



Haute Ecole Libre du Hainaut Occidental  
Site Don Bosco, Rue Frinoise, 12  
7500 Tournai

# **Projet d'électronique : Binary coded decimal clock**

Rapport de : Coronet Fabrice, étudiant en 2<sup>ème</sup> année de graduat informatique.  
Cours : Laboratoire d'électronique appliquée.  
Professeur : Mr Hanssens.

## Table des matières

1. Introduction	2
1. Utilisation du circuit et fonction	2
2. Motivation	2
3. Coût	3
4. Cahier des charges	3
5. Schéma de base	4
6. Difficultés spécifiques au montage	4
2. Dossier scolaire	5
1. Analyse détaillée du fonctionnement	5
A. Comment ça marche	5
B. Fonction des composants	6
C. Rappels théoriques	9
Partie alimentation (transformateurs, redressement, régulateur,...)	9
Partie horloge (circuits logiques, décharge d'un condensateur,...)	15
D. Calculs	20
2. Rapport des essais	20
3. Apports personnels	20
3. Dossier de fabrication	21
1. Analyse de chaque composant	21
2. Vue schématique issue du logiciel	24
3. Nomenclature des composants	25
4. Vue du board	26
A. avec les composants	26
B. sans les composants	27
5. Typons	28
6. Procédures de mise au point	28
7. Mesures essentielles pour expliquer le fonctionnement	28
4. Manuel d'utilisation	30
1. Présentation du montage à un client	30
2. Présentation commerciale	30
3. Mode d'emploi	31
4. Pannes et solutions	31
5. Coordonnées du service après-vente	32
5. Annexes	33
1. Bibliographie	33
2. Autres documents	33
3. Datasheet	33

# 1. Introduction

## 1. Utilisation du circuit et fonction

Horloge au format américain (n'affichant donc que 12heures au lieu des 24 européennes) lorsqu'elle est branchée. Sa particularité est d'afficher l'heure en BCD (binary coded decimal). Ainsi, chaque chiffre composant l'heure est d'abord traduit en binaire, et suivant ce nombre binaire, allume les leds en conséquence.

Par exemple : 11heures 34minutes 56secondes

1 → 1 (la led des dizaine d'heure sera allumée)

1 → 0001 (la dernière led des unités d'heure sera allumée)

3 → 0011 (les 2dernières leds des dizaines de minutes seront allumées)

4 → 0100 (la 2<sup>ème</sup> led des unités de minute sera allumée)

5 → 0101 (les leds 2 et 4 des dizaines de secondes seront allumées)

6 → 0110 (les leds 2 et 3 des unités de seconde seront allumées)

Le réglage des heures et des minutes se fait grâce à 2boutons, avancer d'une heure resette les minutes, et avancer les minutes resette les secondes.

## 2. Motivation

Une telle horloge peut sembler inutile, mais pourtant, on en retrouve sur les sites de vente spécialisée en gadget informatique, mais la plupart de ces magasins se trouvant à l'étranger, il m'était difficile et cher de m'en procurer une. L'intérêt est simplement d'avoir une horloge difficile à lire, car codée en binaire.

C'est aussi une réalisation originale, et sa difficulté relative permettait de le choisir dans le cadre du cours.

De plus, étant assez fasciné par le temps qui passe inlassablement, la réalisation d'une horloge spéciale me plaisait dès le départ.

### 3. Coût

1x Transformateur 230V > 2x6V 1.9VA
3 x C.I. 74HC390
1 x C.I. CD4040
2 x C.I. 74HC14
1 x C.I. 74HC00
1 x C.I. CD4071
1 x LM7805
1 x transistor BC547
3 x diode 1N914
2 x diode 1N4001
32 résistances (1 x 220K, 1 x 150, 19 x 220, 11 x 10k)
7 Condensateurs (2 x 0.01µF, 4 x 0.1µF, 1 x 3300µF)
19 Leds rouges
2 Boutons
2 Plaquettes labo
Total : environ 27 Euros

### 4. Cahier des charges

Fabriquer un montage alimenté par le secteur permettant d'afficher et de régler l'heure suivant un format précis.

L'affichage se fera sur des leds. Et l'alimentation devra donner 5V DC, et donner une signal carré correspondant au 50Hz du secteur.



Le dernier problème fut dans la conception de la plaquette principale, où certaines pistes de cuivre ne furent pas parfaitement reproduites, ce qui m'obligea à placer des brins de fils pour combler certains trous dans ces pistes.

## **2. Dossier scolaire**

### **1. Analyse détaillée du fonctionnement**

#### ***A. Comment ça marche***

*Pour une meilleure compréhension, suivre avec le schéma se trouvant au point 2.B.*

##### *Partie Alimentation*

La partie alimentation est assez simple. On retrouve le transformateur 230V -> 2X6V, un redressement à diodes en double alternance, un condensateur de filtrage de 3300 $\mu$ F à l'entrée du régulateur de tension fournissant les 5V, un autre condensateur de filtrage de 100nF en sortie du régulateur de tension.

On retrouve sur la partie alimentation le premier circuit intégré, un 74HC14 (inverseur à trigger de Schmitt) qui transmettra les 50Hz venant du transformateur (donc avant redressement) à la partie horloge, afin de compter les secondes.

##### *Partie Horloge*

Une impulsion d'horloge d'une seconde est obtenue en comptant 50 cycles du signal alternatif. Ceci est possible grâce au CMOS CD4040. Le 50<sup>ème</sup> coup est détecté par 1 porte logique NAND (broches 2 et 3 du compteur) et un inverseur (broche 7 du compteur). Quand les 3 signaux sont hauts, cela signifiera que le 50<sup>ème</sup> coup vient de se passer, et la broche 8 du 74HC14 (circuit inverseur) sera à l'état haut. Cela resettera le compteur à 0, et avancera le compteur des secondes (74HC390) quand cette broche retournera à l'état bas.

Le même procédé est utilisé pour détecter 60secondes et 60 minutes et reseter les compteurs et avancer les minutes et les heures respectivement. Dans deux de ces cas, les lignes 2 et 4 des compteurs des dizaines (20+40 = 60 secondes/minutes) seront à l'état haut. Dans les trois cas (secondes, minutes et heures), une combinaison d'une résistance de 10K

et d'un condensateur de  $0.1\mu\text{F}$  est utilisée à l'entrée de l'inverseur 74HC14 afin d'obtenir une impulsion assez longue (environ  $300\mu\text{secondes}$ ) pour reseter les compteurs de manière fiable.

Sans les parties RC, l'impulsion de reset pourrait ne pas être assez longue pour reseter les 2 étages du compteur, puisque dès que les 1ers bits sont remis à 0, les entrées de la porte NAND ne seront plus à l'état haut, et l'impulsion de reset se terminera sans avoir remis les 2 étages à 0. Ajouter la partie RC élimine cette possibilité.

Le processus de reset des heures est un peu différent puisque nous devons remettre à 0 les heures lorsque le compteur arrivera à 13 (format américain), et ensuite avancer directement le compteur d'une position pour arriver à 1 (Car après la 12heure, on arrive à la 1heure, et non à 0Heure). Pour détecter la 13<sup>ème</sup> heure, 3diodes sont utilisées ( $10h + 1h + 2h$ ), ces diodes mènent à un inverseur 74HC14 (IC1A) ainsi que vers un transistor BC547C qui fera lui office d'inverseur. Le dernier inverseur 74HC14 (IC1F) fournit un front descendant au compteur des heures qui l'avance à 1 un court laps de temps après que l'impulsion de reset venant du transistor inverseur soie finie. L'impulsion venant de l'inverseur IC1F est plus courte, et ce afin d'avancer le compteur à 1 directement après que l'impulsion de reset venant de l'IC1A soit transmise.

## ***B. fonction des composants***

### *Partie Alimentation*

Transformateur : 230V AC -> 2x6V AC

Diode D1 et D2 (1N4007): Redressement double alternance

Condensateur C2 ( $3300\mu\text{F}$ ) : Condensateur de filtrage pour le régulateur

Condensateur C3 ( $100\text{nF}$ ) : Condensateur de filtrage pour le régulateur

LM7805 : régulateur de tension

IC1 (74HC14N) : inverseur a trigger de Schmitt fournissant 50impulsions par secondes

R1 ( $220\text{K}$ ) et C1 ( $.01\mu\text{F}$ ) : filtre passe-bas, afin de filtrer les fréquences parasites qui pourraient entrer dans l'IC1 et fausser le calcul.

*Partie Horloge*

IC2 (CD4040N) : 12bit binary counter. Compte les impulsions reçues en entrée, et indique en sortie le nombre. Pour arriver à 50 impulsions, les sorties Q2 Q5 et Q6 sont observées, car 50 en binaire donne 0b00110010, les 1 se trouvant en 2eme, 5eme et 6eme position.

IC1B (74HC14N) : inverseur s'occupant du signal venant de la sortie Q2 du CD4040

IC3A (74HC00N) : porte NAND s'occupant des sorties Q5 et Q6 du CD4040

IC4A (4071N) : Porte AND recevant les signaux des 2 circuits précédemment cités, indiquant donc le 50<sup>ème</sup> coup.

R2 (10k) et C2 (0.1µF) : Partie RC permettant d'introduire une constante de temps, afin d'obtenir une impulsion assez longue et significative pour les circuits.

IC1C (74HC14N) : inverseur a trigger de Schmitt qui apportera le signal qu'une seconde vient de se passer à l'IC5

R3 (10k) : résistance se ramenant au reset du CD4040, indiquant qu'il doit recommencer a compter lorsqu'une seconde vient de se passer.

