

Cocomment filtrer les rebonds d'un contact mécanique ?

Un interrupteur est soit ouvert, soit fermé, n'est-ce pas ?

Clemens Valens



Il est tentant de considérer les interrupteurs comme de simples dispositifs à deux états, ouverts ou fermés. La plupart du temps, ça passe, mais il y a des situations où ça casse. Une vision aussi simpliste cause des problèmes, car elle ne fait pas de la résistance de contact, ni du rebond.

Tout n'est qu'une question de temps

Comme toute chose dans l'univers, les changements d'état prennent du temps. Les changements mécaniques aussi. La plupart des interrupteurs sont des dispositifs mécaniques lents : la stabilisation après un changement d'état peut durer plusieurs dizaines de millisecondes. Lors du changement d'état, le contact rebondit plusieurs fois, comme une balle au sol. Un rebond similaire se manifeste à l'ouverture. Une électronique beaucoup plus rapide que le commutateur mécanique est susceptible de remarquer ces rebonds et d'être dérangée par eux. Ainsi, au lieu de répondre à une seule pression sur un bouton, un système croyant en détecter plusieurs, va effectuer autant d'actions, et parcourir p.ex. des menus, ne laissant aucune chance à l'utilisateur de sélectionner l'option souhaitée.

Pour préserver un système des rebonds, on les supprime. Plusieurs méthodes existent, depuis les filtres RC analogiques jusqu'aux algorithmes logiciels, en passant par les circuits spécialisés. Ils ont en commun (d'essayer) de fournir au système un état de contact défini et stable. Quand on parle de contact, ça peut être un interrupteur ou un bouton-poussoir actionné par une main, mais aussi un contact commandé par une machine comme un microrupteur, un codeur rotatif ou un relais.

Réseau RC anti-rebond

L'idée du réseau RC est de connecter le commutateur à un réseau beaucoup plus lent que le commutateur lui-même. S'il est suffisamment lent, il ne remarquera pas les rebonds à son entrée. La sortie du circuit présente un état stable, bas ou haut, avec des transitions lentes (fig. 1). La solution est simple et commode, pas parfaite :

- Lorsque l'hystérésis de l'entrée est insuffisante, en présence de bruit, un signal changeant lentement appliqué à une entrée rapide aura des effets indésirables assez similaires à ceux d'un rebond. Ceci se traduit éventuellement par une consommation d'énergie excessive. Il faut des

entrées à trigger de Schmitt du côté de la réception. S'il n'y en a pas, rajoutez-les à votre filtre ;

- Si le réseau est trop lent, des changements d'état courts mais valides risquent d'être perdus ;
- Il faut des composants supplémentaires qui prennent de la place sur la carte et ne sont pas gratuits ;
- Dans la configuration habituelle de commutation à la masse, avec résistance de rappel et réseau RC, l'ouverture et la fermeture du contact ne donnent pas le même résultat. Une diode peut résoudre ce problème (fig. 1) mais ça fera une ligne de plus dans la liste des composants requis.

Plus ambitieux

Un verrou SR (*set-reset latch*) ou une bascule D peuvent éliminer les rebonds, mais il faut un inverseur (SPDT) ou un commutateur, toujours plus cher qu'un simple interrupteur SPST. Cette méthode est facile à implémenter par logiciel si vous êtes prêt à sacrifier deux broches par commutateur SPST. Un multivibrateur monostable ou un temporisateur peuvent servir aussi, mais, au lieu d'un niveau haut ou bas, ils produisent une impulsion.

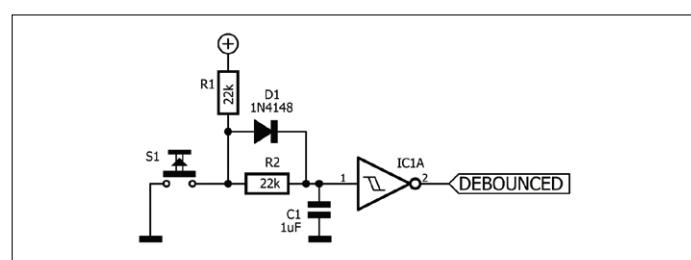


Figure 1. Un réseau RC élimine les rebonds d'un contact mécanique. Les valeurs de R1, R2 et C1 dépendent du contexte, mais les valeurs données ici conviendront dans de nombreux cas. Grâce à D1, l'effet sera le même à l'ouverture et la fermeture du contact.

Il existe des circuits intégrés spéciaux pour éliminer les rebonds. Le MC14490 (**fig. 2**) est un classique, mais il y en a d'autres comme le MAX6816 (canaux multiples MAX6817 & MAX6818) ou le LTC6994. La société *LogiSwitch* s'efforce de gagner sa vie sur le dos des rebonds. *Maxim* également propose des 'Contact Monitors' qui font leur peau aux rebonds.

