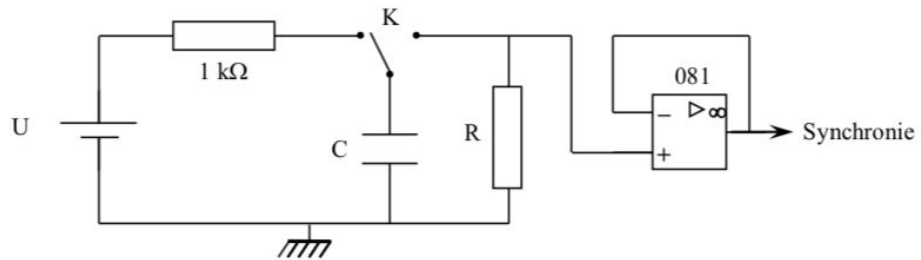


Montage N°19 : Effets capacitifs

I- Mise en évidence de l'effet capacitif (décharge d'un condensateur)

Montage :

U : 5 V
R : 100 kΩ
C : 5 μF



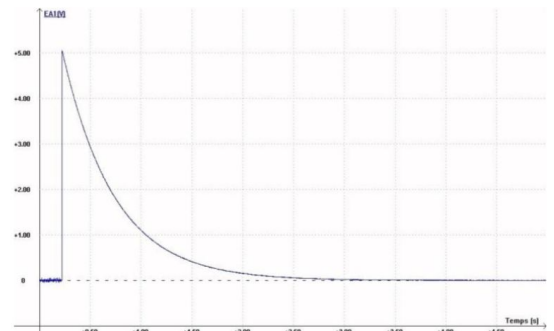
$$T_0 = RC = 0,5s$$

Effet accumuler des charges = effet capacitif

$$I = dq/dt = U/R \Rightarrow Q = \int (U/R) dt$$

1) Lien entre charge accumulée et tension appliquée

La résistance de 1 kΩ sert à limiter le courant de charge. Le choix d'une constante de temps de décharge importante ($\tau = RC = 0,5 s$) permet de simplifier l'acquisition (on peut la lancer manuellement). La résistance de mesure R étant importante, on place un montage suiveur avant la carte d'acquisition pour que le condensateur se décharge exclusivement dans R (impédance d'entrée de la carte = 1 MΩ). On choisit une durée d'acquisition convenable compte tenu de la constante de temps τ du circuit RC. On commence par charger le condensateur sous la tension U, on lance l'acquisition puis on bascule rapidement l'interrupteur K sur R. Voici à titre indicatif le résultat d'une acquisition réalisée avec $N_{\text{points}} = 5000$, $T_{\text{éch}} = 1 ms$, $T_{\text{total}} = 5 s$:



$$\text{VALEUR } Q = \text{INTEG}(I, T, 0, 5000)$$

Exploitation :

Le signal enregistré EA1 correspond à l'évolution de la tension aux bornes de R. C'est une image du courant i de décharge du condensateur à R près.

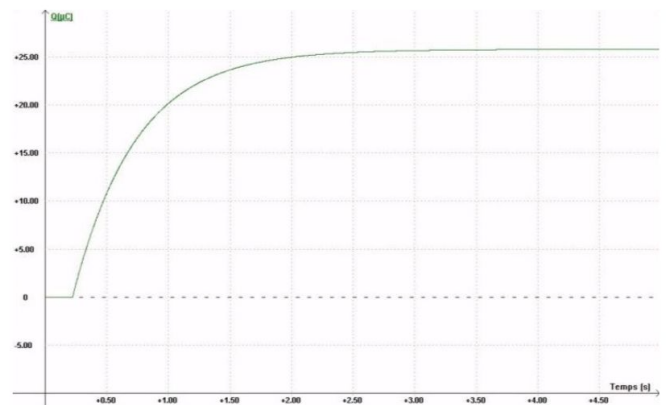
$$i = \frac{dq}{dt} = \frac{U_R}{R} = \frac{EA1}{R} \quad \text{ici, d'où : } \boxed{q = \int \frac{U_R}{R} dt = \int \frac{EA1}{R} dt}$$

