

Coffret d'apprentissage "l'électronique numérique"

Code : 000192297



Les appareils électriques et électroniques usagés (DEEE) doivent être traités individuellement et conformément aux lois en vigueur en matière de traitement, de récupération et de recyclage des appareils.

Suite à l'application de cette réglementation dans les Etats membres, les utilisateurs résidant au sein de l'Union européenne peuvent désormais ramener gratuitement leurs appareils électriques et électroniques usagés dans les centres de collecte prévus à cet effet.

En France, votre détaillant reprendra également gratuitement votre ancien produit si vous envisagez d'acheter un produit neuf similaire.

Si votre appareil électrique ou électronique usagé comporte des piles ou des accumulateurs, veuillez les retirer de l'appareil et les déposer dans un centre de collecte.



Le décret relatif aux batteries usagées impose au consommateur de déposer toutes les piles et tous les accumulateurs usés dans un centre de collecte adapté (ordonnance relative à la collecte et le traitement des piles usagées). Il est recommandé de ne pas les jeter aux ordures ménagères !



Les piles ou accumulateurs contenant des substances nocives sont marqués par le symbole indiqué ci-contre signalant l'interdiction de les jeter aux ordures ménagères.

Les désignations pour le métal lourd sont les suivantes : **Cd** = cadmium, **Hg** = mercure, **Pb** = plomb. Vous pouvez déposer gratuitement vos piles ou accumulateurs usagés dans les centres de collecte de votre commune, dans nos succursales ou dans tous les points de vente de piles ou d'accumulateurs ! Vous respectez ainsi les ordonnances légales et contribuez à la protection de l'environnement !

Note de l'éditeur

Cette notice est une publication de la société Conrad, 59800 Lille/France. Tous droits réservés, y compris la traduction. Toute reproduction, quel que soit le type (p.ex. photocopies, microfilms ou saisie dans des traitements de texte électronique) est soumise à une autorisation préalable écrite de l'éditeur.

Reproduction, même partielle, interdite.

Cette notice est conforme à l'état du produit au moment de l'impression.

Données techniques et conditionnement soumis à modifications sans avis préalable.

© Copyright 2001 par Conrad. Imprimé en CEE. XXX/07-13/JV

Cette notice fait partie du produit. Elle contient des informations importantes concernant son utilisation. Tenez-en compte, même si vous transmettez le produit à un tiers.

Conservez cette notice pour tout report ultérieur !

1. Introduction

L'électronique numérique est la base de la technique informatique moderne. «Numérique», c'est-à-dire qu'il n'y a que des statuts de marche/arrêt nets dans un circuit, mais pas de degrés intermédiaires comme à moitié ou les trois quarts, comme on peut les trouver dans l'électronique analogique. Au premier coup d'oeil, on a donc moins de possibilités. Néanmoins, si on utilise plusieurs circuits numériques en même temps, il y a dans l'ensemble beaucoup de statuts différents. On dénomme chaque statut individuel un bit. Un système 8 bits peut constituer 256 statuts en même temps, un système 16 bits peut atteindre 65 536 statuts. Si tous les statuts changent rapidement, il est possible de traiter d'énormes quantités de données et de réaliser des systèmes complexes tels que l'Internet, par exemple.

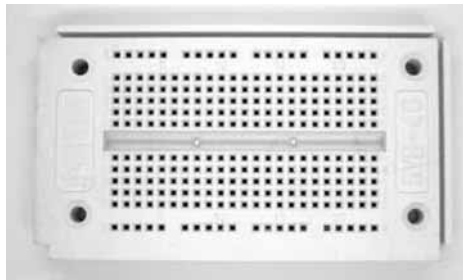
Les premières tentatives pour l'électronique numérique doivent être réalisées avec des composants les plus simples possibles. Un module de base peut être une porte, c'est à dire un circuit avec des entrées et une seule sortie. Le statut au niveau des entrées détermine se qu'il se passe au niveau de la sortie. Un exemple typique est la porte NAND. La porte NAND 4011 utilisée quatre fois dans ce pack d'apprentissage permet déjà de nombreuses variantes de circuit. A partir de plusieurs portes NAND il est possible de monter des circuits avec d'autres fonctions. Même un ordinateur complet est finalement monté selon de telles fonctions de base.

A partir des portes, il est par exemple possible de monter des bascules bistables ou des modules de sauvegarde, qui conservent les derniers statuts acquis. Une bascule plus complexe est la bascule JK, également montée en interne selon les fonctions de portes. Le pack d'apprentissage contient une double bascule JK 4027. Les deux circuits intégrés font partie de la famille des CMOS 4000 et peuvent fonctionner avec une tension comprise entre 3 V et 15 V. Ainsi, ils sont parfaits pour des expériences simples et pour un fonctionnement sur pile de 9 V.

Dans un premier temps, les composants seront présentés. Les différents essais seront menés sur un circuit enfichable. Pour chaque essai, vous trouverez un schéma de circuit et une photo de montage. La photo correspondante est à percevoir comme une proposition; vous pouvez tout à fait agencer les composants différemment. Les fils de raccordement des différents composants ont été partiellement tronqués pour une meilleure vue d'ensemble sur les photos. Utilisez toutefois les fils de raccordement en entier, afin qu'ils puissent rester utilisables pour d'autres essais.

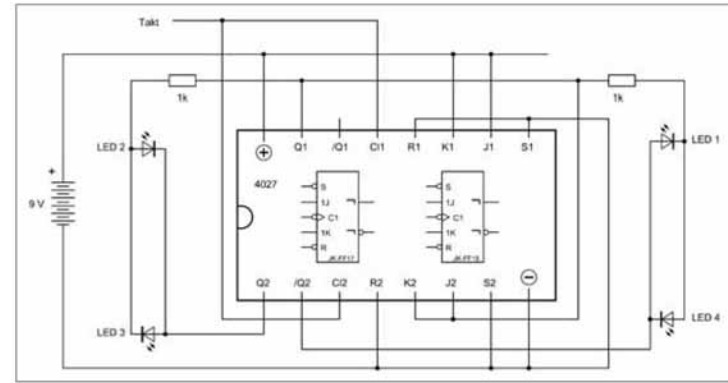
1.1 Panneau enfichable

Toutes les essais sont montés sur une platine d'expérimentation de laboratoire. Le panneau enfichable, disposant au total de 270 contacts de 2,54 mm, assure la sécurité des connexions des composants.



IMG 1 : Le panneau d'expérimentation

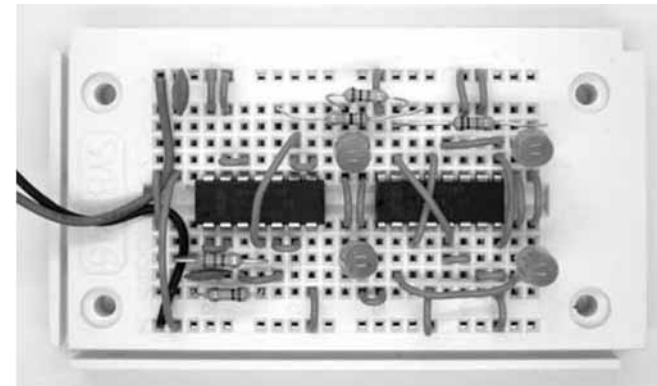
Dans le premier niveau, J et K sont connectés à VBUS, de sorte qu'on obtient une bascule toggle. Lorsque Q1 = 1, l'impulsion d'horloge suivante commute le statut. On obtient ainsi la suite de nombre correcte pour un compteur binaire marche avant.



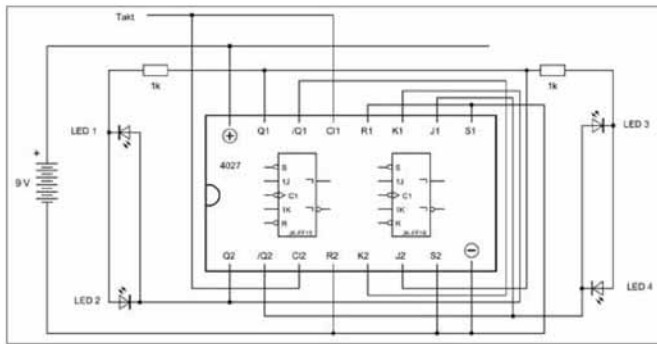
IMG.61 : Compteur synchrone

Ici, quatre LEDs doivent également s'allumer les unes après les autres. Dans l'ensemble, un modèle lumineux se constitue, semblable à un point circulant par la gauche de façon circulaire.

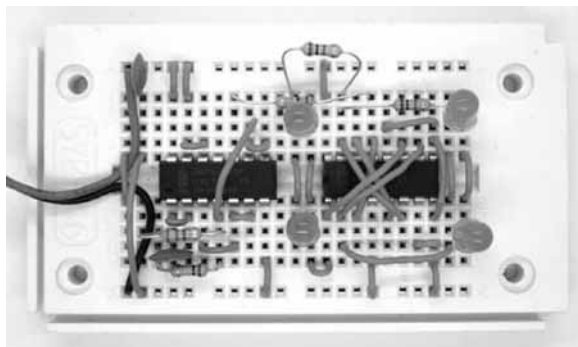
Sortie Q2	Sortie Q1	Valeur	LED 1	LED 2	LED 3	LED 4
0	0	0	1	0	0	0
0	1	1	0	1	0	0
1	0	2	0	0	1	0
1	1	3	0	0	0	1



IMG.62 : Clignotement en cercle



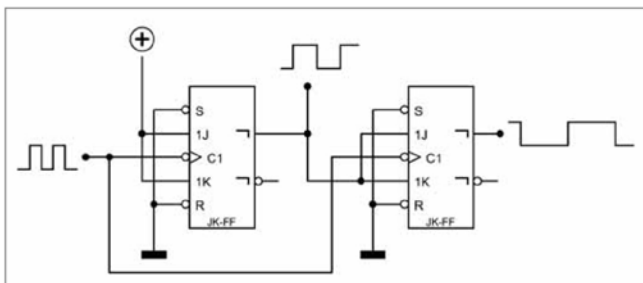
IMG.58 : Le décodeur



IMG 59 : Un clignotant à quatre LEDs

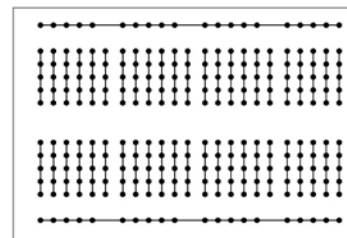
21 Compteur synchrone

Un compteur synchrone à plusieurs niveaux fournit en principe les mêmes résultats qu'un compteur ripple à plusieurs niveaux. La différence est que les sorties commutent désormais exactement au même moment. Pour ce faire, tous les niveaux doivent travailler avec le même rythme. Le signal d'horloge est installé en parallèle à toutes les entrées C de la bascule. Ainsi, une bascule ne peut pas attendre le résultat du niveau précédent, mais elle doit déjà savoir au préalable si elle doit commuter lors de la prochaine impulsion. On relie la sortie Q avec J et K du niveau suivant. Lorsque $Q = 1$, l'impulsion d'horloge suivante commute les deux niveaux en même temps.



