
["Fontaine magique"]

29/09/2007 + MàJ 19/01/2012

Encore un truc qui sert à rien !!

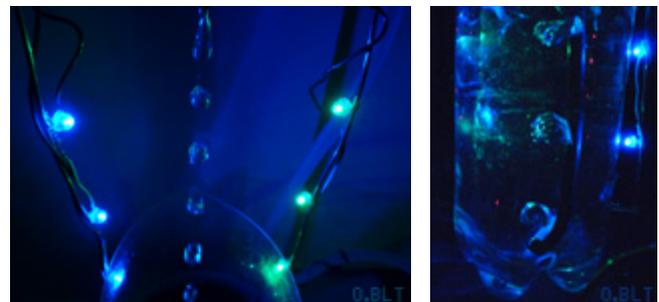


Deux illusions pour arrêter ou remonter le temps...

Arrêter le temps... Un vieux rêve... devenu réalité sous la forme de cette fontaine "magique", ou fontaine "temporelle". Mais point de flexion du temps ici ! L'astuce consiste à utiliser une lumière stroboscopique pour tromper la persistance rétinienne. La lumière saccadée en rythme avec les gouttes permet de figer artificiellement le temps !



Ce type d'effet se rencontre sous le nom de "fontaine magique", fontaine "temporelle" ou "fontaine du temps", Δt , ou encore de "water piddler". Elle est directement inspirée des travaux de Harold Edgerton sur la lumière stroboscopique.

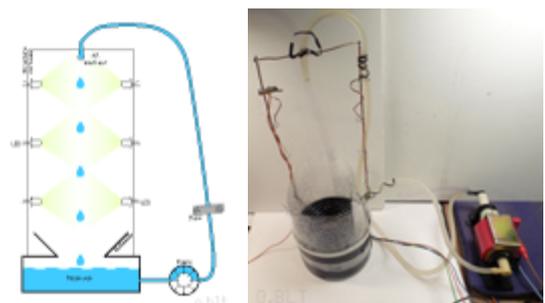


Le plus intéressant est d'imaginer des variantes, en stoppant la remontée de bulles d'air dans un liquide par exemple...

Principe

La fontaine fonctionne dans le noir, autour d'un circuit d'eau fermé, avec un réservoir et une petite pompe qui fait remonter l'eau à un jet "goutteur". Le tout est associé à une lumière stroboscopique.
Simple !

Plusieurs solutions sont envisageables pour faire cette fontaine, débouchant sur différents rendus de l'effet, en fonction de l'utilisation d'une :



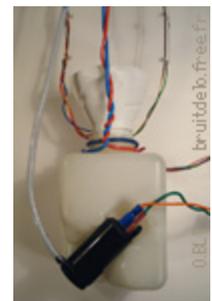
- o lumière stroboscopique "asynchrone" : les flashes se produisent de manière cyclique, sans s'occuper du débit des gouttes. La vitesse du stroboscope est à ajuster manuellement pour se rapprocher de la fréquence des gouttes. Selon le réglage, l'effet donne une chute ralentie, un arrêt, ou une remontée des gouttes.
- o lumière stroboscopique "synchrone" : les flashes suivent le débit des gouttes. L'effet est alors fixe : les gouttes semblent à l'arrêt. Avec un circuit de commande un peu plus poussé, il est possible de faire bouger les gouttes sur une petite marge de réglage.

La réalisation peut aussi différer selon le matériel dont on dispose :

- o Soit la fontaine utilise une petite pompe oscillante électrique (ou pompe vibrante), qui permet de générer un flux d'eau saccadé au même rythme que le courant (50Hz du secteur). Un petit stroboscope du commerce éclairera la scène, et sera réglé à une fréquence proche d'un multiple du battement du secteur (12,5Hz, 25Hz ou 50Hz). Le glissement résultant des différences de battements produira une chute, un arrêt ou une élévation des gouttes. On peut aussi détecter le passage des gouttes pour se synchroniser parfaitement, ce qui donne l'illusion de gouttes fixes.



