

Capacimètre

À timer CMOS

Projet : Maximilian A. Lange

Un appareil de mesure simple destiné à élucider les inscriptions cryptiques quasiment illisibles que l'on trouve sur les condensateurs modernes.



La miniaturisation des composants électroniques n'a pas que des avantages. Si, il y a quelques années à peine par exemple, il y avait sur les condensateurs suffisamment de place pour y indiquer la valeur, la tolérance, le fabricant, la polarité et bien d'autres informations encore, on ne découvre plus aujourd'hui qu'un code vague s'il n'est pas illisible indiquant la provenance du composant. La seule option restant alors est de mesurer chaque composant avant son implantation. Cette vérification n'implique pas l'utilisation d'un instrument de précision, on pourra se contenter, pour déterminer approximative-

ment une capacité, d'un instrument simple et bon marché tel le capacimètre proposé ici dans la série « mini-projet ».

Une paire de temporisateurs

Un coup d'oeil sur le schéma du capacimètre de la **figure 1** permet de découvrir une paire de 555C. Il s'agit d'un circuit temporisateur (*timer*) tout ce qu'il y a de plus classique, compatible broche à broche et

fonctionnellement avec le NE/LM555 qu'il n'est sans doute plus nécessaire de vous présenter. Le **tableau 1** en donne la table de vérité. La différence majeure se situe au niveau du suffixe « C » : la consommation de courant des entrées **THRESHOLD**, **RESET** et **TRIGGER** est, avec ses quelques pico-ampères, qu'elle n'a pratiquement pas d'effet sur le processus de charge du condensateur.

Les 2 temporisateurs, dont on retrouve le synoptique de la structure interne en **figure 2**, travaillent selon 2 modes différents, IC1 en tant que multivibrateur astable alors que IC2 travaille en multivibrateur monostable. IC1 génère à sa sortie (broche 3) des brèves impulsions négatives de 25 μ s espacées de 65 ms environ. Ces impulsions ont pour fonction de déclencher le second temporisateur, IC2, de manière à démarrer un processus de mesure.

C'est le temporisateur IC2 qui est chargé de la mesure de la capacité inconnue. Au « repos », l'entrée de décharge (*DIScharge*, broche 7) constitue une connexion à la masse et décharge ainsi le condensateur dont on veut connaître la capacité. Le processus de mesure démarre à l'arrivée du signal de déclenchement (*trigger*) sur l'entrée de déclenchement (*TRigger*, broche 2). Le FET de décharge (*DISCHARGE* de la figure 1) bloque alors et le condensateur débute sa charge au travers de la résistance (R2 à R7) à laquelle il se trouve connecté par le biais du rotacteur S1 (cf. **tableau 2**). La fin de l'im-

pulsion de déclenchement reste sans effet, la sortie et le FET de décharge gardent leur état tant que la tension aux bornes du condensateur et de ce fait celle appliquée à l'entrée de seuil (*THReshold*) reste en deçà des 2/3 de la tension d'alimentation.

Au bout de $t_H = 1,1 \cdot R \cdot C_X$ ce niveau de seuil est atteint. Ceci a pour effet de faire basculer la sortie vers un niveau bas et la ligne de décharge (DIS) redécharge le condensateur.

Les choses restent à nouveau figées jusqu'à l'arrivée de l'impulsion de déclenchement suivante. Ce processus se répète jusqu'à ce que l'on coupe l'alimentation de l'appareil de mesure. Le rapport impulsion/pause, que l'on appelle aussi le rapport cyclique, du signal est en relation directe avec la capacité du condensateur.

Nous avons vite fait le tour du reste de l'électronique. Pour éviter de nous compliquer la vie nous avons utilisé, pour l'affichage, un galvanomètre à bobine mobile de 100 μA , mais on pourra également utiliser un voltmètre numérique (placé en calibre 2 V).