IC5 (74HC390N) : Dual decade ripple counter. Double compteur jusqu'à 10. Reçoit les impulsions et indique en sortie combien d'impulsions il a reçus. On voit que l'IC5A s'occupera des unités de secondes, et que l'IC5B s'occupera, lui, des dizaines de secondes.

LED et R (220Ohm) : Led rouges standards de 5mm, s'allumant grâce au courant fourni par la résistance associée. Le nom des leds et des résistances sont en rapport l'une avec l'autre : la dernière lettre du composant (S / M / H) indiquant respectivement seconde / minute / heure. La lettre se trouvant juste avant permet de savoir quand cette led va s'allumer :

Ainsi, la led nommée VM est associée à la résistance RVM, et s'allumera quand 20minutes seront nécessaires.

	Unité : 1
B	Bi : 2
Q	Quatre : 4
O	Octo : 8
D	Dizaine : 10
V	Vingtaine : 20
QU	Quarantaine : 40

IC3B (74HC00N) et R4 (10k) : Porte NAND détectant la 60<sup>ème</sup> seconde (en regardant les signaux indiquant la 40<sup>ème</sup> et la 20<sup>ème</sup> seconde), et indiquant donc qu'une minute vient de se passer, et aussi qu'il faut reseter le compteur des secondes.

- R8 (10K) et C6 (0.1 $\mu$ F) : Partie RC permettant d'introduire une constante de temps, afin d'obtenir une impulsion assez longue et significative pour les circuits.
- IC1D (74HC14N) : circuit inverseur a trigger de Schmitt recevant le signal indiquant qu'une minute vient de s'écouler et introduisant la constante de temps cité juste avant. Il transmet ce signal en resetant le compteur des secondes et en ajoutant une impulsion au compteur des minutes.
- S2 : bouton permettant d'envoyer un signal similaire au signal indiquant qu'une minute vient de passer.
- IC6 (74HC390N) : Dual decade ripple counter. Double compteur jusqu'à 10. Reçoit les impulsions et indique en sortie combien d'impulsions il a reçus. On voit que l'IC6A s'occupera des unités de minute, et que l'IC6B s'occupera, lui, des dizaines de minutes. Mode de fonctionnement identique que celui des secondes.
- IC3C (74HC00N) et R18 (10k) : Porte NAND détectant la 60<sup>ème</sup> minute (en regardant les signaux indiquant la 40<sup>ème</sup> et la 20<sup>ème</sup> minute), et indiquant donc qu'une heure vient de se passer, et aussi qu'il faut reseter le compteur des minute.
- R19 (10k) et C4 (0.1 $\mu$ F) : Partie RC permettant d'introduire une constante de temps, afin d'obtenir une impulsion assez longue et significative pour les circuits.
- IC1E (74HC14B) : circuit inverseur a trigger de Schmitt recevant le signal indiquant qu'une heure vient de s'écouler et introduisant la constante de temps cité juste avant. Il transmet ce signal à une porte OR se trouvant juste avant l'entrée du compteur des heures.
- IC4B (4071N) : Porte AND, recevant le signal indiquant que 60minutes se sont déroulées et qu'il faut incrémenter le compteur des heures de 1. Cette porte s'occupera donc de transférer le signal ajoutant une heure, et aussi le signal remettant à 0 les minutes. Elle reçoit aussi le signal venant de l'IC1F qui met l'heure à 1 au lieu de 0.
- IC7 (74HC390N) : Dual decade ripple counter. Double compteur jusqu'à 10. Reçoit les impulsions et indique en sortie combien d'impulsions il a reçus. On voit que l'IC7A s'occupera des unités d'heure, et que l'IC6B s'occupera, lui, de la dizaine d'heure. Mode de fonctionnement identique que celui des secondes et celui des minutes. Néanmoins, il n'affichera qu'une dizaine d'heure, car le compte des heures s'arrête à 13 et non à 60.

- D22, D23, D24 (diode 1N914) : diode associée à certaines sorties de l'IC7, (sorties indiquant 10 + 2 + 1 heures). Ces diodes fonctionnent donc comme un ET câblé, et indiqueront que le compte des heures doit être remis à 0 (ou plus exactement à 1)
- R27 (10k) et C3 (0.1 $\mu$ F) : Partie RC permettant d'introduire une constante de temps, afin d'obtenir une impulsion assez longue et significative pour les circuits.
- IC1A (74HC14N) : circuit inverseur a trigger de Schmitt recevant le signal indiquant que 13 heures viennent de s'écouler et introduisant la constante de temps cité juste avant. Il transmet ce signal à une porte OR se trouvant juste avant l'entrée du compteur des heures, et aussi à un transistor BC547 qui agira comme un inverseur.
- BC547 : transistor fonctionnant comme un inverseur. Il reçoit le signal indiquant la 13<sup>ème</sup> heure et resette le compteur d'heure.
- R20 (10k) et C3 (0.01 $\mu$ F) : Partie RC permettant d'introduire une constante de temps, afin d'obtenir une impulsion assez longue et significative pour les circuits. On peut voir ici que la valeur du condensateur est plus petite, afin d'avancer le compteur des heures à 1 directement après son reset effectué par le transistor BC547
- IC1F (74HC14N) : circuit inverseur a trigger de Schmitt apportant l'impulsion qui mettra à 1 le compteur des heures.
- S1 : bouton permettant d'envoyer un signal similaire au signal indiquant qu'une heure vient de passer.

Rappels des circuits :

- IC1 : 74HC14N Hex inverter Schmitt Trigger  
IC2 : 4040N 12 Stage Binary/ripple counter  
IC3 : 74HC00N Quad 2 input NAND gate  
IC4 : 4071N Quad 2 input OR gate  
IC5/6/7 : 74HC390 Dual decade ripple counter

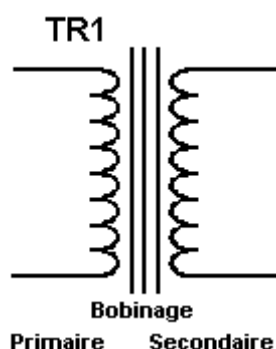
### ***C. Rappels théoriques***

## **Partie alimentation**

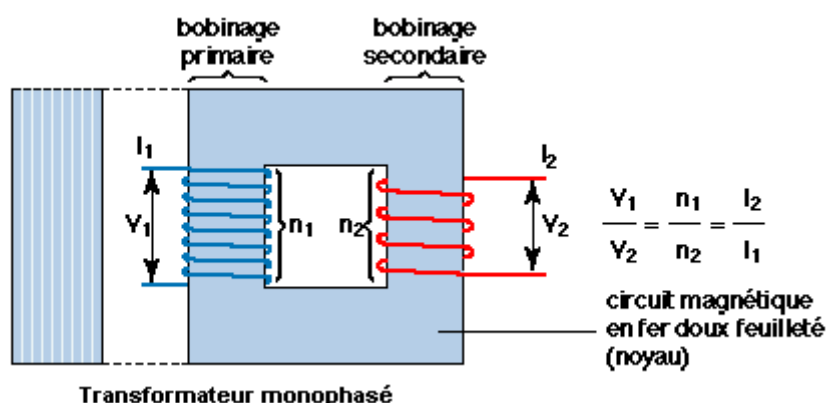
### **Les Transformateurs**

Appareil statique transformant une énergie électrique portée par un courant alternatif de tension donnée en une énergie électrique portée par un courant alternatif de

tension différente. Un transformateur peut être éleveur ou abaisseur de tension. Dans les conditions normales d'utilisation, le rendement de transformation est très élevé : il est voisin de 99 % sur les plus gros transformateurs.



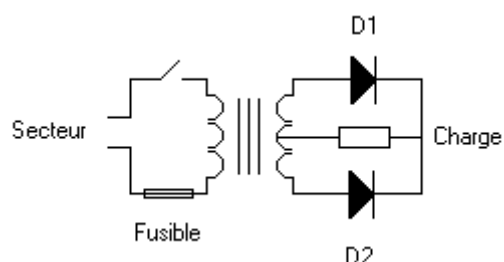
Un transformateur monophasé comporte un circuit magnétique fermé, constitué par un empilage de tôles en fer doux au silicium, isolées entre elles pour éviter des pertes d'énergie par circulation de courants de Foucault. Il porte deux enroulements qui, dans la pratique, sont généralement superposés, mais soigneusement isolés l'un de l'autre. L'un reçoit l'énergie entrante, c'est le bobinage primaire ; l'autre délivre l'énergie sortante, c'est le bobinage secondaire. Le courant alternatif primaire induit un flux magnétique alternatif dans le circuit magnétique ; ce flux induit à son tour un courant alternatif dans le bobinage secondaire. Aussi longtemps que l'on n'approche pas de la saturation magnétique, et pour autant que les sections des conducteurs électriques soient suffisantes pour limiter les pertes par effet Joule, le rapport des tensions efficaces primaire et secondaire est pratiquement égal au rapport du nombre de spires des bobinages correspondants. Le rapport des intensités efficaces est le rapport inverse (conservation de la puissance).



Si l'on observe la formule de l'image si dessus liées aux transformateurs, on remarque que plus le nombre de spire du primaire ( $n_1$ ) est grand par rapport à celui du secondaire ( $n_2$ ), plus  $V_2$  sera petit. (transformateur branché sur le réseau 220 V~ pour obtenir des tensions équivalente à celle de piles (6V, 9V, etc..) en alternatif .