IMG.60 : Principe du compteur synchrone

Le panneau dispose de 230 contacts dans sa zone centrale, connectés à chaque fois par 5 contacts conducteurs selon une bande verticale. De plus, le bord dispose de 40 contacts pour l'alimentation en courant, répartis en deux bandes horizontales de 20 contacts à ressort. Le panneau dispose en outre de deux rails d'alimentation indépendants. L'image 2 affiche toutes les connexions internes. On reconnaît les rangées de contacts courtes dans le champ intermédiaire et les longs rails d'alimentation sur les bords.



IMG 2 : Les rangées de contacts internes

La mise en place des composants nécessite généralement beaucoup de force. C'est pourquoi les fils de raccordement se plient ici facilement. Il est important que les fils soient introduits par le haut avec précision. Une pincette ou une petite pince vous sera bien utile en ce sens. Si possible, faites saisir le fil juste au-dessus de la carte test et poussez-le à la verticale. Ainsi, les fils de raccordement sensibles comme les extrémités étamées des clips de piles peuvent être également mis en place.

Pour les essais, vous avez besoin de fils courts et d'autres plus longs, que vous devrez respectivement découper du fil de connexion fourni. Pour dénuder l'extrémité des fils, vous pouvez découper l'isolation à l'aide d'un couteau aiguisé.

1.2 Pile

L'aperçu suivant montre les composants sous leur véritable aspect et en tant que symboles de circuit, comme ils sont utilisés dans les schémas de circuits. Un bloc d'alimentation peut par exemple également être utilisé en lieu et place d'une pile.



IMG 3 : La pile réelle et en tant que symbole de circuit

N'utilisez pas de pile alcaline ni d'accu, mais seulement de simples piles zinc carbone. La pile alcaline dispose certes d'une durée de vie plus longue, mais présente un inconvénient d'importance : elle fournit (comme un accu) en cas de dysfonctionnement (par ex. de courts-circuits) de très grands courants jusqu'à plus de 5 A, qui pourraient faire chauffer fortement les fils fins ou la pile elle-même. Le courant de court-circuit d'une pile zinc carbone 9V est en revanche généralement inférieur à 1 A. Il n'est certes pas exclu qu'il détruise des composants sensibles, mais ne constitue pas un risque d'incendie.

Le clip pile fourni dispose d'un câble de raccordement à toron souple. Les extrémités du câble sont dénudées et étamées. Ainsi, elles sont assez rigides être enfichées dans les contacts de la carte test. En revanche, elles peuvent perdre leur forme par un enfichage trop fréquent. Il est donc recommandé de laisser les bornes de pile toujours branchées et de retirer uniquement le clip de la pile.

1.3 Diodes lumineuses

Le pack d'apprentissage contient quatre LEDs rouges. Vous devez respecter le bon sens de polarité pour toutes les LEDs. La connexion Moins s'appelle la cathode et dispose d'une patte plus courte. La connexion Plus plus longue est l'anode. À l'intérieur de la LED, on reconnaît un support en forme de calice pour le cristal, situé au niveau de la cathode. La connexion de l'anode est reliée à un petit fil extrêmement fin avec un contact sur la partie supérieure du cristal. Attention : Contrairement aux ampoules, les LEDs ne doivent jamais être raccordées directement à une pile. Une résistance de série est toujours nécessaire.



IMG 4 : La diode lumineuse

1.4 Résistances

Les résistances comprises dans le kit sont des résistances à couche de carbone possédant une tolérance de $\pm 5\%$. Le matériau de résistance est appliqué sur une tige en céramique et est recouvert d'une couche de protection. Le marquage se fait sous forme d'anneaux de couleurs. En plus de la valeur de la résistance, vous trouvez également la classe de précision.



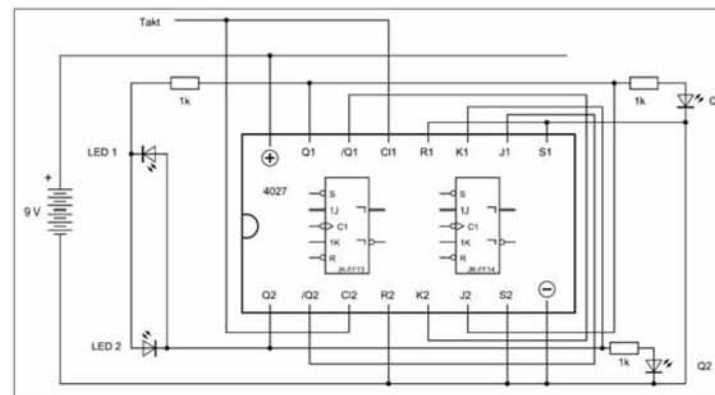
IMG 5 : Une résistance

Les résistances ayant une tolérance de $\pm 5\%$ existent dans des valeurs de la série E24, cependant chaque décade dispose de 24 valeurs d'un écart régulier par rapport à la valeur avoisinante.

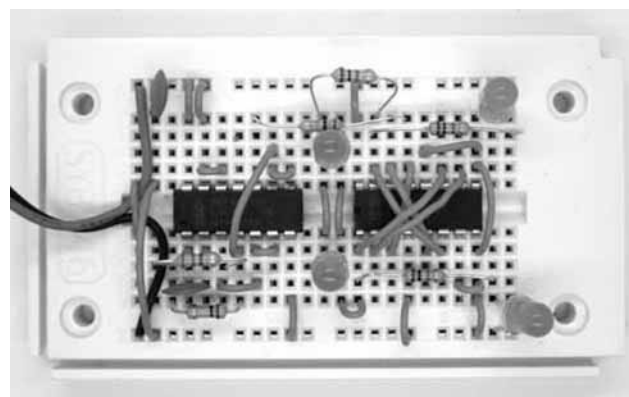
Tableau 1 : Valeurs de résistances selon la série de normes E24

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

Le code couleur se lit à partir de l'anneau qui se situe le plus près du bord de la résistance. Les deux premiers anneaux correspondent à deux chiffres, le troisième désigne un multiplicateur de la résistance en ohms. Le quatrième anneau indique la tolérance.



IMG.56 : Affichage des statuts de bits individuels

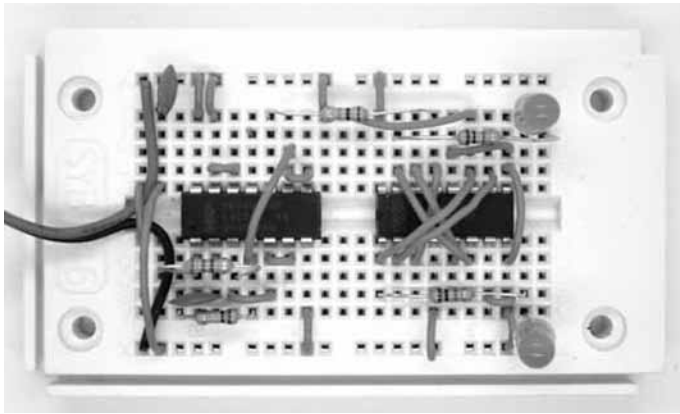


IMG.57 : Montage avec quatre LEDs

20 Une sur les quatre

Afin qu'une seule des quatre LEDs s'allume, les deux LEDs situées à droite sur le schéma de commutation doivent être commutées de la même manière entre les deux bascules. Afin que les deux phases de commutation restantes puissent être décodées, il faut désormais utiliser la sortie Q inversée sur la bascule inférieure.

Sortie Q2	Sortie Q1	Valeur	LED 1	LED 2	LED 3	LED 4
1	0	2	1	0	0	0
1	1	3	0	0	0	1
0	1	1	0	1	0	0
0	0	0	0	0	1	0



IMG.55 : Montage d'essai d'un décalage de phases

Vous pouvez modifier le circuit une seule fois, de sorte que J et K ne soient pas intervertis lors de la contre-réaction. Le résultat est incertain, car il dépend du premier statut de la bascule après la mise en marche. Il est possible que les deux sorties restent en permanence ouvertes ou fermées, ou qu'elles changent en opposition de phase.

19 Décodeur de bits

Lors de l'essai précédent, les deux LEDs restaient éclairées durant deux impulsions. Les phases de commutation seront désormais décodées et affichées individuellement. Cela se produit en faisant commuter deux LEDs supplémentaires avec une prérésistance entre les sorties des deux bascules. Les deux LEDs de gauche s'allument uniquement lorsque les deux sorties Q ont un statut inégal. Étant donné qu'elles ne sont pas commutées en parallèle, des phases lumineuses alternatives sont générées.