- o Soit la fontaine est alimentée par une petite pompe rotative (à ailette ou à palettes) qui génère un flux continu d'eau, à laquelle on adjoindra un "bec gouteur". De la même manière, un stroboscope sera réglé sur une fréquence proche du rythme des gouttes, et donnera l'effet. Ou bien la fréquence des chutes des gouttes sera détectée pour allumer la lumière stroboscopique en conséquence.



Remarque : Attention avec certaines pompes (notamment les vibrantes) : ne pas les faire fonctionner trop longtemps (genre une minute de fonctionnement suivie d'une minute d'arrêt). Certaines nécessitent l'ajout d'une diode. Suivre les données constructeur.

- - Attention - -

L'eau et l'électricité ne font pas bon ménage. Pour plus de sûreté, utilisez des piles ou des batteries comme source d'alimentation.

La fontaine : exemple de réalisation

Pour la réalisation de la fontaine, tout est envisageable ! Mais tout dépend surtout du matériel que vous avez à disposition (et de l'inspiration !)

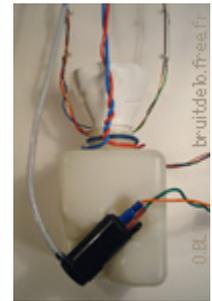
Idéalement, en présence d'eau, on évitera tout élément qui fonctionne sur le secteur : ce qui veut dire trouver une pompe basse tension, du style par exemple "pompe d'essuie-

glace" 12V de voiture, et alimenter le tout sur batteries ou piles.

"Ingrédients" de la partie fontaine

- Un circuit fermé d'eau avec :

- un réservoir (ici, réservoir de vieille machine à fumée), avec un réceptacle anti-gouttes (entonnoir, col de bouteille)
- une pompe (12V genre d'essuie-glace, à la casse du coin !)
- un tube (tuyau "cristal" souple \varnothing 4mm, en magasin de bricolage ou jardinerie/animalerie)
- un réducteur de débit (genre pince à linge, ou "clamp", ou deux plaques + vis)
- un "bec goutteur" (selon les cas. A mettre au point ! Bout de tuyau plus large par exemple ?)
- de l'eau ! (éventuellement colorée / fluo / UV)
- une alimentation variable pour la pompe



- Pour la partie stroboscope :

- une structure pour servir de support au tube "goutteur" et aux LEDs (et éventuellement au capteur de gouttes). Ici du fil de cuivre 2,5mm² rigide.
- des LEDs très haute luminosité (nécessaires pour compenser la faible durée d'éclaircissement)
- une alimentation 12V pour le circuit (sur piles ou batteries)
- et une des électroniques de pilotage des LEDs décrites ci-après (sur plaquette d'expérimentation, breadboard, ...)



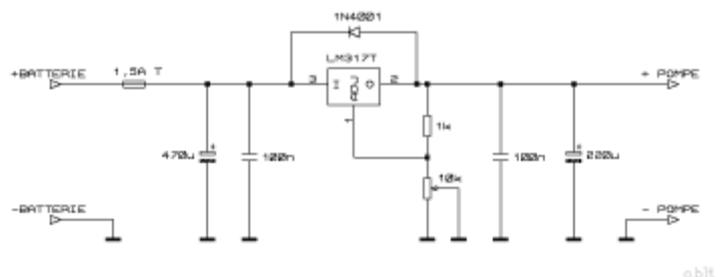
La pompe

Préférentiellement, la pompe sera une pompe basse tension (d'essuie-glace 12V de voiture).

Une pompe vibrante ou une pompe sur secteur est une solution envisageable, bien que plus dangereuse dans le sens où elle nécessite la présence d'une tension de 230V, à proscrire à proximité de l'eau.