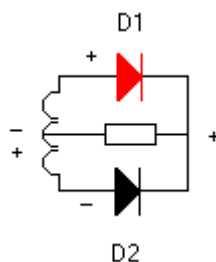
## Redressement

### Le redresseur double alternance :

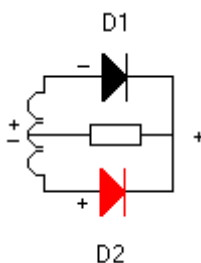


On y trouve 2 diodes et la charge qui est connectée entre le point commun des diodes et le point milieu du transformateur. Il est obligatoire d'avoir un point milieu sur le transformateur pour pouvoir effectuer ce type de montage. Voyons comment un tel montage fonctionne :

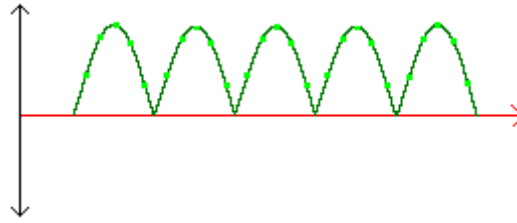
Considérons que l'alternance positive se développe sur la branche supérieure. Cette tension se développe entre le point milieu et l'extrémité de l'enroulement. La diode D1 (en rouge) est donc polarisée pour être passante. Le courant circule dans D1 et R et reboucle par le point milieu du transformateur. Tout ceci fonctionne jusqu'au moment où la décroissance de tension fait que la tension devient nulle puis s'inverse.



Aux bornes de notre secondaire à point milieu, nous avons des tensions symétriques et opposées. Si nous avons l'alternance positive sur une branche, nous avons l'alternance négative sur l'autre. C'est ce qui est représenté par les signes +/- . Maintenant c'est la diode D2 qui est polarisée en directe et qui conduit. Remarquez que le sens de passage du courant est le même, donc de même polarité. Il s'agit bien maintenant de courant continu, et nous avons bien effectué un redressement double alternance.



### Allure de la tension redressée :



On mesure bien sur cet oscillogramme que nous avons "redressé" les deux alternances. Notre tension ondule toujours, d'ailleurs ce n'est pas le rôle du redressement que de corriger cela soit dit en passant, mais nous exploitons pleinement maintenant notre source d'énergie.

Voyons maintenant en valeurs chiffrées quels ont été les gains obtenus par l'ajout de cette deuxième diode.

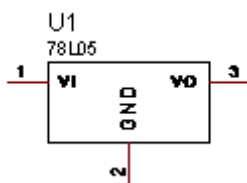
- La valeur moyenne de la tension continue s'établit à :

$$U = \frac{2 U_{\text{crête}}}{\pi}$$

La fréquence d'ondulation de la tension de sortie vaut 2 fois celle du secteur (50 Hz en Belgique)

## Les Régulateurs de Tensions

Un régulateur sert à réguler ou stabiliser un potentiel sur sa broche de sortie , il peut être fixe ou réglable ( vis de réglage 25 tours ) et être positif ou négatif par rapport à la masse ( ex: 7805 positif avec en sortie +5V et 7905 négatif avec en sortie -5V ) .



Le montage d'un régulateur est très simple , la patte 1 est l' entrée , la patte 2 se branche à la masse et la patte 3 est la sortie .

Il faut éviter d'alimenter l'entrée avec une tension trop forte par rapport à la sortie pour éviter qu'il ne chauffe pour rien, de préférence 2 à 4 volts en plus .

La valeur indique généralement la tension de sortie, 7805 pour 05 Volts ; 7812 pour 12 Volts

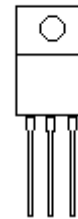
La série 78xx indique une sortie positive par rapport à la masse et la série 79xx indique une sortie négative.

Boîtier TO92



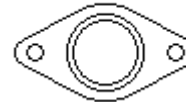
Le " L " est utilisé pour les boîtiers TO 92 , I max 100mA

Boîtier TO220



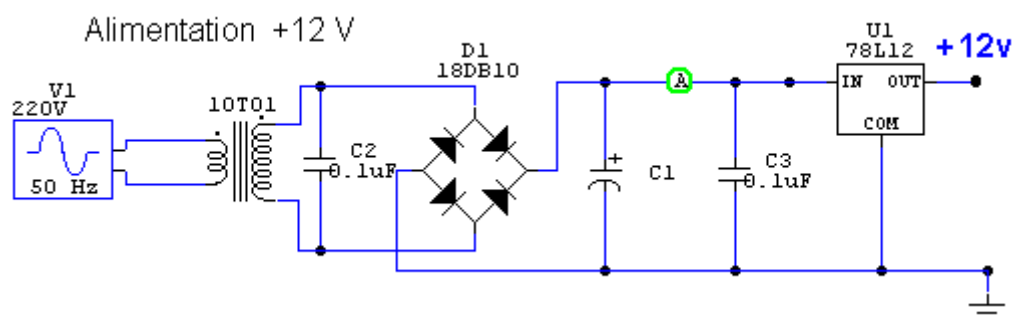
Le " T " est utilisé pour les boîtiers TO220 , I max 1,5A

Boîtier TO3



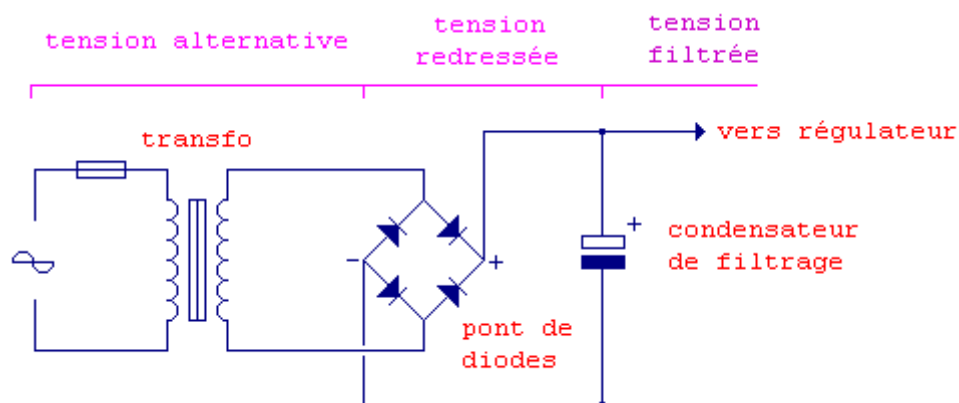
Le " K " ou " CK " pour des boîtiers TO3 , I max 3 A ..

### Exemple

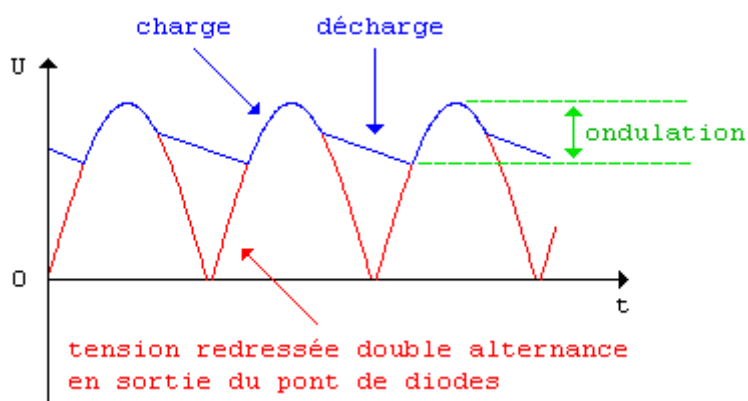


### Condensateurs de filtrage

Le rôle du condensateur de filtrage, généralement un électrochimique de forte capacité, est de réduire l'ondulation d'une tension redressée lorsqu'on passe, par exemple dans une alimentation, d'une tension alternative à une tension continue. Il permet, en quelque sorte, de "lisser" la tension ondulée.



Le condensateur de filtrage est monté en parallèle avec la sortie du pont de diodes.

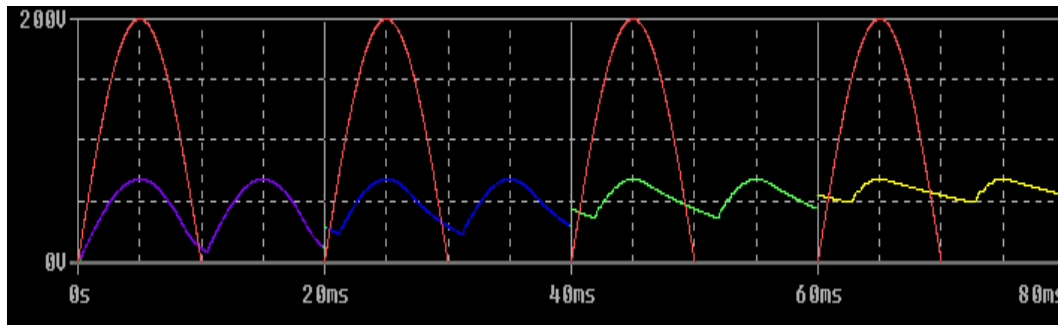


La présence du condensateur de filtrage permet de réduire fortement ("lisser") l'ondulation de la tension redressée.

Diverses formules permettent de calculer savamment la valeur d'un condensateur de filtrage. En voici une, qui a le mérite de la simplicité:

$$C = \frac{I_{\max}}{f \Delta V}$$

- C** capacité, en farads
- I<sub>max</sub>** intensité maxi, en ampères
- f** fréquence, en hertz  
{50 Hz en mono alternance; 100 Hz en double alternance}
- ΔV** tension d'ondulation admissible, en volts



L'illustration ci-dessus, permet de bien visualiser l'influence de la valeur de la capacité de filtrage. La tension au primaire du transfo (trace rouge) est redressée en double alternance. De la trace violette (à gauche) à la trace jaune (à droite), on double à chaque fois la valeur du condensateur de filtrage. On constate, chaque fois que cette valeur augmente, une très nette diminution de l'ondulation. A noter toutefois qu'une valeur de C très supérieure n'améliorerait pas énormément la trace jaune: le filtrage a malgré tout ses limites...