L'avantage des circuits intégrés anti-rebonds est d'offrir plusieurs canaux et des fonctions complémentaires comme la protection contre les surtensions et les décharges électrostatiques.

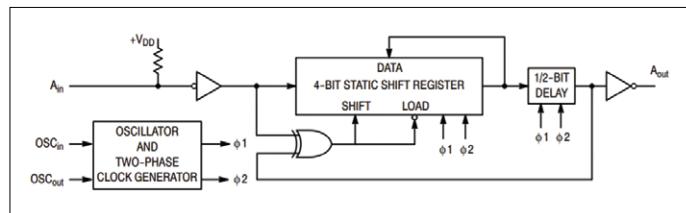


Figure 2. Les entrailles du MC14490, éliminateur de rebonds à 6 voies.

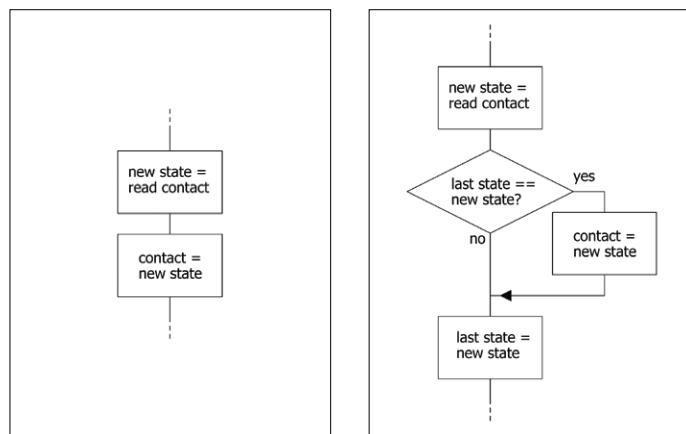


Figure 3. Quand l'état du contact ne doit être relevé qu'à intervalles assez distants, on peut se passer d'un filtrage plus fouillé.

Figure 4. Quand le sondage est lent (<0.1 Hz) deux états consécutifs identiques suffisent pour valider le nouvel état.

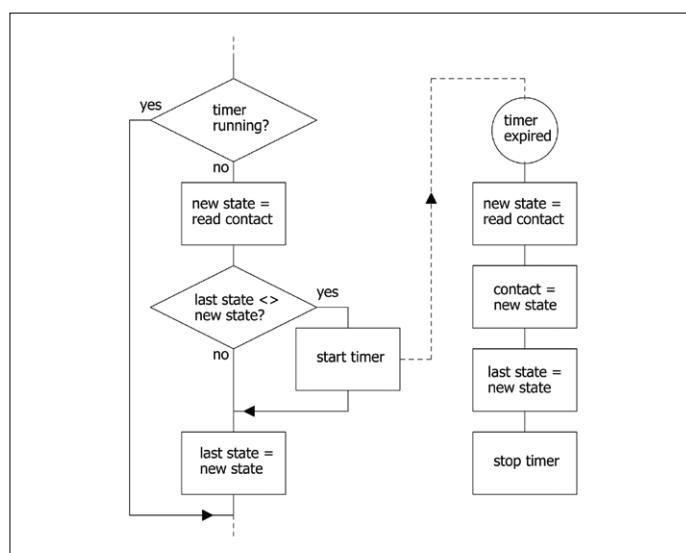


Figure 5. Un changement de niveau lance une temporisation durant laquelle la boucle principale du programme ignorera le contact. À la fin de la temporisation intervient une nouvelle lecture de l'état du contact.

Logiciel contre rebonds

Quand on opte pour un remède matériel contre les rebonds, c'est généralement parce que ça n'est pas possible avec du logiciel. Pourtant, dans de nombreuses applications le µC dispose de ressources suffisantes pour se charger des rebonds. Mais comment ? Faut-il scruter ou plutôt interrompre ?

Quand un µC scrute à intervalle régulier l'état d'un contact, le jargon parle de *polling*. On fait appel pour cela à une minuterie ou fonction de temporisation, ou on laisse le µC sonder les lignes chaque fois qu'il en a le temps. Si l'intervalle est trop long, des changements de niveau sur les lignes peuvent échapper à l'interrogation périodique. Ou n'être détectées que tardivement, ce qui augmente le temps de latence. L'avantage, c'est que l'interrogation n'interfère guère avec les processus critiques en termes de temps. Les interruptions, en revanche, peuvent détecter les transitions d'état de contact aussitôt qu'elles se produisent (la latence est faible), ce qui donne un système réactif. Cependant, si le µC est suffisamment rapide, il peut être interrompu plusieurs fois par des rebonds successifs, ce qui peut entraver les processus critiques en termes de temps ou produire de faux positifs, ou les deux. L'astuce consiste à désactiver les broches d'interruption pendant la phase de rebonds.