Cette relation permet le calcul de la charge stockée dans le condensateur. Cette intégrale peut s'obtenir sur Synchronie avec les lignes de calcul suivantes :

$$I = EA1/R \quad (\text{avec la valeur numérique de } R)$$

$$Q = \text{INTEG}(I, T)$$

La première ligne donne l'intensité. La deuxième calcule la valeur numérique de l'intégrale avec la syntaxe du logiciel : on indique la grandeur à intégrer (l'intensité), la variable d'intégration (le temps T), le numéro de l'échantillon de départ et de fin d'intégration. On peut aussi enlever les deux dernières informations (troisième ligne) pour obtenir une table de valeur permettant le tracé de l'évolution temporelle de Q :



(Bcp de mesures à faire en amont) Pour $U_1 = 5,045 \text{ V}$ à $Q_1 = 25,51 \text{ } \mu\text{C}$

$U_2 = 10,094 \text{ V}$ à $Q_2 = 50,923 \text{ } \mu\text{C}$

On observe **Q proportionnel à U** → graph à tracer avec les mesures faites en amont et les deux mesures effectuées devant le jury

2) Détermination de C

La capacité d'un condensateur est définie par la relation $C = Q/U \rightarrow$ on peut calculer cette capacité et la comparer à une valeur mesurée avec un RLC mètre. On donne à titre indicatif le résultat de l'acquisition précédente :

$$U_{\text{mes}} = 5,07 \text{ V} ; R_{\text{mes}} = 100,4 \text{ k}\Omega ; C_{\text{mes}} = 5,08 \text{ } \mu\text{F} \quad Q_{\text{mesuré}} = 25,8 \text{ } \mu\text{C} \rightarrow C = Q/U = 5,09 \text{ } \mu\text{F}$$

Au RLC mètre (pour vérifier la donnée constructeur), $C = 5,003 \pm 0,02 \text{ } \mu\text{F}$

$$C = 5,03 \pm 0,04 \text{ } \mu\text{F}$$

II- Effet capacitif dans une photodiode (temps de réponse de la photodiode)

Les photodiodes courantes à base de silicium sont obtenues en déposant une couche de type P sur un substrat de type N. Le processus de diffusion à l'interface crée une zone dépourvue de charge libre (zone de déplétion) séparant les deux parties semi-conductrices. On a donc une structure équivalente à un condensateur (un milieu isolant séparant deux milieux conducteurs). On peut montrer que cette capacité, et donc le temps de réponse du circuit, dépend de la tension aux bornes de la photodiode lorsqu'elle est polarisée en inverse.

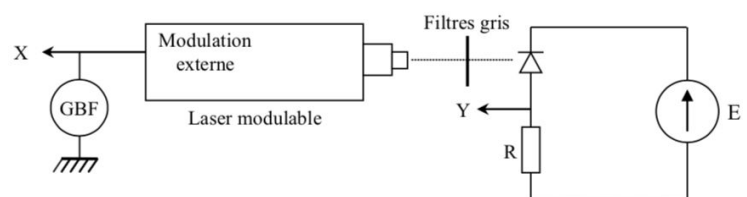
Remarque :

Le temps de réponse mesuré augmente si on utilise un câble coaxial pour observer la tension aux bornes de la résistance de charge car la capacité du câble s'ajoute à celle de la jonction de la photodiode et elles sont du même ordre de grandeur.

