Manuel de HAL V2.5 01/04/2012

Table des matières

The LinuxCNC Team

Ce manuel est en évolution permanente. Si vous voulez nous aider à son écriture, sa rédaction, sa traduction ou la préparation des graphiques, merci de contactez n'importe quel membre de l'équipe de traduction ou envoyez un courrier électronique à emc-users@lists.sourceforge.net.

AVIS

La version Française de la documentation de LinuxCNC est toujours en retard sur l'originale faute de disponibilité des traducteurs.
Il est recommandé d'utiliser la documentation en Anglais chaque fois que possible.
Si vous souhaitez être un traducteur bénévole pour la documentation française de LinuxCNC, merci de nous contactez.

NOTICE

The French version of the LinuxCNC documentation is always behind the original fault availability of translators.
It's recommended to use the English documentation whenever possible.
If you would like to be a volunteer editor for the French translation of LinuxCNC, please contact us.

Première partie

HAL

Chapitre 1

Introduction à HAL

HAL est le sigle de Hardware Abstraction Layer, le terme Anglais pour Couche d'Abstraction Matériel. [1] Au plus haut niveau, il s'agit simplement d'une méthode pour permettre à un grand nombre de *modules* d'être chargés et interconnectés pour assembler un système complexe. La partie *matériel* devient abstraite parce que HAL a été conçu à l'origine pour faciliter la configuration de LinuxCNC pour une large gamme de matériels. Bon nombre de ces modules sont des pilotes de périphériques. Cependant, HAL peut faire beaucoup plus que configurer les pilotes du matériel.

1.1 HAL est basé sur le système d'étude des projets techniques

HAL est basé sur le même principe que celui utilisé pour l'étude des circuits et des systèmes techniques, il va donc être utile d'examiner d'abord ces principes.

N'importe quel système, y compris les machines CNC, est fait de composants interconnectés. Pour les machines CNC, ces composants pourraient être le contrôleur principal, les amplis de servomoteurs, les amplis ou les commandes de puissance des moteurs pas à pas, les moteurs, les codeurs, les contacts de fin de course, les panneaux de boutons de commande, les manivelles électroniques, peut être aussi un variateur de fréquence pour le moteur de broche, un automate programmable pour gérer le changeur d'outils, etc. Le constructeur de machine doit choisir les éléments, les monter et les câbler entre eux pour obtenir un système complet et fonctionnel.

1.1.1 Choix des organes

Il ne sera pas nécessaire au constructeur de machine de se soucier du fonctionnement de chacun des organes, il les traitera comme des boîtes noires. Durant la phase de conception, il décide des éléments qu'il va utiliser, par exemple, moteurs pas à pas ou servomoteurs, quelle marque pour les amplis de puissance, quels types d'interrupteurs de fin de course et combien il en faudra, etc. La décision d'intégrer tel ou tel élément spécifique plutôt qu'un autre, repose sur ce que doit faire cet élément et sur ses caractéristiques fournies par le fabricant. La taille des moteurs et la charge qu'ils doivent supporter affectera le choix des interfaces de puissance nécessaires pour les piloter. Le choix de l'ampli affectera le type des signaux de retour demandés ainsi que le type des signaux de vitesse et de position qui doivent lui être transmis.

Dans le monde de HAL, l'intégrateur doit décider quels composants de HAL sont nécessaires. Habituellement, chaque carte d'interface nécessite un pilote. Des composants supplémentaires peuvent être demandés, par exemple, pour la génération logicielle des impulsions d'avance, les fonctionnalités des automates programmables, ainsi qu'une grande variété d'autres tâches.