Pour une alimentation capable de délivrer un courant maximal de 1 ampère, on trouve en général une valeur théorique de l'ordre de 4700  $\mu\text{F}$ . Dans la pratique, une valeur de 2200  $\mu\text{F}$ , voire moindre, s'avère souvent suffisante si la tension de sortie n'est pas trop faible (plus elle est faible, plus l'ondulation doit être faible). Toutefois, si une certaine latitude est permise au niveau de la capacité, il faut impérativement que la tension de service du condensateur soit supérieure à la tension crête (maximale) aux bornes du transformateur.

## Partie horloge

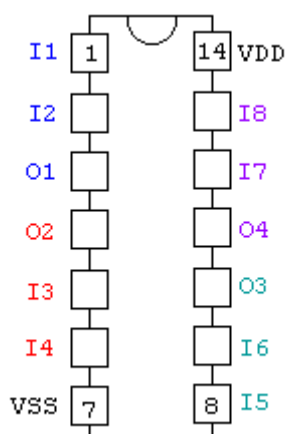
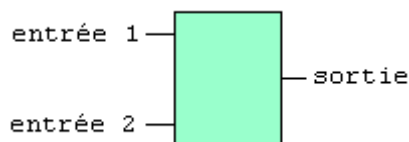
### Circuits logiques

Qu'est-ce qu'un circuit "logique"?

On appelle "logique" un circuit intégré spécialisé, destiné à réaliser une opération booléenne.

On se souvient que la logique booléenne repose sur quelques idées simples (et cependant géniales!): le courant passe, on a un état haut, noté 1. Le courant ne passe pas, on a un état bas, on le note 0. Pour laisser passer le courant ou au contraire l'empêcher de passer (allumer ou éteindre une ampoule, par exemple), on utilise un interrupteur. Si on combine deux ou plusieurs interrupteurs, on réalise une opération, ou fonction, logique.

Les c.i. logiques regroupent, pour les modèles les plus simples, quatre portes (*gates*, en anglais) identiques comportant chacune deux entrées et une sortie. D'autres modèles, dont nous reparlerons, sont un peu plus complexes.



Le symbole générique d'une porte à deux entrées et le brochage des c.i. logiques à quatre portes est donné ci-contre.

Ces c.i. se présentent sous la forme d'un boîtier DIL 14, la broche 14 étant dédiée à l'alimentation positive ( $V_{DD}$ ), la broche 7 à la masse ( $V_{SS}$ ).

On trouve ensuite quatre portes indépendantes, comportant chacune deux entrées (I pour *input*) et une sortie (O pour *output*).

### Principe de fonctionnement des circuits logiques

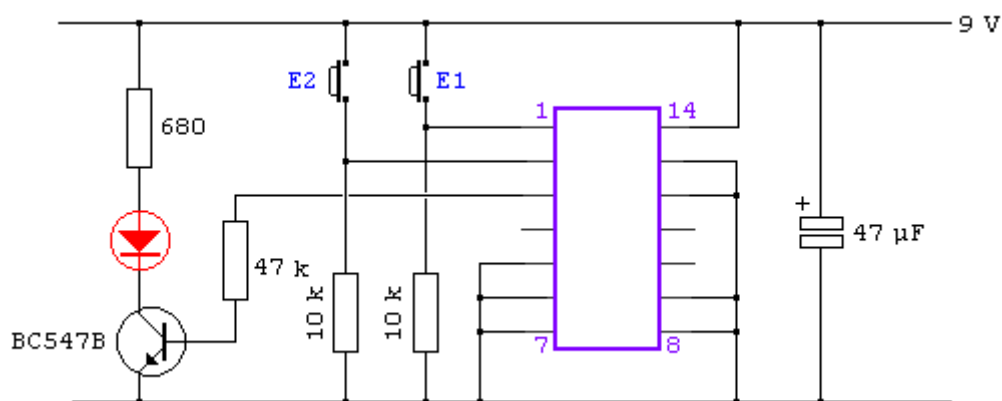
Le fonctionnement des c.i. logiques, en ce qui concerne tout du moins les modèles les plus "élémentaires", est d'une grande simplicité. Il suffit d'alimenter le c.i. sous une tension positive adéquate, puis d'appliquer deux signaux sur les deux entrées d'une même porte. On obtient en sortie soit un état haut, soit un état bas.

La table de vérité (*truthtable*, en anglais) d'un c.i. résume sous la forme d'un tableau tous les cas de figure possibles, selon les signaux appliqués aux différentes entrées.

		ET (AND)	NON-ET (NAND)
Entrée 1	Entrée 2	Sortie	Sortie
0	0	0	1
0	1	0	1
1	0	0	1
1	1	1	0

Le tableau ci-dessus donne un exemple de tables de vérité pour les opérations logiques ET (*AND*, en anglais) et NON-ET (*NAND*, en anglais), qui sont l'inverse l'une de l'autre. Un état bas est désigné par 0 et un état haut par 1.

Voici un petit montage tout simple permettant de "tester" une porte logique quelconque et d'écrire sa table de vérité.



L'appui sur les boutons-poussoirs E1 et E2 porte l'entrée correspondante à l'état haut. Le condensateur de découplage de 47  $\mu\text{F}$  est facultatif, mais conseillé. A noter que les entrées inutilisées sont toutes reliées à la masse.

### Principales caractéristiques des circuits logiques

Il existe plusieurs "familles" de c.i. logiques, d'où une grande variété de préfixes (HCC, HCF, HCT, HEC, HEF, etc.) pour un modèle donné. Les différences portent en général sur quelques paramètres, dont la tension d'alimentation ou la température de service. Les modèles sont numérotés à partir de 4000.

Voici un extrait de la fiche technique des HE4000B (caractéristiques communes à tous les modèles appartenant à cette famille, sauf exception):

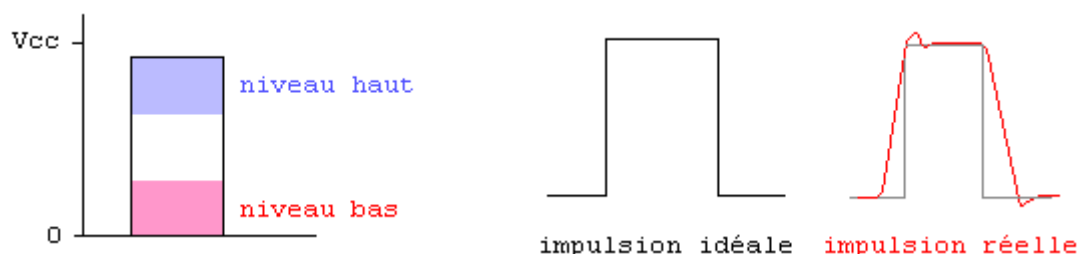
### Famille HE4000B (préfixe HEC ou HEF)

Symbol	Parameter	Typical	Unit
$V_{DD}$	Supply voltage	3 to 15 (max: 18)	V
$V_{SS}$	Supply voltage	ground	
I	DC current into any input	10	mA
$P_{tot}$	Power dissipation per package	500	mW
P	Power dissipation per output	100	mW
$T_{amb}$	Operating ambient temperature (HEF)	-40 to +85	$^{\circ}\text{C}$
$V_{oL}$	Output voltage LOW	0,05	V
$V_{oH}$	Output voltage HIGH	$V_{DD} - 0,05$	V

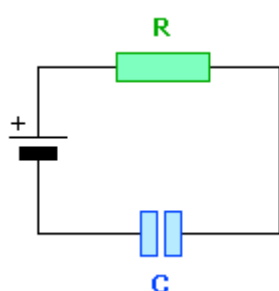
On retiendra, pour l'essentiel, que les c.i. préfixés HEF ou HEC sont alimentés sous une tension continue comprise entre 3 et 15 volts (*supply voltage*) et que la tension obtenue en sortie (*output voltage*) est très proche de 0 V pour un état bas et très proche de la tension d'alimentation pour un état haut.

Ajoutons que les c.i. "quadruples portes logiques" sont des composants très peu onéreux: ils coûtent environ 0,30 euro à l'unité.

Au passage, signalons que dans la pratique, c'est-à-dire dans les circuits intégrés, un niveau haut correspond à une tension égale ou supérieure aux deux tiers environ de la tension d'alimentation ( $V_{cc}$ ); un niveau bas correspond à une tension égale ou inférieure au tiers environ de la tension d'alimentation. Par ailleurs, la transition d'un niveau haut à un niveau bas ou vice-versa n'est jamais instantanée: elle est affectée par un temps de montée et un temps de descente.