Les photodiodes sont obtenues en déposant une couche de type P sur un substrat de type N. Le processus de diffusion des charges P et N à l'interface entre les deux milieux crée alors une zone dépourvue de charge libre (zone de déplétion) → on a donc une structure de type capacitif (deux milieux conducteurs séparés par un isolant) qui limite les performances dynamiques du circuit de mesure via la constante $\tau = R C_{ph}$ du montage. On montre en annexe que la capacité C_{ph} de jonction de la photodiode polarisée en inverse dépend de la tension aux bornes du composant. Il en est donc de même pour la constante de temps τ . On propose de le vérifier avec une photodiode OSD5-5T. Le constructeur annonce une capacité $C_{ph} \approx 35 \text{ pF}$ pour une tension inverse de 12 V sur la diode. C'est une valeur très faible donc délicate à mesurer. Il faut une source lumineuse avec un temps de réponse très court car le circuit de détection est potentiellement rapide ($\tau = 3,5 \mu\text{s}$ avec $R = 100 \text{ k}\Omega$ par exemple). On doit aussi minimiser les capacités parasites dans le montage de mesure du flux pour éviter qu'elles augmentent le temps de réponse du circuit.

Montage :

On utilise une diode laser modulée en tout ou rien par un GBF ($f = 1 \text{ kHz}$). On peut aussi prendre une LED rouge alimentée par un GBF via une résistance de $1 \text{ k}\Omega$ (cf. [1], p. 69)



Faire les manipulations avec la sonde différentielle, puis on l'enlève, puis on met un câble coaxial → comparer à chaque fois et discuter de l'influence de ces différents éléments sur la capacité du système.

1) Temps de montée avec la sonde différentielle

$R = 600 \text{ k}\Omega$

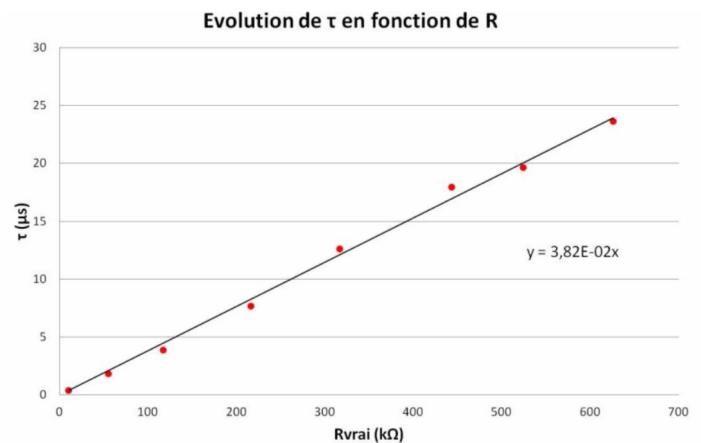
Temps de montée ou temps de réponse du laser ?

Ici on n'a pas de temps de latence à résistance nulle donc on est bien sur un temps de montée.

Plusieurs résistances on en déduit la capacité et on trace T_o (temps de réponse) en fonction de la résistance :

Plus la résistance est faible, plus le temps de réponse est stable... (temps de réponse correspond au temps de commutation du laser)

Plus la résistance est grande, plus le temps de réponse est gd. (plutôt tabler sur ces grandes valeurs)



Temps de montée : $T_m = R_c C_v \ln(9)$

$T_o = T_m / \ln(9) = R_v C_v \Leftrightarrow C_v = 42,6 \text{ pF}$

$C_{tot} = C_{fi} + C_{osc}$

Constructeur : $C = 35 \text{ pF}$ (12V)

2) Comparaison entre les différents composants et impact sur la capacité

On enlève la sonde différentielle à temps plus important donc capacité plus importante car capacité parasite en plus au niveau du montage

La sonde différentielle a une capacité plus faible (1 pF)

Elle découple l'oscillateur et la résistance on n'a plus besoin de prendre en compte la capacité de l'oscillo qui est de 12 pF et donc non négligeable là dedans !

On trouve 46 pF avec la sonde différentielle (alors qu'on aurait eu bcp plus avec l'oscillo car la capacité de l'oscillo se serait retrouvé là dedans).. Dans cet ordre de grandeur du pF tout influe (les fils, l'oscillo, la carcasse...)

La donnée constructeur est de 35 pF.. Donc à quelques influences près nous sommes dans l'ordre de grandeur.