1.1.2 Étude des interconnections

Le créateur d'un système matériel, ne sélectionnera pas seulement les éléments, il devra aussi étudier comment ils doivent être interconnectés. Chaque boîte noire dispose de bornes, deux seulement pour un simple contact, ou plusieurs douzaines pour un

1. Note du traducteur: nous garderons le sigle HAL dans toute la documentation.

pilote de servomoteur ou un automate. Elles doivent être câblées entre elles. Les moteurs câblés à leurs interfaces de puissance, les fins de course câblés au contrôleur et ainsi de suite. Quand le constructeur de machine commence à travailler sur le câblage, il crée un grand plan de câblage représentant tous les éléments de la machine ainsi que les connections qui les relient entre eux.

En utilisant HAL, les *composants* sont interconnectés par des *signaux* . Le concepteur peut décider quels signaux sont nécessaires et à quoi ils doivent être connectés.

1.1.3 Implémentation

Une fois que le plan de câblage est complet, il est possible de construire la machine. Les pièces sont achetées et montées, elles peuvent alors être câblées et interconnectées selon le plan de câblage. Dans un système physique, chaque interconnexion est un morceau de fil qui doit être coupé et raccordé aux bornes appropriées.

HAL fournit un bon nombre d'outils d'aide à la *construction* d'un système HAL. Certains de ces outils permettent de *connecter* (ou déconnecter) un simple *fil*. D'autres permettent d'enregistrer une liste complète des organes, du câblage et d'autres informations à propos du système, de sorte qu'il puisse être *reconstruit* d'une simple commande.

1.1.4 Mise au point

Très peu de machines marchent bien dès la première fois. Lors des tests, le technicien peut utiliser un appareil de mesure pour voir si un fin de course fonctionne correctement ou pour mesurer la tension fournie aux servomoteurs. Il peut aussi brancher un oscilloscope pour examiner le réglage d'une interface ou pour rechercher des interférences électriques et déterminer leurs sources. En cas de problème, il peut s'avérer indispensable de modifier le plan de câblage, peut être que certaines pièces devront être re-câblées différemment, voir même remplacées par quelque chose de totalement différent.

HAL fournit les équivalents logiciels du voltmètre, de l'oscilloscope, du générateur de signaux et les autres outils nécessaires à la mise au point et aux réglages d'un système. Les même commandes utilisées pour construire le système, seront utilisées pour faire les changements indispensables.

1.1.5 En résumé

Ce document est destiné aux personnes déjà capables de concevoir ce type de réalisation matérielle, mais qui ne savent pas comment connecter le matériel à LinuxCNC.

La conception de matériel, telle que décrite précédemment, s'arrête à l'interface de contrôle. Au delà, il y a un tas de boîtes noires, relativement simples, reliées entre elles pour faire ce qui est demandé. À l'intérieur, un grand mystère, c'est juste une grande boîte noire qui fonctionne, nous osons l'espérer.

HAL étend cette méthode traditionnelle de conception de matériel à l'intérieur de la grande boîte noire. Il transforme les pilotes de matériels et même certaines parties internes du matériel, en petites boîtes noires pouvant être interconnectées, elles peuvent alors remplacer le matériel externe. Il permet au *plan de câblage* de faire voir une partie du contrôleur interne et non plus, juste une grosse boîte noire. Plus important encore, il permet à l'intégrateur de tester et de modifier le contrôleur en utilisant les mêmes méthodes que celles utilisées pour le reste du matériel.

Les termes tels que moteurs, amplis et codeurs sont familiers aux intégrateurs de machines. Quand nous parlons d'utiliser un câble extra souple à huit conducteurs blindés pour raccorder un codeur de position à sa carte d'entrées placée dans l'ordinateur. Le lecteur comprend immédiatement de quoi il s'agit et se pose la question, *quel type de connecteurs vais-je devoir monter de chaque côté de ce câble ?* Le même genre de réflexion est indispensable pour HAL mais le cheminement de la pensée est différent. Au début les mots utilisés par HAL pourront sembler un peu étranges, mais ils sont identiques au concept de travail évoluant d'une connexion à la suivante.

