

**DOCUMENTATION
FORMATION
CIRCUIT
- BENDING
&
ELECTRONIQUE
DIY**

Les 25 règles du hacking par Nicolas Collins¹

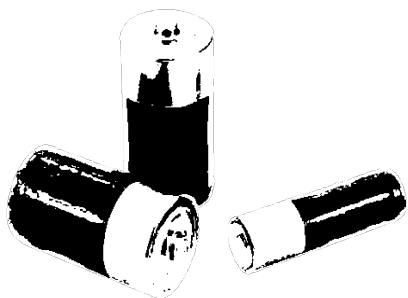
- **N'ayez pas peur !**
 - **Ne démontez pas ce qui se branche directement dans le mur.**
 - **Il est plus facile de démonter quelque chose que de le remonter.**
 - **Prenez des notes de ce que vous faites au fur et à mesure, pas à la fin.**
 - **Évitez de brancher les piles à l'envers.**
 - **Beaucoup de hacks sont comme des papillons : beaux mais éphémères.**
 - **En général, évitez de faire des court-circuit directement depuis l'alimentation.**
-
- En électronique, certaines choses sont réversibles avec des résultats intéressants, mais certaines sont réversibles avec des résultats irréversibles.
 - Utiliser des câbles blindés pour toutes connections audio de plus de 20 cm, à moins que le câble aille d'un amplificateur à un haut-parleur.
 - Chaque connexion audio est constituée de 2 parties : le signal et la masse.
 - Ne buvez pas en même temps que vous soudez.
 - Après qu'un circuit hacké ait crashé, il vous suffit de déconnecter et reconnecter les batteries pour qu'il redémarre.
 - La valeur de 2 résistances connectées en parallèle équivaut à un peu moins de la valeur de la plus faible des 2 résistances. La valeur de 2 résistances connectées en séries, équivaut à la somme des 2 résistances.
 - Débranche moi si je sens le brûlé.
 - Vous pouvez toujours remplacer une grande pile 1.5V par une plus petite. Soyez juste sûr qu'il y ait le même nombre de piles et dans la même configuration.
 - C'est toujours plus prudent d'utiliser des alimentations séparées pour des circuits séparés.
 - Si ça sonne bien et que ça ne fume pas, ne vous inquiétez pas si vous ne comprenez pas.
 - Démarrez simplement et à chaque ajout, vérifiez que le circuit continue de marcher.
 - Toujours laissez en l'état votre version de circuit sur breadboard avant de vérifier que la version soudée fonctionne bien.
 - Toutes les puces se ressemblent de l'extérieur sans être identique à l'intérieur. Lisez les inscriptions !
 - Toutes les puces ont des connections + et - prévues dans leur design, même si ces pattes sont reliées à d'autres pour x raisons, vous pouvez ignorer ce paramètre à vos propres risques (ou expérience).
 - Toujours utiliser une résistance pour allumer une LED, autrement, le circuit ou la LED pourrait brûler.
 - Distorsion est Vérité.
 - Il est toujours plus facile de percer des trous que des fentes.
 - Ne croyez jamais ce qui est inscrit sur les alimentations.

1 Issues de son ouvrage « Handmade Electronic Music » Ed. Routledge

Candidats pour le circuit-bending

Potentiellement, tout peut être démonté, hacké, détourné, modifié. Évidemment ce vœu se vérifie de moins en moins avec les technologies actuelles, victimes de miniaturisation, d'un empilement de savoirs trop conséquents à embrasser d'un seul tenant et bien souvent, d'une opacité complète ou partielle.

En ce qui concerne les jouets et autres bidules électroniques à modifier, il vaut mieux s'intéresser à ceux :



- fonctionnant avec des piles ou nécessitant une alimentation ne dépassant pas 12V.

- Ayant un Haut-parleur, ou alors des lumières, des moteurs, si on est plus intéressé par les effets fête foraine.



- Fabriqués dans les années 70, 80 ou 90. Un peu l'âge d'or de l'électronique. Après, c'est encore possible, mais il faut compter de plus en plus sur des composants miniaturisés (CMS), des circuits imprimés en multicouches, des composants recouverts d'une couche d'époxyde afin qu'on ne devine pas ce qui se cache en dessous...

- Ayant des sonorités à type de rythmiques, sons pré-enregistrés (échantillons), de synthèse vocale ou autre type de synthèse un peu évoluée. Les jouets faisant un simple « bip » sont modifiables la plupart du temps, mais restent très limités en terme de palette sonore.
- Qui ne coûte pas très cher. Le type d'expérimentation que l'on pratique avec le circuit-bending nécessite du matériel peu coûteux, car les erreurs sont fréquentes, surtout au début !

TRUCS & ASTUCES :

Quand on part à la chasse aux jouets dans un vide grenier, ou un Emmaüs, plutôt que de passer en revue tous les stands un à un, il suffit de circuler rapidement en repérant les objets colorés. Moins les couleurs seront fluos, plus le jouet sera ancien et potentiellement une pépite.

Outillage pour l'atelier



Consommables pour l'atelier

Type de composant	Tarif moyen	Remarques
Fil de soudure	9€ les 100g à 0.5mm	Sans plomb : moins nocif mais plus dur à souder. Avec plomb : l'inverse.
Tresse à dessouder	1.6€ pour 1.6m à 0.8mm	
Fils multibrin (souple)	10.50€ pour 60m	À utiliser pour souder
Fils monobrin (rigide)	10.50€ pour 60m	À utiliser pour les montages sur breadboard
Lot de résistances	15€ pour 1000 de 1/4W	Les composants peuvent se récupérer sur divers déchets électroniques. Au cas par cas, ça peut être laborieux, mais il existe des méthodes pour dessouder toute une plaque en une fois.
Lot de condensateurs	15€ pour 280(céramiques) 13€ pour 120(chimiques)	
Lot de transistors	10€ les 100	
Lot de LED	10€ les 80	
Lot de diodes	8.50€ les 120	
Lot de CMOS & TTL	Au cas par cas	
Lot de potentiomètres	32€ les 28 (c'est cher)	
Lot de boutons	0.30€ pièce	
Lot d'inverseurs	0.50€ pièce	
Lot de LDR	0.70€ pièce	
Capteurs	Très variables	
Connecteurs 9V	0.20€ pièce	
Coupleurs de piles	Autour de 1€	
Piles	Toujours trop cher, utiliser accus ou alimentation	
câble audio	0.80€ pour 1m	
Connectique jack femelle	0.60€ pièce	6.35mm mono coupure
Connectique jack mâle	0.45€ pièce	6.35mm mono
Piezos	0.80€ pièce	35mm
Microphones électrets	0.50€ pièce	
Gaine thermorétractable	7.30€ les 170	
Colle pour pistolet	4.80€ les 20 bâtonnets	

Court-circuit !

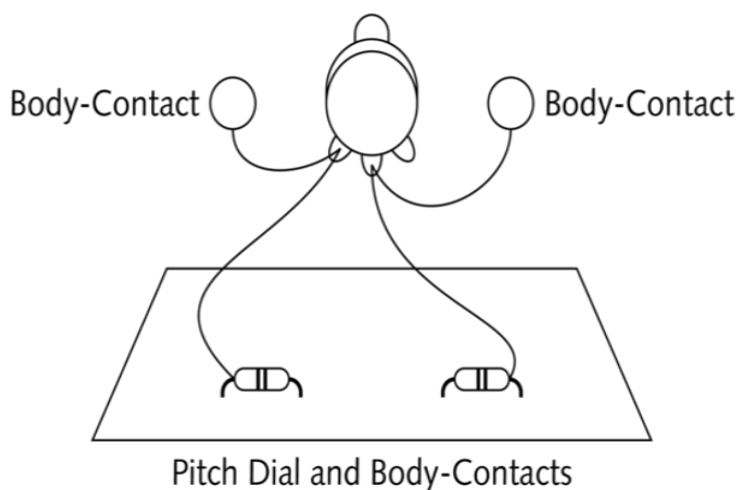
BODY CONTACT

Le premier pas dans le circuit-bending consiste à mettre les doigts directement sur le circuit, au contact des composants.

(12 VCC Maximum!)

C'est ce contact direct qui crée des sonorités parfois étonnantes. Les contacts avec l'électronique de la machine qui créés des modifications sonores peuvent être matérialisés par le biais de « boutons contact » ou « body contact ».

Comme on peut le voir ici sur ce magnifique schéma de Reed Ghazala², les body contact sont très simples à installer. On peut se passer du potentiomètre que Reed a intégré à son schéma.



Pour découvrir ce que permet le body contact comme type de sonorités, accéder à la vidéo suivant :

<http://circuitbendingworkshop.wordpress.com/2012/01/19/cbbs-10-25/>

TRUCS & ASTUCES :

Au tout début de votre séance de circuit-bending, marquez les points importants du circuit avec un feutre (VCC, masse, HP +, HP - etc.), car parfois ces fils essentiels cassent lors de la manipulation et il est alors très compliqué de retrouver où ils étaient branchés...

Modifier la vitesse de lecture de son jouet

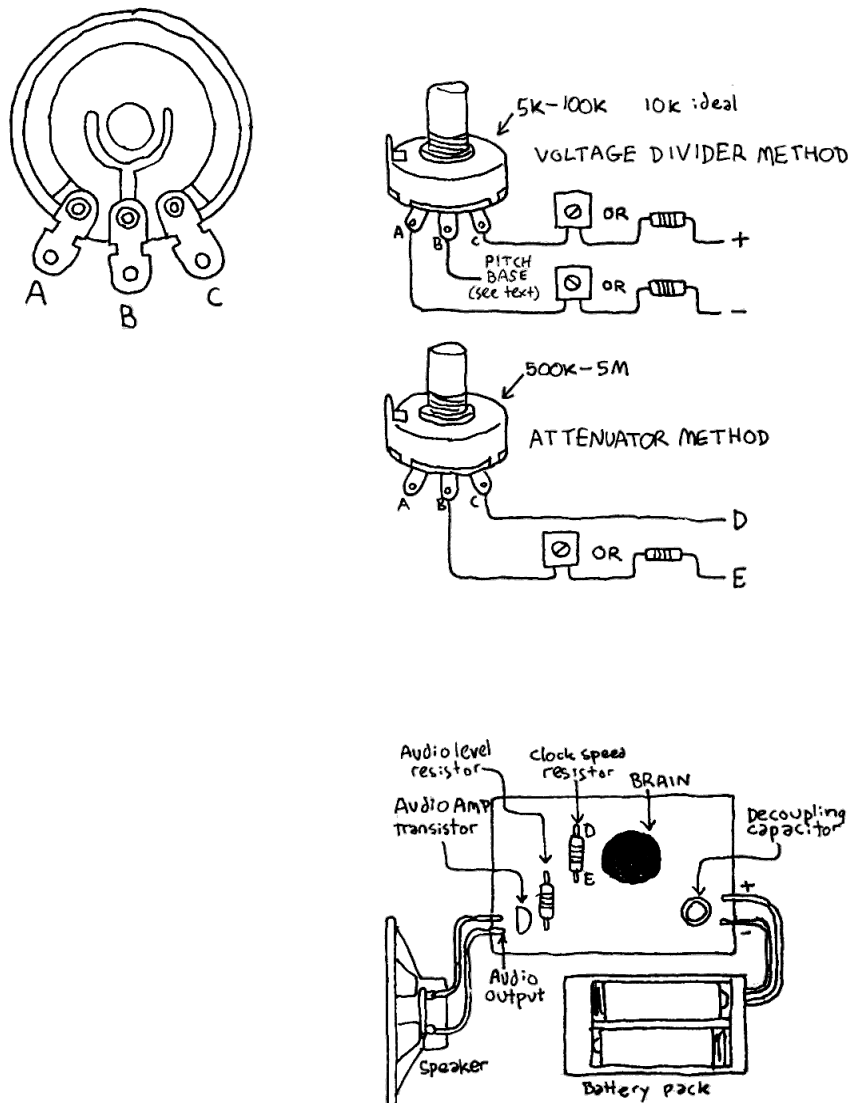
Une des modifications principales dans le circuit-bending consiste à modifier la vitesse de lecture des sons contenus dans la mémoire du jouet. En somme, la plupart des jouets électroniques disposent d'un microcontrôleur souvent très sommaire (c'est le cas des célèbres dictées magiques de Texas Instrument) qui va recevoir l'ordre de déclencher tel ou tel son en mémoire, ou parfois seulement d'un circuit logique qui génère un signal sonore basique. Dans la majorité des cas, les sonorités sont lues à une certaine vitesse prédéfinie, afin d'éviter des faire pleurer les enfants et de crispier les parents.

² Extrait de l'ouvrage « circuit-bending – build your own alien instrument »

Cette vitesse est définie dans la majorité des cas par la valeur d'une résistance. Comme on peut le voir sur ce schéma de Casper Electronics³, cette résistance dans le langage du « bender » est appelée la « *clock speed resistor* ». C'est elle qui va définir la vitesse de lecture des sons contenus dans la mémoire du jouet, ou directement généré par un circuit logique. Plus sa valeur sera grande et plus la sonorité aura tendance à ralentir, à être plus dans les fréquences basse, et à contrario, plus la résistance sera faible, plus la vitesse de lecture accélérera et générera des sonorités aux fréquences plus hautes.

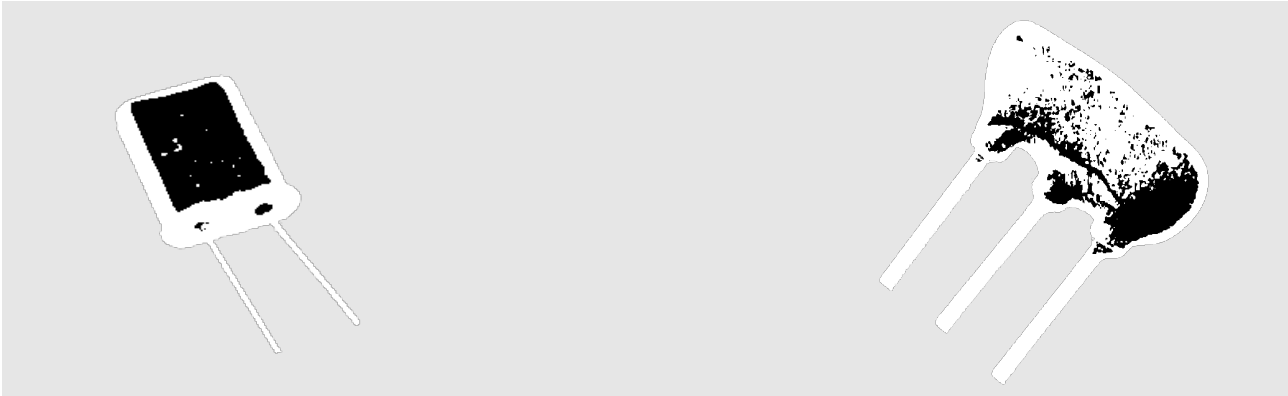
Ajouter un potentiomètre comme le propose Casper dans ce schéma, permet simplement de contrôler cette valeur plus aisément, car notre peau faisant office de résistance, c'est le même principe qui est en œuvre lorsque nous faisons contact avec la « *clock speed resistor* ».

La seconde méthode (*attenuator*) est la plus utilisée et la plus courante.