On prend un câble coaxial :

Temps de montée bcp bcp plus important !! On a rajouté la capacité du câble coaxial.

Si on fait varier la tension est-ce que l'on aurait le même genre de comportement ?

Si on diminue la tension on a une zone de déplétion plus petite donc un temps de descente (T_d) plus faible :

$E = 6 \text{ V}$ à $T_d = 68 \text{ μs}$

$E=12\text{ V}$ à $T_d = 61,6\text{ }\mu\text{s}$

$E=12\text{ V}$

Coax (environ 80 pF) : $R=700\text{ kohm}$ à $T_d=57\text{ }\mu\text{s}$

$R=700\text{ kohm}$ à $T_d=132\text{ }\mu\text{s}$.

$$C = T_d / R_v * \ln(9) \Leftrightarrow C_2 / C_1 = T_{d2} / T_{d1} \Leftrightarrow C_2 = T_{d2} * C_1 / T_{d1} = 90\text{ pF}$$

Capacité = phénomène qui se retrouve bcp en physique, même dans la bobine qui est à effet inductif.

Il faut une résistance assez forte afin de ralentir le système de mesure pour ne pas que le syst de détection détecte des variations de tensions (lors du temps de réponse par ex : le temps que le laser s'allume ou s'éteigne)

Résistance vraie (R_v)= on tient compte de l'impédance de la sonde afin de corriger l'erreur systématique.

$$R_v = R * R_{\text{symesure}} / (R + R_{\text{sm}})$$

Questions :

- Effet capacitif ?

Capacité d'un système d'emmagasinier des charges sous l'effet d'une tension continue.(ddp)

Si on enlève la tension cela ne bouge pas. Si on met en présence d'un élément résistif, il va se décharger en son sein.

- Effet résistif attitude qu'à un composant à voir circuler en son sein en appliquant une tension continue.
- Effet inductif : capacité de stockage temporaire sous forme magnétique sous l'action d'un courant électrique.

- Comment fonctionne un RLC mètre ?

Pont winston

A dessiner

$$R_1 R_4 = R_2 R_3$$

Remarque :

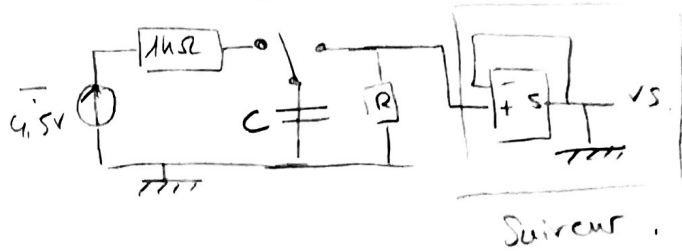
Éviter de tout annoncer avant..

Je présente un phénomène, qu'est ce que je peux en déduire par rapport au sujet.

Bien tout orienter vers

n°19: Effets Capacitifs

I. Décharge d'un condensateur



$$\left. \begin{array}{l} R = 200 \text{ k}\Omega \\ C = 5 \mu\text{F} \end{array} \right\} \tau = RC = 1 \text{ s}$$

$$i = \frac{dq}{dt} = \frac{U}{R} \Rightarrow Q = \int \frac{U}{R} dt$$

1. Étude de proportionnalité

$$\begin{array}{l|l} \text{Pour } U_1 = 5,045 \text{ V} & Q_1 = 25,51 \mu\text{C} \\ U_2 = 1,095 \text{ V} & Q_2 = 5,92 \mu\text{C} \end{array}$$

\Rightarrow observat° de Q par traces Q .