Pour éviter que l'aiguille de l'instrument de mesure ne batte la mesure au rythme du rapport cyclique, la combinaison R9/C5 lissent le signal. La tension continue correspondant au rapport cyclique est dérivée au curseur de P2. La diode zener D1 force cette tension à un niveau donné de sorte que l'affichage n'est pas influencé par l'état de la pile. Nous savons maintenant tout sur le principe de mesure. Il reste cependant à remplir un certain nombre de conditions si nous voulons obtenir des résultats convenables et, dans une certaine mesure, fiables.

- La durée de période de la mesure (65 ms dans le cas présent) ne doit

SI	R _{Mess}	Plage de mesure*
1	22 M Ω	1 nF
2	2,2 M Ω	10 nF
3	220 k Ω	100 nF
4	22 k Ω	1 μF
5	2,2 k Ω	10 μF
6	220 Ω	100 μF

* dans le cas d'un affichage de MMN, la valeur est toujours le double

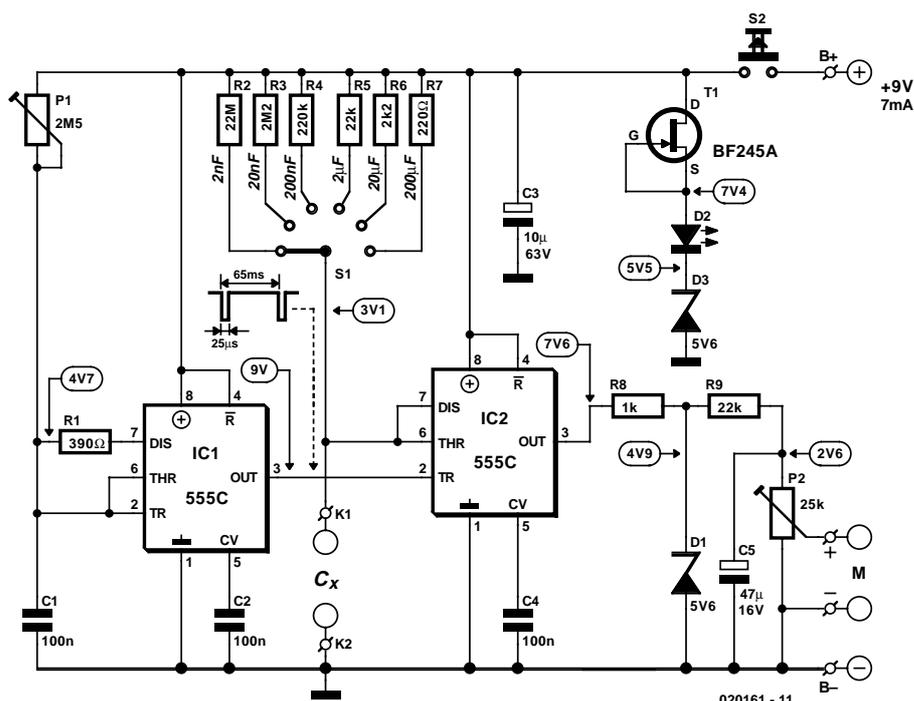


Figure 1. L'électronique d'une extrême simplicité de notre capacimètre repose sur une paire de circuits temporisateurs.

Tableau 1. Table de vérité du 555

THRESHOLD (Broche 6)	TRIGGER (Broche 2)	RESET (Broche 4)	OUTPUT (Broche 3)	DISCHARGE SWITCH (Broche 7)
indifférent	indifférent	bas	bas	activé
> 2/3 · V+	> 1/3 · V+	haut	bas	activé
< 2/3 · V+	< 1/3 · V+	haut	stable	stable
indifférent	< 1/3 · V+	haut	haut	désactivé

pas être trop longue vu que sinon, de par la faible durée relative de l'état haut, la moyenne de la tension de sortie ne serait que très faible, ce qui se traduirait par un

débattement très faible de l'aiguille de l'instrument de mesure.