3 <http://casperelectronics.com/finished-pieces/circuit-bending-tutorial/pitch-adjustment/>

Parfois, certains jouets ne disposent pas de cette fameuse « clock speed resistor ». Pour plusieurs raisons. Désormais, par économie de moyen et culture du secret industriel, les jouets les plus récents disposent uniquement d'un circuit intégré recouvert d'une couche d'époxyde et dont on ne sait rien, mais qui contient déjà tout les éléments pour faire fonctionner le jouet correctement, avec la bonne vitesse etc. Parfois, c'est également parce que le jouet utilise un quartz OU un résonateur :



Un quartz

Un résonateur

Dans ce cas là, un potentiomètre ou nos petits doigts sont bien inefficaces. Il faut ajouter un composant actif à l'une des pattes du quartz ou du résonateur, tel que le LTC1799 proposé en montage clé en main par getlofi : <http://getlofi.com/shop/ltc1799-precision-oscillator-for-pitch-control/> ou encore un 40106 tel que le propose Geek Rivers dans ce tutoriel pour hacker une Gameboy : <http://bendmeimfamous.wordpress.com/2011/08/06/gameboy-40106-pitch/>

Autres types de modifications possibles

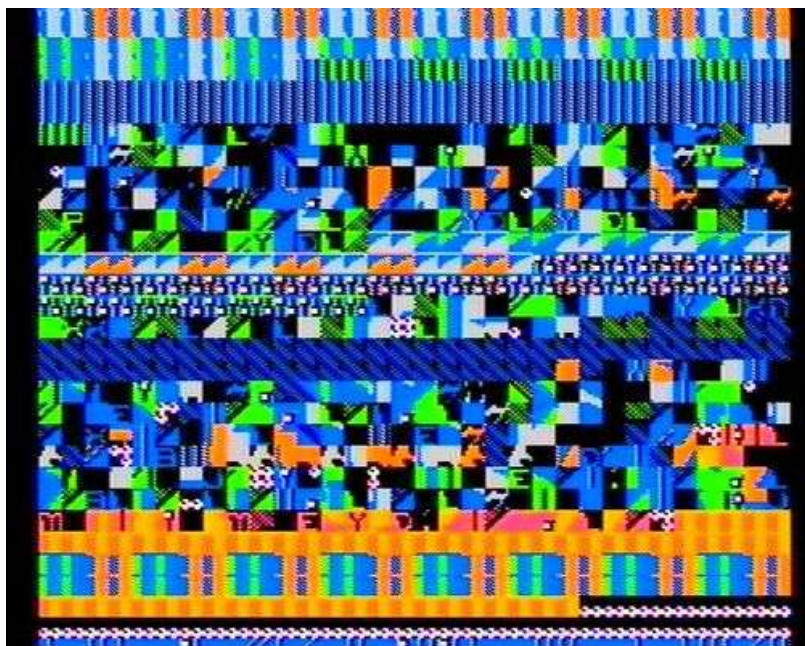
Une fois que vous avez modifier la vitesse de lecture de votre jouet, il reste à découvrir les sonorités qu'il cache encore. La modification du « pitch » est souvent présentée en premier car elle est commune à la plupart des jouets électroniques. Les autres type de « hack » ou de « bend » sont très variables d'un jouet à l'autre. Tout dépend, comme on a pu le voir précédemment de :

- L'époque à laquelle il a été construit.
- Des composants qu'il contient.
- Des sons qu'il a en mémoire ou qu'il génère.
- De nos compétences en électronique.
- Par voie de conséquence, des éléments que l'on pourra ajouter à son jouet.

Voici quelques types de sonorités qu'il est possible de trouver lors de modifications de jouets électroniques :

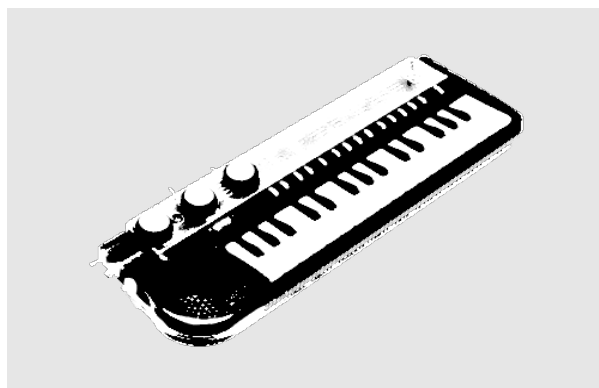
- **Glitches** : Les glitches consistent en des erreurs, informatiques ou électroniques, ayant un rendu plutôt aléatoire, en rupture avec l'aspect rigoureux et logique propre aux machines. Afin de mieux illustrer ce que peut être un glitch, voici une version visuelle, issue d'une console de jeux Nintendo NES hackée. On voit nettement que

les pixels et les « sprites » deviennent des éléments picturaux bruts. On peut faire le parallèle avec les glitches sonores ou par exemple, une mémoire de sons sera lue de façon désordonnée, aussi bien en terme de timbre, que de hauteur de note, que de sens de lecture etc.



- **Boucles** : Certains éléments sonores sont lus en boucles. Par exemple des phonèmes dans le cas de la synthèse vocale.
- **Aléatoire** : les sons sont lus de façon aléatoires. Souvent plutôt dans le cas de jouets utilisant des échantillons sonores plutôt de la synthèse.

C'est le cas des claviers Casio de la série SA.



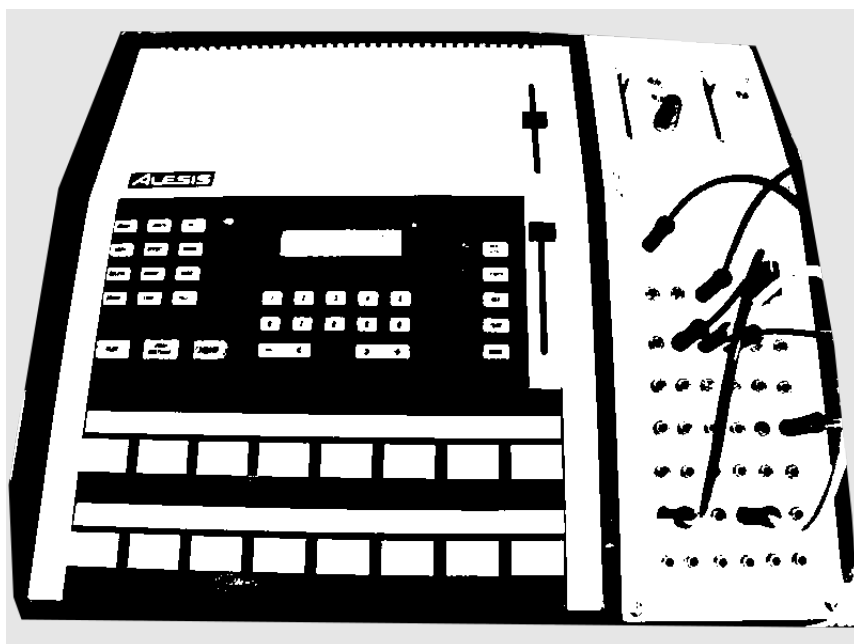
- **Freeze** : cet effet correspond à un son très court qui est répété en boucle de façon à générer une sorte de « drone » ou de « nappe » sonore. Souvent présent dans les jouets utilisant de la synthèse sonore tel que les jouets pédagogique de Texas Instruments.

- **Saturation et distorsion** : Beaucoup de « hacks » génère ce type de sonorités. Lorsqu'on ne maîtrise pas bien les notions d'électronique, il est facile de créer des textures sonores en saturant un signal. Le court-circuit est très généreux de ce type de sons. Toute une scène musicale « noise » utilise ce type de circuits électroniques pour générer des « drones » et autres textures sonores saturées. Les jouets et instruments électroniques utilisant des circuits numériques sont propices à ce type de « hacks ».
- **Reverse** : parfois les sons contenus en mémoire sont lus à l'envers.
- **Filtres** : Il arrive que l'association d'un condensateur avec une résistance donne ce que l'on nomme un filtre passif. Une partie des fréquences audio sont filtrés ce qui donne un timbre plus sourd ou plus brillant tout dépend du filtre obtenu. Pour des filtres actifs du type de ceux que l'on retrouve sur les synthés analogiques, il faut, dans la majorité des cas, ajouter des circuits supplémentaires.
- **Sons cachés** : Certaines mémoires contiennent plus de sons qu'il en est joué par le microcontrôleur contenu dans le jouet. Pour des raisons de modèle vendu par exemple, un jouet en français peut très bien se mettre à parler anglais ou espagnol si certains « hacks » lui commande de les jouer. C'est ainsi que parfois, on arrive à accéder à certains sons cachés en mémoire.

Cette liste de « hacks » présente une version plutôt positive de ce qu'il est possible de faire en bidouillant au doigt mouillé des jouets électroniques. Il faut savoir que parfois, ces hacks peuvent être néfastes pour le jouet en question. Il est possible par exemple de vider la mémoire d'un jouet et ainsi le rendre muet. Sans parler de « cramer » certains composants... Il est donc conseillé de toujours rechercher des bents avec une résistance de quelques Ohms au bout d'un des deux fils.

Autres types d'interfaces possibles

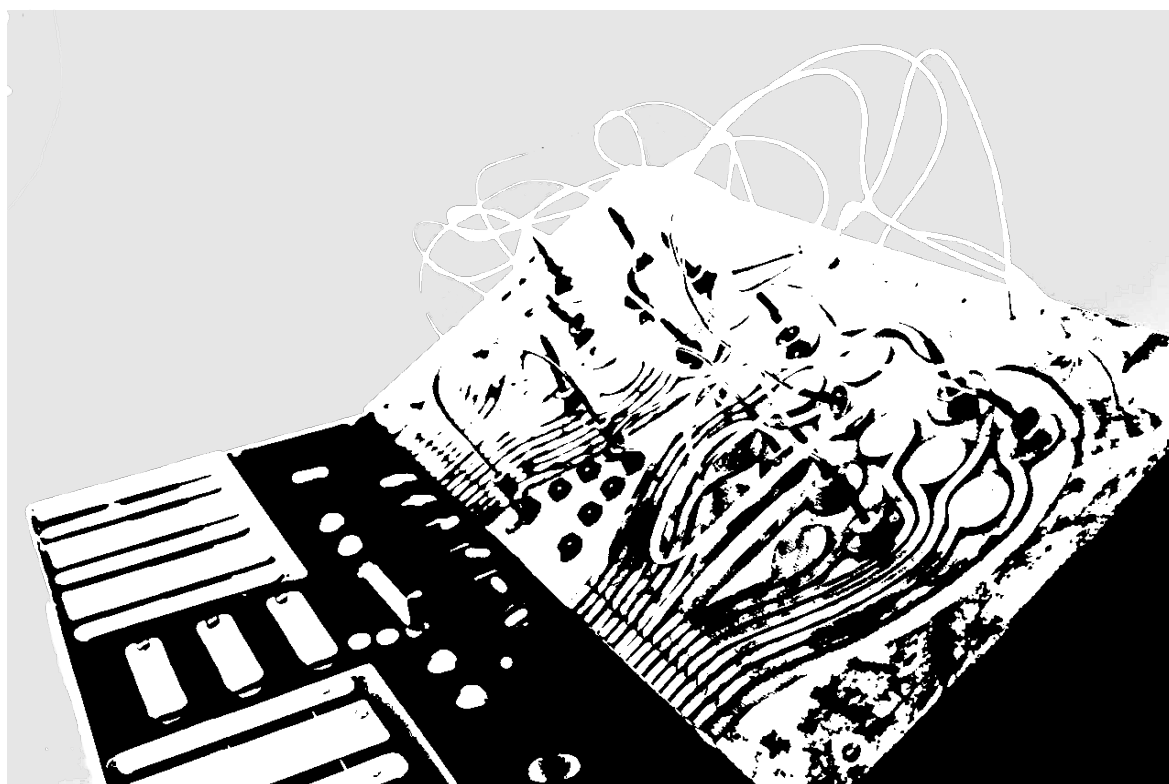
Comme on a vu qu'il été possible de créer des sons très variés en « hackant » des jouets électroniques. Nous allons voir ici qu'il est possible de matérialiser ces « hacks » de diverses façons.



- « **patchbay** » : À la façon des synthétiseurs modulaires du 20ème siècle, il est possible de faire un patch à l'aide duquel on peut relier certains points du circuit imprimé contenu dans un jouet, et ainsi retrouver de cette façon, les différents points de « bend ». Ici

une boîte à rythme Alesis HR16 modifié avec un « patchbay » sur la droite.

- **Boutons** : l'utilisation de boutons est très fréquent dans le circuit-bending. Ça permet de relier deux points de bend de façon momentanée. Voir plus loin pour le fonctionnement détaillé des boutons.
- **Inverseurs** : l'utilisation d'inverseurs est également très fréquents dans le circuit-bending. Les inverseurs sont ni plus ni moins ce que l'on nomme dans le langage courant des interrupteurs du type de ceux que l'on utilise pour éteindre et allumer la lumière à la maison. Voir plus loin pour le fonctionnement détaillé des inverseurs.
- **Aimants et cuivre** : De la même façon que pour le patchbay mais dans une esthétique plus « steampunk ». les points de connexion représentés par des plaques de cuivres souvent dessinées sont reliés par des fils aimantés, Comme pour les machines de Folktek par exemple. Ici la TimeMachine.



Reconnaître les composants

Après avoir tâtonné dans l'esprit « anti-theory » cher à Reed Ghazala. Nous allons voir que l'on peut continuer de s'amuser et de hacker tout en identifiant les quelques composants présents dans les jouets électroniques.

Pour comprendre comment ces composants fonctionnent vous pouvez vous documenter dans divers ouvrages et sites web dont certains sont référencés dans la partie 'ressources' à la fin de cette documentation. Cette liste n'est pas exhaustive et ne comprend pas TOUT les composants qui sont utilisés en électronique, mais seulement le plupart que l'on rencontre dans la pratique qui nous concerne.



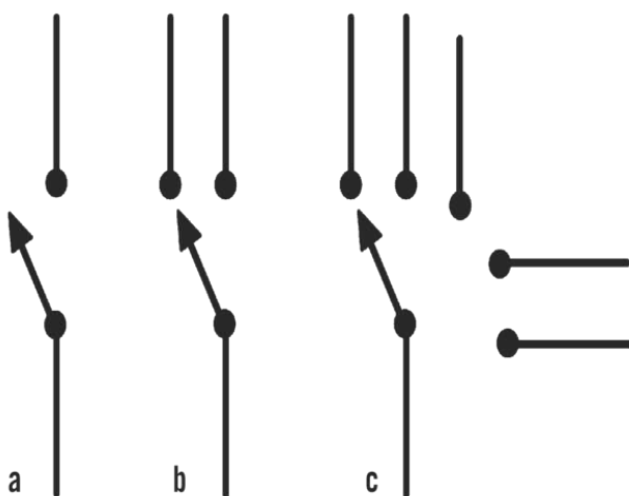
Inverseurs et autres boutons

Les boutons et inverseurs sont relativement pratiques pour valider ou invalider une connexion entre deux points.

La différence notable entre les boutons et les inverseurs est que les premiers changent le fonctionnement d'un circuit tant que l'on appuie dessus. Les seconds, changent le fonctionnement du circuit une fois qu'on a modifié leur « statut » : ON ou OFF.

Il existe, comme souvent en électronique, une très grande variété de composants issus de la même famille.

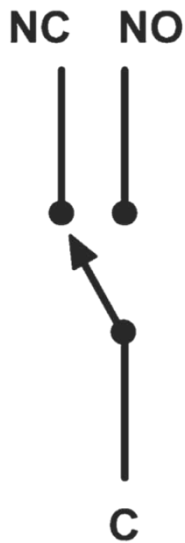
Voici un aperçu de différents modèles de boutons et inverseurs.⁴



Voici en général ce qui caractérise les inverseurs :

- a. Un inverseur de type « single throw » (ST), active ou désactive une connexion entre deux points.
- b. Un inverseur de type « double throw » (DT), qui permet de faire le choix entre deux points de connexion différents.
- c. Un inverseur de type « five throw » (5T), qui permet de faire le choix entre cinq points de connexion différents.
- d. etc.

⁴ Photo extraite du livre « handmade electronic music » de Nicolas Collins.



Dans un bouton ou inverseur de type (DT) la connexion qui est normalement « OFF », ou déconnectée, est désignée « normally open » (NO). Celle qui est normalement « ON », ou fermée, est désignée « normally closed » (NC). La connexion qui est reliée par l'action du bouton ou de l'inverseur, soit à NO soit à NC, est appelée « common » (C).

Voici un tableau qui résume les possibilités les plus fréquentes pour les boutons et les inverseurs.

	Single pole	Double pole	3-Pole	4-Pole
Single Throw	SPST ON-OFF	DPST ON-OFF	3PST ON-OFF	4PST ON-OFF
Double Throw	SPDT ON-ON	DPDT ON-ON	3PDT ON-ON	4PDT ON-ON
Double Throw with center Off	SPDT ON-OFF-ON	DPDT ON-OFF-ON	3PDT ON-OFF-ON	4PDT ON-OFF-ON

Lorsqu'on veut acheter des boutons pour son atelier, il est bon de pouvoir choisir les modèles adaptés à ce que l'on cherche à faire. Voici des indications qui peuvent aider :

- **Un bouton OFF-(ON)** est de type (NO), « normally open ». (ON) est indiqué entre parenthèses car c'est l'état dans lequel il se trouve lorsque l'on appuie sur le bouton. C'est l'état momentané.
- **Un bouton ON-(OFF)** est de type (NC), « normally closed ». Il est normalement connecté et lorsqu'on appuie dessus, on arrête cette connexion.

Il est bien sûr possible de fabriquer soi-même ses propres boutons ou inverseurs, à l'aide de billes de métal et de clous par exemple. Beaucoup de modèles DIY de switches, sont proposés par Nicolas Collins dans l'ouvrage précédemment cité.