L'alimentation + variateur de vitesse

Une alimentation variable permettra de faire varier la vitesse (et donc le débit) de la pompe. Attention cependant, car toutes les pompes n'acceptent pas de voir leur alimentation changer. La majorité des pompes tournantes l'acceptent. Pas les vibrantes !



Dans le cas d'une petite pompe 12V tirant moins de 1,5A, un bête circuit régulateur de

tension variable à LM317 fera l'affaire.

Le régulateur LM317 sera monté impérativement sur un dissipateur de bonne surface. Attention : la languette métallique du boîtier du régulateur est portée au même potentiel que la borne centrale (ici, la sortie). Prévoir éventuellement un kit d'isolation (mica et canon isolant).

La tension de sortie varie de 1,2V jusqu'à la tension d'alimentation moins la chute de tension dans le régulateur (2 à 3V).

Le fusible sera monté au plus proche des bornes des piles ou de la batterie.

Le réducteur

Un réducteur de débit pourra être nécessaire si la pompe est trop efficace, même sous voltée avec le circuit régulateur d'alimentation ! En effet, un filet d'eau trop continu empêchera la formation de gouttes.

Réduire la tension

d'alimentation d'une pompe

12V a des limites (blocages), aussi le réducteur est un palliatif.

Exemple de clamp "DIY" : deux plaques qui se vissent l'une sur l'autre pour écraser le tuyau.



Attention à ce que le réducteur n'engendre pas de surpression dans les tuyaux et les raccords !

Le goutteur

La forme du tube en haut de la fontaine sera déterminante pour la formation des gouttes, en fonction du débit de la pompe. Il est dur cependant de donner des recettes miracles, et seule l'expérimentation permettra de trouver le meilleur compromis. Voici quelques pistes :

- tube sectionné droit, coupe parallèle au sol
- tube évasé, ou section plus grande de tube
- tube taillé en V, ou placé en biais

Le cadre porteur

Une solution parmi d'autres est d'utiliser du fil électrique de cuivre rigide nu. Des morceaux découpés et soudés ensemble formeront un cadre auquel on suspendra le jet, et auquel on viendra souder les LEDs du stroboscope (et l'éventuel détecteur de gouttes).

On pourra se servir du cadre comme rail commun d'alimentation, par exemple pour distribuer le +12V. (Attention à ne rien court-circuiter !) Les anodes des LEDs pourront

venir se souder dessus.

Lumière ! Le stroboscope

La lumière stroboscopique peut s'obtenir par un stroboscope à lampe flash xénon, acheté tout fait ou en kit (petit stroboscope 40 joules par exemple). Un stroboscope à LEDs est aussi une possibilité.

Deux paramètres auxquels il faudra faire attention :

- la fréquence des flashes (à adapter à la vitesse des chutes des gouttes)
- la durée d'éclairement du flash (pas de problème avec une lampe flash au xénon)

La durée d'éclairement est critique, car c'est elle qui fixera la stabilité visuelle des gouttes. La marge de réglage pour la durée de l'impulsion lumineuse se situe dans la fourchette 0,5 à 3,5 ms. Des essais donnent les résultats suivants :

- 3,25 ms : goutte floue
- moins de 1,8 ms : idéal
- 0,7 ms et moins : illumination trop faible

C'est un compromis à trouver entre la durée d'impulsion la plus courte pour que la goutte ne soit pas floue (persistance rétinienne) et cependant une durée suffisante pour éclairer la goutte et la rendre visible à l'oeil.

Mais pour les mêmes raisons que la pompe, le secteur en présence d'eau est à proscrire. Donc nous allons nous rabattre sur une version bricolée "DIY" à base de LEDs haute luminosité marchant sur piles ou batterie !