## Charge et décharge du condensateur à travers une résistance



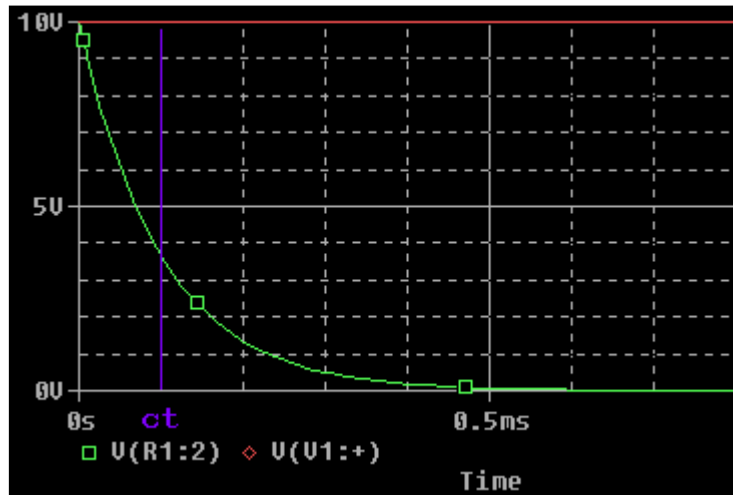
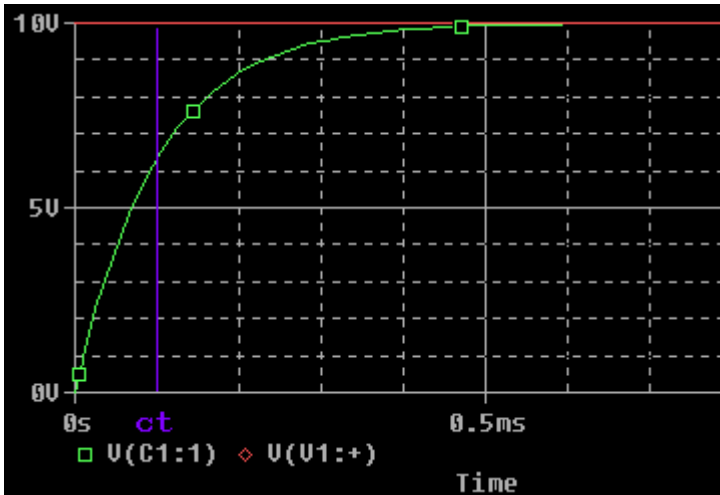
Lorsqu'un condensateur  $C$  est monté en série avec une résistance  $R$ , comme sur le schéma ci-contre, ces deux composants forment un dipôle couramment appelé cellule RC.

La constante de temps (c.t.) est égale au produit de  $R$  par  $C$  ( $R$  en ohms,  $C$  en farads, c.t. en secondes).

Soit une pile branchée sur une cellule RC. Le circuit étant fermé, le condensateur se charge à 63% (environ les deux tiers) de sa tension maximale en un temps égal à la constante de temps; à près de 95% de sa tension maximale en un temps égal à 3 fois la constante de temps; à 99% de sa tension maximale en un temps égal à 5 fois la constante de temps.

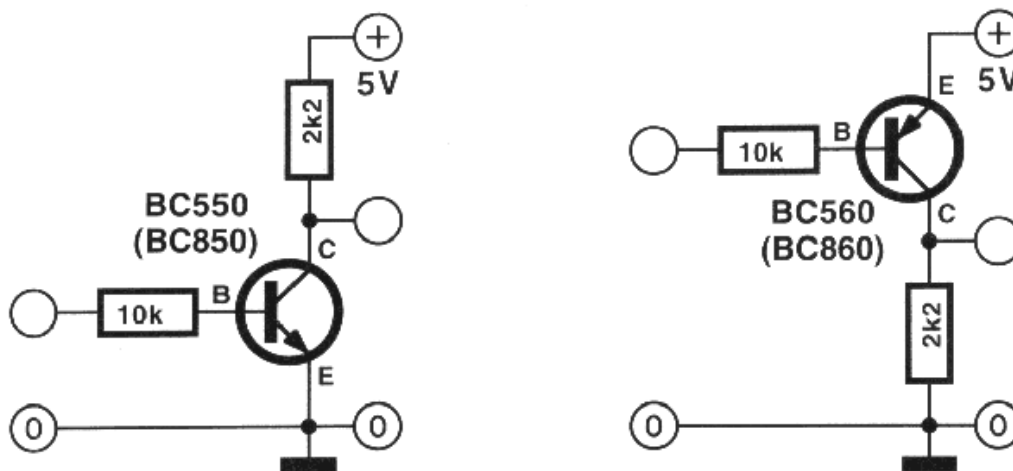
Circuit ouvert, la charge initiale du condensateur est divisée par un facteur de 2,7 au bout d'une durée égale à la c.t.; elle est très voisine de zéro au bout d'une durée égale à 5 fois c.t. En d'autres termes, charge maximale et décharge complète sont réalisées dans pratiquement le même laps de temps.

Les graphiques ci-dessous, permettent de visualiser les phénomènes de charge et de décharge d'un condensateur d'une cellule R-C (courbes vertes). La valeur de la constante de temps c.t. est ici de 0,1 ms; elle est matérialisée par une ligne verticale violette.



### Transistor fonctionnant en inverseur

La figure ci dessous montre deux étages à transistor remplissant une fonction d'inverseur : un exemplaire à base de transistor NPN, l'autre utilisant un transistor PNP. Comme on le voit : faire un inverseur est une affaire de trois fois rien ! La ligne de base du transistor bipolaire comporte une résistance de valeur relativement élevée (10 k dans nos exemples) chargée de limiter le courant de base. À la sortie on voit une résistance de forçage d'une valeur sensiblement moins grande (2,2 k ) prise, sous forme de charge, dans la ligne du collecteur. Aux bornes de cette résistance on aura présence de la tension de sortie. Il suffit donc de trois composants seulement pour réaliser un inverseur discret à l'aide d'un transistor bipolaire.



Deux inverseurs discrets, réalisés à l'aide de transistors.

### ***D. Calculs***

- Condensateur de filtrage à l'entrée du régulateur  
 $C = I_{max} / (f \times \Delta V)$

Ici :

$$3300\mu = 0.6 / (100 \times \Delta V) \quad (0,6 \text{ Ampere environ})$$

On accepte donc un  $\Delta V$  d'environ  $(3300\mu \times 100) / 0.6 = 0,55V$

- I passant à l'intérieur des leds :  $5V / 220\Omega = \text{environ } 20mA$

## **2. Rapport des essais**

Les essais me permirent de vite trouver les différents problèmes. Lors du premier essai, seul le bouton permettant d'ajouter des minutes fonctionnait! Une seconde analyse de schéma m'a fait comprendre que je l'avais mal compris, et que le signal +5V se trouvait sur la ligne reset du compteur des 50 impulsions. Le board étant déjà fait, j'ai du couper 2 pistes et ajouter 2 fils sur le côté circuit de la plaquette pour résoudre le problème. Le mauvais fonctionnement des heures était simplement dû à des courts-circuits causés par de mauvaises soudures.

## **3. Apports personnels**

La partie alimentation a été refaite pour utiliser un régulateur de tension au lieu d'une diode zener. Le montage a été adapté au 50Hz Européen. Le bouton de reset total de l'horloge a quant à lui disparu.

### **3. Dossier de fabrication**

#### **I. Analyse de chaque composant**

##### *Partie Alimentation*

Transformateur : 230V AC -> 2x6V AC

Diode D1 et D2 (1N4007): Redressement double alternance

Condensateur C2 (3300 $\mu$ F) : Condensateur de filtrage pour le régulateur

Condensateur C3 (100nF) : Condensateur de filtrage pour le régulateur

LM7805 : régulateur de tension

IC1 (74HC14N) : inverseur a trigger de Schmitt fournissant 50impulsions par secondes

R1 (220K) et C1 (.01 $\mu$ F) : filtre passe-bas, afin de filtrer les fréquences parasites qui pourraient entrer dans l'IC1 et fausser le calcul.

##### *Partie Horloge*

IC2 (CD4040N) : 12bit binary counter. Compte les impulsions reçues en entrée, et indique en sortie le nombre. Pour arriver à 50 impulsions, les sorties Q2 Q5 et Q6 sont observées, car 50en binaire donne 0b00110010, les 1 se trouvant en 2eme, 5eme et 6eme position.

IC1B (74HC14N) : inverseur s'occupant du signal venant de la sortie Q2 du CD4040

IC3A (74HC00N) : porte NAND s'occupant des sorties Q5 et Q6 du CD4040

IC4A (4071N) : Porte AND recevant les signaux des 2 circuits précédemment cités, indiquant donc le 50<sup>ème</sup> coup.

R2 (10k) et C2 (0.1 $\mu$ F) : Partie RC permettant d'introduire une constante de temps, afin d'obtenir une impulsion assez longue et significative pour les circuits.

IC1C (74HC14N) : inverseur a trigger de Schmitt qui apportera le signal qu'une seconde vient de se passer à l'IC5

R3 (10k) : résistance se ramenant au reset du CD4040, indiquant qu'il doit recommencer a compter lorsqu'une seconde vient de se passer.

IC5 (74HC390N) : Dual decade ripple counter. Double compteur jusqu'à 10. Reçoit les impulsions et indique en sortie combien d'impulsions il a reçus. On voit que l'IC5A s'occupera des unités

de secondes, et que l'IC5B s'occupera, lui, des dizaines de secondes.

LED et R (220Ohm) : Led rouges standards de 5mm, s'allumant grâce au courant fourni par la résistance associée. Le nom des leds et des résistances sont en rapport l'une avec l'autre : la dernière lettre du composant (S / M / H) indiquant respectivement seconde / minute / heure. La lettre se trouvant juste avant permet de savoir quand cette led va s'allumer :

Ainsi, la led nommée VM est associée à la résistance RVM, et s'allumera quand 20minutes seront nécessaires.

	Unité : 1
B	Bi : 2
Q	Quatre : 4
O	Octo : 8
D	Dizaine : 10
V	Vingtaine : 20
QU	Quarantaine : 40

IC3B (74HC00N) et R4 (10k) : Porte NAND détectant la 60<sup>ème</sup> seconde (en regardant les signaux indiquant la 40<sup>ème</sup> et la 20<sup>ème</sup> seconde), et indiquant donc qu'une minute vient de se passer, et aussi qu'il faut reseter le compteur des secondes.