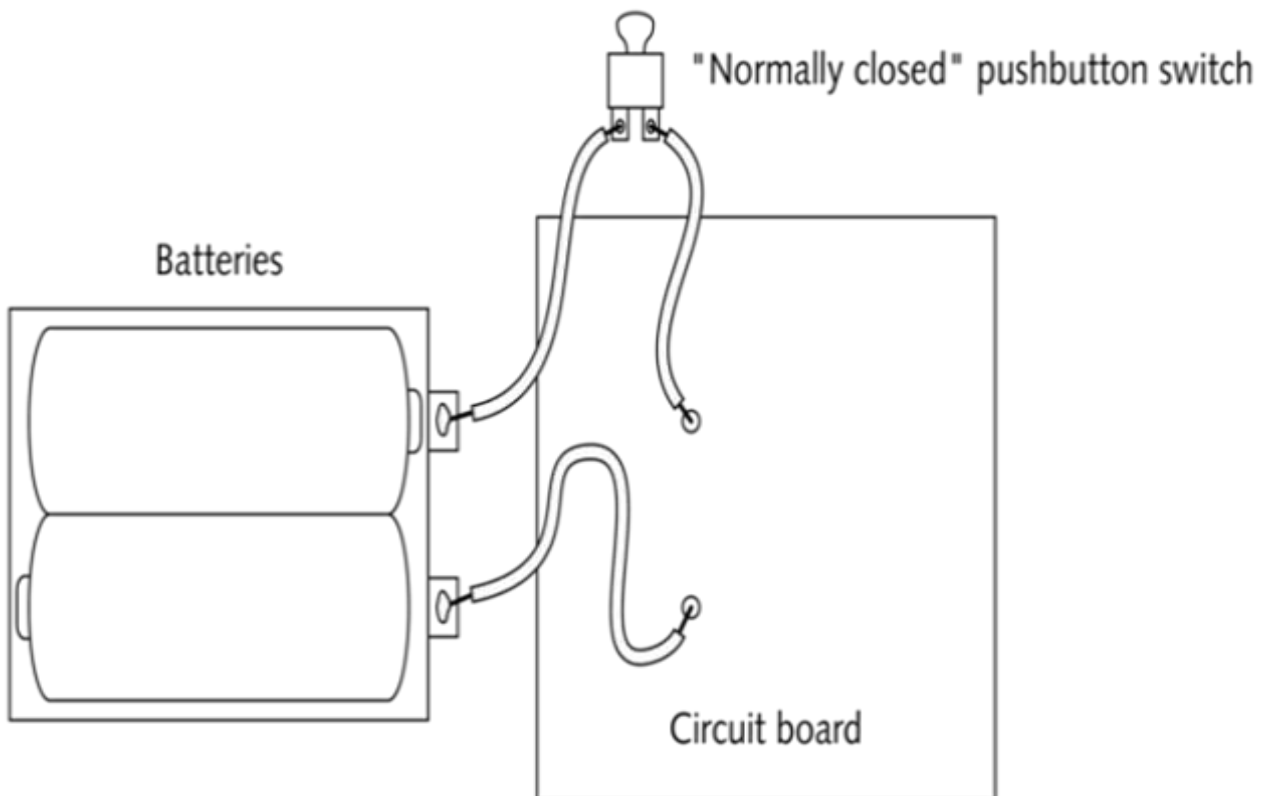
Panic Button !

Une des astuces à connaître quand on fait du circuit-bending, et qui évite pas mal de perte de temps, est le bouton « panique ». Lorsqu'on fait quelques expérimentations parfois hasardeuses, les jouets électroniques ont tendance à se mettre hors service. Un court-circuit un peu plus fort que d'habitude et plus aucun signal ne sort.

Ce qu'il reste à faire à ce moment là, c'est d'extraire toute tension électrique du circuit. Pour cela, la méthode habituelle est de retirer les piles puis de les remettre à nouveau. Ce geste un peu laborieux quand on le répète plusieurs fois d'affilé alors que l'on est en train de chercher des court-circuit amusants, peu vite lasser et parfois nous faire abandonner un projet.

Le bouton « panique » permet d'éviter cette manipulation pénible en la remplaçant par un simple bouton.

Le montage est très simple comme on peut le voir sur le schéma ci-dessous⁵. Il suffit d'utiliser un bouton de type (NC) comme on a pu le voir précédemment et le tour est joué.



⁵ Extrait de l'ouvrage « circuit-bending : build your own alien instrument » de Reed Ghazala

Utilisation d'une « breadboard »

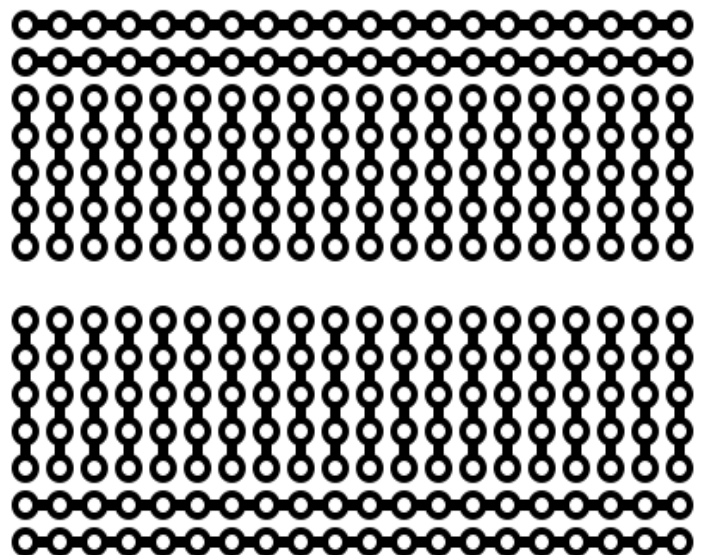
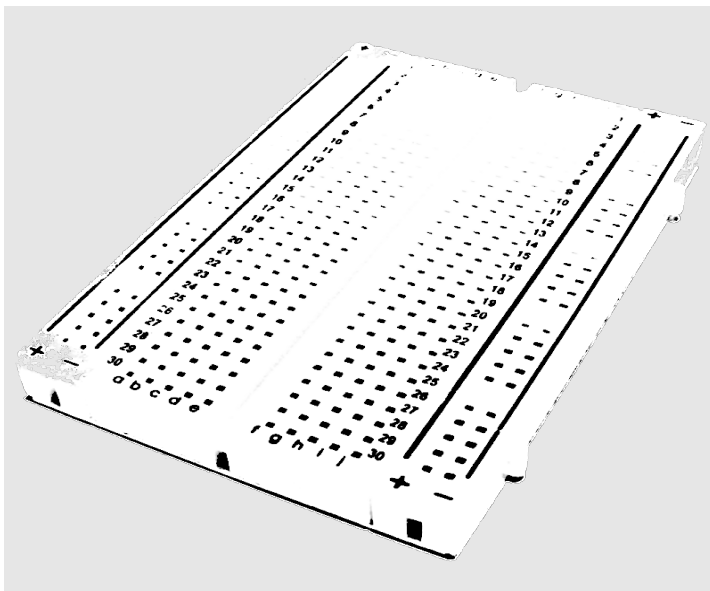
Désormais, nous savons trouver des points de « bend » sur notre jouet, reconnaître les composants qui le constitue, modifier sa vitesse de lecture. Il est temps de passer à l'expérimentation de montage électroniques. Souvent l'étape avant la soudure, lorsqu'on est pas sûr de soi, c'est d'utiliser les fameuses « breadboard », ou « platine d'essai » en français afin de tester son montage.

Voici représenté ci-dessous une breadboard ainsi que le schéma qui montre comment les points sont reliés à l'intérieur.

On voit bien que en haut et en bas, si on prend notre breadboard horizontalement, les points sont tous reliés entre eux horizontalement également. C'est à cet endroit là que l'on branche généralement le signal positif et la masse du circuit, afin d'y avoir accès partout le plus simplement possible.

Pour les points à l'intérieur de ces 2 bandes horizontales, on voit que les connexions se font verticalement.

Il y a également une zone blanche au centre, sans connexion.



Ce type d'outils est très utilisé en électronique et les amateurs s'en servent notamment aujourd'hui pour faire des montages avec Arduino.

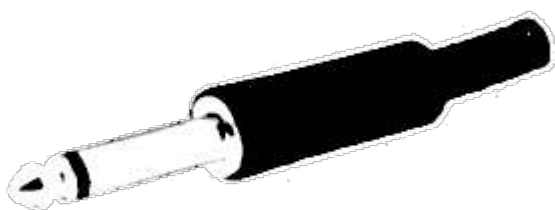
Afin de relier efficacement les points les uns aux autres, on utilise du fil rigide (monobrin), plus résistant que le multibrin. Il existe des kits prêt à l'emploi de fils rigides à l'usage des breadboard.

Faire une sortie audio

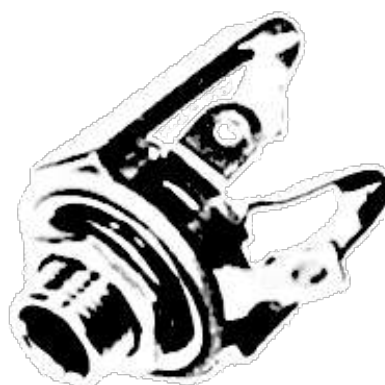
Jusqu'à présent nous avons bénéficié des sonorités de nos « bends » au travers des haut-parleurs embarqués dans les jouets. Évidemment, leur dimension ainsi que l'amplification à laquelle ils sont soumis ne permettent pas d'entendre l'étendue du spectre audio de notre nouvel instrument. On n' imagine d'ailleurs même pas que ce dernier puisse générer des basses... et pourtant. En ajoutant une sortie audio, on pourra brancher notre jouet sur une sono ou un amplificateur et constater avec stupeur qu'il produit beaucoup plus de son en volume et en timbre, qu'on ne l'imaginait. Une fois nos modifications terminées, ce sera plus simple d'intégrer notre nouvelle machine dans le cadre d'un concert ou même pour un enregistrement sur un multipiste par exemple.

Il existe différents types de connectiques audio avec chacune leur qualité et travers. Cependant, les connectiques « jack » étant les plus utilisées dans le milieu des musiques amplifiées, nous tâcherons pour une fois de nous plier à la norme.

Voici les 2 éléments principaux à utiliser pour relier son jouet à un amplificateur. Sans oublier également le câble audio blindé, dès que l'on dépasse 30cm de longueur.



Prise jack mâle 6.35 mono

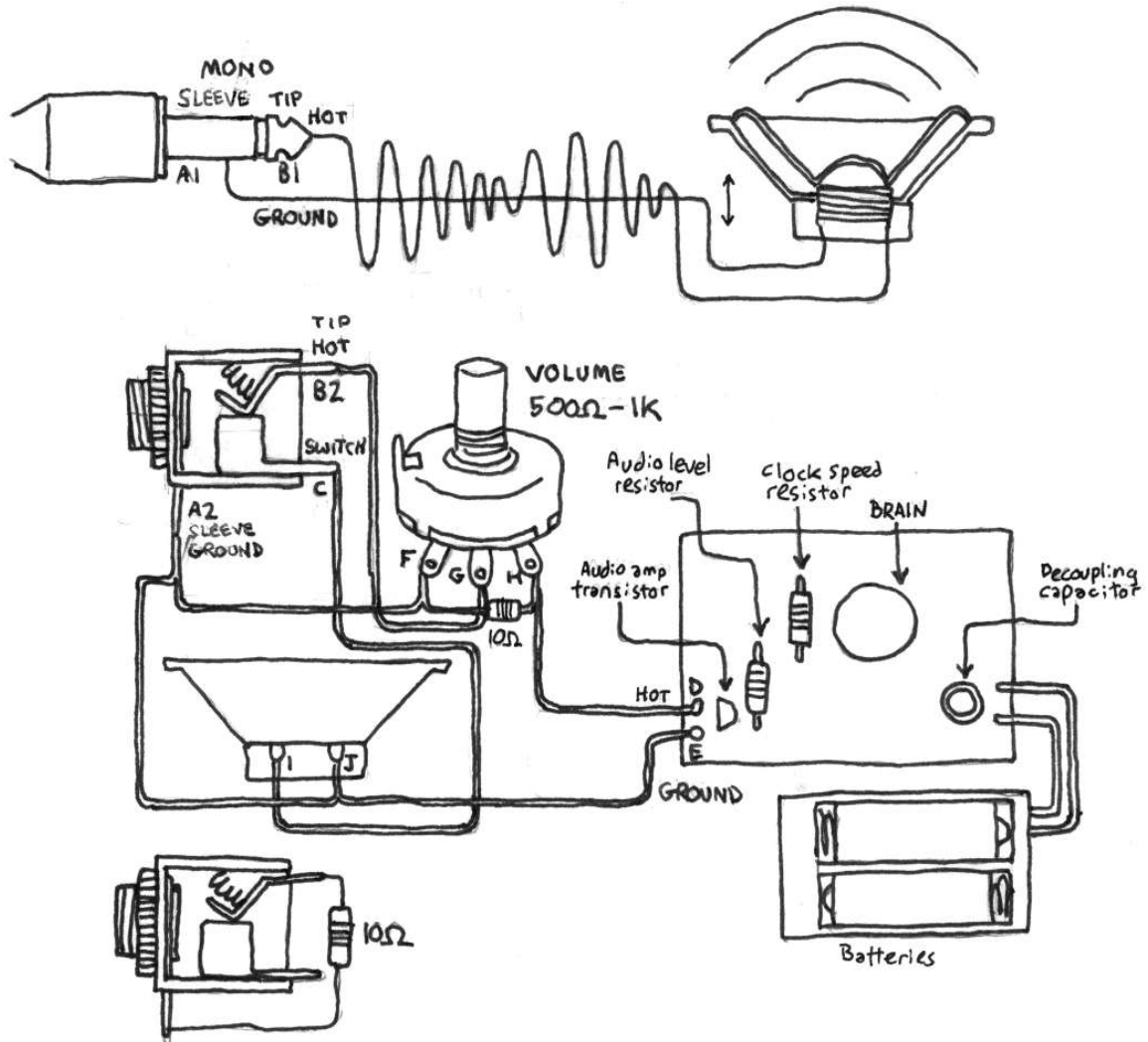


Connectique jack coupure femelle 6.35

Une connectique jack coupure est utile si l'on souhaite garder le haut-parleur du jouet. Ainsi lorsqu'une prise jack est branchée dans le jouet, le son sortira par ce canal en direction de l'amplificateur, sinon, le son continuera de sortir par le haut-parleur.

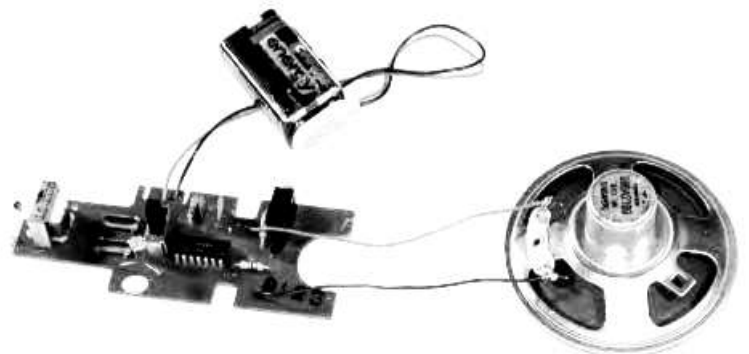
Dans le schéma qui suit, Casper Electronics nous montre comment il est possible de réaliser un montage relativement simple pour obtenir une sortie audio avec jack coupure, un potentiomètre de volume, ainsi que la conservation de son haut-parleur.

Tentons de le réaliser sur une breadboard, dans le but de pouvoir y connecter les jouets sur lesquels on travaille.

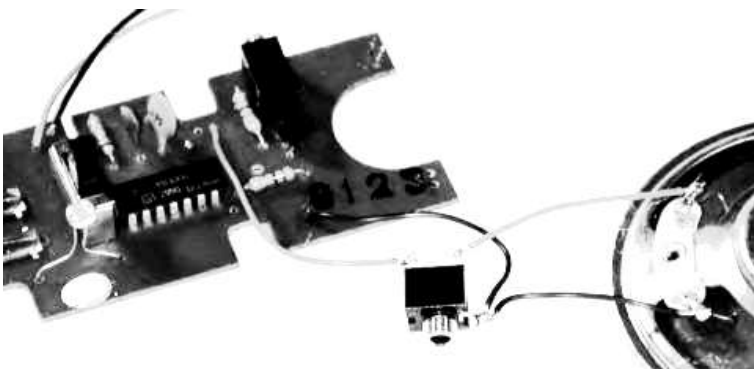


Si ce schéma ne vous paraît pas suffisamment clair, voici un montage de Nicolas Collins à l'aide d'un jack 3.5mm qui peut vous aider.

La connexion dans sa version initiale



La version modifiée.



Interconnecter des jouets

Connecter 2 jouets ensemble, c'est possible ?