Plusieurs versions vont être développées, débouchant sur des effets un peu différents :

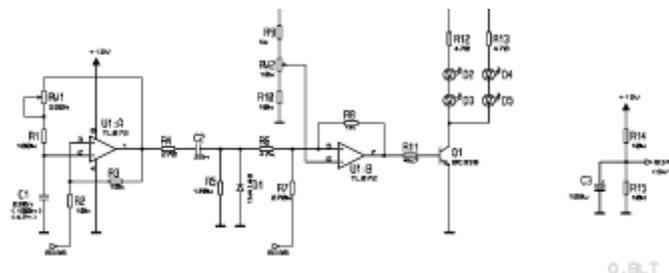
- version asynchrone : effet de gouttes mouvantes ou presque fixes.
- version synchrone : gouttes fixes.

Exemples de circuits stroboscopiques à LEDs "asynchrones" (gouttes mouvantes)

Ce stroboscope est dit "asynchrone" car sa fréquence de flash n'est pas synchronisée à quelque chose. C'est un générateur interne qui donnera le rythme. Aussi, pour l'utiliser avec la fontaine, il faudra trouver la fréquence de chute des gouttes pour s'y caler à peu près. C'est cet "à peu près" qui va faire l'effet ralenti. Le glissement (la différence des deux fréquences) provoquera la chute ou la remontée des gouttes, là où une fréquence parfaitement identique provoquera leur arrêt.

Version asynchrone à AOP

Ce petit stroboscope à base de LEDs haute luminosité est une version "fond de tiroir". D'autres montages sont envisageables, notamment en faisant usage de CD4093. N'en ayant plus sous la main au moment où je testais ce bidouillage, je me suis rabattu sur des AOP (amplis opérationnels) que j'avais en nombre.



Le circuit comporte un oscillateur réglable en fréquence qui génère un signal carré. Ce signal carré va être rogné sur son front montant (par C2). Le comparateur (U1:B) va déclencher l'allumage des LEDs sur la durée d'impulsion restante du front montant ainsi filtré.

Le premier potentiomètre change la fréquence de l'oscillateur, le deuxième la durée d'impulsion lumineuse. La fréquence sera à ajuster jusqu'à obtenir des gouttes fixes ou légèrement mouvantes. La durée d'impulsion sera à choisir pour satisfaire à la fois la luminosité des gouttes, mais aussi leur netteté.

Le condensateur C1 de l'oscillateur sera à sélectionner en fonction de la plage de fréquence voulue :

- o 220n : de 6 à 21Hz
- o 100n : de 12 à 43Hz
- o 47n : de 27 à 93Hz

Certains composants peuvent être remplacés par des équivalents, voire par des valeurs proches dans certains cas.

Les diodes 1N4148 par exemple peuvent être remplacées par des 1N4001 (à 1N4007) ou autre... La diode zener peut-être une 5V1, une 4V7, etc. (BZX55C, BZX85C, ...)

Idem pour le transistor NPN de commande, du moment qu'il supporte le courant des LEDs : BC337, BC338, 2N2222, 2N1711, ...

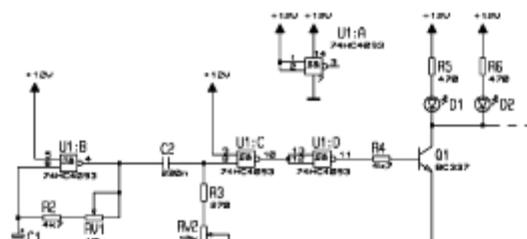
De nombreux modèles peuvent aussi convenir pour les AOP : le modèle simple AOP (μ A741, TL071, TL081, ...), le modèle double (TL072, TL082, NE5532, NJM4558 ! ...) et même le modèle quadruple (TL074, TL084, LM324, ...)

Le choix des LEDs se portera sur des LEDs à très haute luminosité (blanches ou de couleurs). La résistance de limitation sera à calculer en fonction du nombre de LEDs prises en série (1 à plusieurs) et de leur courant optimal. Cependant, sachant que la durée d'impulsion est très courte, cette valeur sera réduite dans des marges raisonnables pour gagner en luminosité.

Version asynchrone à CD4093

Cette fois-ci, c'est un CD4093 qui est au coeur du montage. Le CD4093 est une quadruple porte NON-ET à trigger de Schmitt.

