + 5 \text{ counts}]$	$\pm(10\% + 100/Lx + 5 \text{ counts})$	after short cal.

Notes:

1. Q Value is the reciprocal of DF
2. This specification is based on the measurement performed at the test socket.
3. Dut & Test lead to be properly shielded to GND (DC “-”) if necessary.
- *4. Not specified.
- *5. Lx= counts of displayed L value. e.g. L=88.88H, then Lx=8888.

Annexe 2 : Incertitudes de mesure du multimètre MTX 3283

Mesures de résistance

MTX 3282
MTX 3283

Gamme	Précision	Résolution	Protection
1000 Ω	0,1 % + 8D	10 m Ω	1000 Veff.
10 k Ω	0,07 % + 8D	100 m Ω	
100 k Ω		1 Ω	
1000 k Ω		10 Ω	
10 M Ω	0,5 % + 8D	100 Ω	
50 M Ω	2 % + 8D	1 k Ω	

Mesures de fréquence

Fréquence tension ou
courant en parallèle
(fonction secondaire)

MTX 3281
MTX 3282
MTX 3283

Vous mesurez la fréquence et la grandeur d'une tension ou d'un courant.

Gamme	Précision	Résolution	Surcharge admissible
0,8 à 10 Hz	0,02 % + 8D	0,0001 Hz	1450 Vcc (1 min max.) sur gamme 500 mV
10 à 100 Hz		0,001 Hz	
100 à 1000 Hz		0,01 Hz	
1000 à 10 kHz		0,1 Hz	
10 à 100 kHz		1 Hz	
100 à 200 kHz		10 Hz	

Mesures d'intensité

MTX 3282
MTX 3283

Calibre	Impédance d'entrée	Résolution	Protection	Précision			
				45 Hz à 1 kHz	1 kHz à 4 kHz	4 kHz à 20 kHz	20 à 50 kHz
1000 μ A	env. 170 Ω	10 nA	11 A 20A < 30s	0,5% \pm 40D	1% \pm 30D	5% \pm 30D	-
10 mA	env. 17 Ω	0,1 μ A		0,3% \pm 30D	1,5% \pm 30D	3% \pm 30D	5% \pm 30D
100 mA	env. 1,7 Ω	1 μ A		1,5% \pm 30D	2% \pm 30D		-
1000 mA	env. 0,17 Ω	10 μ A		1,5% \pm 30D		2,5% \pm 30D	-
10 A	env. 0,03 Ω	100 μ A		2,5% \pm 30D	-		
100 A (**)	(*)	1000 μ A		-	-		