Oui.

Comment faire ?

C'est très simple, il suffit de choisir des jouets avec un potentiel de voltage pas trop éloigné et de les relier par la masse. Ensuite, même chose que d'habitude, tester de ci de là, si il y a des court-circuits intéressants.

Apprendre à souder

CF : document en PJ réaliser par Mitch Altman et traduit en français par l'équipe de Snootlab.

Faire des boucles avec un transistor

Les transistors sont des éléments incontournables de l'électronique. À la différence des composants que l'on a pu manipuler jusqu'alors, qui étaient passifs, les transistors font partie de la catégorie des composants actifs.

Un composant est dit actif lorsqu'il « permet d'augmenter la puissance d'un signal (tension, courant, ou les deux) »⁶ et non parfois de la réduire tel que le font certains composants passifs.

Un transistor peut avoir plusieurs rôles en électronique. Parmi les plus célèbres, on retiendra celui d'amplificateur, et vous avez peut être constaté que plusieurs jouets utilisent un transistor pour amplifier leur signal audio, et celui qui nous intéresse ici : interrupteur.

Quand un transistor joue un rôle d'interrupteur, on dit qu'il est en commutation.

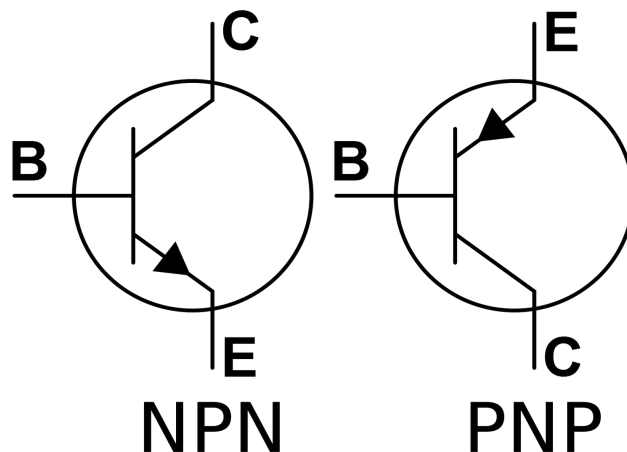
En ce qui nous concerne nous utiliserons des transistors bipolaires.

Les deux grandes familles des transistors bipolaires sont les PNP et les NPN.

Nous n'allons pas rentrer dans un cours détaillé sur les transistors, mais il faut savoir que ces deux familles sont complémentaires.

Sur notre droite, on aperçoit les représentations schématiques des NPN et PNP.

Ce qu'il faut retenir c'est que C qui correspond au Collecteur, reçoit le courant, B qui correspond à la Base, le contrôle, et E qui est l'Émetteur le distribue.

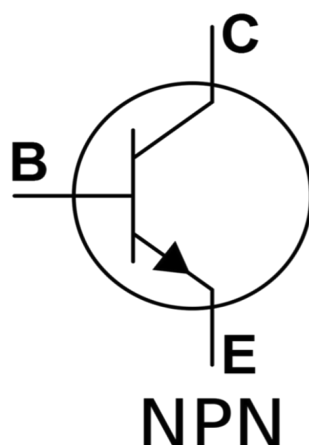


Les transistors NPN sont activés lorsqu'une tension positive est envoyée depuis la base vers l'émetteur.

Les transistors PNP sont activés lorsqu'une tension négative est envoyée depuis la base vers l'émetteur.

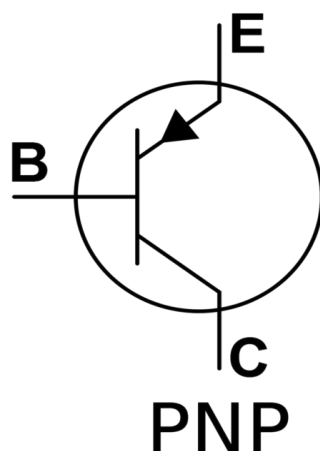
⁶ Wikipédia

Dans leur état passif, les transistors ne laissent pas passer le courant entre le collecteur et l'émetteur.



En résumé, pour les transistors NPN :

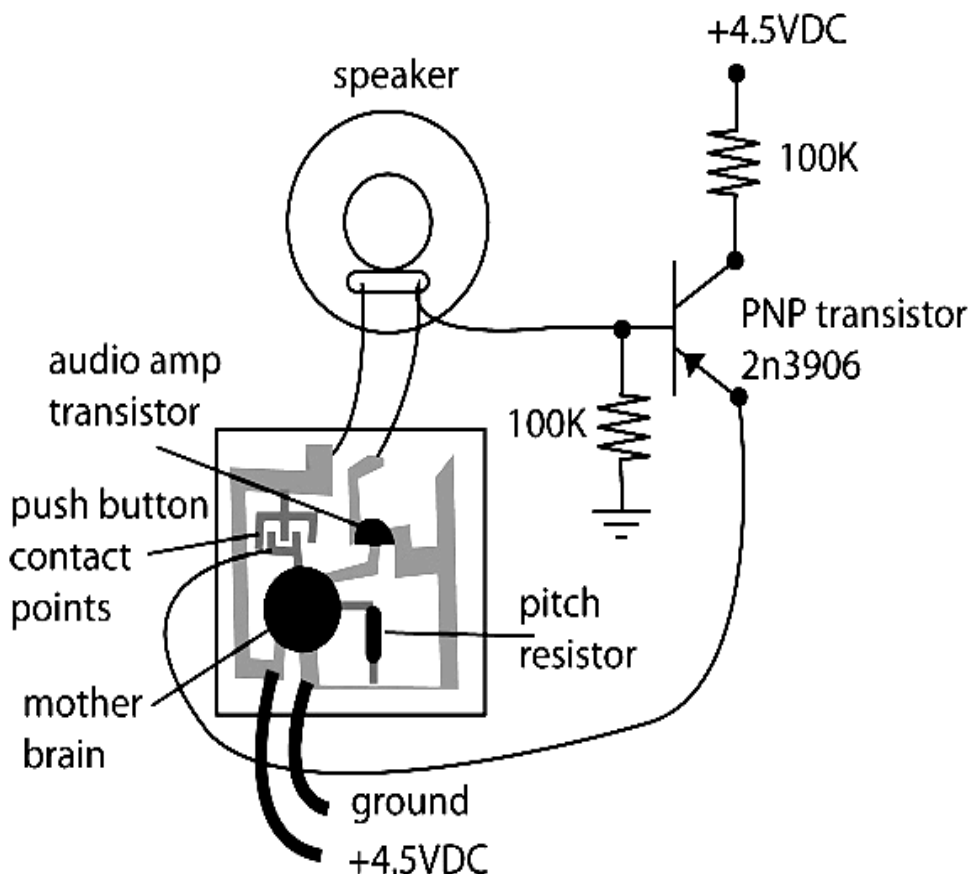
- Pour démarrer le courant depuis C vers E, il faut appliquer une tension positive à B.
- Dans le symbole, la flèche pointe de la base vers E. Elle montre la direction de la tension positive.
- La base doit être à 0.6V de plus que E pour démarrer le flux.
- C doit être plus positif que E



Pour les transistors PNP :

- Pour démarrer le courant depuis E vers C, il faut appliquer une tension négative à B.
- Dans le symbole, la flèche pointe de E vers B. Elle montre la direction de la tension positive.
- La base doit être à 0.6V de moins que E pour démarrer le flux.
- E doit être plus positif que C.

Maintenant que vous comprenez les rudiments des transistors bipolaires, voici une utilisation proposée par Casper Electronics et qui peut être adaptée sur certains jouets.



Ce montage permet de créer une lecture en boucle d'un son contenu dans un jouet. De cette façon, le son devient la texture d'un oscillateur, qui peut être ralenti ou accéléré si on a déjà mis en place la variation de vitesse de lecture comme vu plus haut.

Cependant ce montage ne marche que dans un cas sur quatre.

Pour qu'il fonctionne, il faut que le jouet déclenche ses sons quand une piste sortant de la puce principale soit reliée au VCC, et également que le transistor d'amplification soit relié au « moins » du haut-parleur.

Pour les autres cas, la boucle est également possible mais après plusieurs essais et montages différents, et avec différents types de transistors.

Construction et finition de son instrument

Le « hack » de notre jouet n'est peut être pas terminé, mais il faut d'ores et déjà faire une petite pause et penser à la forme qu'il aura une fois toutes les modifications et tout les court-circuits possibles réalisés. Souvent, au début, on a tendance à souder des potentiomètres, des boutons et toutes sortes de choses dès qu'on trouve des « bents » intéressants, mais une fois le travail terminé et que l'on souhaite refermer le boîtier plastique de notre jouet...impossible ! il n'y a plus assez de place pour mettre tout les boutons, le patch bay empiète sur les potentiomètres, on va être obligé d'enlever le haut-parleur etc etc etc.

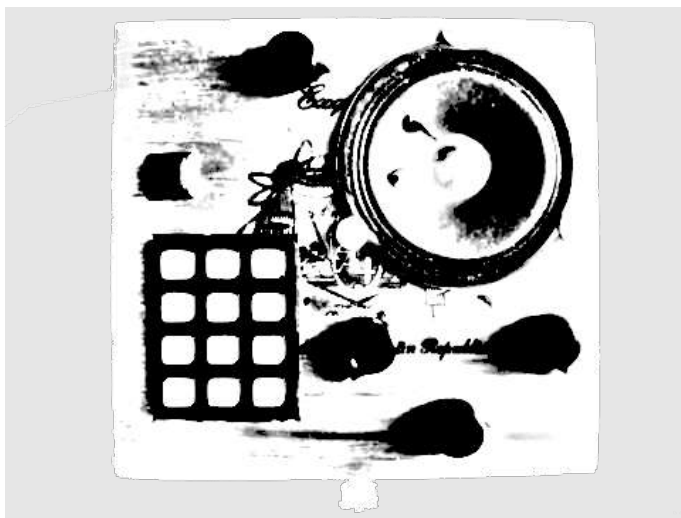
Pour éviter ce type de désagréments, on peut imaginer très rapidement ce à quoi pourrait ressembler notre instrument une fois les modifications terminées.

Il existe plusieurs écoles en ce domaine.

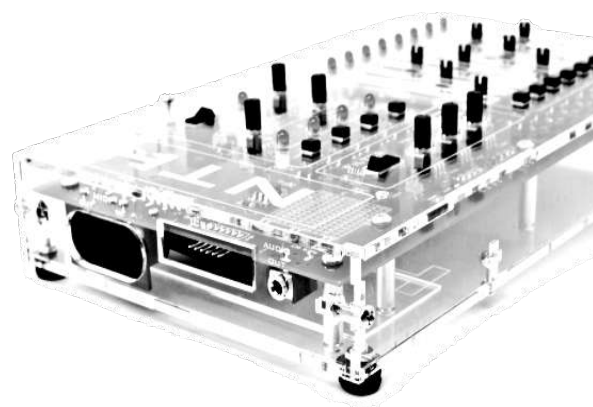
- Garder l'emballage d'origine. Le « stealth package ». Ce qui dans bien des cas, est non seulement possible, mais également souhaité : quel dommage de jeter la coquille d'une dictée magique non ?



- Trouver ce que vous avez sous la main – boîte en carton, boîte à cigare, tupperware, boîtier de VHS ... – et tout installer à l'intérieur.



- Ce qui est très smart, c'est de choisir la version « sandwich », soit entre deux plaques de plexiglas. De cette façon toute la conception est offerte aux yeux de tous, transparence totale.



- Ou bien encore, il est possible de monter son circuit dans une des boites en plastique ou en métal que l'on trouve chez les marchands de composants électroniques.

Dans tout ces cas de figures, il est préférable de réaliser deux ou trois croquis en amont afin d'avoir une idée plus claire de la forme finale de son instrument.

Alimenter son jouet avec un adaptateur DC.

Après avoir utilisé 36kg de piles en tout genre afin d'alimenter ces divers instruments et jouets électroniques, il vient parfois l'envie d'utiliser une alimentation DC de type de celle que l'on trouve dans tout bon magasin.

Et bien c'est tout à fait possible d'ajouter une connectique adaptée afin de brancher son jouet sur secteur. Attention toutefois à vérifier la tension et l'ampérage de votre alimentation.

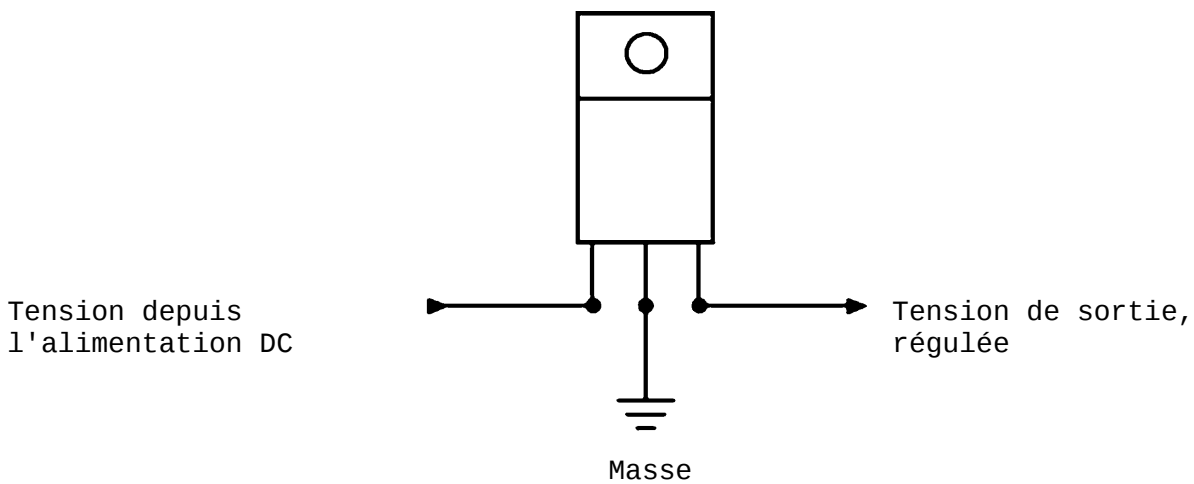
Comme nous le rappellent les règles du hacking :

- *Ne croyez jamais ce qui est inscrit sur les alimentations.*

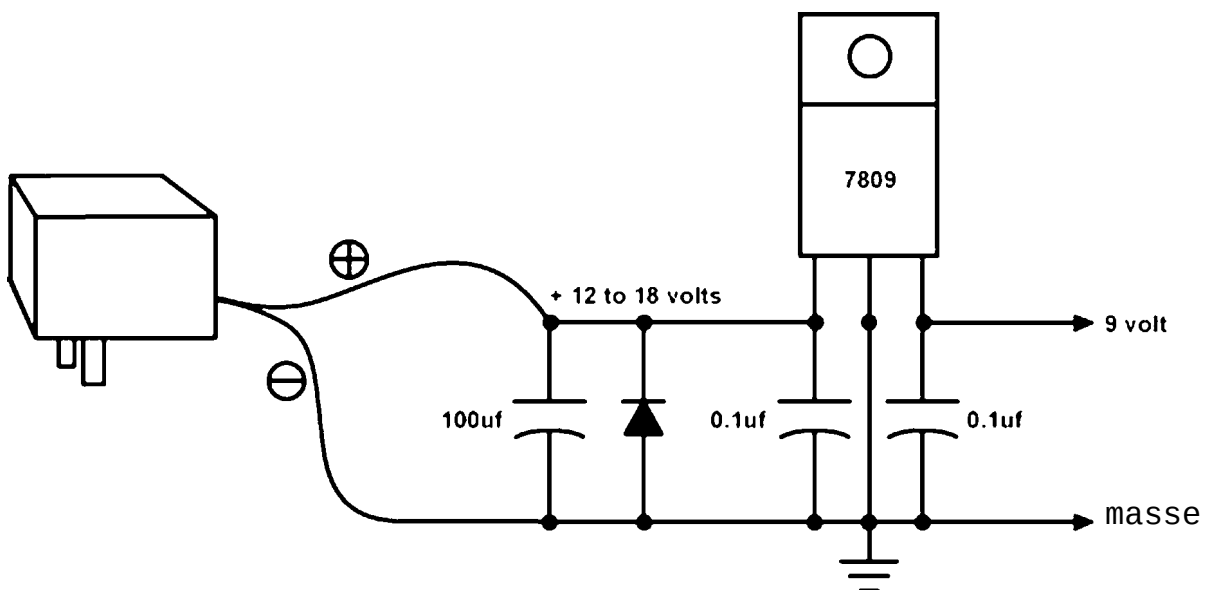
En bref, une alimentation DC donnant la possibilité de se brancher en 6V fournira peut-être du 7.8V par exemple. C'est pourquoi, il est possible de brancher un jouet nécessitant 4 piles 1.5V et donc 6V sur une alimentation 6V fournissant du 7.8V, mais c'est compter sur la tolérance des circuits du jouet sus cité.