Une première porte est montée en oscillateur. Le front montant génère une impulsion que la



deuxième porte et le potentiomètre RV2 permettent de régler en largeur (i.e. durée du flash). Comme les sorties sont inversées, la troisième porte est un bête inverseur qui pilote le transistor, qui à son tour pilote les LEDs haute luminosité.

Le condensateur sera à adapter en fonction de la plage de fréquence voulue :

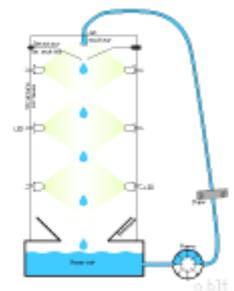
- o 10 μ F : de 10 à 30Hz
- o 4,7 μ F : de 23 à 68Hz

Il est aussi possible de choisir un potentiomètre (RV1) plus grand pour augmenter la plage de réglages (22k ou 47k Ω)

Le potentiomètre RV2 règle la durée d'impulsion lumineuse : de 40 μ s à 2ms.

Exemples de circuits "synchrones" (gouttes fixes)

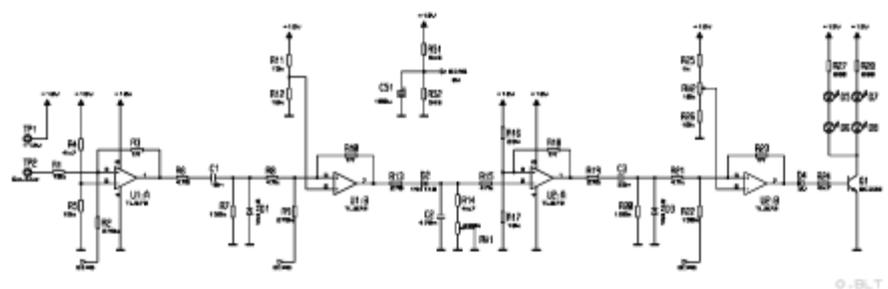
Les circuits donnés ici sont une variante plus complexe des circuits ci-dessus, résultant sur un autre effet : la fixité des gouttes en l'air ! La chute de chaque goutte provoquera le déclenchement des flashes. Il va donc falloir détecter les gouttes, et générer un signal adapté pour faire flasher les LEDs en rythme.



Si deux gouttes tombent l'une après l'autre (une première "n°1" et une deuxième... "n°2"), le but est d'illuminer la goutte n°1 quand elle est au milieu du cadre (face aux LEDs) au moment où la goutte n°2 passe dans le détecteur de gouttes.

Version synchrone à AOP

Cette version est encore faite avec des fonds de tiroirs, mais est un poil plus complexe : les gouttes synchronisent les flashs, mais les flashs eux-mêmes sont retardés pour permettre de régler la distance par rapport au bec gouteur.



Cette fois-ci, ce n'est plus un oscillateur mais un détecteur de gouttes et un trigger de Schmitt qui vont donner la cadence au montage. Le créneau ainsi généré est mis en forme grâce au condensateur C1 pour obtenir une impulsion de longueur prédéfinie, quelle que soit la "durée" de la goutte, en sortie de U1:B. Cette impulsion est ensuite faussement retardée : elle charge un deuxième condensateur C2, et on le laisse se

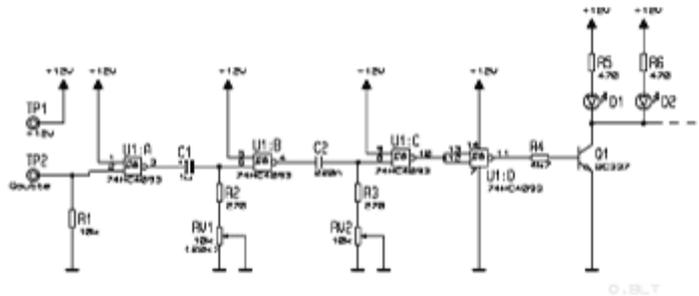
décharger tranquillement dans R14 et RV1. Le comparateur (U2:A) ne déclenchera sa sortie que si sa consigne n'est plus dépassée. Le déclenchement du comparateur est finalement adapté pour générer une impulsion courte qui commande l'allumage des LEDs.