Ne dites jamais jamais

On entend dire qu'il ne faudrait jamais connecter de commutateur à une broche d'interruption, au risque de perturber la logique interne de l'entrée d'interruption (ou toute autre raison). Cette généralisation est absurde, tout dépend de l'application. Si les rebonds peuvent bloquer un système, les interférences électromagnétiques et autres bruits peuvent en faire autant. Il faut de toute façon prévoir un filtrage du bruit sur de tels systèmes. La plupart des microcontrôleurs modernes, si ce n'est tous, ont des filtres appropriés sur leurs entrées. Si cela ne suffit pas, insérez un filtre de bruit entre le contact du poussoir (ou de l'interrupteur) et la broche d'entrée du µC.

• Sondage pépère

Dès qu'un changement d'état est détecté, accepter le nouvel état, puis vérifier un peu plus tard quand le rebondissement est censé être terminé (**fig. 3**). C'est la méthode facile pour les systèmes lents (interrogation à 25 Hz ou moins), au risque toutefois de confondre un parasite avec une transition valide si par hasard il survient exactement au moment de l'échantillonnage. Remède : exiger deux échantillons identiques consécutifs avant d'accepter le nouvel état (**fig. 4**).

• Minuterie minutieuse

À la détection d'un changement d'état, lancer une minuterie qui déclenchera une nouvelle vérification de l'état de l'entrée environ 20 ms plus tard. Adopter comme état du contact la valeur à l'entrée en fin de temporisation (**fig. 5**). Ceci fonctionne aussi bien en mode interrogation périodique qu'en mode interruption, mais nécessite une minuterie. Pour éviter tout stress dû aux rebonds sur la broche d'interruption, il suffit de bloquer les interruptions pendant le fonctionnement de la minuterie.

• X échantillons identiques sur Y échantillons successifs

Un pas de plus : exiger deux échantillons identiques (ou plus) avant de valider le changement d'état, ou même trois sur quatre, ou sept sur dix. C'est l'équivalent numérique du réseau d'intégration RC (**fig. 6**). Au lieu d'exiger x des y lectures valides, vous pouvez également exiger z échantillons valides consécutifs. La réactivité dépendra du nombre d'échantillons et de la fréquence d'échantillonnage.

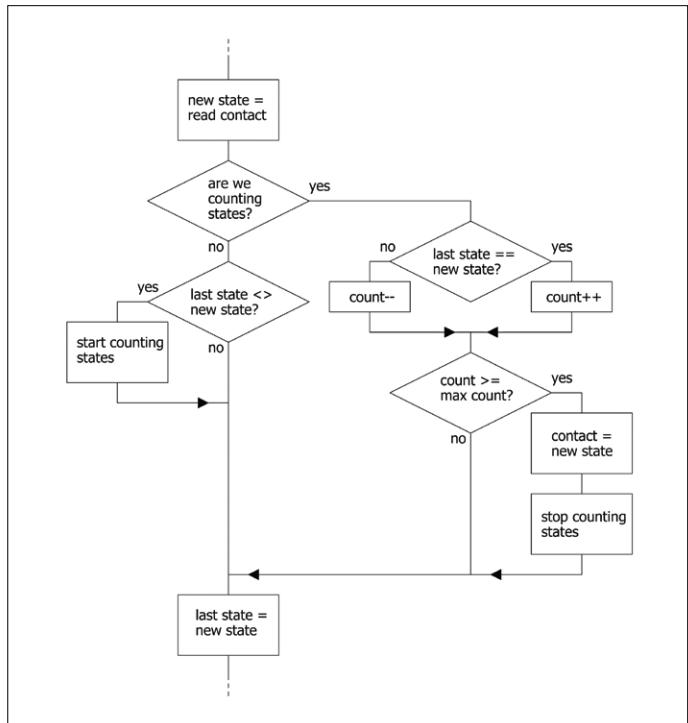


Figure 6. Cet organigramme est l'équivalent d'un réseau de filtrage RC. Cet exemple adoptera le nouvel état quand le nombre 'max count' d'échantillons identiques aura été compté.