Parfois, pour les instruments auxquels on tient, il est préférable d'ajouter un régulateur de tension du type LM7809 (pour 09V) dans un circuit simple et de garantir ainsi la durée de vie de son jouet.

Schéma de principe d'un LM78XX :



Voici un montage de base :



Quelques Circuits Intégrés (CI)

Parmi les composants actifs en électronique, il existe une famille conséquente, celle des circuits intégrés (IC). Souvent appelés également « puces électroniques ».

Cette famille peut être divisée en deux grandes catégories :

- Circuits intégrés linéaires (ou analogiques)
- Circuits intégrés logiques (ou numériques)

Les CI sont pour la plupart des petits boîtiers de plastique noir avec des rangées de pattes de connexion de part et d'autres, sur les côtés les plus longs, c'est le format DIP (Dual InLine Package). Il existe cependant d'autres formes de boîtiers comme le LM7809 vu plus haut, mais la plupart dont nous allons nous servir sont au format DIP.

Alors que le circuit-bending consiste à trouver des court-circuits intéressants dans un circuit électronique pour en extraire des sonorités spéciales, privilégiant ainsi une approche empirique et expérimentale à la fois de la création sonore et de l'électronique, l'ajout de composants tel que des IC eux même intégrés à des montages, est plus considéré comme de la modification, ou « mod ». Le « mod » ou le « bend » sont bien-sûr des pratiques complémentaires pour arriver au graal du synthétiseur analogique fait maison.

En guise d'introduction, voici quelques IC avec lesquels nous allons réaliser quelques montages et qui peuvent se montrer très utiles pour l'apprenti luthier en instruments électroniques.

- IC analogiques :
 - LM386 – Low Voltage Audio Power Amplifier
 - NE555 – Precisions Timer
 - TL071 – Low-Noise JFET-Input Operational Amplifier
- IC numériques :
 - CD40106– Hex Schmitt Trigger
 - CD4066 – Quad Bilateral Switch
 - CD4051 – Single 8-Channel Analog Multiplexer/Demultiplexer

Réaliser un L.F.O

Un LFO est un acronyme pour Low Frequency Oscillator. En somme, un oscillateur qui oscille dans des fréquences très basses, en dessous de 20Hz. Bien qu'il soit inaudible, il peut très bien moduler des signaux eux audibles. Par exemple, lorsque j'utilise un LFO pour moduler le volume d'un synthé, je crée un effet Trémolo. Si je l'envoie sur la hauteur de la note, j'obtiens un Vibrato etc.

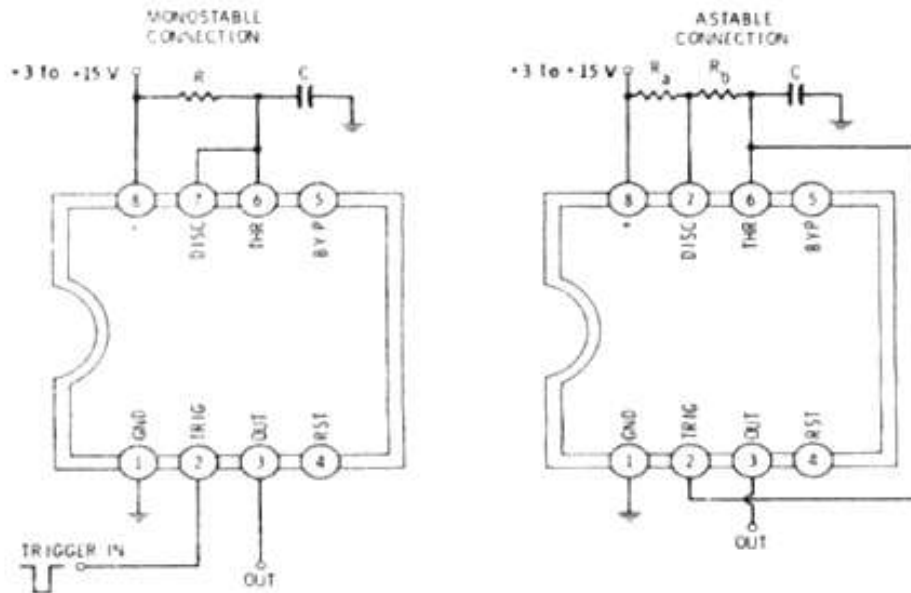
Tout synthétiseur digne de ce nom possède un ou plusieurs LFO.

Et en ajouter un – sommaire – sur son jouet modifié peut être réalisé assez simplement à l'aide de l'IC NE555.

Voici ci dessus, la page sur le 555 extraite du CMOS CookBook :

L555/ICM 7555

CMOS TIMER—ASTABLE OR MONOSTABLE



This circuit may be used for astable or monostable in timing applications from microseconds to hours. Complete details for its use appear in Chapter 4.

As a monostable, the circuit is triggered by bringing the Trigger input momentarily below 2 volts. The output pulse width is determined by R and C , and the curves are shown in Fig. 4-44. R can vary from 1K to 100 megohms. C can range from 100 pF up.

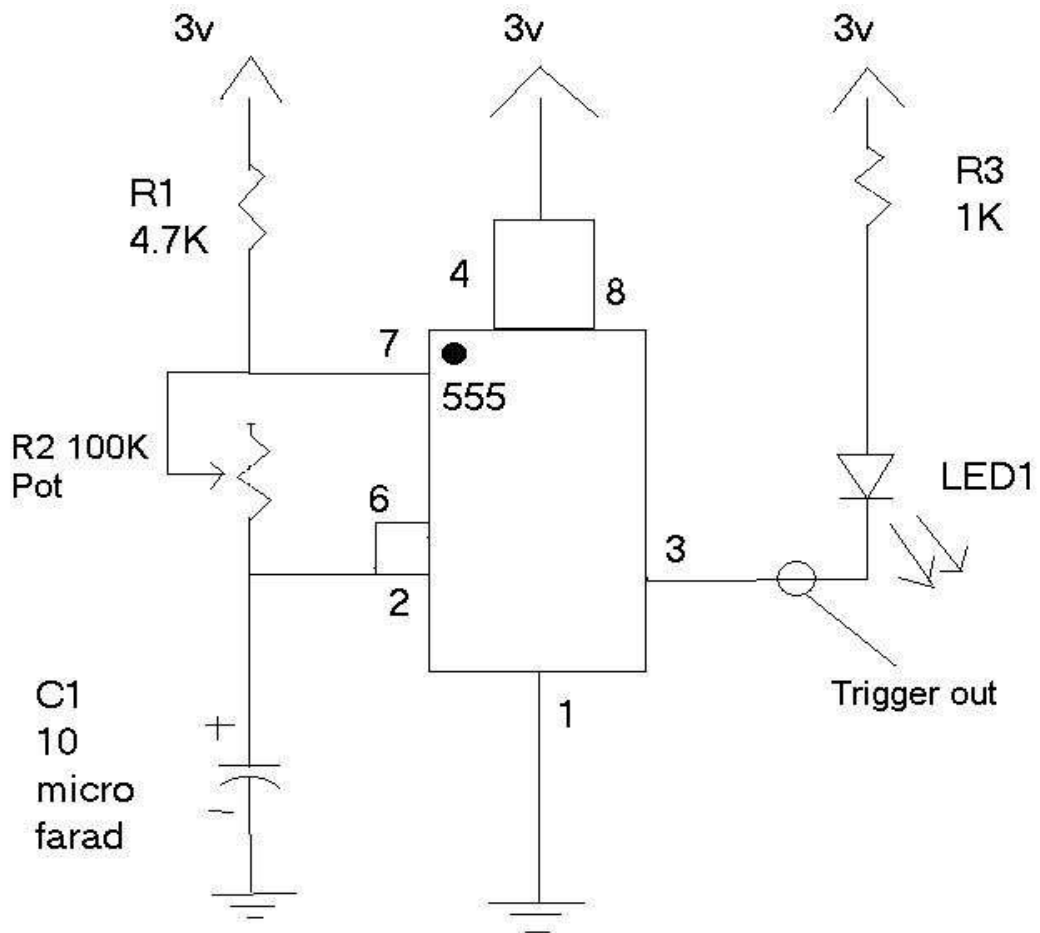
As an astable, the circuit is free running. The charging time is determined by R_a and R_b in series with C . The discharging time is determined by C and R_b . Design curves appear in Fig. 4-40. The minimum value of R_a is 1K; the maximum value of $R_a + R_b$ is 100 megohms.

The RST input (pin 4) will drive the output low if it is grounded. If unused, it should be tied to the positive supply voltage. The Bypass input should be bypassed to ground with a suitable capacitor (0.1 μ F upward) in critical timing applications.

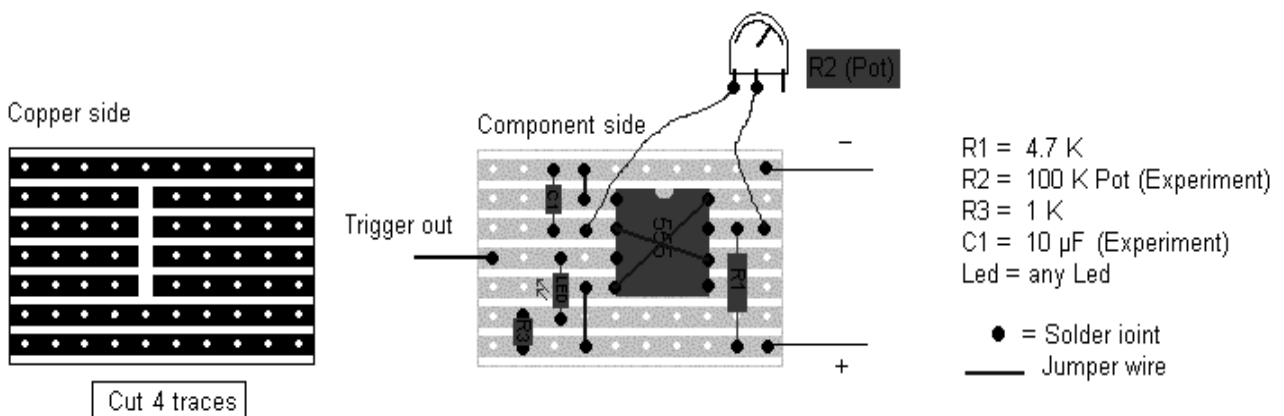
The output is high during the monostable on time and low otherwise. The output is high during the astable charging time and low during the discharge time.

Operating current is approximately 80 microamperes.

Pour réaliser un LFO simple, il faut faire le montage suivant :



Un montage qui donne sur une platine d'essai, à peu près ceci :

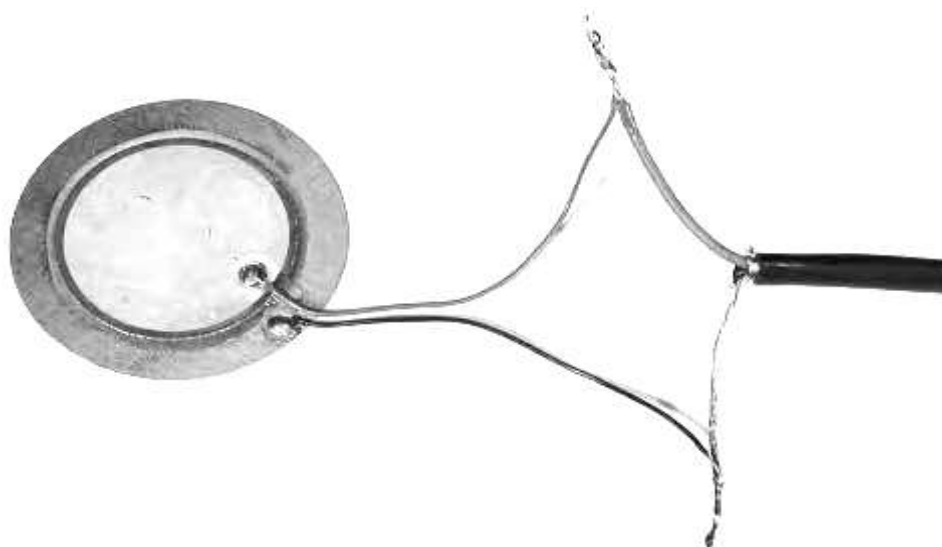


Des micros : micro contact, micro magnétique, micro electret

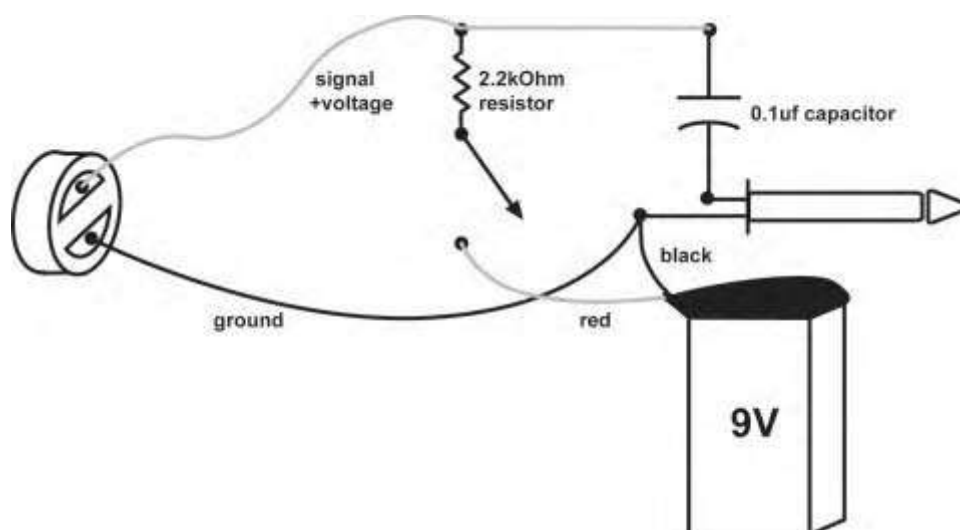
Il existe une variété de façons différentes de capter les ondes, acoustiques ou non, et de les rendre audibles par le biais de « microphones ». Bien entendu, les microphones sont utilisés la plupart du temps pour capter la voix, mais ils peuvent également capter des vibrations mécaniques ou électromagnétiques issues de nos instruments électroniques.

Le micro le plus simple à réaliser est peut-être le micro contact que l'on construit à partir d'un piezo.

Le micro contact est sensible aux vibrations présentes dans la matière. Le montage est relativement simple comparé au précédent⁷ :



Pour un microphone de type électret qui sera sensible aux vibrations acoustiques présentes dans l'air, le montage est légèrement plus compliqué⁸ :



7 Illustration extraite de l'ouvrage « Handmade Electronic Music » de Nicolas Collins

8 Ibid.

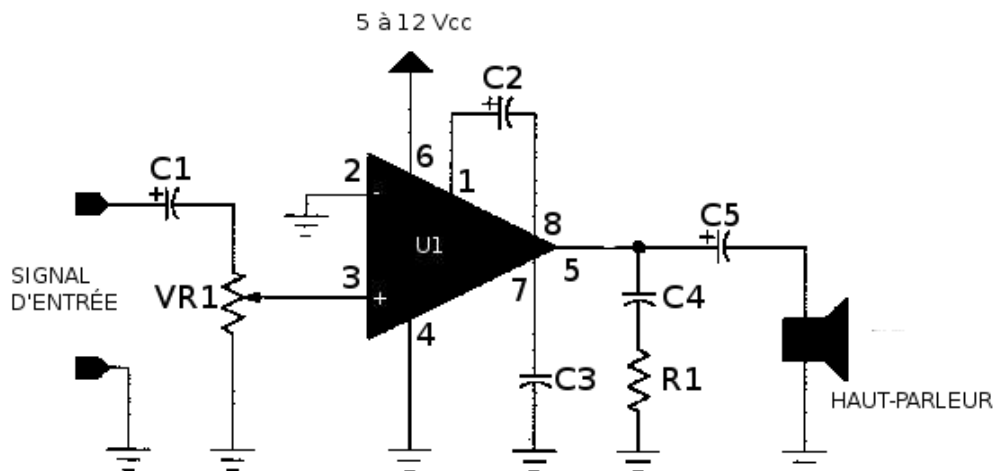
Enfin en bonus, il vous est donné la possibilité d'ouïr le chant des ondes électromagnétiques à l'aide de « microphones » bobines. Ce type de micro fonctionne comme ceux embarqués sur les guitares électriques : à l'aide de bobines de fil de cuivre entourées autour d'un aimant. C'est ainsi que sont constitués les micros pour téléphones utilisés jadis pour écouter à partir du dos du combiné.