Deux réglages sont donc disponibles : le premier par le potentiomètre RV1 règle le "retard d'impulsion" (et donc la position de la goutte par rapport au détecteur). Le deuxième, RV2 ajuste la durée d'impulsion du flash.

Version synchrone à CD4093

Le montage reprend le même principe mais cette fois-ci avec un CD4093.

Une première porte détecte le passage des gouttes. Le front montant est ensuite retardé, via RV1, puis mis en forme sur une durée choisie par RV2. Enfin, l'impulsion est inversée pour piloter le transistor et les LEDs.



Le potentiomètre RV1 pourra être adapté selon la fréquence de la chute des gouttes, pour avoir un réglage plus large :

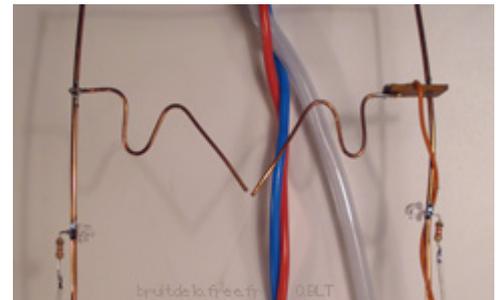
- o 10kΩ : 30Hz et plus
- o 22kΩ : moins de 30Hz

Le potentiomètre RV2 règle la durée d'impulsion du flash : de 40µs à 2ms.

Le capteur / détecteur de gouttes

Le détecteur de gouttes est placé juste après le bec goutteur, et prend la forme de deux fils de cuivre en V, placés dans l'axe de la chute des gouttes. A chaque chute, la goutte ferme le circuit électrique entre les deux conducteurs, et permet sa détection.

Il faut cependant s'arranger pour ne pas trop déformer les gouttes lorsqu'elles passent par le capteur, et éviter de dévier leur trajectoire.



On pourrait imaginer un système optique, mais le problème est de faire un système qui puisse ne pas prendre en compte les flashes lumineux qui parasiteraient la détection.

Si on part sur l'idée de la structure en fil de cuivre rigide qui sert de rail d'alimentation, on peut aussi s'en servir pour le détecteur de passage de gouttes. Une des branches du V sera soudée au cadre (donc au +12V, avec les LEDs). L'autre branche par contre devra être isolée du cadre, tout en s'y fixant...

Un bout de circuit imprimé est une solution simple pour y



arriver : le coté cuivre est séparé en deux par des coups de cutter. Une moitié servira à se souder au cadre (par un trou traversant par exemple), et l'autre moitié supportera le demi V, ainsi que le fil de connexion vers l'électronique.



Mise au point

Le système requiert quelques ajustements pour trouver le "bon rythme" dans la chute des gouttes afin de tromper l'oeil, et de donner l'illusion d'une goutte fixe, suspendue en l'air, grâce à la persistance rétinienne.



Différents ajustements à faire :

- la pompe : ajuster sa vitesse / son débit par variation de l'alimentation
- le débit dans le tuyau : par serrage / desserrage de la clamp
- le jet goutteur : trouver le bon angle / la bonne forme pour que le rythme des gouttes soit régulier au débit choisi, et que les gouttes soient belles et identiques !
- le capteur : ne pas dévier et déformer les gouttes, tout en assurant la détection de chaque goutte

Pour les réglages de l'électronique, normalement il ne devrait pas y avoir de soucis. Au premier démarrage du circuit, mettre les curseurs des potentiomètres à leur moitié. Puis affiner les réglages :

- Durée d'éclairement : longueur du flash pas trop longue pour éviter le flou, mais suffisante pour avoir une bonne vision.
- Fréquence du stroboscope (pour la version asynchrone)

Un oscilloscope est un outil pratique pour la mise au point de ce montage : il permet de contrôler les signaux à chaque étape du circuit, et de calculer les fréquences des gouttes.