Sortie Q2	Sortie Q1	Valeur	LED 1	LED 2
1	0	2	1	0
1	1	3	0	0
0	1	1	0	1
0	0	0	0	0

Tableau 2 : Codes couleurs de la résistance

Couleur	Anneau 1 1 chiffre	Anneau 2 2 chiffres	Anneau 3 Multiplicateur	Anneau 4 Tolérance
Noir		0	1	
Marron	1	1	10	1 %
Rouge	2	2	100	2 %
Orange	3	3	1 000	
Jaune	4	4	10 000	
Vert	5	5	100 000	0,5 %
Bleu	6	6	1 000 000	
Violet	7	7	10 000 000	
Gris	8	8		
Blanc	9	9		
Or			0,1	5 %
Argent			0,01	10 %

Une résistance avec les anneaux jaune, violet, marron et or a une valeur de 470 Ohm à une tolérance de 5 %. Le kit d'apprentissage comprend des résistances aux valeurs suivantes :

1 kΩ	marron, noir, rouge
10 kΩ	marron, noir, orange
100 kΩ	marron, noir, jaune
2,2 MΩ	rouge, rouge, vert

1.5 Condensateurs

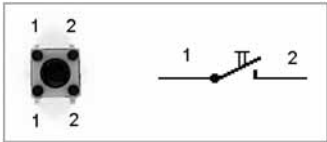
Un condensateur se compose de deux surfaces métalliques et d'une gaine isolante. Lorsque vous le mettez sous tension, un champ de forces électrique se constitue entre les platines du condensateur, qui accumule de l'énergie. La capacité d'un condensateur se mesure en Farad (F). Le matériau isolant (diélectrique) augmente la capacité par rapport à l'isolation de l'air. Les disques condensateurs céramiques utilisent un matériau en céramique spécial, avec lequel il est possible d'atteindre de grandes capacités dans un petit format de construction. Le pack d'apprentissage contient un disque condensateur en céramique de 100 nF (inscription 104, 100 000 pF).



IMG. 6 : Un condensateur céramique

1.6 Bouton poussoir

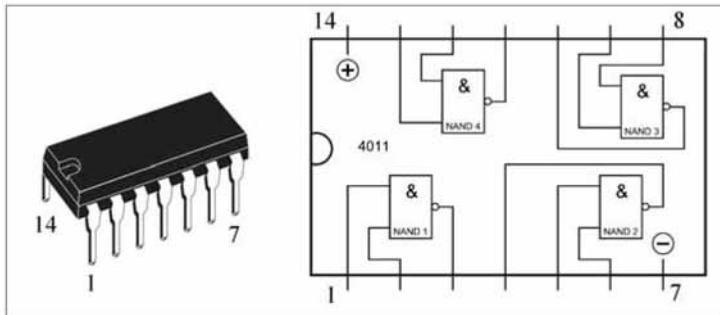
Les boutons poussoirs de ce pack d'apprentissage sont équipés d'un contact à fermeture à deux ports, toujours sortis par deux fois.



IMG. 7 : Le bouton poussoir

1.7 Quatre portes NAND 4011

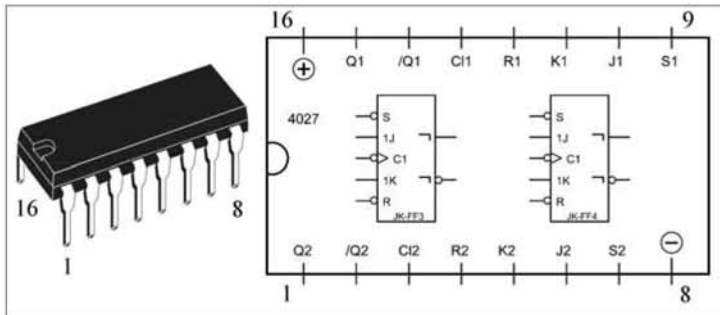
Un circuit intégré (CI) contient de nombreux composants dans un seul boîtier. En 4011, il s'agit d'un CI CMOS avec quatre portes NAND. Le CI est bien protégé contre les décharges électrostatiques et ne doit pas nécessairement être manipulé avec une attention particulière. Veuillez toutefois à ce que la tension de fonctionnement soit correctement connectée. Si le CI est mal monté, il sera fortement chauffé, et donc détruit. Lors de la première mise en place dans la platine, les 14 pattes de raccordement doivent être positionnées parallèlement.



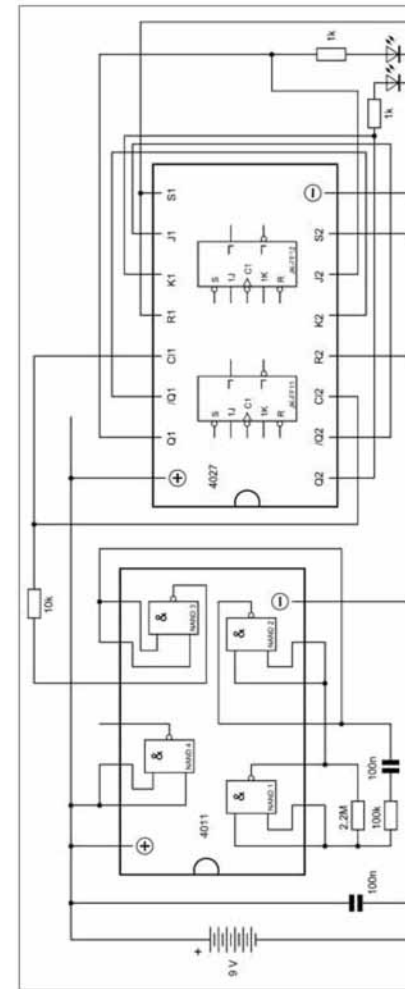
IMG. 8 : Le CI CMOS 4011

1.8 Double bascule JK 4027

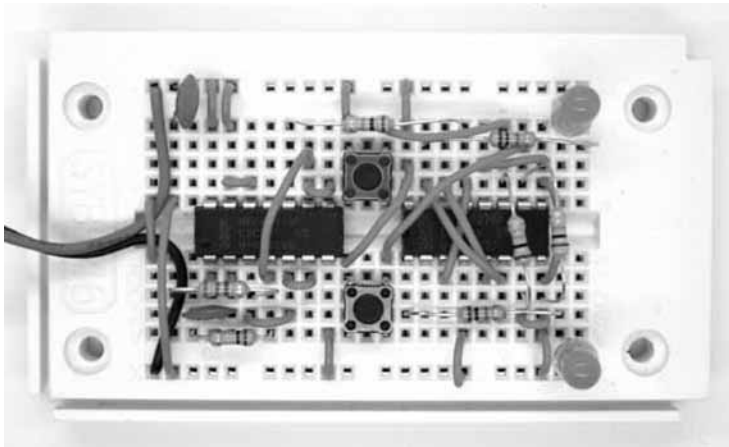
Le 4027 est un CI CMOS de 16 connecteurs. Il contient deux bascules JK indépendantes. Comme pour tous les circuits intégrés, il convient de veiller particulièrement au bon raccordement de la tension. Pour tous les circuits de la série 40xx, la tension de fonctionnement peut être comprise entre 3 V et 15 V.



IMG. 9 : le CI CMOS 4027



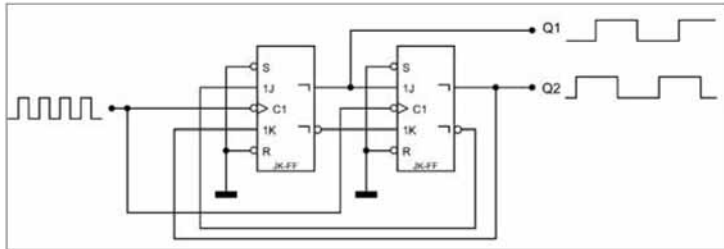
IMG.54 : Commande de deux LEDs à phases décalées



IMG.52 : Montage d'essai d'un registre à décalage

18 Décalage de phases 90 degrés

Réintégrez les signaux de sortie du registre à décalage à deux niveaux sur l'entrée. J et K seront alors inversés. Il en résulte que la première bascule suit le statut inversé respectif de la deuxième bascule. Le second, en revanche, suit le premier comme précédemment, avec un décalage d'horloge. Au final, les deux sorties commutent à tour de rôle. Il en résulte deux signaux rectangulaires symétriques avec un quart de la fréquence d'horloge et avec un décalage d'horloge. Le décalage des phases entre les deux signaux de sortie est de 90 degrés. De tels signaux sont par exemple utilisés dans la technique de télécommunication.

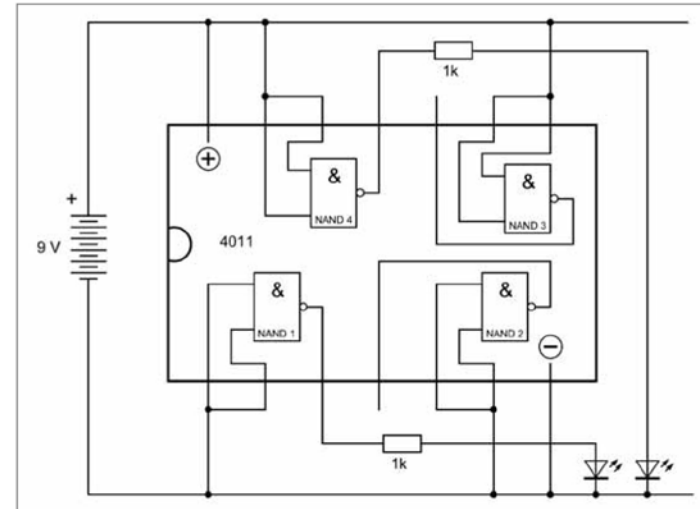


IMG.53 : Signaux de sortie à phases décalées

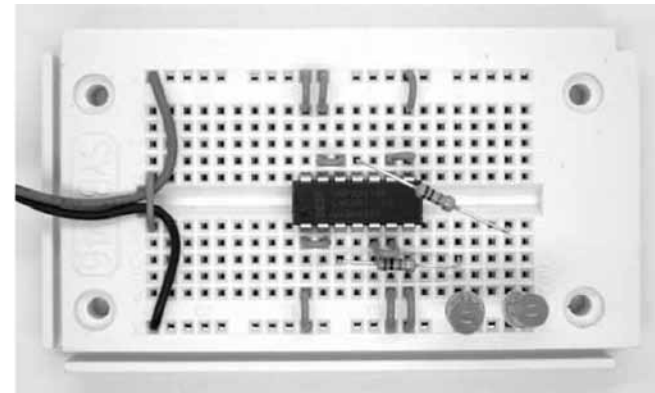
Sortie Q1	Sortie Q2	Valeur	LED 1	LED 2
0	1	1	1	0
1	1	3	0	0
1	0	2	0	1
0	0	0	0	0

2 Inverseur

Le CI-CMOS 4011 est équipé de quatre portes NAND indépendantes avec deux entrées chacune. Un premier essai montre l'utilisation du CI sur une tension de pile 9 V et le raccordement de LEDs. Lors de l'installation, il est impératif de respecter la bonne polarité. La borne Plus est également appelée VBUS, la borne Moins GND. Il faut faire attention pour tous les CI CMOS, que les entrées non utilisées soient positionnées soit sur VBUS soit sur GND. Les entrées ouvertes peuvent générer une consommation élevée et un dysfonctionnement du circuit. Les sorties ouvertes sont en revanche autorisées.