La longueur de fil utilisé dans la bobine fera varier sa sensibilité aux différents types de fréquences électromagnétiques, et en utilisant une très longue bobine il est possible d'avoir accès au VLF (Very Low Frequencies) : aurores boréales, liaisons militaires ...

Fabriquer son ampli avec un LM386

Lorsque l'on fait du circuit-bending, il est préférable de pouvoir contrôler le son issu de son jouet, à l'aide d'une sortie audio adaptée, mais aussi d'un petit amplificateur que l'on peut manipuler facilement. Voici le schéma pour monter son amplificateur de poche :



Avec la liste des composants nécessaires :

C1, C2	10uF 16V electrolytic
C3	.1uF capacitor
C4	.05uF capacitor
C5	220uF 16V electrolytic
R1	10 ohm 1/4w resistor
U1	LM386 amplifier
VR1	100K "A" taper pot
SPKR1	8 ohm speaker

On peut réaliser son amplificateur à partir de LM386 dans une boîte en bois ou au grès des envies, de la même façon que pour l'habillage de l'instrument électronique.

Un filtre passe bas dynamique – VCF

Dans la rubrique effets que l'on peut ajouter à son jouet, tels des modules, les possibilités sont nombreuses et vous trouverez dans la partie RESSOURCES des liens vers des sites qui proposent des montages simples et fonctionnant en 9V pour réaliser toute sortes de choses, des filtres, des fuzz, ring modulator etc.

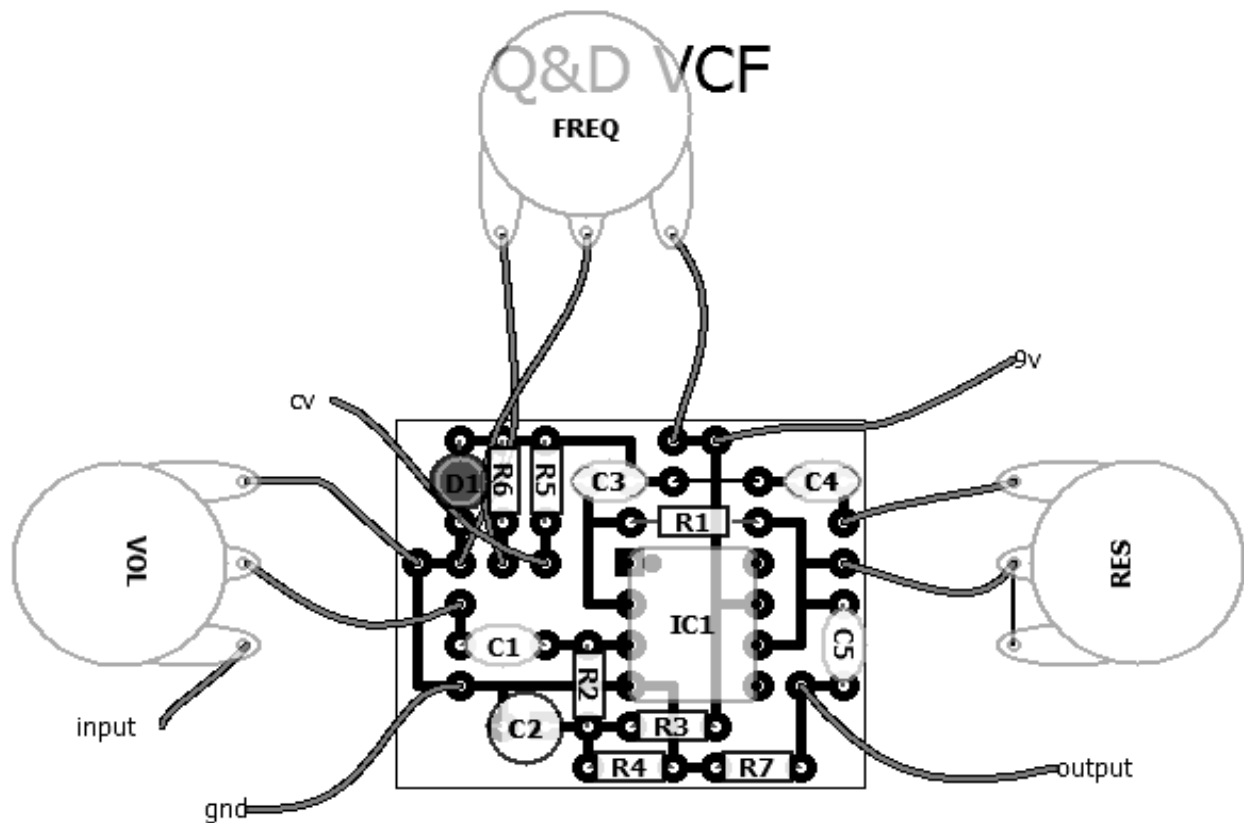
Intéressons nous ici au CI LM741, puce analogique assez versatile, que l'on peut utiliser aussi bien pour réaliser un amplificateur, un générateur de signal de type oscillateur ou encore, dans le cas qui nous intéresse, un filtre dynamique.

Un filtre passe bas dynamique est censé permettre le filtrage des fréquences audio au dessus d'un certains seuil, à l'aide d'une résistance variable identifiée comme le « cutoff » qui, combinée à une autre résistance variable « résonance » permet de traiter le son avec cette couleur propre à une certaine catégorie de musique électronique. Ici le montage est également un VCF, c'est à dire que le paramètre de « cutoff » peut être contrôlé depuis l'extérieur par un signal électrique issu d'une autre partie du circuit, l'oscillateur par exemple.

Le montage proposé ici est relativement sommaire et ne permet pas d'obtenir une qualité audio optimale à la façon des fameux VCF que l'on trouve dans les synthétiseurs analogiques, mais l'effet de filtre passe bas dynamique est suffisamment perceptible et constitue une première approche intéressante.

Voici ci dessous le montage d'un premier VCF basé sur un LM741, ainsi que la liste de composants nécessaires à la réalisation.

Une fois le montage réalisé, il est possible de l'insérer dans son jouet si ce dernier permet de l'alimenter correctement (disons entre 3 et 18V) et en reliant la masse du VCF à celle du jouet.



- | | | |
|-----------------|--------------------|--------------------------|
| R1: 2.2M | C1: .01uF | IC1: 741 |
| R2: 1M | C2: 47uF | D1: led1 |
| R3: 100K | C3: .002uF | VOL: 1M Audio |
| R4: 100K | C4: .0047uF | FREQ: 100K Linear |
| R5: 100k | C5: .1uF | RES: 10K Linear |
| R6: 100K | | |
| R7: 100K | | |

Generated by free software Circuit-Creator by Storm Software
<http://www.stormsoftware.com/>

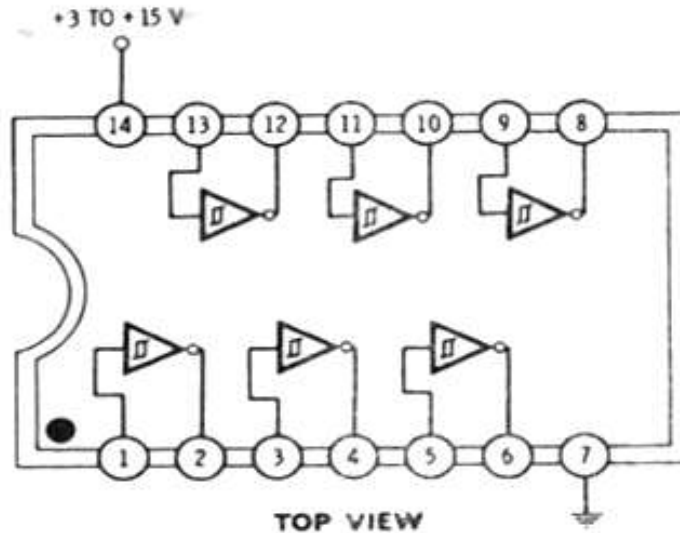


Mon premier synthétiseur fait maison

Maintenant que l'on a travaillé à partir de « matériaux » déjà existant, on peut imaginer comment partir de rien pour générer un premier signal sonore. C'est encore une fois Nicolas Collins qui nous montre comment créer son premier oscillateur à partir d'un circuit intégré logique (le CD40106) célèbre pour contenir 6 *Triggers de Schmitt*.

« le trigger de Schmitt est l'ancêtre des générateurs de musique, miniaturisé dans les sonneries des montres électroniques, les sonneries des téléphones portables, les Game-Boy et autres jeux électroniques, les alarmes électroniques, les cartes de vœux parlantes, les boîtes à musique et horloges électroniques, etc. Le fameux bip des premiers ordinateurs dans les années 1980 était un signal rectangulaire. »⁹
 Voici la description issue du CMOS COOKBOOK :

9 Wikipédia.

4584**HEX SCHMITT TRIGGER**

All six inverters may be used independently. While this package can be used as ordinary inverters, internal hysteresis on the inputs makes this device ideal for noisy or slowly changing input levels. It is also well suited to debouncing, contact conditioning, and astable and monostable circuits.

If an input is *low*, the output will be *high*, and vice versa.

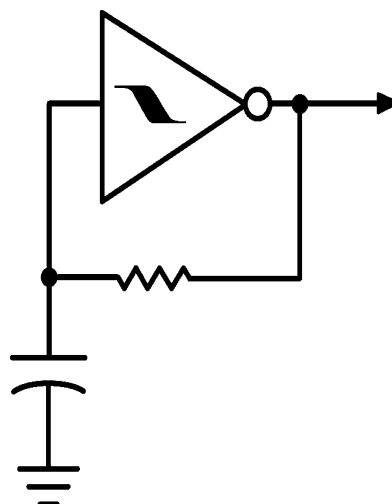
On a positive-going waveform, the output will change at 2.9 volts with a 5-volt supply and at 5.9 volts with a 10-volt supply.

On a negative-going input waveform, the output will change at 2.3 volts with a 5-volt supply and at 3.9 volts with a 10-volt supply. Thus, the hysteresis, dead band, or noise immunity is 0.6 volt with a 5-volt supply and 2 volts with a 10-volt supply.

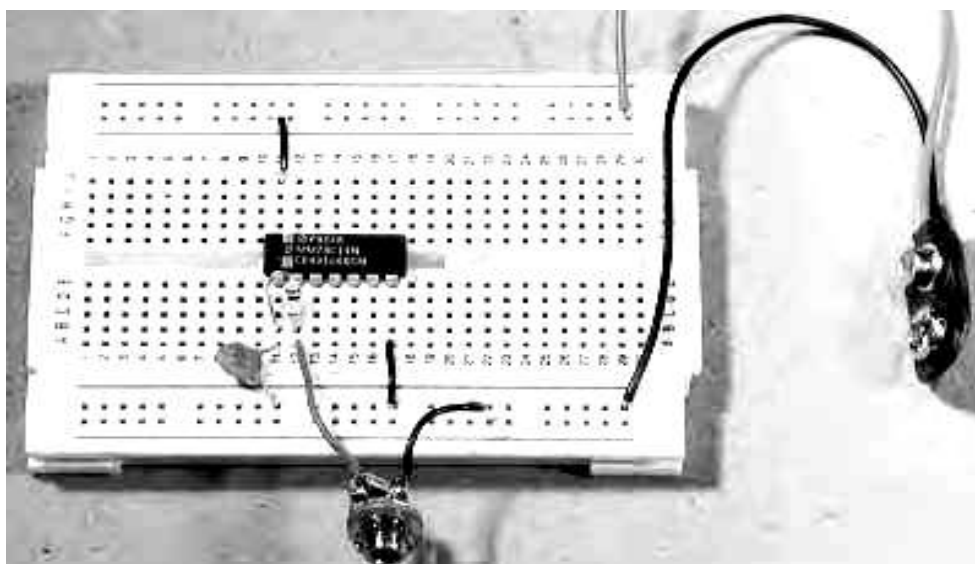
Propagation delay is 200 nanoseconds at 5 volts and 90 nanoseconds at 10 volts. Total package current is 0.3 milliampere at 5 volts and 0.6 milliampere at 10 volts for a 1-megahertz clocking rate.

Device is functionally equivalent to the TTL 7414, and the CMOS 40106 and 74C14 devices.

Le premier montage pour arriver à générer un signal sonore est plutôt simple :



La résistance à une valeur de 100Ko et le condensateur 0.1 μ F. Ce qui donne sur la breadboard un montage de ce type :



Il est bien sûr possible de remplacer la résistance par un potentiomètre pour faire varier la hauteur de la note de son Trigger de Schmitt, ou encore par une LDR etc.

Vous pouvez retrouver la suite des expérimentations avec ce CI ici :

<http://www.nicolascollins.com/hackingtutorial11.htm>

ARDUINO et les microcontrôleurs

Il existe tout un ensemble de documentations très fournies sur la prise en main ainsi que la maîtrise d'Arduino. L'idée n'est donc pas faire de bis repetita mais plutôt d'imaginer une très courte introduction soutenue par quelques ressources à consulter en ligne ou en bibliothèque.

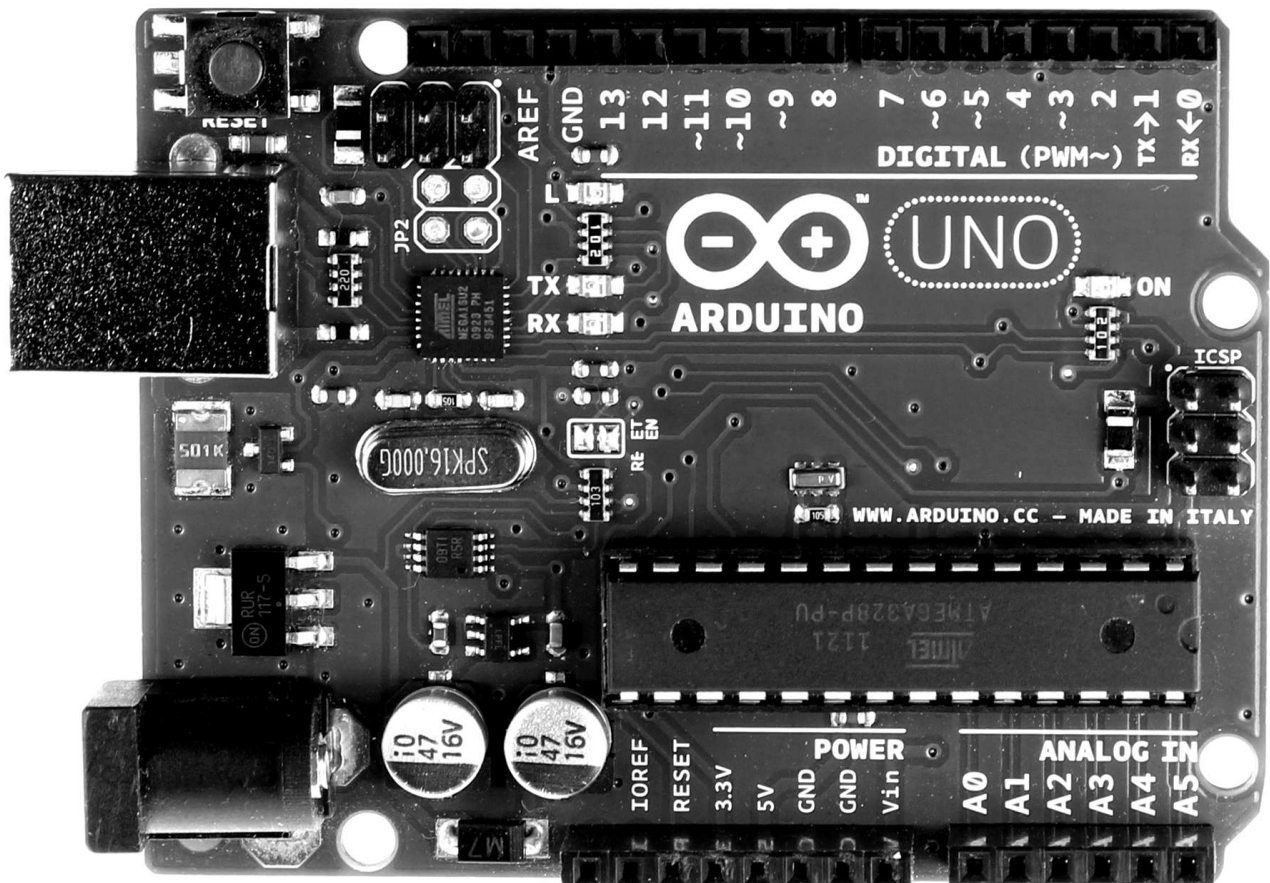
Avant tout la plateforme Arduino est à la fois un programmeur de microcontrôleurs de la marque Atmel, ainsi qu'un environnement de développement intégré (IDE en anglais) pour écrire des programmes à destination des microcontrôleurs Atmel.