Comme la fontaine ne fonctionne que dans le noir, prévoyez une lampe de poche pour pouvoir intervenir sur les réglages !

Variation : le "coinceur de bulle"

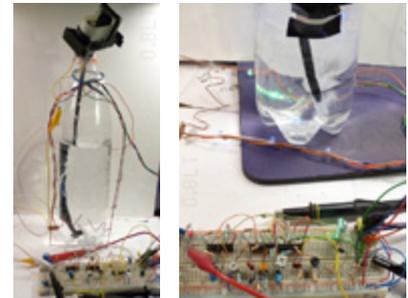
Voici une



variante de la fontaine : au lieu d'arrêter des gouttes, ce sont des bulles d'air qui sont stoppées.

Cette version est beaucoup plus compliquée à mettre en oeuvre, voire très décevante à la réalisation, car la formation des bulles est trop aléatoire. Par exemple, avec cette version de test, seule la bulle au niveau du tuyau donne l'illusion d'être fixe. Les autres bulles au dessus ont un parcours plus ou moins chaotique et aléatoire.

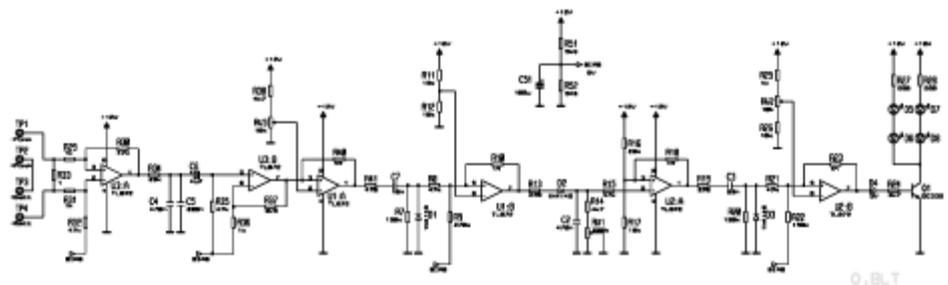
Une pompe à piston sert à générer un flux d'air pulsé (et non continu). La détection des pulsations d'air se fait au niveau de l'alimentation de la pompe : la consommation de courant suit un rythme facile à interpréter pour synchroniser les LEDs qui illumineront les bulles.



La difficulté ici est de trouver la pompe à piston. Celle que j'utilise provient d'une machine à café expresso (Tassimo). Les bulles doivent être poussées hors du tube au même rythme que le piston de la pompe. Ce qui veut dire qu'il faut faire attention au tuyau utilisé, à son diamètre, à son embouchure. Un tuyau trop souple et/ou trop long agira comme amortisseur et désynchronisera les bulles (élasticité de l'air / des matériaux sous l'effet de l'air comprimé).



Le courant de la pompe passe dans une résistance, dont les bornes alimentent un étage amplificateur à entrées symétriques (pas besoin de référence commune).

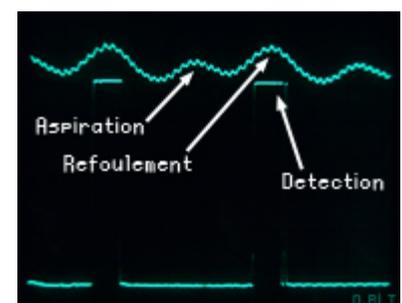


L'amplification est approximativement de 50 (une variation de 100mA donnera une tension de 100mV aux bornes de la résistance, qui sera amplifiée à 5V).

Un filtre élimine le "bruit" du moteur (courant parasite provoqué par la rotation du collecteur). Ensuite, on amplifie d'un rapport 5 le signal pour compenser son atténuation dans le filtre (on enlève préalablement toute composante continue).