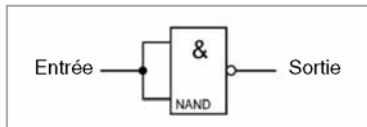


IMG.10 : Circuit test avec portes NAND



IMG. 11 : Montage sur la platine

Le circuit n'utilise que deux des quatre portes NAND (NAND 1 et NAND 4). Les deux entrées sont respectivement reliées. Ainsi, la porte NAND travaillera comme un inverseur. Un statut d'entrée 0 correspondra à un statut de sortie 1 et vice-versa. Une LED est raccordée à la sortie en compagnie de sa résistance série. Pour cet essai, la LED de gauche s'allume, tandis que la LED de droite reste éteinte.



IMG 12 : Une porte NAND comme inverseur

La fonction du circuit est représentée par une table de vérité. L'entrée GND (0) est située au niveau de la partie inférieure de la porte (NAND 1), la sortie est donc sous tension (1). L'entrée VBUS (1) est située au niveau de la partie supérieure de la porte (NAND 4), la sortie est donc hors tension (0).

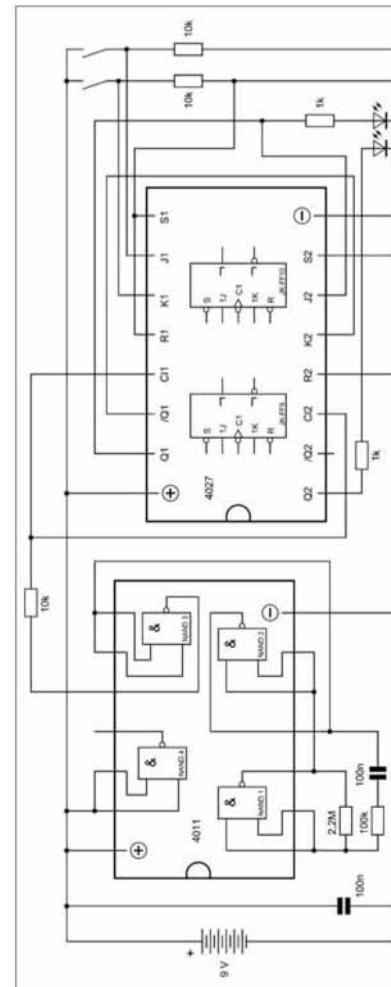
Entrée	Sortie
0	1
1	0

3 Commutateur de contact

Cet essai utilise une porte en tant qu'inverseur avec entrée ouverte. L'entrée reçoit une résistance de protection de 100 kΩ et peut être touchée avec le doigt. La résistance de protection limite le courant de décharge.

Le statut de sortie de ce circuit ne peut pas être déterminé, car l'entrée dispose d'une impédance extrêmement élevée et peut supporter une charge aléatoire. Si la tension d'entrée est nettement au dessus de la demi tension (4,5 V), le statut 1 est nettement en dessous de 0. Il y a également une tension d'entrée moyenne, à partir de laquelle la sortie se situe également dans la zone centrale. Le circuit numérique fonctionne alors comme un amplificateur analogique. En règle générale, ce statut doit néanmoins être évité, car le CI nécessite alors bien plus de courant. De plus, un statut d'entrée non déterminé peut perturber les fonctions d'un circuit numérique. Les entrées ouvertes doivent être évitées. Cet essai offre toutefois un aperçu sur le comportement d'une entrée ouverte.

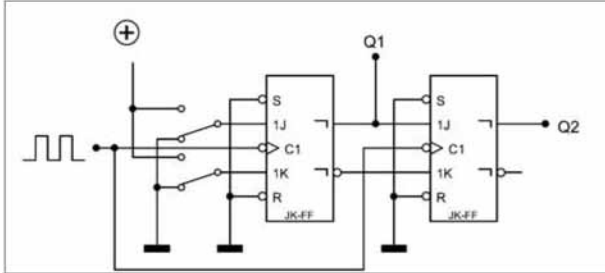
Souvent, il suffit d'une simple effleurement avec le doigt pour modifier le statut. La plupart du temps, le corps dispose d'une certaine tension alternative grâce au faible couplage capacitif avec les cordons d'alimentation qui l'entourent. Au niveau de la sortie, on voit alors la LED scintiller rapidement à 50 Hz. Si l'entrée est laissée inutilisée, le dernier statut reste maintenu pendant un certain temps.



IMG.51 : Circuit test pour registre à décalage

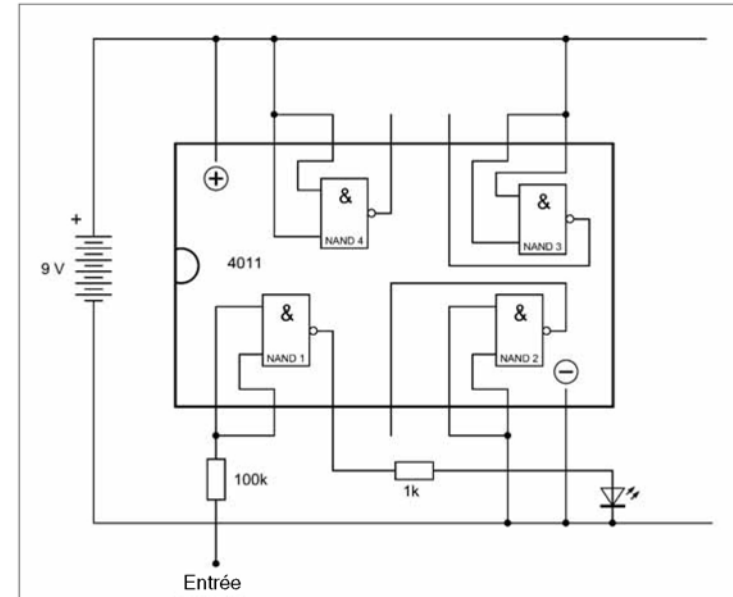
17 Registre à décalage

Un registre à décalage repousse les statuts d'entrée d'un niveau supérieur à chaque impulsion d'horloge. Avec le 4027, il est possible de monter deux niveaux. Le signal d'horloge est à présent monté en parallèle sur les deux entrées d'horloge. Au niveau de l'entrée, on a à nouveau deux boutons sur J et K. La connexion vers la prochaine étape s'avère déterminante. Q mène à J et /Q à K. Lors d'un front d'horloge positif, la première bascule prend en charge les statuts inégaux de J et de K. La deuxième bascule JK prend en charge dans le même temps les anciens statuts de la première bascule, étant donné que les nouveaux statuts ne prennent effet qu'après un petit temps d'attente suivant le front d'horloge.

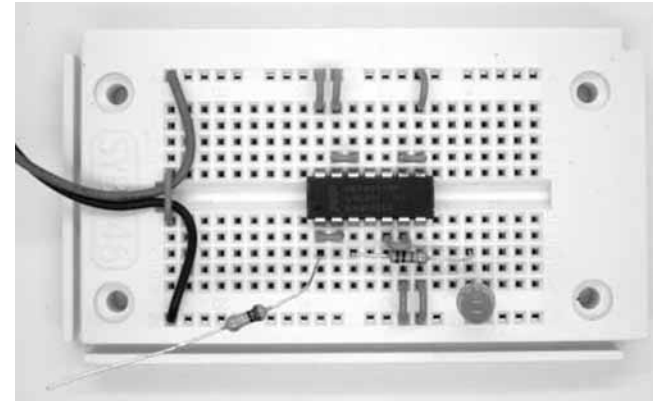


IMG.50 : Bascule JK en tant que registre à décalage

Dans le statut de mise en veille prolongée, les deux entrées J et K sont sur 0. Appuyez maintenant sur le bouton J. Le statut 1 est pris en charge sur Q1 lors de la prochaine impulsion d'horloge et également sur Q2 pour les suivantes. On peut nettement identifier décalage de rythme. Relâchez le bouton. La sortie n'est pas modifiée, car les deux entrées J et K sont désormais sur le premier niveau 0. Les deux sorties restent donc ouvertes. Appuyez alors sur le bouton K. Ainsi, Q1 passe sur 0 lors de la prochaine impulsion d'horloge, et Q2 suit également avec un décalage d'une impulsion. Si vous appuyez sur les deux boutons J et K, la première bascule commute. Le second suit les statuts avec un décalage d'horloge. On obtient au final un clignotement alterné.



IMG.13 : Inverseur avec entrée ouverte

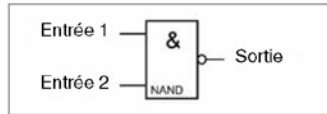


IMG.14 : Montage avec commutateur de contact

4 Fonction de base NAND

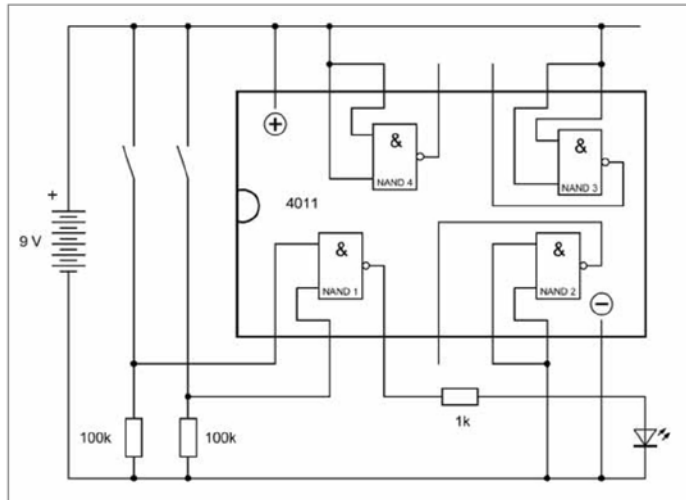
Dans cette essai; il s'agit de rechercher la fonction effective d'une porte NAND. Ainsi, il s'agit d'une fonction ET avec l'inversion subséquente. La fonction ET (AND) se définit de la manière suivante : ce n'est que lorsque l'entrée 1 ET l'entrée 2 sont ouvertes que la sortie est également ouverte. De même pour la fonction NAND : ce n'est que lorsque l'entrée 1 ET l'entrée 2 sont ouvertes que la sortie est fermée. Cela est également montré par la table de vérité de la porte NAND.