HAL repose sur une seule idée, l'idée d'étendre le plan de câblage à l'intérieur du contrôleur. Si vous êtes à l'aise avec l'idée d'interconnecter des boîtes noires matérielles, vous n'aurez sans doute aucune difficulté à utiliser HAL pour interconnecter des boites noires logicielles.

1.2 Concept de HAL

Cette section est un glossaire qui définit les termes clés de HAL mais il est différent d'un glossaire traditionnel en ce sens que les termes ne sont pas classés par ordre alphabétique. Ils sont classés par leur relation ou par le sens du flux à l'intérieur de HAL.

Component

(Composant) Lorsque nous avons parlé de la conception du matériel, nous avons évoqué les différents éléments individuels comme *pièces*, *modules*, *boîtes noires*, etc. L'équivalent HAL est un *component* ou *HAL component*. (ce document utilisera: *HAL component* quand la confusion avec un autre type de composant est possible, mais normalement, utilisez juste: *component*.) Un HAL component est une pièce logicielle avec, bien définis, des entrées, des sorties, un comportement, qui peuvent éventuellement être interconnectés.

Parameter

(Paramètre) De nombreux composants matériels ont des réglages qui ne sont raccordés à aucun autre composant mais qui sont accessibles. Par exemple, un ampli de servomoteur a souvent des potentiomètres de réglage et des points tests sur lesquels on peut poser une pointe de touche de voltmètre ou une sonde d'oscilloscope pour visualiser le résultat des réglages. Les HAL components aussi peuvent avoir de tels éléments, ils sont appelés *parameters*. Il y a deux types de paramètres: *Input parameters* qui sont des équivalents des potentiomètres. Ce sont des valeurs qui peuvent être réglées par l'utilisateur, elles gardent leur valeur jusqu'à un nouveau réglage. *Output parameters* qui ne sont pas ajustables. Ils sont équivalents aux points tests qui permettent de mesurer la valeur d'un signal interne.

Pin

(Broche) Les composants matériels ont des broches qui peuvent être interconnectées entre elles. L'équivalent HAL est une *pin* ou *HAL pin*. (*HAL pin* est utilisé quand c'est nécessaire pour éviter la confusion.) Toutes les HAL pins sont nommées et les noms des pins sont utilisés lors des interconnexions entre elles. Les HAL pins sont des entités logicielles qui n'existent qu'à l'intérieur de l'ordinateur.

Physical_Pin

(Broche physique) La plupart des interfaces d'entrées/sorties ont des broches physiques réelles pour leur connexion avec l'extérieur, par exemple, les broches du port parallèle. Pour éviter la confusion, elles sont appelées *physical_pins*. Ce sont des repères pour faire penser au monde physique réel. Vous vous demandez peut être quelle relation il y a entre les HAL_pins, les Physical_pins et les éléments extérieurs comme les codeurs ou une carte stg. Nous avons ici, affaire à des interfaces de type translation/conversion de données.

Signal

Dans une machine physique réelle, les terminaisons des différents organes sont reliées par des fils. L'équivalent HAL d'un fil est un *signal* ou *HAL signal*. Ces signaux connectent les *HAL pins* entre elles comme le requiert le concepteur de la machine. Les *HAL signals* peuvent être connectés et déconnectés à volonté (même avec la machine en marche).

Type

Quand on utilise un matériel réel, il ne viendrait pas à l'idée de connecter la sortie 24V d'un relais à l'entrée analogique +/-10V de l'ampli d'un servomoteur. Les *HAL pins* ont les même restrictions, qui sont fondées sur leur type. Les *pins* et les *signals* ont tous un type, un *signals* ne peux être connecté qu'à une *pins* de même type. Il y a actuellement les 4 types suivants:

- bit - une simple valeur vraie ou fausse TRUE/FALSE ou ON/OFF
- float - un flottant de 32 bits, avec approximativement 24 bits de résolution et plus de 200 bits d'échelle dynamique.
- u32 - un entier non signé de 32 bits, les valeurs légales vont de 0 à +4,294,967,295
- s32 - un entier signé de 32 bits, les valeurs légales vont de -2,147,483,648 à +2,147,483,647