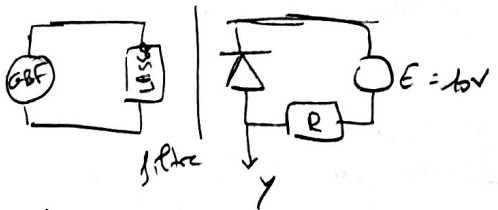
\Rightarrow proportionnalité entre U et Q $\left| C = \frac{U}{Q} \right.$ en moyenne avec toutes les valeurs

2. Détermination de C .

Au RLC mètre, $C = 5,01 \pm 0,02 \mu\text{F}$ constructeur mesuré

$$C_{\text{moy}} = 5,03 \pm 0,04 \mu\text{F}$$

II. Temps de Réponse d'une photodiode



$$\bullet \text{ Tps de montée : } T_m = R_v C_v \ln(9)$$

$$\rightarrow \tau = \frac{T_m}{\ln 9} = R_v C_v \Rightarrow C_v \approx 42,6 \text{ pF}$$

$$\bullet C_{\text{tot}} = C_0 + C_{\text{oc}}$$

$$\bullet \text{ Constructeur : } C = 35 \text{ pF (12V)}$$

\rightarrow Utilisé une sonde différentiel

Plutôt la \neq sans et en remplaçant avec câble coax.

\rightarrow Faire varier la tension.

La pas de relat° de proportionnalité

La influence moindre.

→ 2 exemples effets capacitifs → Conclusion
 Définitⁿ effet résistif : par d'accumulatⁿ d'NRS courant circule $U = RI$

- Application écran tactile portable

Définitⁿ de l'effet capacitif : Sous l'effet d'une tension le composant accumule la charge qu'il va décharger + tard en présence d'un élément résistif

I → Mise en évidence de l'effet capacitif

→ observation de l'effet est étrange anormale pour un circuit sans condensateur la tension est conservée par le composant

1. Lien entre charge accumulée et tension appliqué
2. Déterminatⁿ de C

Privilégier les graphes plutôt que faire des séries de mesure :

Faire la courbe. Régressⁿ

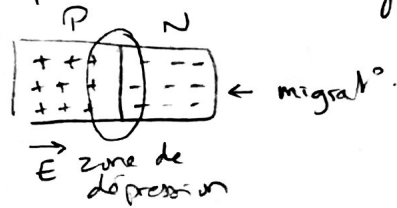
II. Effet capacitif d'une photodiode

1. Etude du tps de réponse
 2. Avec tension et résistance connu
- influence de z composant

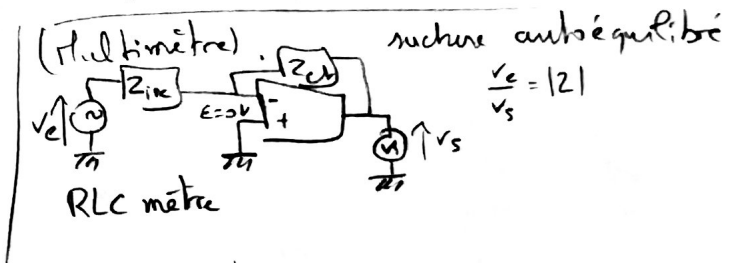
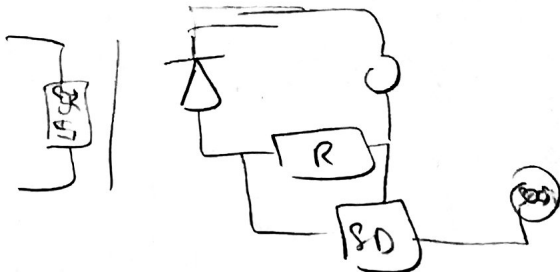
Q = facteur de qualité \rightarrow qualité de bobine
 D = facteur de dissipatⁿ = $\frac{1}{Q}$
 $\rightarrow Q = \tan \varphi = \frac{L\omega}{r} \Rightarrow r = \frac{L\omega}{Q}$
 permet de trouver r.

Déf. effet inductif : capacité temporelle si forme magnétique sous l'actⁿ d'un courant. c'est qd il s'arrête.

Zone de déplétion junctⁿ PN → photodiode → effet capacitif.
 L'ion fixe chip électrique interne.



→ considérer c acquit



→ clairement identifié le point de mesure!