Un comparateur à fenêtre compare le signal à une référence réglable. Le but est de le régler sur la crête de courant lorsque la pompe lutte pour expulser l'air.

Cette crête sert à déclencher l'allumage des LEDs, en passant encore une fois par un système "retardateur" d'impulsion.

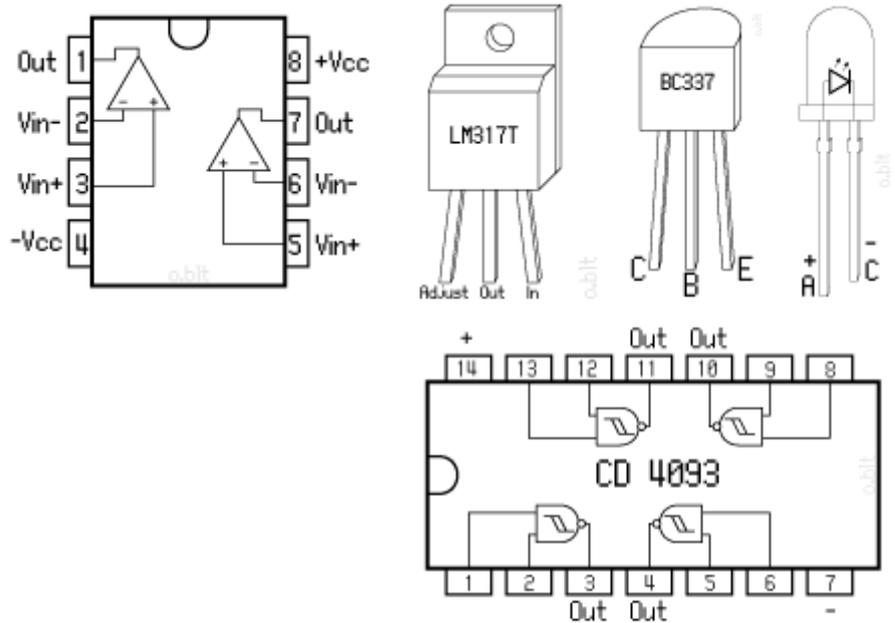


Les réglages restent les mêmes : RV1 ajuste le retard d'allumage des LEDs (donc décale la bulle plus ou moins du bec). RV2 règle la durée d'impulsion du flash pour éviter le flou (un peu inutile ici... vu la lenteur des bulles !)

Un autre réglage fait son apparition : RV3, règle la sensibilité de la détection afin que le montage ne réagisse que lorsque la pompe expulse l'air.

Les masses coté moteur ne seront pas forcément communes : le circuit est prévu pour fonctionner aussi bien en flottant, qu'en référence commune.

Brochages



Liens

Autres exemples de réalisation de fontaines stroboscopiques :

[The Time Fountain](#) (par "natetrue" sur cre.ations.net)

[The Time Fountain Owner's Manual](#) (par "natetrue" sur cre.ations.net)

[Magic Fountain](#) (par "davediamond" sur cre.ations.net)

[Big Dropper](#) (par "gileshall" sur cre.ations.net)

[The Harold "Doc" Edgerton Piddler](#) (Andrew Davidhazy)

Infos sur Harold Edgerton et ses travaux :

[Harold Edgerton](#) [Wikipedia Eng.]

[The Edgerton Center](#) (MIT) - Water Piddler

[The Edgerton Digital Collections project](#) (MIT) <http://edgerton-digital-collections.org/>

Liens Wikipédia :

Stroboscope

Xénon

AOP (Amplificateur opérationnel)

Trigger de Schmitt

- - Attention - -

L'eau et l'électricité ne font pas bon ménage. Pour plus de sûreté, utilisez des piles ou des batteries comme source d'alimentation.

© O. BLT / PafGadget 2007-2014 tous droits réservés