- Bien plus grave encore, la durée de période ne doit pas être trop courte. On a en effet dans ce cas-là apparition d'une nouvelle

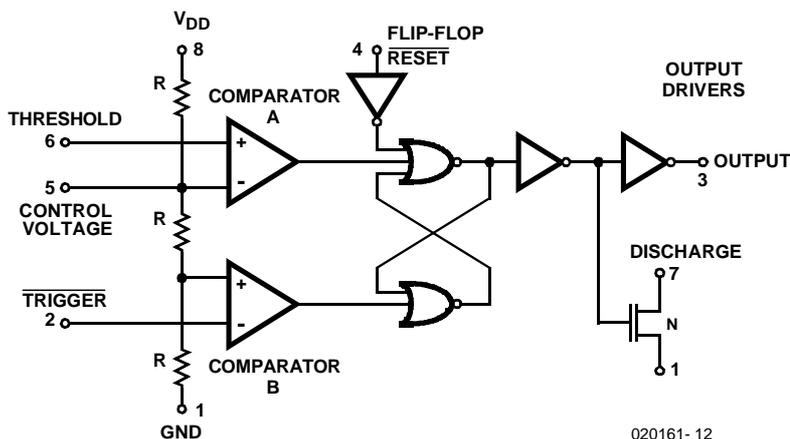


Figure 2. Structure interne du 555.

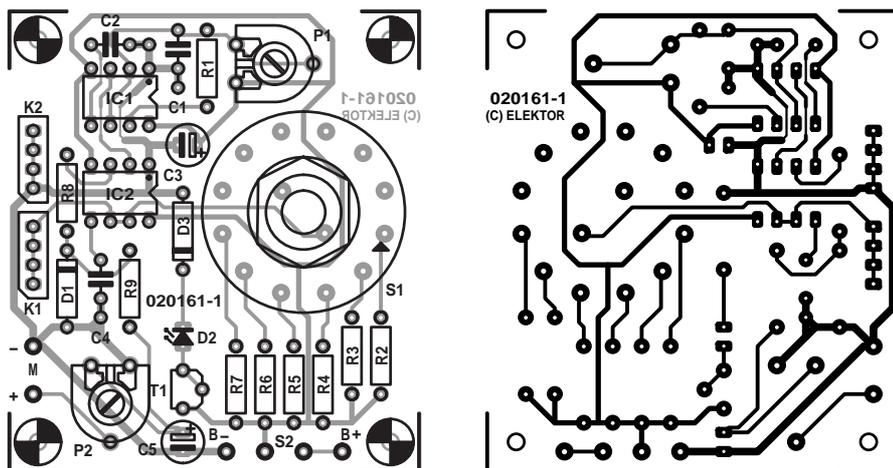


Figure 3. Dessin des pistes et sérigraphie de la platine du capacimètre.

impulsion de déclenchement avant que la mesure ne soit terminée. Cet état de faits se traduit par la perte d'impulsions et partant un résultat de mesure erroné. Vous pouvez provoquer ce type d'erreur en jouant sur P1 de manière à augmenter la fréquence du multivibrateur astable. On verra brusquement l'affichage tomber à la moitié de la valeur affichée précédemment.

– Si les durées de période et de mesure se trouvent bien dans le moins du monde rapport requis mais qu'elles sont trop longues, (si l'on travaille par exemple à de l'ordre des dixièmes de seconde), la paire R8/C5 n'est plus en mesure de lisser suffisamment la tension de sortie pour éviter le tressaille-

ment de l'aiguille de l'instrument.

Relevons un petit détail au passage : T1, D2 et D3 constituent un dispositif rudimentaire de visualisation de l'état de la pile. De par la présence de la diode zener D3, la LED est rehaussée à 7,4 V, de sorte que cette LED s'allume lorsque la pile est encore correctement chargée. Dès que la tension aux bornes de la pile chute en dessous de cette valeur, la LED D2 s'éteint. Le transistor T1 travaille en source de courant classique.