Pas de suiveur car la bande passante pourrait gêner le tp de mesure
 car ordre du ns trop long. zone déplétion change avec + de dopage

$C = \frac{Q}{U}$ condensateur plan. ou Changer de photodiode pour avoir une + gr surface → get C.

Montage 1:

La 1^{re} résistance permet de contrôler le charge des condensateurs
résistance de protection.

Utilisant de l'oscilloscope pour l'acquisition de la décharge.

La autre fenêtre avec le calcul de Q .

Calcul de $i = \frac{U}{R}$ puis de $Q = \frac{U}{R} \Delta t$.

On regarde l'influence de la tension sur la charge.

On trouve C et on compare avec valeur mesurée.

Montage 2:

On prend une gd résistance pour que la photodiode soit + sensible

Signal du laser $\square\square$.

On observe  \rightarrow similaire au condensateur

On trace la résistance vraie en fct du temps de réponse

\hookrightarrow car effet capacitif sur les fils.
et capacité de l'oscilloscope.

\rightarrow Prendre un point R pour une résistance mesurée le tps de montée de l'oscilloscope.

Tracer une droite \rightarrow Capacité varie peu.

\hookrightarrow linéaire.

$$y = ax$$

$$\hookrightarrow C$$

$$x = R_{\text{vrai}} \\ y = x$$

petite $R \rightarrow$ gd C .

gd $R \rightarrow$ varie peu C .

pas de tps de latence alors $\tau = RC \rightarrow$ du aux effets capacitifs

On observe qu'il y a une \neq avec le constructeur d'oscilloscope. du aux \pm influence \hookrightarrow m. ordre.

Sans sonde différentielle. \rightarrow on observe un tps de montée + important de C + important. car effet capacitif parasite.

\rightarrow Si on utilise un câble coaxial \rightarrow tps de montée encore + important.

Commentaire

→ Bien noter les mesures! Laisser des traces!

Exemple concret : $E = 6V \rightarrow T_d = 68 \mu s$
 $E = 12V \rightarrow T_d = 61,6 \mu s$

1) temps de descente mesurée des hauteurs la manip.

Avec le tps obtenu retrouver la capacité pour le coax

Exemple : $R = 700 \Omega$ pour $6V \rightarrow T_d = 57 \mu s$

Avec coax : $T_d = 133 \mu s$

$$C = \frac{T_d}{R_v \ln 9} \Rightarrow \frac{C_2}{C_1} = \frac{T_{d2}}{T_{d1}} \Rightarrow C_2 = \frac{T_{d2} C_1}{T_{d1}} = 30 pF$$

Résistance vrai \rightarrow prend en compte le \S de mesure.

Grosse résistance permet d'avoir un ϕ car C très petit.
ls pour la photodiode

On ralentit le \S de mesure pour ne pas avoir à prendre en compte le tps que met la source à s'éteindre, pour ça on considère E instantanée

\rightarrow associer \S du \S de mesure résistif $R_v = \frac{R \cdot R_{sm}}{R + R_{sm}}$
 $U = R_{sm}$
permet de corriger l'erreur répétée

Avec ou sans sonde ? \neq car la R_v est \neq

* La sonde différentielle permet d'allonger le tps de réponse du \S de mesure \rightarrow perturbe moins les mesures par sa + gde résistance.

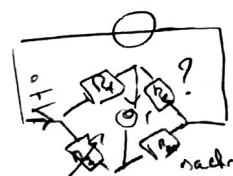
Aujourd'hui pour que le tps de la source soit considéré E instantanée

\hookrightarrow capacité \parallel de Z et R en derivat
 \hookrightarrow c'est la moins capacitive.

dire + Résistance corrigée. (on ne peut pas négliger impédance \S mesure)
ou ϕ R .

\rightarrow refaire intégrale devant le jury.

\rightarrow savoir comment fonctionne le RLC métre? par wiktion



on cherche à annuler grâce au R .
 $R_v R_u = R_2 R_3$
notamment que Z est dérivé