Arduino est une initiative de l'école de Design D'interaction d'Ivrea en Italie à l'époque et désormais à Copenhague. C'est un projet qui date de 2003 et qui est sous licence libre GNU GPL et GNU LGPL, c'est à dire que ses plans de conception sont accessibles à tous et peuvent être modifiés, adaptés, redistribués librement.

C'est d'ailleurs pour cette raison qu'il existe une ribambelle de version d'Arduino de la même façon qu'il existe une grande variété de distribution GNU/Linux.

Pour bien comprendre le projet d'Arduino, il faut savoir qu'il se divise en plusieurs parties.

1. La partie matérielle, elle-même divisée en plusieurs catégories puisque l'on retrouve plusieurs modèles de programmeurs de microcontrôleurs ainsi que des modules d'extension appelés « shields » et qui permettent d'ajouter de nouvelles capacités à son Arduino (Ethernet, audio etc.). Ici le programmeur de microcontrôleur Arduino UNO, celui que l'on va utiliser pour nos expérimentations :



On remarque la puce assez grande en bas de l'Arduino. C'est le microcontrôleur sur lequel le programme va être téléversé. Ici un modèle ATMEL ATMEGA328P dont les spécificités techniques sont décrites dans le datasheet :

http://www.atmel.com/Images/Atmel-8271-8-bit-AVR-Microcontroller-ATmega48A-48PA-88A-88PA-168A-168PA-328-328P_datasheet_Complete.pdf

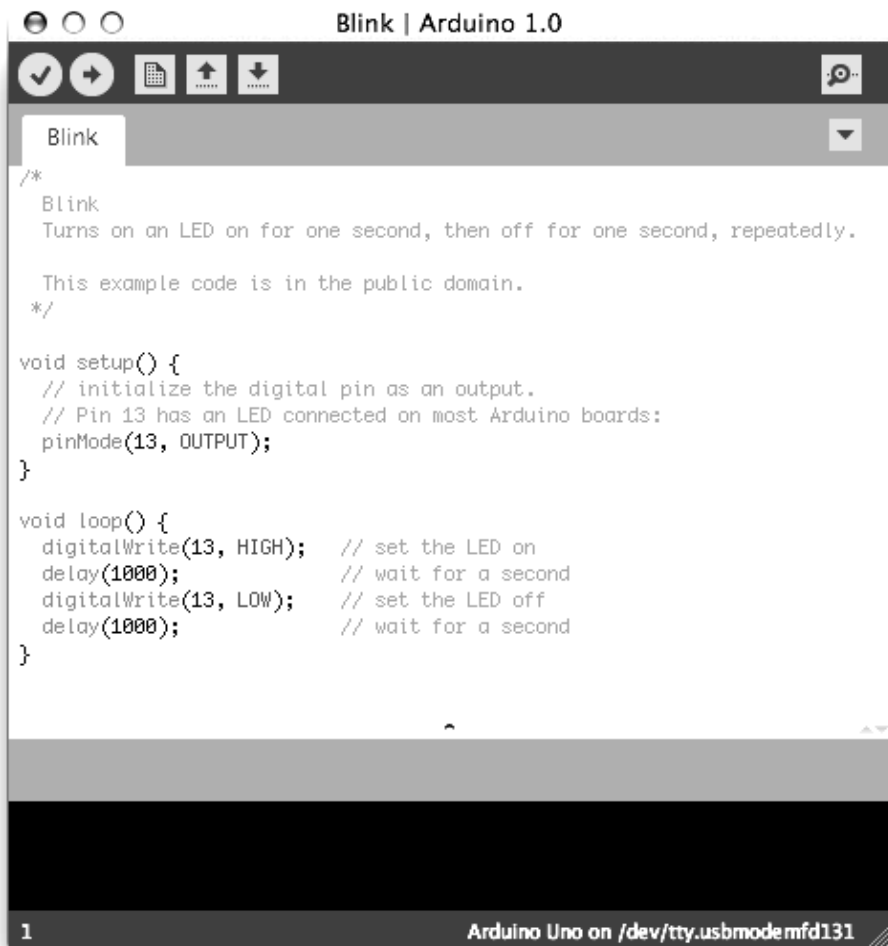
Une fois le programme téléversé, il est possible d'extraire notre CI et de l'intégrer à un montage.

Un microcontrôleur est un composant actif de type CI numérique sur lequel il est possible de connecter des éléments en entrées et en sorties, numériques ou analogiques, et qui, par le biais d'un programme embarqué, va permettre tel ou tel comportement.

Par exemple recevoir le signal d'un interrupteur à une entrée qui contrôlera l'activation ou la désactivation d'une série de plusieurs moteurs à des vitesses prédéfinies dans le programme.

Une grande palette de montage est possible à l'aide d'Arduino et c'est un outil très utilisé dans le milieu de la création artistique, ou il sert d'interface de conception pour des dispositifs interactifs par exemple.

2. La partie logicielle, qui consiste en un IDE, espace de travail dans lequel s'élabore le programme à téléverser sur le microcontrôleur par le biais de l'Arduino, lui même connecté à l'ordinateur, souvent par l'entremise d'une connexion USB.



The image shows a screenshot of the Arduino IDE window titled "Blink | Arduino 1.0". The window contains the following code:

```

Blink
/*
  Blink
  Turns on an LED on for one second, then off for one second, repeatedly.

  This example code is in the public domain.
  */

void setup() {
  // initialize the digital pin as an output.
  // Pin 13 has an LED connected on most Arduino boards:
  pinMode(13, OUTPUT);
}

void loop() {
  digitalWrite(13, HIGH); // set the LED on
  delay(1000);           // wait for a second
  digitalWrite(13, LOW); // set the LED off
  delay(1000);          // wait for a second
}

```

At the bottom of the window, the status bar shows "1" on the left and "Arduino Uno on /dev/tty.usbmode mfd131" on the right.

Le langage utilisé pour programmer avec Arduino est une « sur-couche » du langage C qui ressemble beaucoup au langage utilisé dans Processing, autre IDE destiné à enseigner la programmation aux étudiants non programmeur. Arduino peut être également programmé directement en C, mais ce n'est pas le propos actuellement.

Le programme montré dans l'illustration ci-dessus est traditionnellement le

premier que l'on téléverse dans son microcontrôleur afin de comprendre les rudiments d'Arduino.

3. La partie communauté, qui comprend aussi bien les développeurs du projet que les débogueurs et les utilisateurs qui échangent énormément sur les différents forums et sites en ligne, créant ainsi une ressource conséquente.

Premier programme : blink

Pour un premier essai, il faut passer par la case débutant et découvrir, à la fois le montage électronique sur la breadboard, déjà vu plus haut, ainsi que quelques éléments de programmation.

Dans le cas de ce programme simple, on voit deux parties distinctes :

- `void setup(){...}`
- `void loop(){...}`

Avec entre les accolades, un contenu plus ou moins long.

La partie `setup(){}` est là pour nous dire ce qui va être exécuté au début du programme, quand on lance l'application, et ce, une seule fois.

La partie `loop(){}` comme son nom l'indique est là pour être exécuter en boucle jusqu'à ce qu'on arrête le programme, et en l'occurrence avec Arduino, jusqu'à ce qu'on cesse d'alimenter l'Arduino ou qu'on y mette un autre programme.

On voit dans la partie `setup(){}` qu'il y a la phrase : « `pinMode(13, OUTPUT) ;` ». Tous les éléments dans cette phrase sont importants. `PinMode` correspond à une fonction qui est appelée pour faire un type d'action. Ici, préciser si un pin de l'Arduino sera utilisé en tant qu'entrée ou en tant que sortie. Dans ce cas, il s'agit du pin 13 et il sera utilisé comme une sortie. Cette fonction n'est exécutée qu'une seule fois, au tout début du lancement du programme.

Dans la partie `loop(){}`, on voit qu'il y a quatre phrases dont deux presque similaires :

- `digitalWrite(13, HIGH) ;`
- et
- `digitalWrite(13, LOW) ;`

Il s'agit de deux appels de fonction comme on l'a vu précédemment mais qui ont pour but cette fois ci d'envoyer un signal numérique à une sortie (ici la 13). Un signal qui peut être 'HIGH', ce qui correspond à 5V dans notre cas, ou 'LOW', donc 0V.

Ces deux commandes sont intercalées par deux autres, cette fois ci totalement identiques, qui font appel à la fonction `delay()` qui fait une pause dans le programme. Dans notre cas une pause de 1000 millisecondes, soit 1 seconde à chaque fois, entre chaque envoi d'un signal numérique vers le pin 13.

Ce programme aura donc pour effet d'envoyer un signal numérique sur le pin 13 qui a préalablement été défini comme une sortie, une seule fois en début de programme. Ce signal sera renouvelé toutes les secondes et alternera entre 5V et 0V. Ce qui aura pour effet dans notre cas d'allumer et d'éteindre une LED.

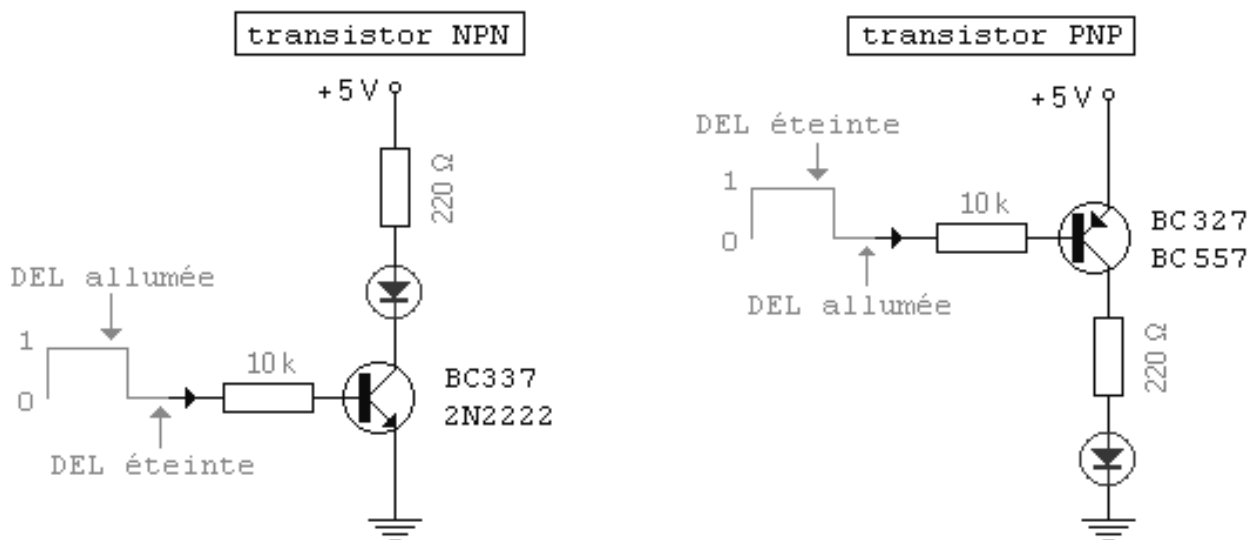
Vous pouvez trouver de quoi continuer d'explorer Arduino en suivant les liens :

- <http://arduino.cc/en/Guide/HomePage>
- <http://arduino.cc/en/Tutorial/HomePage>
- <http://playground.arduino.cc/>
- Vocabulaire de référence : <http://arduino.cc/en/Reference/HomePage>
- Le FLOSS, en français : <http://fr.flossmanuals.net/arduino/>

Blink avec des transistors

Comme on a pu le voir plus haut il est possible d'utiliser les transistors en commutation, pour faire des boutons électroniques. On peut donc, à partir du schéma ci dessous, adapter le code blink.pde que l'on vient de voir, pour déclencher un bouton sur un jouet, via l'Arduino.

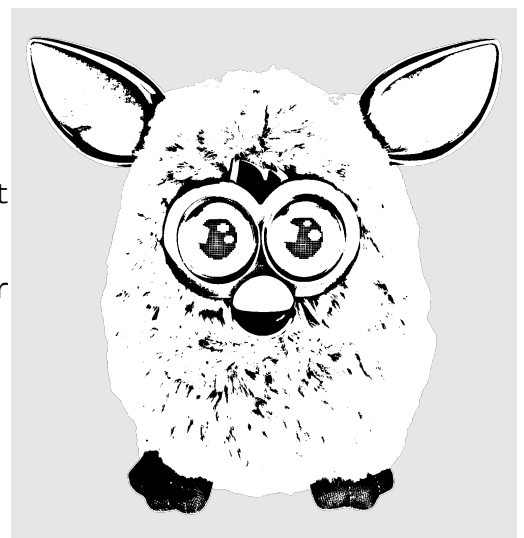
Aidons nous pour ça de ces deux schémas :



Quelques capteurs et actionneurs

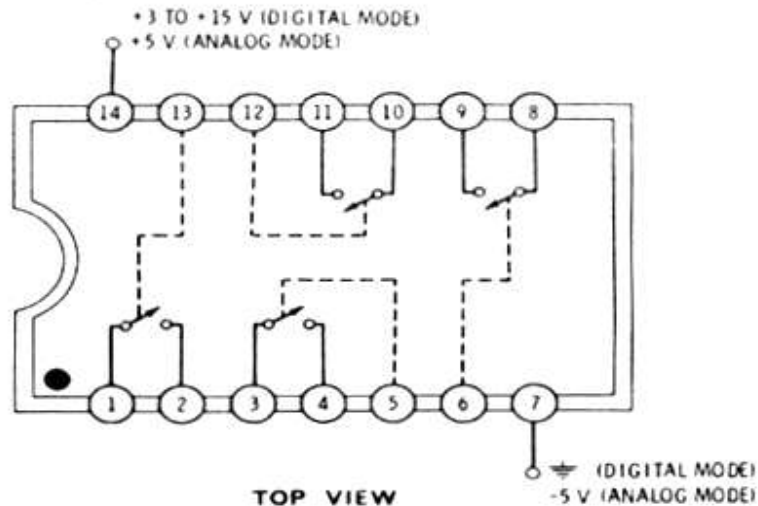
Arduino peut être utilisé avec un grand nombre de capteurs en entrée et d'actionneurs en sortie. Vous pourrez trouver beaucoup d'informations à ce sujet dans la partie 'playground' du site d'Arduino ainsi que sur divers forum et blogs. Certains jouets et objets électroniques embarquent quelques uns de ces capteurs ou actionneurs. Il est possible en utilisant Arduino de piloter ces éléments, ou parfois également d'en récupérer pour d'autres projets.

Par exemple les furbys, ces petites peluches avec lesquelles on peut interagir, sont bardés de capteurs et actionneurs. En vrac, on y trouve : LDR, moteurs, Photo-transistors, microphones, haut-parleur, vibreurs... pas mal de choses pour quelques euros sur un vide grenier...



Le 4066 : QUAD DIGITAL OR ANALOG BILATERAL SWITCH

Le CI 4066 peut être utilisé pour remplacer quatre boutons indépendants. Voici sa fiche descriptive issue du CMOS COOKBOOK :

4066**QUAD DIGITAL OR ANALOG BILATERAL SWITCH**

All four switches may be used separately or in combination.

On any single switch, when the control voltage equals the pin-7 voltage, the switch remains OFF and behaves as a very high impedance. When the control voltage equals the pin-14 voltage, the switch turns ON and behaves as a nearly linear, bilateral, 90-ohm resistor.

Signals routed through the switch may be digital or analog, but they must never exceed the pin-14 voltage nor go below the pin-7 voltage.

Switches may be shorted together in any pattern, and there is no difference between the input and output terminals of any switch.

For instance, if all four switches are connected with one common terminal, the package may be used as a 1-of-4 data selector, a 1-of-4 data distributor, a 1-of-4 analog commutator, or a 1-of-4 analog multiplexer.

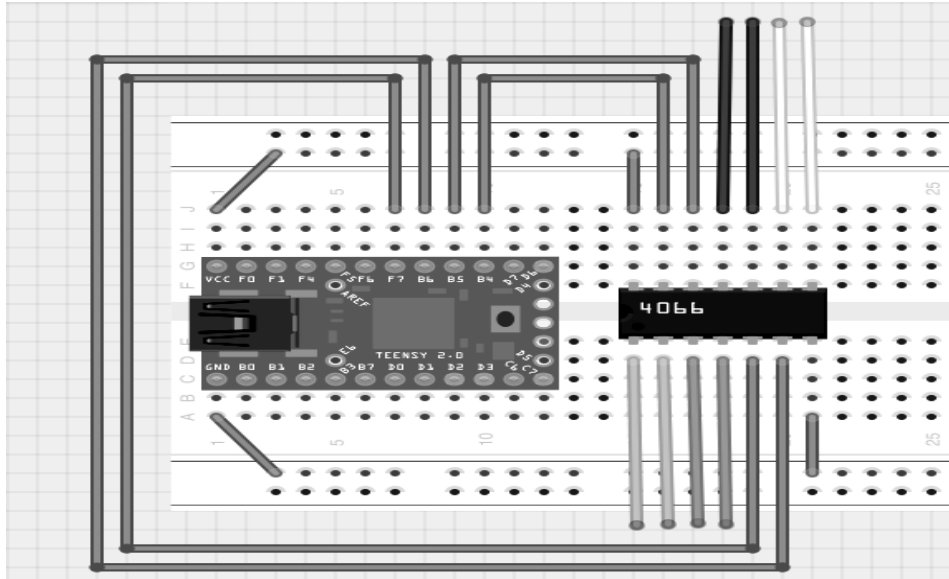
If more than one switch is connected to a common point, external logic usually must guarantee that only one switch is turned on at a time.