Entrée 1	Entrée 2	Sortie
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

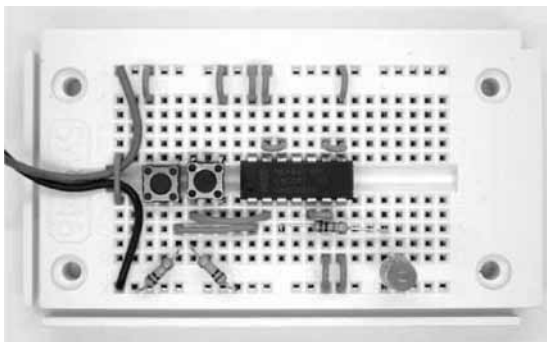


IMG 15 : Connecteurs d'une porte NAND

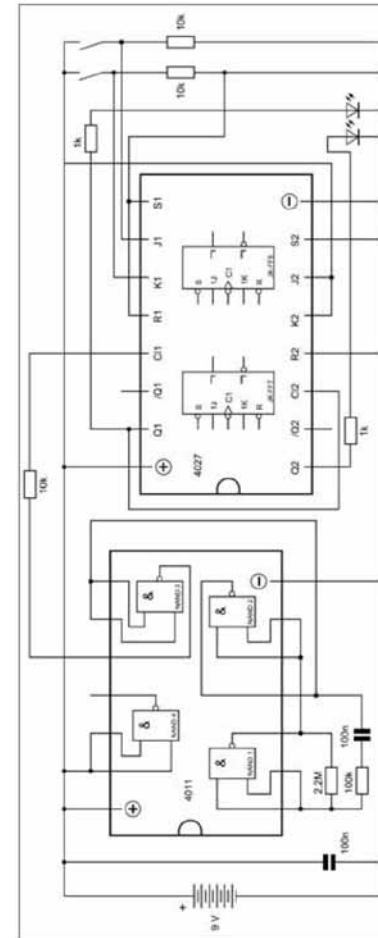
Le circuit utilise deux résistances de 100 kΩ, pour mettre en place le statut 0 de mise en veille. Avec le commutateur de contact, un statut 1 peut être mis en service à chaque fois. Dans ce cas, la LED est en statut de mise en veille. Ce n'est que lorsque les deux boutons-poussoirs sont enfoncés simultanément qu'elle se désactive.



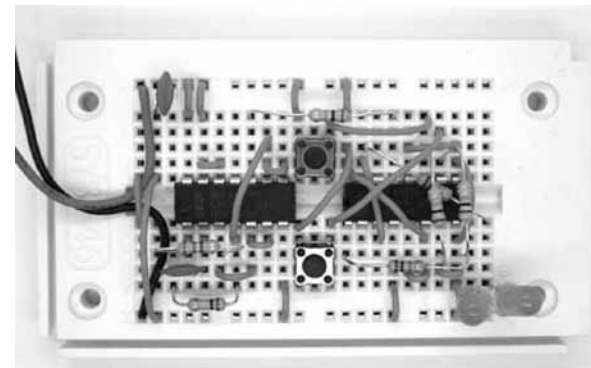
IMG.16 : Commutateur sur les entrées



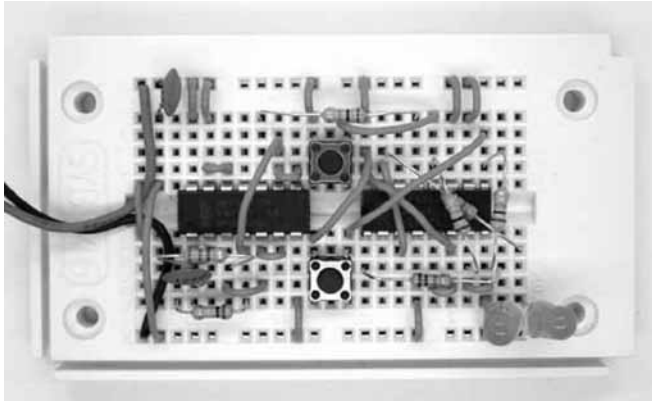
IMG.17 : Montage avec commutateurs de contact



IMG.48 : Circuit test pour la bascule JK



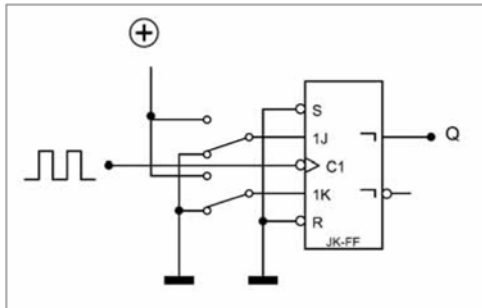
IMG.49 : Boutons sur J et K



IMG.46 : Montage du bouton

16 Bascule JK

Les entrées J et K donnent son nom à la bascule JK. Elles vont maintenant être examinées en détail. Pour ce faire, reliez les deux boutons-poussoirs et leurs résistances respectives avec les entrées J et K de la bascule supérieure. Une fois le rythme ajusté, vous pouvez désormais tester tous les statuts de J et K. Une fonction est déjà connue des essais précédents : avec $J = 1$ et $K = 1$, la sortie commute à chaque front d'horloge positif (toggle). Vous pouvez alors tester les autres statuts. Avec $J = 0$ et $K = 0$, la sortie Q conserve son statut, et la bascule ne réagit donc pas aux impulsions d'horloge. Si les deux entrées J et K sont inégales, la bascule prend en charge le statut de J sur Q lors de la prochaine impulsion d'horloge. En principe, le statut Q inversé apparaît au niveau de la sortie Q inversée.



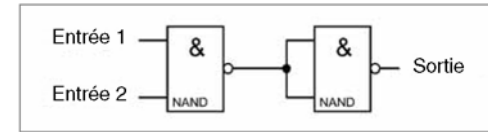
IMG.47 : Principe de fonctionnement de la bascule JK

Entrée J	Entrée K	Entrée C	Sortie Q	Sortie /Q
0	0	0-1	inchangé	inchangé
0	1	0-1	0	1
1	0	0-1	1	0
1	1	0-1	commutation	commutation

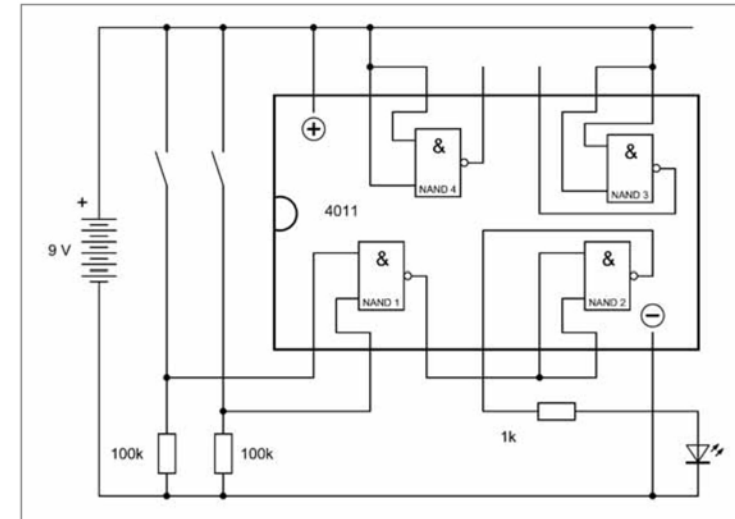
5 Porte AND

Grâce à un inverseur subséquent, un circuit AND peut être monté à partir d'une porte NAND. Mais cette fois, la règle est la suivante : ce n'est que lorsque les deux interrupteurs sont fermés que la LED s'allume.

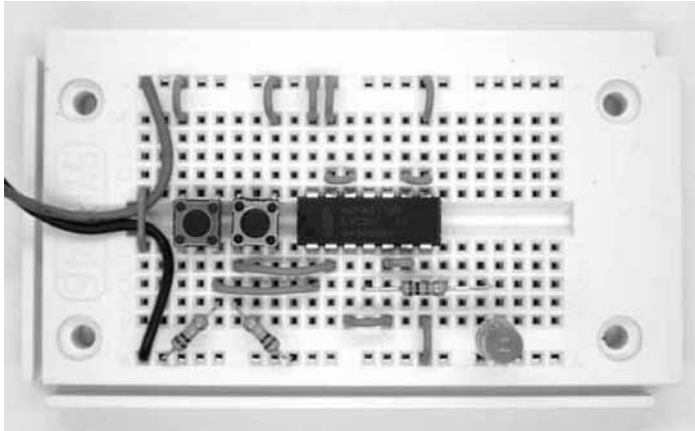
Entrée 1	Entrée 2	Sortie
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1



IMG.18 : Porte AND



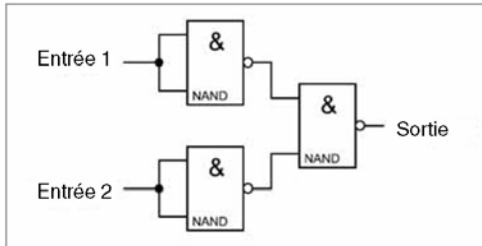
IMG.19 : Circuit de test AND



IMG.20 : Montage du circuit AND

6 Porte OR

Si on inverse ensuite les deux entrées de la porte NAND, on obtient une porte OR. La fonction OU (OR) est la suivante : si l'entrée 1 OU l'entrée 2 OU les deux sont ouvertes, que la sortie est ouverte.