Liste des composants

Résistances :

- R1 = 390 Ω
- R2 = 22 MΩ
- R3 = 2MΩ
- R4 = 220 kΩ
- R5,R9 = 22 kΩ
- R6 = 2kΩ
- R7 = 220 Ω
- R8 = 1 kΩ
- P1 = ajustable 2MΩ
- P2 = ajustable 25 kΩ

Condensateurs :

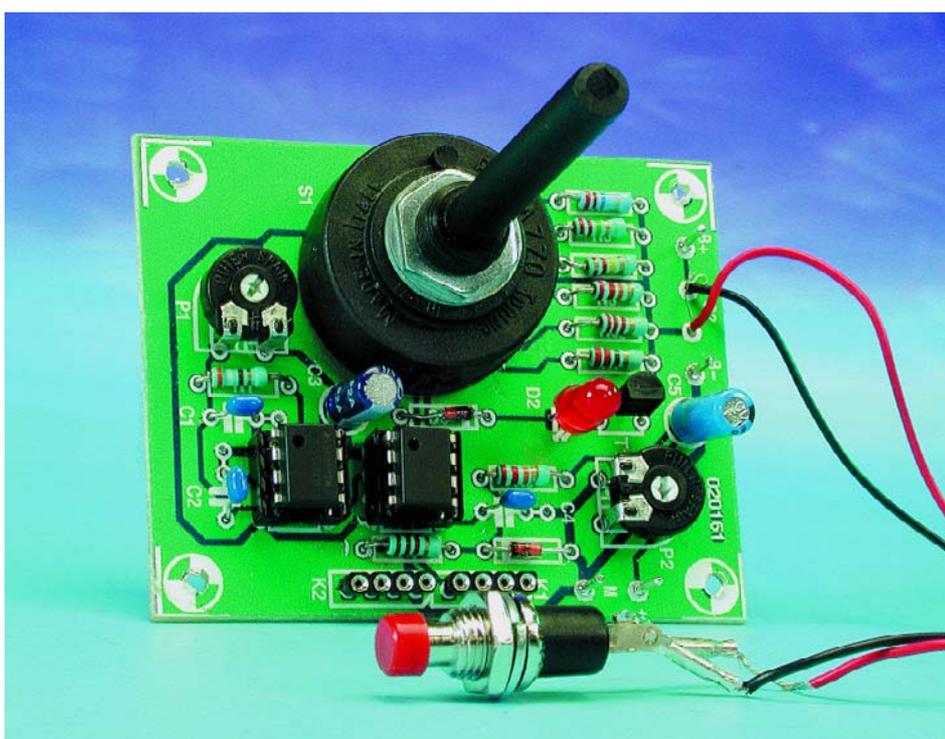
- C1,C2,C4 = 100 nF
- C3 = 10 μF/63 V axial
- C5 = 47 μF/16 V axial

Semi-conducteurs :

- D1,D3 = diode zener 5V6/500 mW
- D2 = LED rouge à haut rendement (2 mA)
- T1 = BF245A ou BF256A
- IC1,IC2 = 555C (555 CMOS)

Divers :

- S1 = rotacteur à 2 circuits/6 positions
- S2 = bouton-poussoir unipolaire à contact travail
- K1,K2 = barrette de 4 contacts en tulipe
- Boîtier de 60 x 101 x 26 mm avec compartiment pour pile bouton
- Galvanomètre à bobine mobile 100 μA