Maximum switching frequency is 10 megahertz at 10 volts and 5 megahertz at 5 volts. Package dissipation depends on the loading. Dissipation should be kept under 100 milliwatts total.

This is an improved version of the 4016, having a lower ON resistance. However, the 4016 remains a better choice for ultralow-leakage applications, such as sample-and-hold circuits.

See Chapter 7 for more information.

Il est possible d'utiliser facilement le 4066 avec un Arduino pour contrôler quatre boutons d'un jouet à l'aide d'un ordinateur par exemple. On voit sur ce montage réalisé par Little Scale, à l'aide d'un microcontrôleur Teensy qu'il n'y a pas besoin d'ajouter d'autres éléments que le 4066¹⁰ :



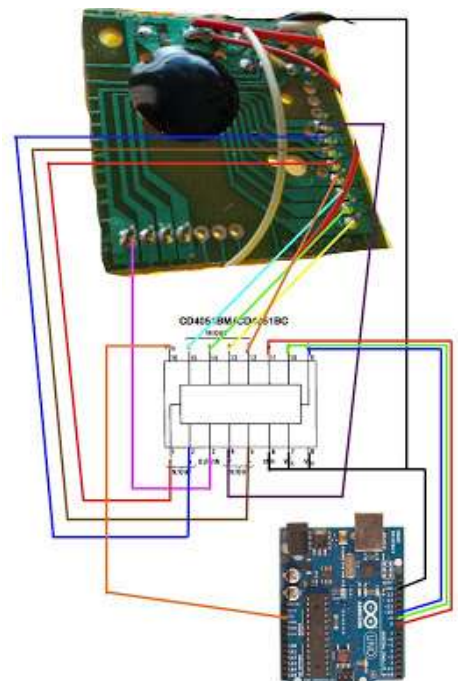
Le 4051 : 1 OF 8 SWITCH (multiplexeur ou démultiplexeur)

Dans le même registre que le 4066 capable de contrôler quatre points indépendants, le 4051 offre lui la possibilité de contrôler jusqu'à huit points ayant une base commune à l'aide d'un seul CI.

Le 4051 est ce qu'on appelle un multiplexeur. Il va pouvoir combiner trois signaux indépendants pour agir sur huit points différents. Il ne nécessite que trois canaux de contrôle de la part d'Arduino, plus un canal spécifique que l'on nomme « inhibit » soit quatre sorties depuis le microcontrôleur pour huit boutons sur un jouet ou autre objet électronique.

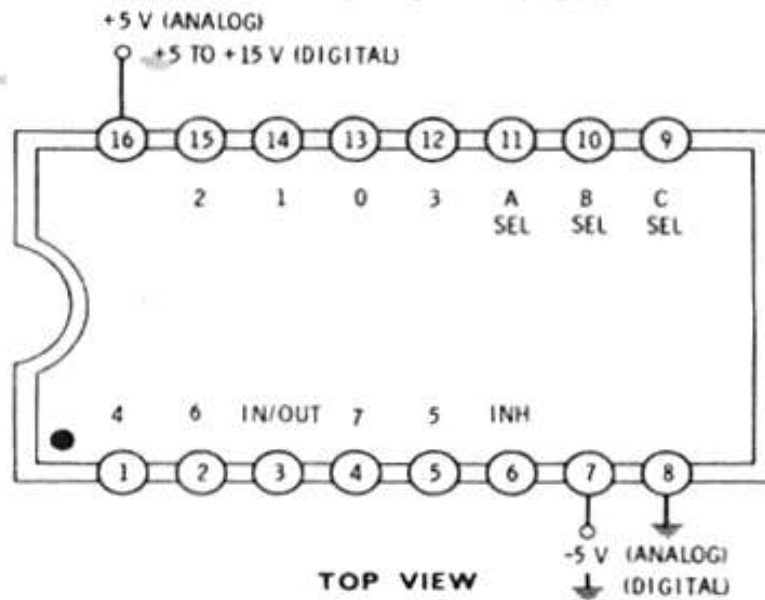
On voit dans le montage de droite¹¹ qu'il est relativement aisé de travailler avec ce CI. Ce schéma ne prend pas en compte le pin « inhibit » qu'il est préférable de contrôler indépendamment avec l'Arduino.

Page suivante, la présentation détaillée du CD4051 issue du CMOS COOKBOOK



10 <http://www.little-scale.blogspot.com.au/2013/05/circuit-bending-basics-8-independent.html>

11 <http://www.little-scale.blogspot.com.au/2013/05/circuit-bending-basics-4-multiplexing.html>

4051**1-OF-8 SWITCH**

This package may be used as a 1-of-8 analog data multiplexer or demultiplexer, or as a 1-of-8 digital selector or distributor.

In the analog mode, -5 volts is applied to pin 7, and digital-control signals of low = ground and high = $+5$ are applied to the A, B, C, and INH inputs. If INH is high, no channel is selected. If INH is low, the channel selected is determined by the binary word input to $A = 1$, $B = 2$, and $C = 4$. Analog signals may be any value between $+5$ and -5 volts.

In the digital mode, pin 7 is grounded, and digital-control signals of low = ground and high = pin-16 voltage are applied to the A, B, C, and INH inputs. If INH is high, no channel is selected. If INH is low, the channel selected is determined by the binary word input to the $A = 1$, $B = 2$, and $C = 4$ inputs. Digital signals controlled may be any value between the pin-16 voltage and ground.

In either mode, the OFF state is an open circuit and the ON state is a 120-ohm resistor. Pin 3 may be used as an input or an output, depending on whether information is to be gathered from eight possible sources or distributed to eight possible locations. For digital signals only, device is functionally equivalent to the 74151 (TTL) and the 74C151 (CMOS) devices.

The minimum permissible load resistance is 100 ohms, and not more than 25 milliamperes can be routed through the circuit.

Total package current at a 1-megahertz clock rate is 0.5 milliamperes at 5 volts and 1 milliamperes at 10 volts, open circuited. Propagation delay is 200 nanoseconds for the supply connections shown. See Chapter 7 for more information.

Voici le tableau qui permet de comprendre comment il est possible de déclencher les huit sorties en combinant les trois entrées.

INHIBIT	C	B	A	CD4051B
0	0	0	0	0
0	0	0	1	1
0	0	1	0	2
0	0	1	1	3
0	1	0	0	4
0	1	0	1	5
0	1	1	0	6
0	1	1	1	7
1	*	*	*	NONE

Par exemple, si l'on envoie un signal 'HIGH' depuis l'Arduino aux entrées C et A du 4051 et un signal 'LOW' à l'entrée B, ce sera le bouton relié à la sortie 5 du 4051 qui sera activé etc.

RITOURNELLE

Ritournelle est un projet d'interface MIDI pour jouet modifié, dans le but de pouvoir relier facilement les nouveaux instruments conçus via le bending, à des machines électroniques plus conventionnelles tel que des séquenceurs ou claviers MIDI, ou encore à un ordinateur équipé d'une interface MIDI.

Le projet est en cours, mais déjà se profile une première version bêta, produite sous forme de prototype au fablab animé par PiNG : Plateforme C¹²

Le projet est documenté en ligne sur le wiki :

<http://fablabo.net/wiki/Ritournelle>

Il s'appuie essentiellement sur un microcontrôleur de type Atmel programmé à l'aide d'Arduino et de multiplexeur, comme on a pu le voir précédemment.

L'ensemble du projet est sous licence libre GNU/GPL3.

Machines à commande numériques

Plateforme-C dispose de plusieurs machines outils à commande numérique. Parmi elle certaines peuvent être utiles pour le circuit-bending, la conception électronique ou la lutherie d'instruments électroniques.

- La fraiseuse permet de prototyper des circuit imprimés tels que ceux que vous avez utilisé durant la formation.
- La découpe laser permet de réaliser des découpes fines dans du bois pour élaborer un coffrage ou un boîtier à son instrument par exemple.
- L'imprimante 3D permet de réaliser des éléments de décoration tel que des capuchons de potentiomètres, des boîtiers également etc.

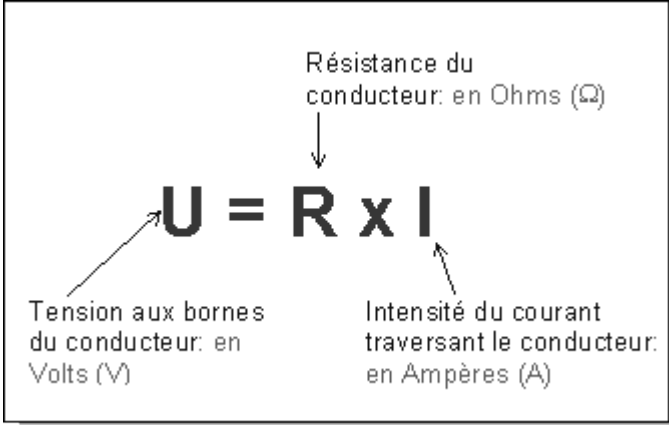
¹² <http://www.plateforme-c.org/>

THÉORIE

Quelques petits aides mémoires...

Résistances

Loi d'Ohm pour les fainéants :
 La différence de potentiel ou tension V (en volts) aux bornes d'un consommateur de résistance R (en ohms) est proportionnelle à l'intensité du courant électrique I (en ampères) qui le traverse.



4,7 M ±5%

tolérance

Chiffres significatifs

0	0	0
1	1	1
2	2	2
3	3	3
4	4	4
5	5	5
6	6	6
7	7	7
8	8	8
9	9	9

multiplieur

0,01
0,1
10
100
1k
10k
100k
1M
10M

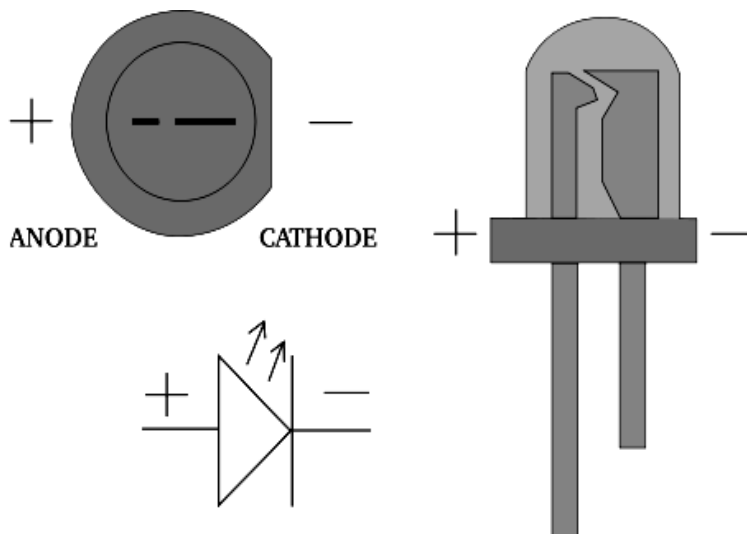
coefficient température

+ 10%	Argent
+ 5%	Or
± 1%	200 ppm
± 2%	100 ppm
	50 ppm
	15 ppm
	25 ppm
± 0,5%	
± 0,25%	
± 0,1%	

124 K ±1% 50ppm

Lecture des résistances :

LED



RESSOURCES

Ressources obsolescence / DEEE

- Livres :
 - La face cachée du numérique – Fabrice Flipo, Michelle Dobrée, Marion Michot.
 - Bon pour la casse – Serge Latouche
 - Le cadre légal des DEEE – Emmanuelle Durant
- Documentaires :
 - Prêt à jeter – Cosima Dannoritzer
- Initiatives :
 - projet Slowtech
 - Repair Café
 - Vides grenier
 - Ressourceries

Ressources circuit-bending & hacking

- Livres
 - Circuit-bending: Build your own Alien Instruments – Reed Ghazala
 - Handmade electronic music – Nicolas Collins
- Luthiers et bricoleurs :
 - gis giekes – <http://gieskes.nl/>
 - casper electronics – Pete Edwards – <http://casperelectronics.com/>
 - Nicolas Collins – <http://www.nicolascollins.com/>
 - Antitheory – Reed Ghazala – <http://www.anti-theory.com/>
 - NoyseToise – <http://www.noystoise.com/>
 - Little Scale – <http://www.little-scale.blogspot.com.au/search/label/circuit%20bending>
 - GetLoFi – <http://getlofi.com/>
 - Burnkit26000 – <http://www.burnkit2600.com/>
 - SailorMouth – <http://www.sailormouth.org/>
 - Bitcrusher – <http://bitcrusher.free.fr/>
 - Folktek – <http://folktek.com/>
 - Mystery Circuits – Mike Walters – <http://www.mysterycircuits.com/>
 - Space cat – <https://www.youtube.com/channel/UCNwIsSXwpH5S5SvYEUHoe3Q>
 - Geek Rivers – bend me I'm famous <https://bendmeimfamous.wordpress.com/>
 - circuit benders – <http://www.circuitbenders.co.uk/index.html>
 - Recyclism – Benjamin Gaulon – <http://www.recyclism.com/>
 - Computer Truck – <http://computertruck.parishq.net/>
 - Weltenschule – <http://weltenschule.de/TableHooters/instruments.html>
 - Victor Mazon – <http://victormazon.com/wrks/objects/>

- Journey ton Unknow soundscape – <http://journeytounknowsoundsapes.blogspot.fr/search?q=circuit+bending>
- Forums et autres ressources :
 - cannibal caniche – <http://www.cannibalcaniche.com/forum/index.php?action=forum#c4>
 - Anafrog – <http://forum.anafrog.com/phpBB/viewforum.php?f=36&sid=72f6ffb87935136812e1b6e5a9f26aa5>
 - pas mal de schémas : <http://www.aronnelson.com/gallery/main.php>
 - musée de la dictée magique : <http://www.datamath.org/>
 - reprogrammer une dictée magique : <http://furrtek.free.fr/index.php?a=speakandspell&ss=1&i=2>

Ressources culture libre

- Livres :
 - du bon usage de la piraterie
 - libre enfants du savoir numérique
 - libres savoirs
- En ligne :
 - Forum Codelab – <http://codelab.fr/>
 - Cellule d'Expérimentation sur les Propriétés Immatérielles – <http://fablabo.net/wiki/CEPI>
 - Savoir com1 – <http://www.savoirscom1.info/>
 - Licence GNU GPL, traduction française – <http://www.linux-france.org/article/these/gpl.html>
 - Association April – <http://www.april.org/>
 - framasoftware – <http://www.framasoftware.net/>
 - La Quadrature du Net – <https://www.laquadrature.net/>

Ressources électronique et Arduino

- Livres :
 - Practical electronic for inventors – paul scherz
 - Timer, Op Amp, and Optoelectronic Circuits & Projects – Forrest M.Mims III
 - Electronic Sensor Circuits And Projects – Forrest M.Mims III
 - Arduino Cookbook – Michael Margolis
 - Le grand livre d'Arduino – Erik Bartmann
 - make : analog synthesizers
 - FLOSS manual Arduino : <http://fr.flossmanuals.net/arduino/>
- Sites :
 - Sonelec musique – <http://www.sonelec-musique.com/electronique.html>
 - open music labs – <http://wiki.openmusiclabs.com/>
 - Circuits City – <http://www.circuits-city.com/>
 - Arduino site officiel – <http://arduino.cc/>
- Documentaires :
 - Arduino The Documentary : <https://vimeo.com/18539129>

Ressources emprise numérique et appropriation des technologies

- Auteurs:
 - Ivan Illich
 - Jacques Ellul
 - André Gorz
 - Giorgio Agamben
 - Ignmar Gransdtet
- Éditions
 - l'Échappée
 - Le passager clandestin

Ressources artistes, musiciens / écoutes

- Musiciens & groupes
 - Modified Toy Orchestra
 - Casper Electronics
 - Kraftwerk
 - alva noto
 - Monster Truck
 - Reed Ghazala
 - Playboy's bend
 - Barricades