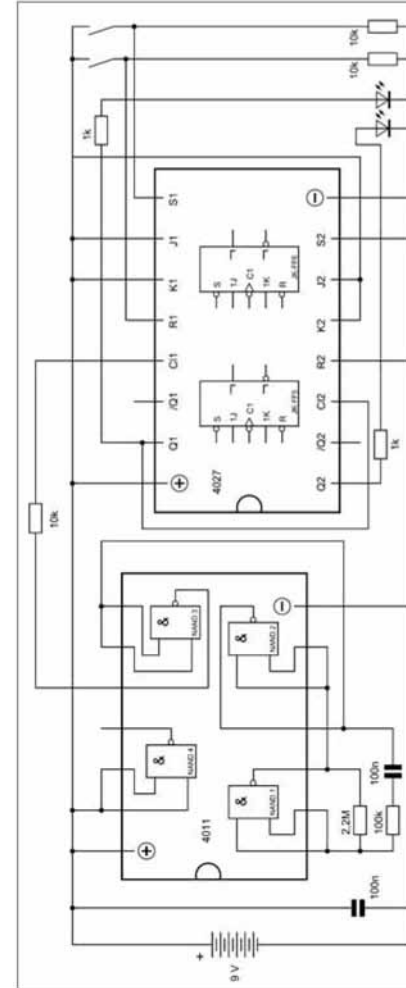
IMG.21 : Circuit OU

Entrée 1	Entrée 2	Sortie
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

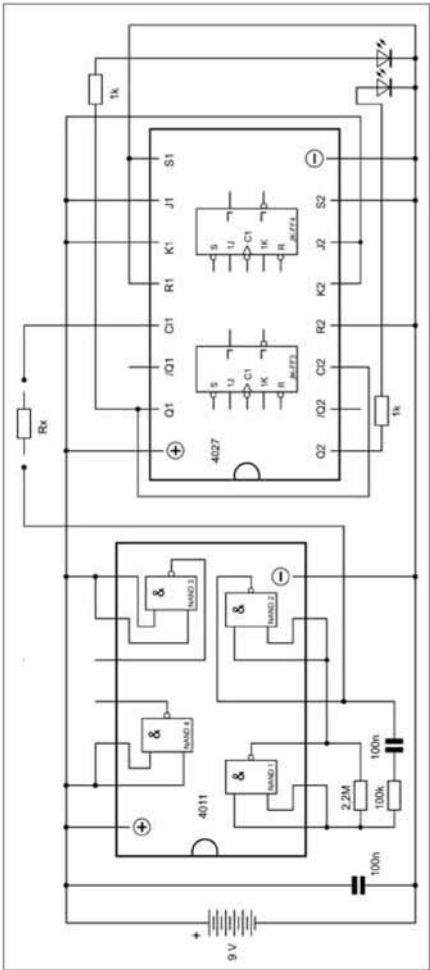
15 Set et Reset

Les entrées R et S peuvent être utilisées comme sur une bascule RS. Elles sont utilisées ici avec deux contacteurs. De plus, les entrées sont munies de résistances contre GND qui définissent le niveau de repos 0. Le premier niveau de chiffres peut désormais être supprimé (R) ou défini (S) au choix. Tant que l'un des boutons est enfoncé, le compteur reste maintenu dans le statut correspondant. Ainsi, le statut du deuxième niveau de chiffres ne change plus non plus.

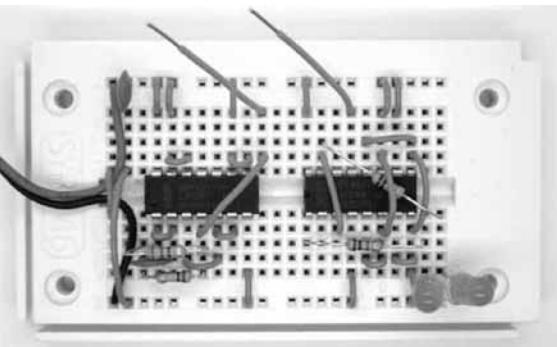
Le générateur d'horloge a été étendu dans ce circuit sous la forme d'un inverseur avec NAND 3 par un amplificateur séparateur. Cette mesure améliore l'immunité aux interférences, ce qui s'avère également important pour certains des essais suivants.



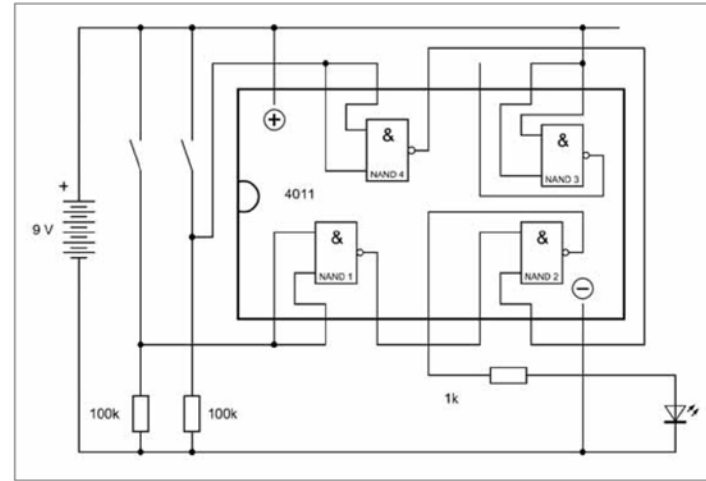
IMG.45 : Set et Reset pour le premier compteur



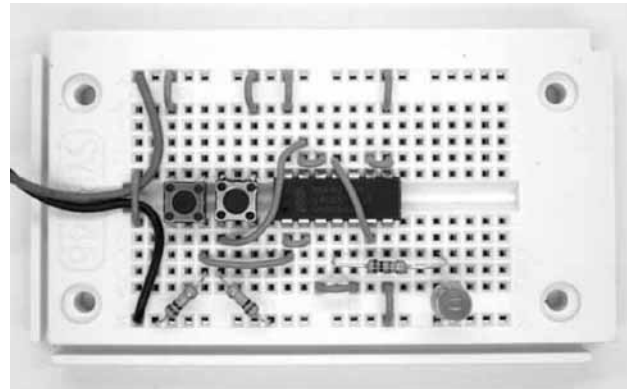
IMG.43 : Ligne d'horloge discontinue



IMG.44 : Compteur avec commutateurs de contacts



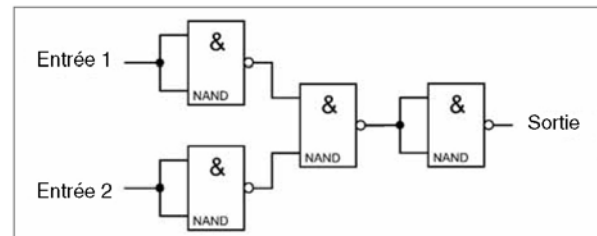
IMG.22 : Câblage du circuit OR



IMG.23 : Test du circuit OR

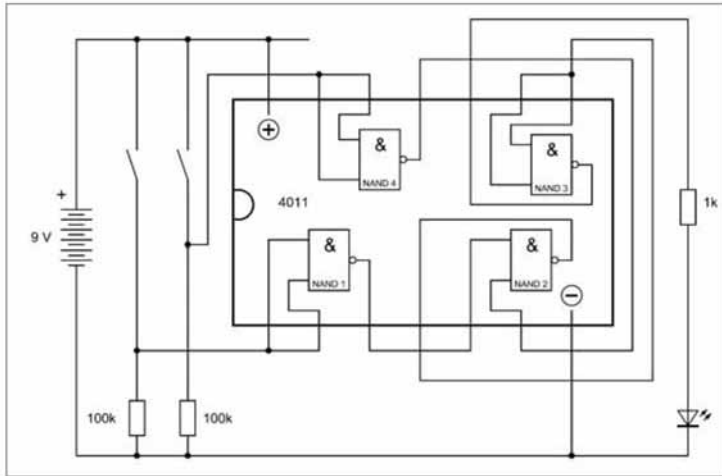
7 Porte NOR

Un inverseur supplémentaire derrière la porte OR génère une fonction «ni» (NOR). Pour établir une porte NOR, les quatre portes NAND 4011 sont nécessaires.

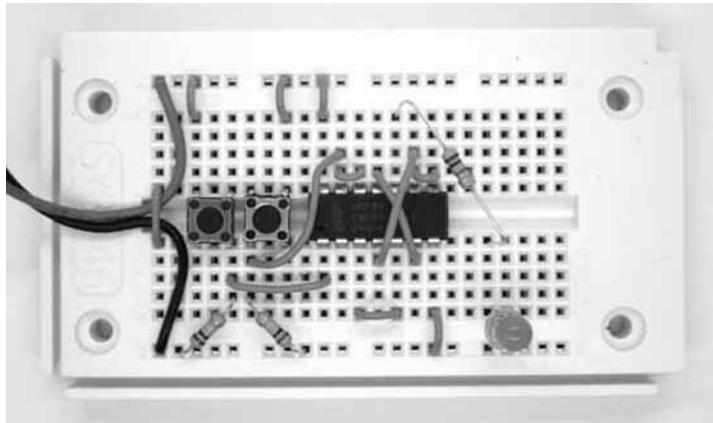


IMG.24 : Montage d'une porte NOR

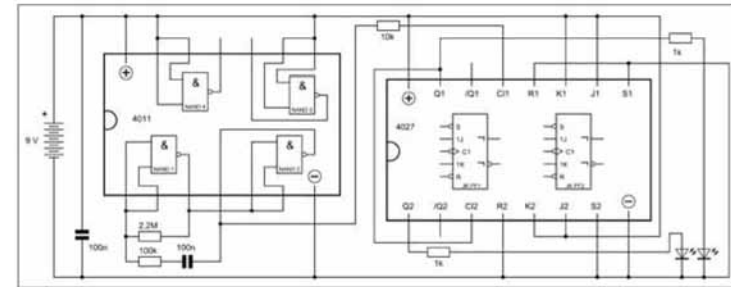
Entrée 1	Entrée 2	Sortie
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0