Réalisation, étalonnage, utilisation

La mise en place des composants sur le circuit imprimé, dont on retrouve le dessin des pistes et la sérigraphie de l'implantation des composants en figure 3 est disponible au téléchargement depuis le site Web d'Elektor (www.elektor.fr), n'a rien de bien délicat. Tous les composants (bouton-poussoir, pile et galvanomètre) qui ne prennent pas directement place sur la platine y seront reliés par le biais des picots qu'elle comporte. Vu que la longueur des câbles de connexion exerce une influence très néfaste sur le résultat de mesure, il faudra connecter le condensateur directement aux contacts prévus à cet effet sur la platine. Ces 2 contacts, K1 et K2, prennent la forme phy-

sique de 2 morceaux de barrette autosécable à contacts tulipe (dorés le cas échéant). Comme le montre un coup d'oeil à la platine, l'écartement maximal des contacts est de 20,32 mm. Si ceci ne suffit pas on pourra utiliser pour K2 un morceau plus long d'embase autosécable dont les contacts additionnels auront été reliés au point de contact commun de K2. Il faudra, avant de pouvoir implanter la platine dotée de ses composants et testée dans un coffret que l'on aura pourvu d'une face avant tirée du dessin représenté en **figure 3**, procéder à l'étalonnage du circuit.

Le montage comporte 2 points d'étalonnage. L'ajustable P1, qui permet de jouer sur la fréquence de mesure, est mis en butée vers la gauche, l'ajustable P2 étant lui positionné à mi-course. On connecte ensuite le galvanomètre (ou le multimètre), introduit un condensateur de 100 nF à la tolérance la plus faible possible dans les contacts K1/K2 et on met le rotacteur S1 en calibre 200 nF. Il ne reste plus ensuite qu'à connecter la pile et à appuyer ensuite sur le bouton-poussoir S2. Le débattement de l'aiguille devrait être minime. On tourne

ensuite doucement l'ajustable P1 vers la droite jusqu'à ce que le débattement de l'aiguille de l'instrument diminue brutalement de moitié (nous avons vu plus haut pourquoi !). Ce phénomène observé, nous revenons doucement en arrière jusqu'à atteindre (de l'ordre de 90%) du débattement observé auparavant. Par action sur P2 on règle l'affichage à 100 mA (ou 1,000 V en cas de connexion d'un multimètre en fonction voltmètre). Ceci termine la procédure d'étalonnage.

Comme nous le disions dans l'introduction, cet appareil n'a pas la précision. Il connaît inévitablement une erreur de mesure de quelques pour cents. L'utilisation, pour R2 à R7, de résistances de précision n'ayant pas d'effet sensible sur la précision, on pourra se contenter de résistances à tolérance de 1%. La fonction du présent capacimètre est de permettre l'identification de condensateurs de la série E6, dont les facteurs sont 1, 1,5, 2,2, 3,3, 4,7 et 6,8. Chaque valeur vaut 1 fois et demie environ la valeur qui la précède (en fait plus exactement $\sqrt[6]{10} = 1,47$). Dans ces conditions, notre capacimètre devrait être en mesure de déterminer

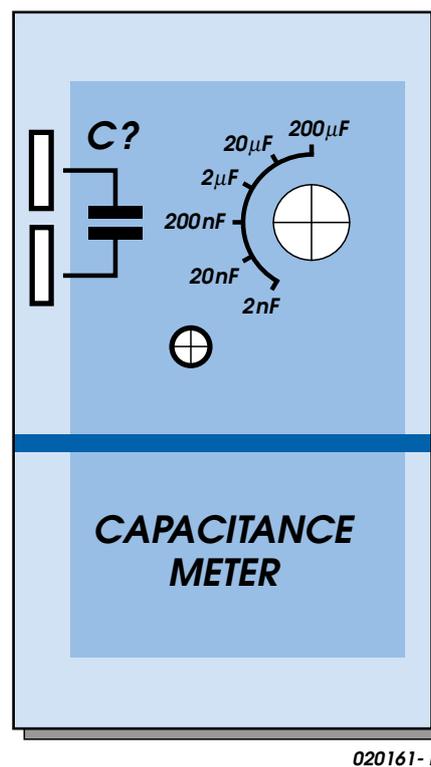


Figure 4. Exemple de dessin de face avant pour le capacimètre.

indubitablement la valeur d'un condensateur de la série-E6.

(020161)