R8 (10K) et C6 (0.1µF) : Partie RC permettant d'introduire une constante de temps, afin d'obtenir une impulsion assez longue et significative pour les circuits.

IC1D (74HC14N) : circuit inverseur a trigger de Schmitt recevant le signal indiquant qu'une minute vient de s'écouler et introduisant la constante de temps cité juste avant. Il transmet ce signal en resetant le compteur des secondes et en ajoutant une impulsion au compteur des minutes.

S2 : bouton permettant d'envoyer un signal similaire au signal indiquant qu'une minute vient de passer.

IC6 (74HC390N) : Dual decade ripple counter. Double compteur jusqu'à 10. Reçoit les impulsions et indique en sortie combien d'impulsions il a reçus. On voit que l'IC6A s'occupera des unités de minute, et que l'IC6B s'occupera, lui, des dizaines de minutes. Mode de fonctionnement identique que celui des secondes.

IC3C (74HC00N) et R18 (10k) : Porte NAND détectant la 60<sup>ème</sup> minute (en regardant les signaux indiquant la 40<sup>ème</sup> et la 20<sup>ème</sup> minute), et indiquant donc qu'une heure vient de se passer, et aussi qu'il faut reseter le compteur des minutes.

- R19 (10k) et C4 (0.1 $\mu$ F) : Partie RC permettant d'introduire une constante de temps, afin d'obtenir une impulsion assez longue et significative pour les circuits.
- IC1E (74HC14B) : circuit inverseur a trigger de Schmitt recevant le signal indiquant qu'une heure vient de s'écouler et introduisant la constante de temps cité juste avant. Il transmet ce signal à une porte OR se trouvant juste avant l'entrée du compteur des heures.
- IC4B (4071N) : Porte AND, recevant le signal indiquant que 60minutes se sont déroulées et qu'il faut incrémenter le compteur des heures de 1. Cette porte s'occupera donc de transférer le signal ajoutant une heure, et aussi le signal remettant à 0 les minutes. Elle reçoit aussi le signal venant de l'IC1F qui met l'heure à 1 au lieu de 0.
- IC7 (74HC390N) : Dual decade ripple counter. Double compteur jusqu'à 10. Reçoit les impulsions et indique en sortie combien d'impulsions il a reçus. On voit que l'IC7A s'occupera des unités d'heure, et que l'IC6B s'occupera, lui, de la dizaine d'heure. Mode de fonctionnement identique que celui des secondes et celui des minutes. Néanmoins, il n'affichera qu'une dizaine d'heure, car le compte des heures s'arrête à 13 et non à 60.
- D22, D23, D24 (diode 1N914) : diode associée à certaines sorties de l'IC7, (sorties indiquant 10 + 2 + 1 heures). Ces diodes fonctionnent donc comme un ET câblé, et indiqueront que le compte des heures doit être remis à 0 (ou plus exactement à 1)
- R27 (10k) et C3 (0.1 $\mu$ F) : Partie RC permettant d'introduire une constante de temps, afin d'obtenir une impulsion assez longue et significative pour les circuits.
- IC1A (74HC14N) : circuit inverseur a trigger de Schmitt recevant le signal indiquant que 13 heures viennent de s'écouler et introduisant la constante de temps cité juste avant. Il transmet ce signal à une porte OR se trouvant juste avant l'entrée du compteur des heures, et aussi à un transistor BC547 qui agira comme un inverseur.
- BC547 : transistor fonctionnant comme un inverseur. Il reçoit le signal indiquant la 13<sup>ème</sup> heure et resette le compteur d'heure.
- R20 (10k) et C3 (0.01 $\mu$ F) : Partie RC permettant d'introduire une constante de temps, afin d'obtenir une impulsion assez longue et significative pour les circuits. On peut voir ici que la valeur du condensateur est plus petite, afin d'avancer le compteur des heures à 1 directement après son reset effectué par le transistor BC547

IC1F (74HC14N) : circuit inverseur a trigger de Schmitt apportant l'impulsion qui mettra à 1 le compteur des heures.

S1 : bouton permettant d'envoyer un signal similaire au signal indiquant qu'une heure vient de passer.

Rappels des circuits :

IC1 : 74HC14N Hex inverter Schmitt Trigger

IC2 : 4040N 12 Stage Binary/ripple counter

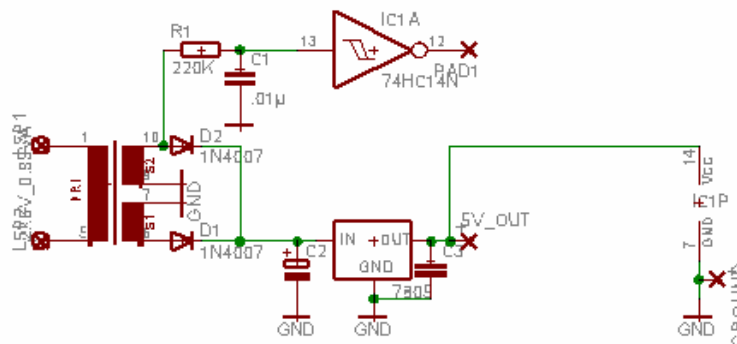
IC3 : 74HC00N Quad 2 input NAND gate

IC4 : 4071N Quad 2 input OR gate

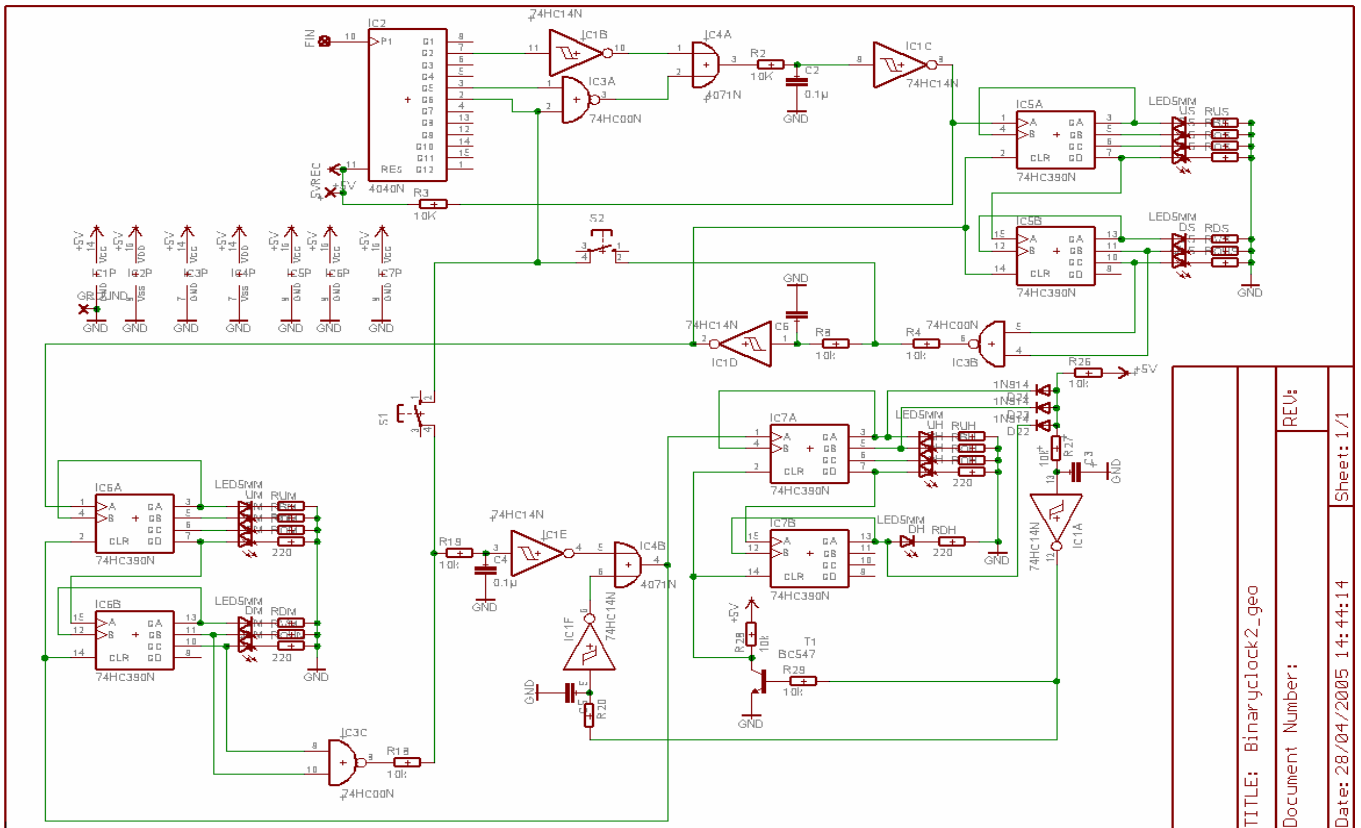
IC5/6/7 : 74HC390 Dual decade ripple counter

## 2. Vue schématique issue du logiciel

### A. l'alimentation



## B. L'horloge



NB : le +5V que le circuit intégré 4040 reçoit sur sa broche reset ne devrait pas exister.