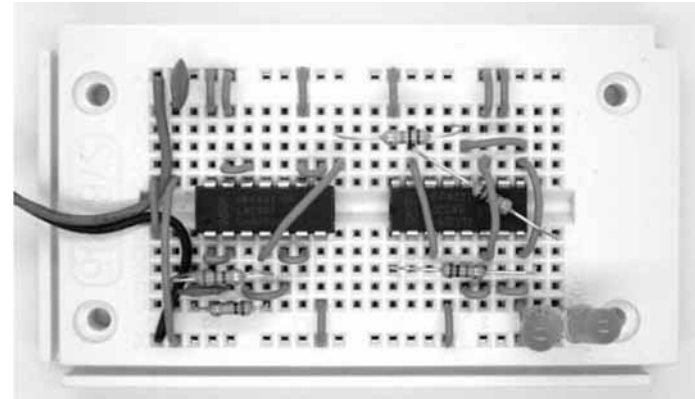
IMG.25 : Câblage de l'essai NOR



IMG.26 : Test du circuit NOR



IMG.41 : Diviser par 2 et par 4

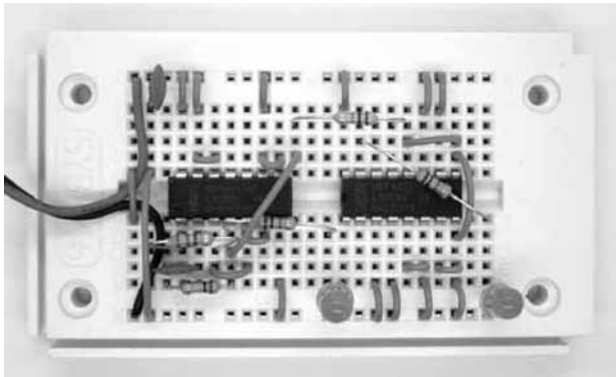


IMG.42 : Montage du compteur binaire

Ce circuit de bascules toggle commutées consécutivement est également appelé compteur asynchrone ou «Ripple-Counter» L'étape suivante ne commute qu'avec un retard de quelques nanosecondes, restant sommes toutes invisible à l'oeil nu.

14 Stop and Go

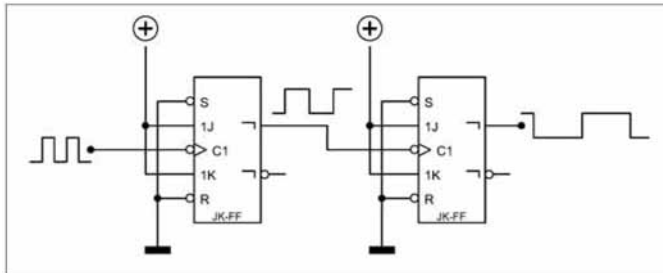
Installez deux fils aux extrémités ouvertes en lieu et place de la résistance 10 kΩ. La résistance Rx est alors formée par le toucher, par exemple. Commutez et décommutez le signal d'horloge par un contact avec le doigt. Vous pouvez ainsi laisser tourner et arrêter le compteur. Essayez une fois de geler les sorties dans le statut 1. Une autre possibilité consiste à ne toucher que l'entrée d'horloge. Le plus souvent, un signal 50 Hz fait l'effet d'une horloge. Au total, cette fréquence se trouve divisée par 4. La dernière sortie clignote de manière bien visible à 12,5 Hz. Ce circuit peut être utilisé comme générateur aléatoire comme un dé. Les deux LEDs indiquent le nombre binaire aléatoire respectif.



IMG.39 : Affichage de la fréquence de base et de la demi fréquence

13 Répartiteur par 4

Deux bascules toggle peuvent être commutées coup sur coup. La sortie Q de la première bascule commande l'entrée C de la deuxième bascule. Au total, la fréquence d'entrée se voit ainsi divisée par 4.



IMG.40 : Deux répartiteurs consécutifs

Impulsion	Sortie 2	Sortie 1	Statut compteur
0	0	0	0
1	1	1	3
0	1	1	3
1	1	0	2
0	1	0	2
1	0	1	1
0	0	1	1
1	0	0	0
0	0	0	0

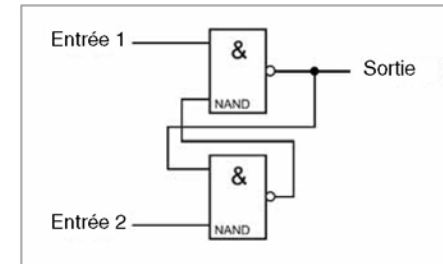
En même temps, le circuit peut être utilisé comme compteur, si l'on considère les statuts de sortie comme bits d'un nombre numérique. Le statut au niveau de la sortie 1 doit alors être à droite. Il en résulte les nombres binaires 00, 11, 10, 01, 00. Le circuit compte donc à rebours : 0, 3, 2, 1, 0, etc. Cela est dû au fait que l'entrée d'horloge réagit au front positif.

8 Bascule RS

Une bascule est un circuit qui peut maintenir un des deux statuts de manière indépendante. Un statut numérique peut donc être enregistré. La sortie peut être commutée par certains statuts d'entrée. La bascule RS dispose de deux entrées, Reset (R) et Set (S). En statut de mise en veille prolongée, les deux entrées présentent une valeur élevée ($R = 1, S = 1$). La sortie n'est donc pas déterminée (X) et dépend de l'historique. Si on commute R sur 0, la sortie est désactivée. Si, en revanche, on commute S sur zéro, elle est activée.

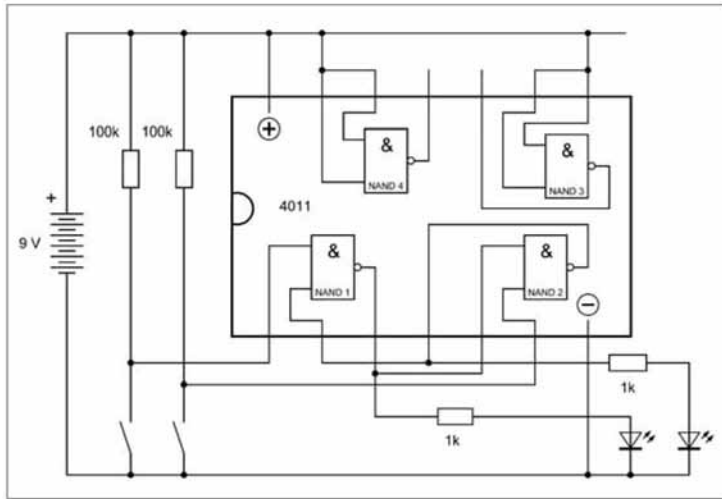
Entrée 1	Entrée 2	Sortie
0	0	1
0	1	1
1	0	0
1	1	x

La bascule RS peut être montée sur deux portes NAND, et les sorties sont montées en rétroaction sur une entrée de l'autre porte. La contre-réaction fait en sorte qu'un statut utilisé une fois est conservé.

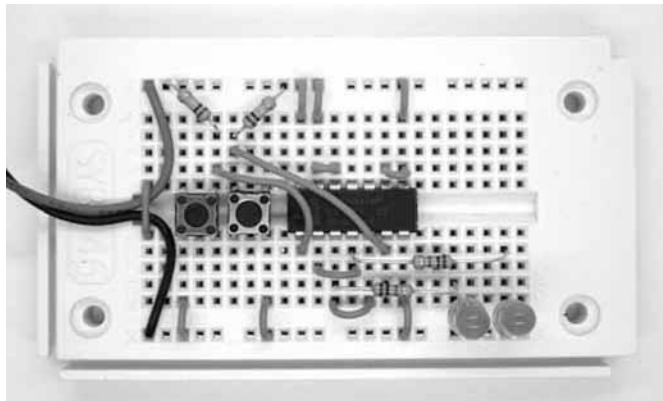


IMG.27 : Principe de base de la bascule RS

Dans le circuit effectif monté, les deux sorties se situent au niveau des LEDs. Le statut inversé de NAND 1 apparaît toujours au niveau de la sortie de NAND 2. Deux résistances contre VBUS assurent le statut de mise en veille prolongée 1. Les interrupteurs peuvent forcer un statut 0 et ainsi modifier le statut de sortie. Lors de la mise en marche de l'alimentation, une des deux LEDs s'allume - il n'est pas possible de déterminer laquelle. Les deux statuts peuvent alors être commutés entre-eux à l'aide des deux boutons.



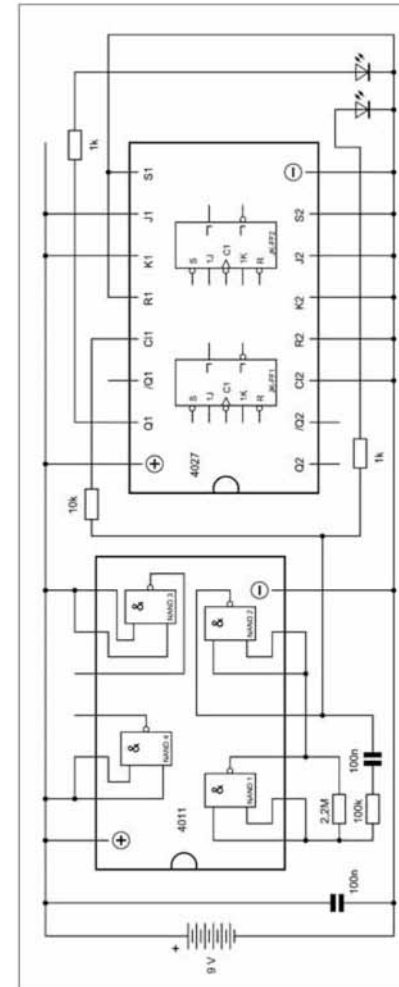
IMG.28 : Schéma de circuit de la bascule RS



IMG.29 : Montage avec interrupteurs R et S

9 Circuit clignotant

Avec deux portes NAND, deux résistances et un condensateur, vous pouvez monter une bascule astable, qui peut commuter et décommuter de manière indépendante. Comme dans le cas d'une bascule RS, une contre-réaction sera ici générée. Néanmoins, un statut est stable aussi longtemps que le condensateur est chargé. Le statut de sortie ne bascule qu'après. Il ne s'agit pas d'un circuit numérique au sens strict, car la tension d'entrée de la porte gauche change progressivement. Il en résulte tout de même au final un signal numérique au niveau de la sortie, qui bascule par intermittence.