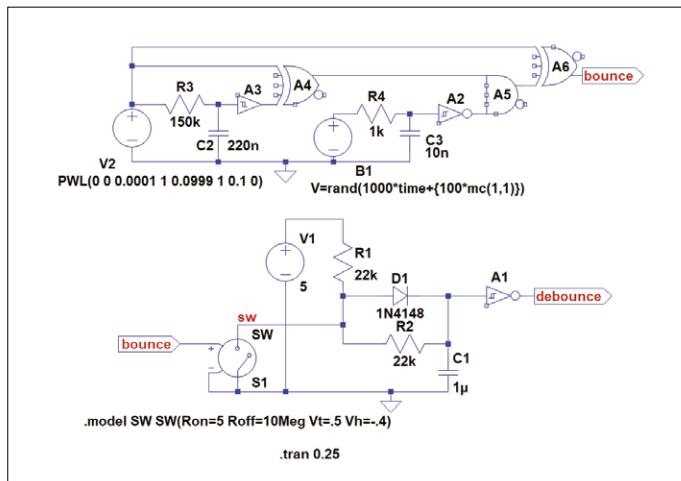


Figure 7. Simulation de rebonds et de suppression dans LTspice. La source de tension V2 produit l'impulsion de fermeture du contact, la source B1 ajoute les rebonds. La valeur de B1 détermine la longueur minimale des rebonds parasites (ici 1 ms). Changez les valeurs de R3/C2 et/ou de R4/C3 pour modifier le comportement des rebonds.

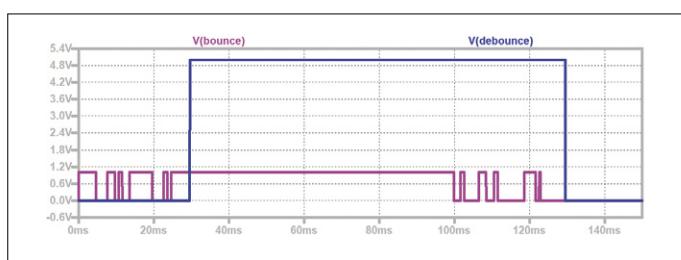


Figure 8. Simulation des rebonds (en rose) et du filtrage (en bleu).

Par exemple ?

Maintenant vous vous attendez probablement à ce que je vous donne un exemple de code à copier-coller dans votre programme. C'est raté, je n'en ai pas. La meilleure implémentation de l'algorithme anti-rebond dépend fortement de l'intelligence du programmeur et des ressources à sa disposition. Cherchez donc l'inspiration dans les organigrammes qui illustrent cet article.

Simulationnez

Les **figures 7** et **8** montrent une simulation LTspice du circuit anti-rebonds RC du début de l'article. Pour que le simulateur produise des résultats différents à chaque exécution, vous devez cocher l'option 'Utiliser l'horloge pour réensemencer le générateur MC[*]' (*Use the clock to reseed the MC generator*) sur l'onglet 'Hacks' du 'Control Panel' (le bouton avec le petit marteau) de LTspice (**fig. 9**). C'est la partie '' de la valeur de B1 qui rend cela possible. Jouez avec les différentes valeurs de R/C pour changer les caractéristiques de suppression de rebonds.

Et maintenant, qu'est-ce qu'on fait ?

Comme pour tous les sujets de l'électronique, de l'ingénierie et en général, il y aurait encore beaucoup à dire. Chaque contact rebondit à sa façon et ses rebonds peuvent changer avec le temps. Les rebonds peuvent être différents à l'ouverture ou à la fermeture. L'usure des contacts et les propriétés de surface ne sont pas invariables ; la surface de contact a une influence sur la conductivité. Certains systèmes exigent des temps de réponse rapides, d'autres s'en fichent et ainsi de suite. Il est donc impossible de dire quelle méthode anti-rebonds est la meilleure pour vous. Avant de décider de la technique à mettre en œuvre, il faut bien connaître et comprendre le système sur lequel il doit filtrer les rebonds. ▶

191015-02

Lien

- [1] LTspice simulation files:
www.elektormagazine.com/191015-01

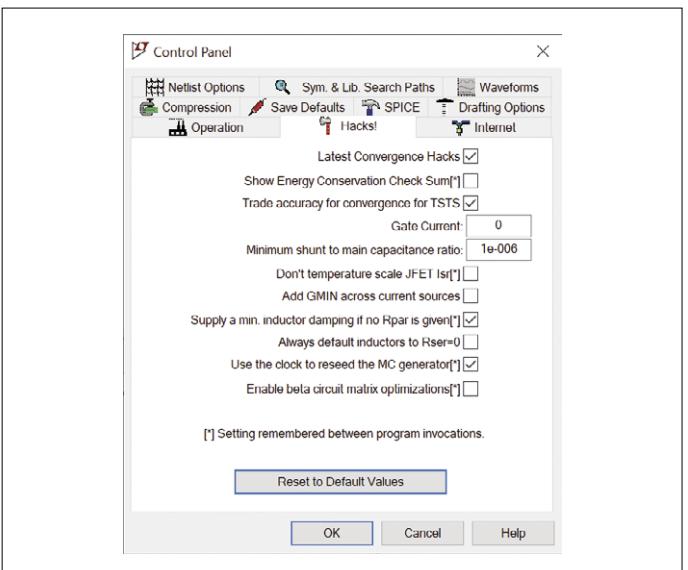


Figure 9. Cochez l'option 'Use the clock to reseed the MC generator[*]' pour obtenir une simulation différente à chaque itération.