## 3. Nomenclature des composants

### Partie Alimentation

Tr1 : 230V AC -> 2x6V AC 1,9VA

Diode D1 et D2 : 1N4007

C1 :  $.01\mu\text{F}$  / C2 :  $3300\mu\text{F}$  / C3 :  $100\text{nF}$

LM7805

IC1 : 74HC14N Hex inverter Schmitt Trigger

R1 : 220K

### Partie Horloge

IC1 : 74HC14N Hex inverter Schmitt Trigger

IC2 : 4040N 12 Stage Binary/ripple counter

IC3 : 74HC00N Quad 2 input NAND gate

IC4 : 4071N Quad 2 input OR gate

IC5/6/7 : 74HC390 Dual decade ripple counter

C2 / C3 / C4 / C6: 0.1 $\mu$ F

C5 : 0.01 $\mu$ F

RUS -> RDH (19resistances) : 220Ohm

S1 / S2 : switch (boutons pour C.I.)

LED US -> UH (19leds) : leds rouges 5mm

T1: transistor BC547C

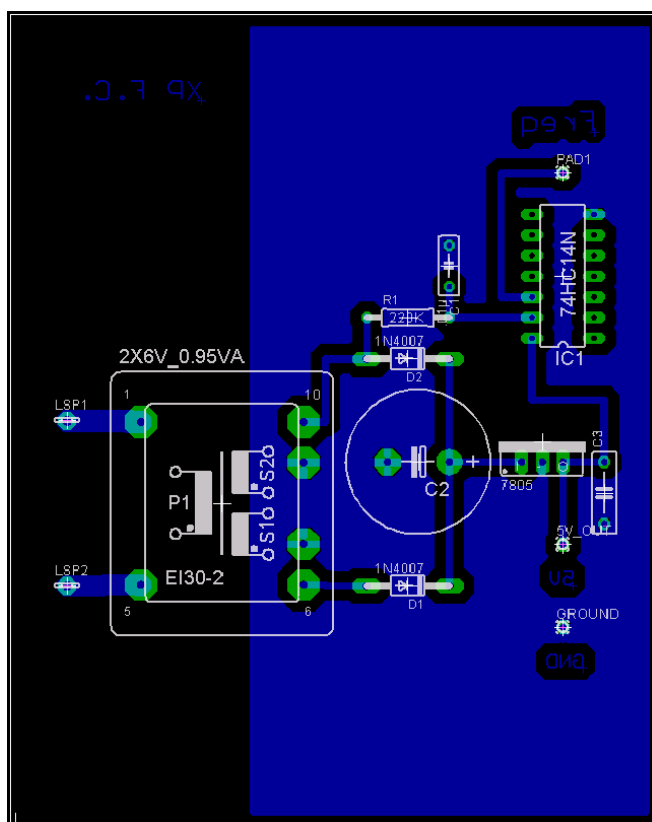
R2 / R3 / R4 / R8 / R18 / R19 / R20 / R26 / R27 / R28 / R29 : 10k