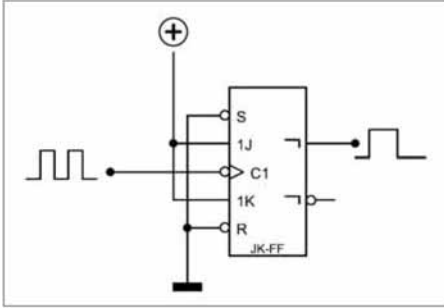


IMG.38 : Utilisation de la bascule toggle

Pour cet essai, le signal d'horloge tout comme le signal de sortie de la bascule sont indiqués par les LEDs. On voit nettement que le statut de sortie ne change que deux fois moins vite que le signal d'horloge.

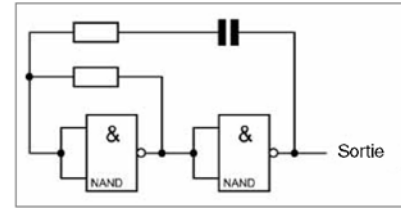
12 Répartiteur de fréquence

Le CI CMOS 4027 contient deux bascules JK indépendantes. Une bascule JK est un circuit relativement complexe et très polyvalent. Lors du premier essai, le CI est utilisé en tant que bascule toggle. Les entrées R et S doivent pour cela être positionnées sur GND, les entrées J et K sur VBUS. « Toggle » signifie commuter. Le statut de sortie est modifié à chaque changement de statut 0-1 au niveau de l'entrée d'horloge (Clock, C), et donc à chaque front d'horloge positif. Il en résulte au final un signal rectangulaire avec la moitié de la fréquence d'horloge au niveau de la sortie.



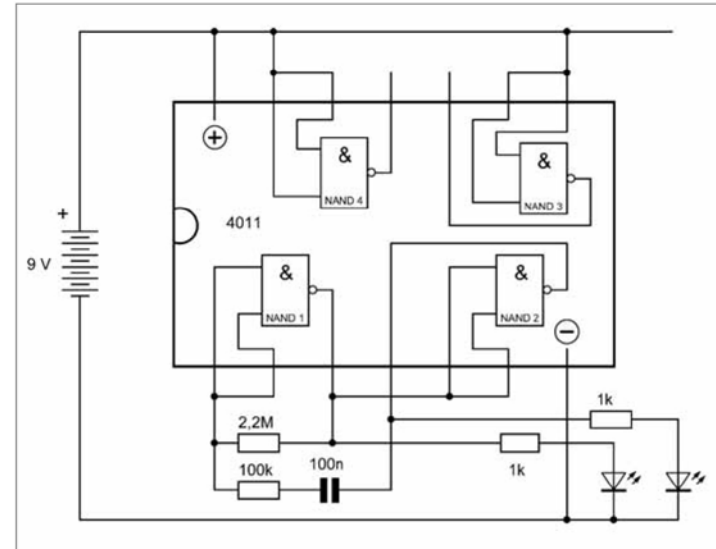
IMG.37 : La bascule JK en tant que bascule toggle

Les circuits à bascule sont sensibles aux interférences. Un condensateur entre VBUS et GND empêche les interférences qui peuvent occurer via les fils d'alimentation. Pour garantir la fiabilité du circuit, il convient en outre d'ajouter une résistance de 10 kΩ dans la ligne d'horloge.

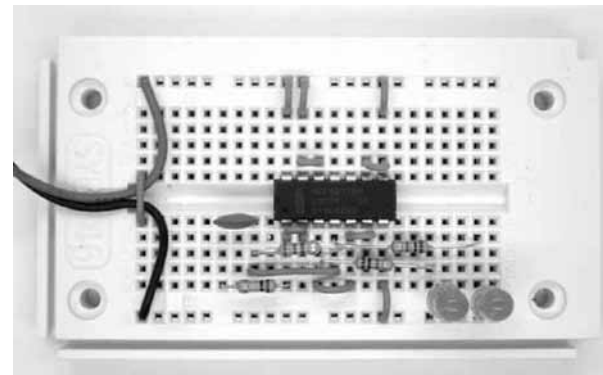


IMG.30 : Bascule astable

Une fois le circuit monté, les deux portes NAND sont dotées de LEDs, qui clignotent ainsi alternativement. Les résistances et le condensateur sont ainsi sélectionnés, de sorte qu'ils génèrent un clignotement bien visible avec une fréquence d'environ 2 Hz. Le circuit présenté ici est également utilisé par la suite comme source d'horloge pour circuits numériques plus complexes.



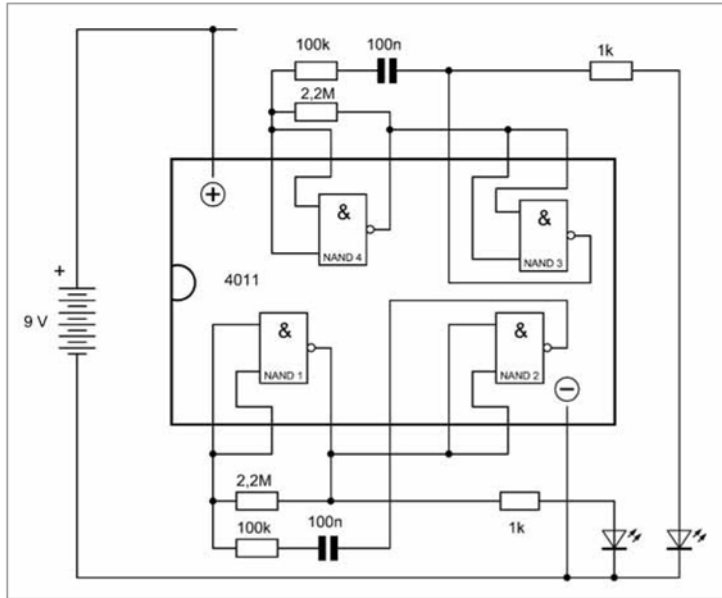
IMG.31 : Clignotants avec deux LEDs



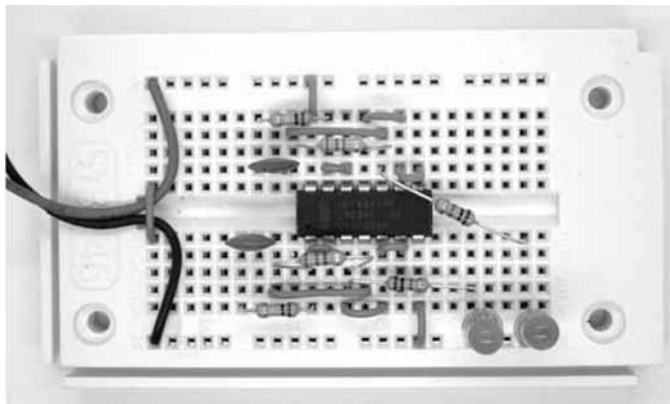
IMG.32 : Montage du clignotant

10 Double clignotant

Avec quatre portes, il est possible de monter simultanément deux circuits clignotants indépendants. En théorie, il est préférable de les faire travailler à la même fréquence. Toutefois, la faible tolérance des composants ne fait pas travailler les deux circuits de manière tout à fait synchrone, ce qui s'avère bien pratique. Si vous touchez l'un des condensateurs avec le doigt, cela entraîne un léger échauffement qui provoque réduction minimale de la capacité. Le clignotant correspondant fonctionne alors un peu plus rapidement.



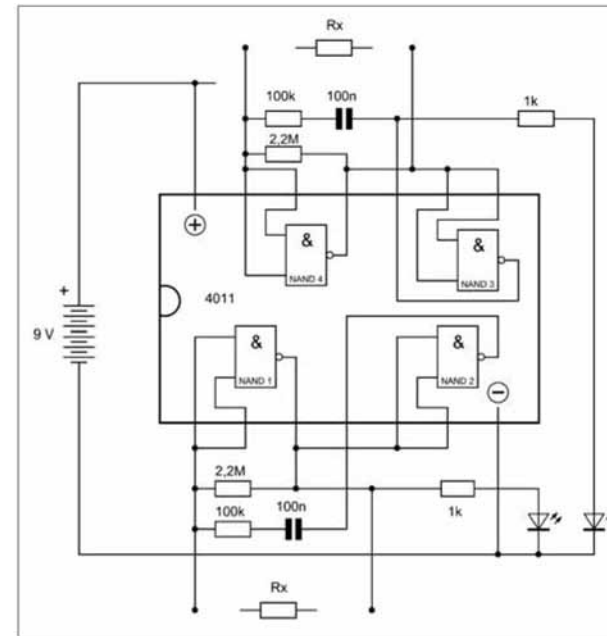
IMG.33 : Deux clignotants identiques



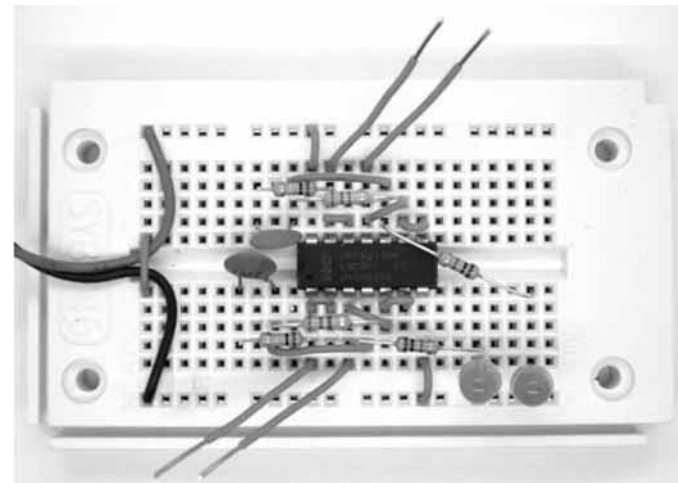
IMG.34 : Fréquence de clignotement indépendante

11 Fréquence variable

La fréquence des deux clignotants peut varier sur une échelle assez large, si une résistance externe est installée sur le circuit parallèlement à la résistance de 2,2M Ω . Ici, une résistance de couche est utilisée. Un léger contact des deux extrémités de fils entraîne une augmentation de la fréquence. Les oscillateurs permettent de comparer les résistances de couches de deux personnes.



IMG.35 : Fréquence de clignotement modifiable



IMG.36 : Montage avec doigts de contacts