D22 / D23 / D24 : diode 1N914

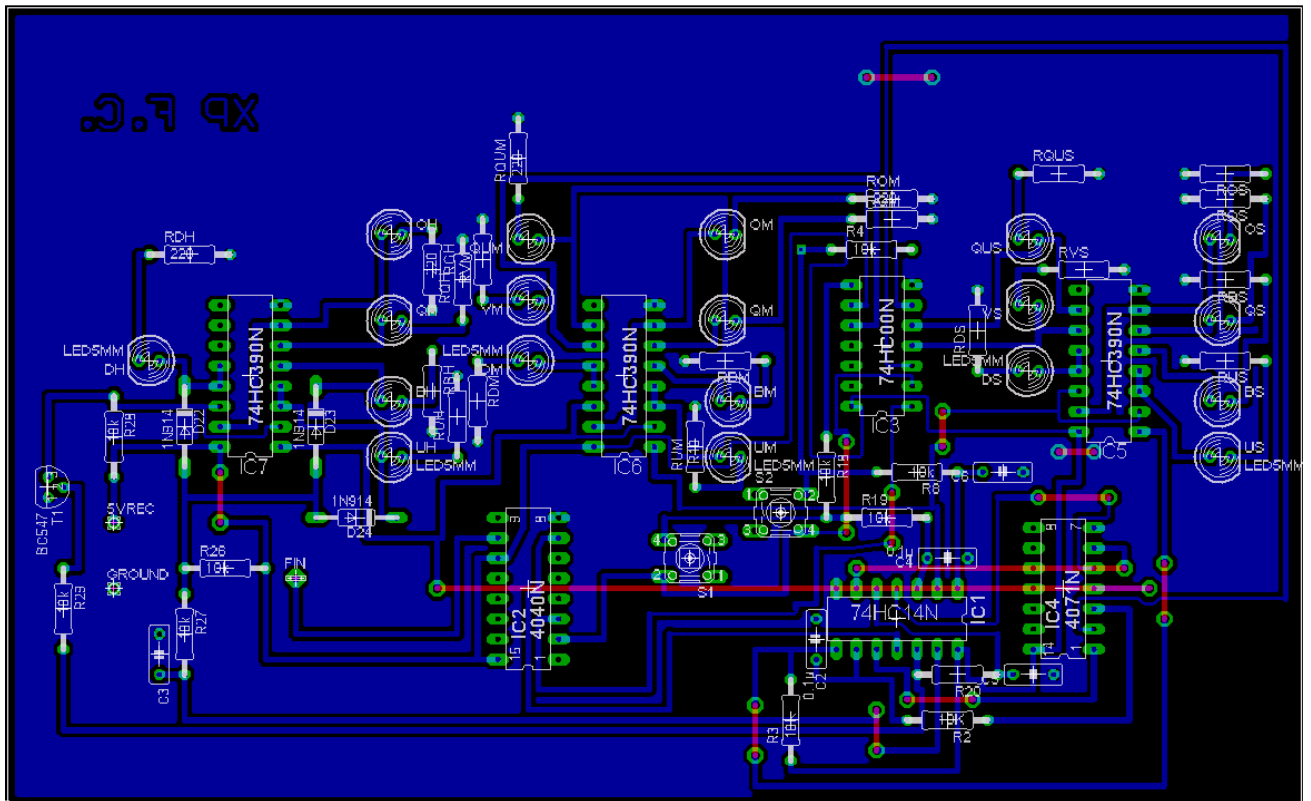
## 4. Vues du board

### a. Avec les composants

#### A. L'alimentation

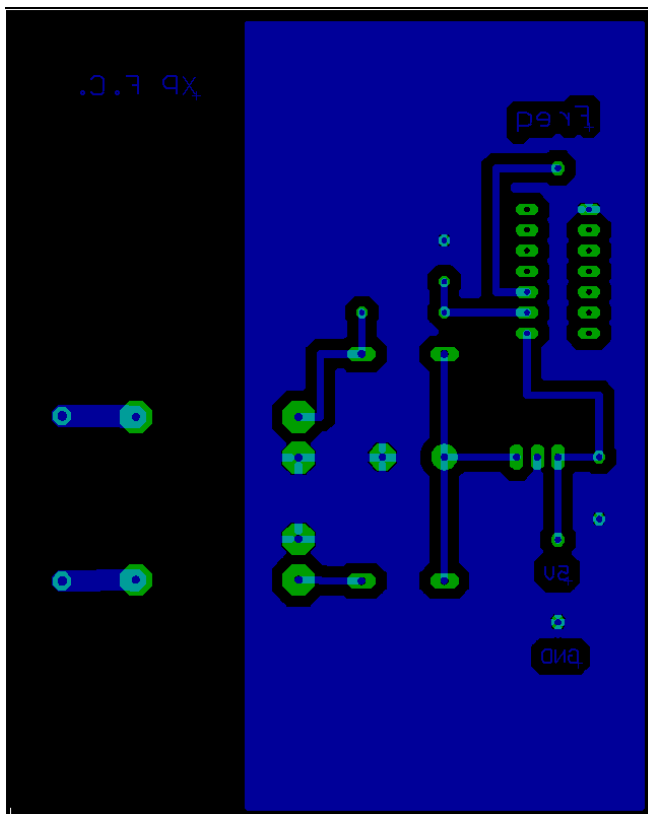


B. L'horloge

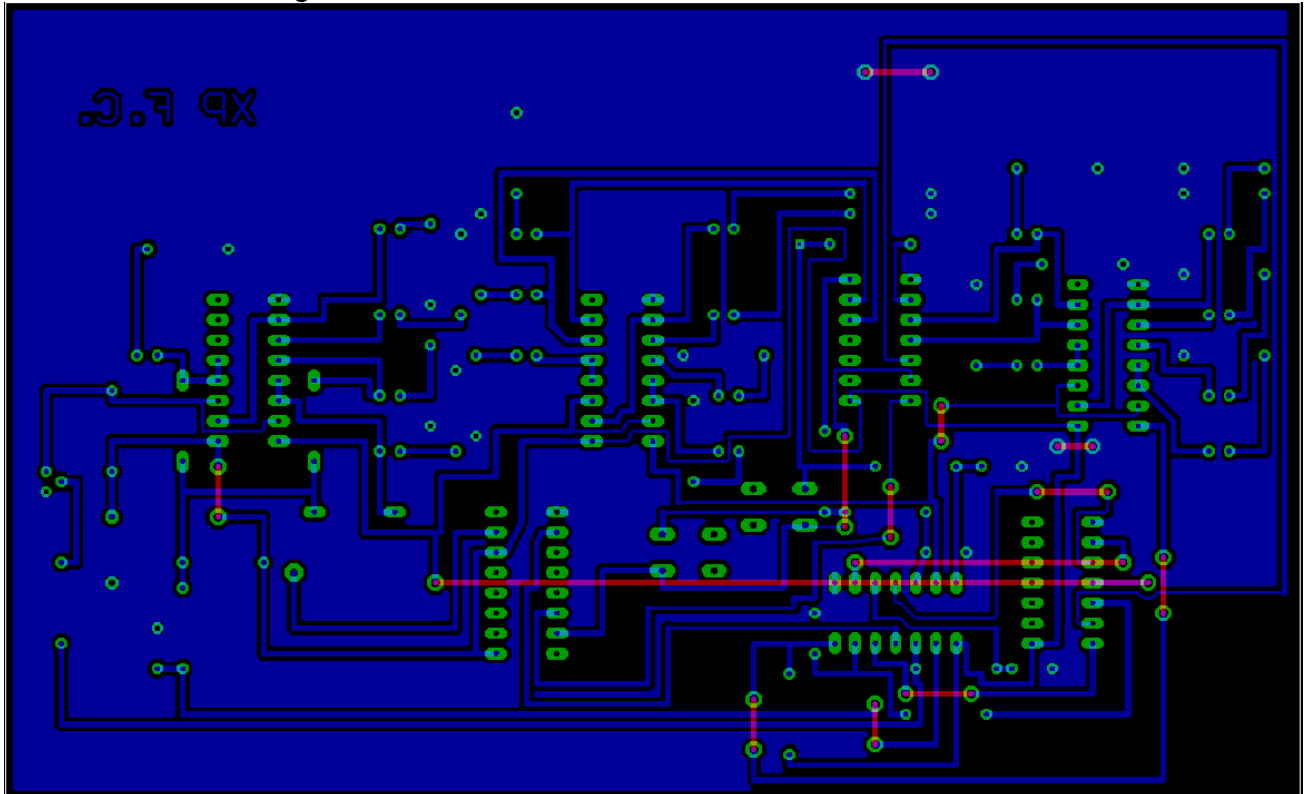


*b. Sans les composants*

A. L'alimentation



## B. L'horloge



## 5. Typon

Voir annexes

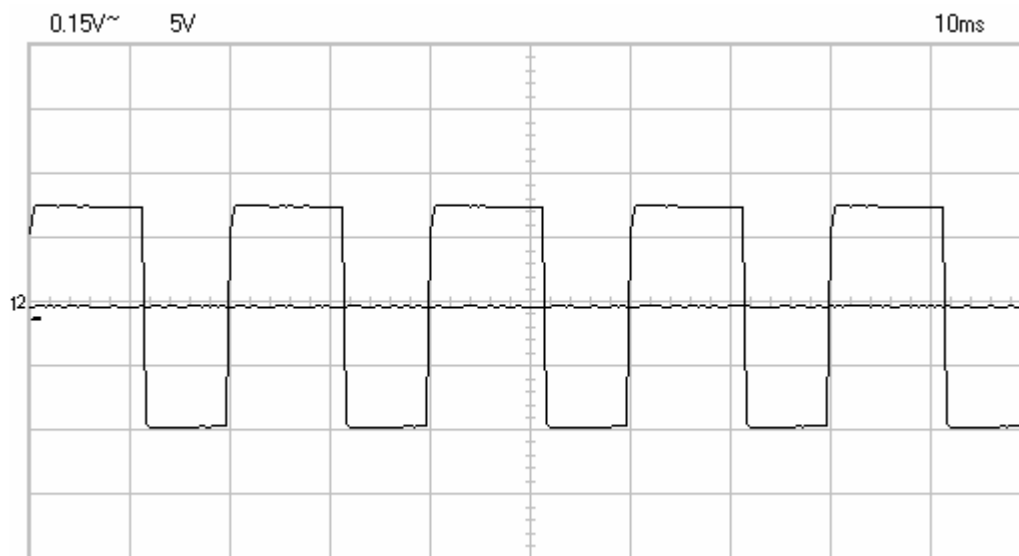
## 6. Procédures de mise au point

Comme toutes les horloges, il faut régler l'heure et les minutes. Les 2 boutons servant à cela se trouvent au centre de la plaquette, celui de gauche règle les heures, celui de droite règle les minutes.

## 7. Mesures essentielles pour expliquer le fonctionnement

La mesure au multimètre permet de voir que les différents circuits sont alimentés en 5V, et donc que leurs niveaux « haut » et « bas » sont équivalents. A ce propos, il faut bien faire attention de prendre des circuits intégrés de la famille des 74HCxx, car, comme ils fonctionnent ensemble avec la famille des 40xx, cela permet d'avoir une compatibilité entre eux.

Voici la fréquence de 50Hz entrant dans le 4040 (sortant donc du 74HC14 de la partie alimentation)



(Ne pas tenir compte du signal de 0.15V)

On voit les impulsions qui surviennent toutes les 20ms (50Hz) et qui durent un peu plus de 10ms.

Le multimètre indique environ 16V AC a la sortie du transformateur, et de 7 à 8V DC à l'entrée du régulateur 7805.

## 4. Manuel d'utilisation

### 1. Présentation du montage à un client

Cette horloge venant tout droit des meilleurs films de science-fiction est simplement alimentée par le secteur, et indique l'heure sur ses leds. Le calcul des heures peut sembler rebutant au début, mais l'habitude s'acquiert très vite. Elle est basée sur le 50Hz du secteur, qui est garanti par electrabel.

Tout a été pensé pour vous assurez un confort optimal, les deux boutons servant à régler l'heure sont facilement accessibles. Elle ne consomme pas beaucoup, et permet d'avoir un montage simple, relativement utile et esthétique chez soi.

Cette horloge est résistante, pour peu que l'on ne s'amuse pas à tirer sur les cables. Les circuits intégrés sont faciles à remplacer en cas de défaillance.

### 2. Présentation commerciale

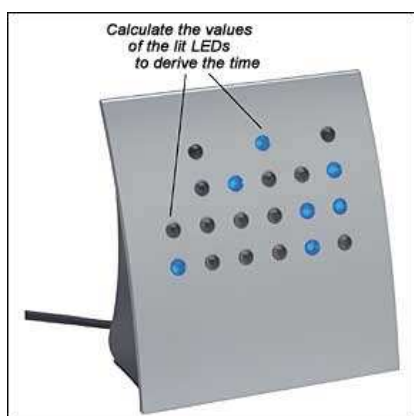


Photo non contractuelle

Vous êtes un vrai informaticien ? Vous ne savez pas compter jusque 10, mais seulement jusque 1 ? Le binaire est votre vie, lorsqu'on vous demande votre age, vous répondez « j'ai 110110 ans » ?

Alors la BINARY CODED DECIMAL clock est pour vous ! Un ami vous demande l'heure ? Montrez lui votre BINARY CODED DECIMAL clock, et dites lui de se débrouiller, et puis ridiculisez-le en lui disant l'heure exacte ! Après tout, c'est pas si compliqué les puissances de 2.

Enfin une horloge qui n'est pas simple comme un jeu d'enfant et qui montrera aux autres que vous êtes quelqu'un de « spécial ».

Cette horloge à but discriminatoire permet aussi d'apprendre le binaire en vue de réussir les cours de logique binaire dispensé par Mr Wilfart.

Le circuit se branche sur le secteur, et après l'avoir réglée, vous permet de faire travailler vos méninges pour savoir l'heure.

Fini le temps où un simple coup d'œil permettait de le savoir!

### 3. Mode d'emploi

- 1) Branchez l'horloge sur le secteur grâce à la prise prévue à cet effet.
- 2) Réglez les heures grâce au bouton se trouvant au centre et à gauche de l'horloge.
- 3) Réglez les minutes grâce au bouton se trouvant au centre et à droite de l'horloge.
- 4) Lisez l'heure !

Attention :

Ne pas plonger dans l'eau

Ne pas laisser à portée de main des enfants

Si l'appareil semble surchauffer, débranchez-le

Ne touchez pas le 230V, cela cause de graves troubles de la santé et pourrait provoquer un dysfonctionnement de l'horloge

### 4. Pannes et solutions

- Certaines leds sont allumées, mais les secondes n'avancent pas
  - Vérifiez que vous avez bien branché l'horloge à son alimentation, plus précisément le connecteur « Fréq »
  
- Une partie des leds (les heures / les minutes / les secondes) ne s'allument pas
  - Un circuit intégré doit être défectueux. Allez dans votre magasin d'électronique le plus proche (ou le plus professionnel) et demandez à remplacer ce circuit.
  
- L'alimentation chauffe
  - C'est normal
  
- Il y a un décalage de 4 à 5 secondes pendant une journée
  - C'est normal, la fréquence assurée par electrabel étant de 50Hz sur 24h, elle peut varier entre 49,95Hz et 50,05Hz pendant certaines périodes de la journée.
  
- Certaines leds s'allument aléatoirement
  - Vérifiez qu'il n'y ait pas de faux contacts.

## **5. Coordonnées du service après-vente**

*Pour nous contacter :*

Coronet Fabrice Binary clock's production  
Rue d'Ath, 22A  
7321 Blaton  
Belgique

E-mail : [lognom2@hotmail.com](mailto:lognom2@hotmail.com)  
Téléphone : 069/57.99.78

## **5. Annexe**

### **1. Bibliographie**

[http://ourworld.compuserve.com/homepages/Bill\\_Bowden/clock.htm](http://ourworld.compuserve.com/homepages/Bill_Bowden/clock.htm) (source du projet)

<http://freeelektronik.free.fr/>

<http://etronics.free.fr>

<http://www.international-electronics.be/site/Nav/nl/default.htm>

<http://www.google.com>

<http://www.lelectronique.com>

### **2. Autres documents**

Source du projet

Typons de l'alimentation

Typons de l'horloge

Schémas en grande taille de l'alimentation et de l'horloge

### **3. Datasheet**

Datasheet du 74HC390

Datasheet du CD4040

Datasheet du 74HC14