Function

(Fonction) Les composants matériels réels ont tendance à réagir immédiatement à leurs signaux d'entrée. Par exemple, si la tension d'entrée d'un ampli de servo varie, la sortie varie aussi automatiquement. Les composants logiciels ne peuvent pas réagir immédiatement. Chaque composant a du code spécifique qui doit être exécuté pour faire ce que le composant est sensé faire. Dans certains cas, ce code tourne simplement comme une partie du composant. Cependant dans la plupart des cas, notamment dans les composants temps réel, le code doit être exécuté selon un ordre bien précis et à des intervalles très précis. Par exemple, les données en entrée doivent d'abord être lues avant qu'un calcul ne puisse être effectué sur elles et les données en sortie ne peuvent pas être écrites tant que le calcul sur les données d'entrée n'est pas terminé. Dans ces cas, le code est confié au système sous forme de *functions*. Chaque *function* est un bloc de code qui effectue une action spécifique. L'intégrateur peut utiliser des *threads* pour combiner des séries de *functions* qui seront exécutées dans un ordre particulier et selon des intervalles de temps spécifiques.

Thread
(Fil) Un *thread* est une liste de *functions* qui sont lancées à intervalles spécifiques par une tâche temps réel. Quand un *thread* est créé pour la première fois, il a son cadencement spécifique (période), mais pas de *functions*. Les *functions* seront ajoutées au *thread* et elle seront exécutées dans le même ordre, chaque fois que le *tread* tournera.

Prenons un exemple, supposons que nous avons un composant de port parallèle nommé *hal_parport*. Ce composant défini une ou plusieurs *HAL pins* pour chaque *physical pin*. Les *pins* sont décrites dans ce composant, comme expliqué dans la section *component* de cette doc, par: leurs noms, comment chaque *pin* est en relation avec la *physical pin*, est-elle inversée, peut-on changer sa polarité, etc. Mais ça ne permet pas d'obtenir les données des *HAL pins* aux *physical pins*. Le code est utilisé pour faire ça, et c'est la où les *functions* entrent en œuvre. Le composant parport nécessite deux *functions*: une pour lire les broches d'entrée et mettre à jour les *HAL pins*, l'autre pour prendre les données des *HAL pins* et les écrire sur les broches de sortie *physical pins*. Ce deux fonctions font partie du pilote *hal_parport*.

1.3 Composants HAL

Chaque composant HAL est un morceau de logiciel avec, bien définis, des entrées, des sorties et un comportement. Ils peuvent être installés et interconnectés selon les besoins. Cette section liste certains des composants actuellement disponibles et décrit brièvement ce que chacun fait. Les détails complets sur chacun seront donnés plus loin dans ce document.

1.3.1 Programmes externes attachés à HAL

motion
Un module temps réel qui accepte les commandes de mouvement en NML et inter-agit avec HAL

iocontrol
Un module d'espace utilisateur qui accepte les commandes d'entrée/sortie (I/O) en NML et inter-agit avec HAL

classicladder
Un automate programmable en langage à contacts utilisant HAL pour les entrées/sorties (I/O)

halui
Un espace de utilisateur de programmation qui inter-agit avec HAL et envoie des commandes NML, Il est destiné à fonctionner comme une interface utilisateur en utilisant les boutons et interrupteurs externes.

1.3.2 Composants internes

stepgen
Générateur d'impulsions de pas avec boucle de position. Plus de détails sur stepgen.

encoder
Codeur/compteur logiciel. Plus de détails sur le codeur.

pid
Boucle de contrôle Proportionnelle/Intégrale/Dérivée. Plus de détails sur le PID.

siggen
Générateur d'ondes: sinusoïdale/cosinusoïdale/triangle/carrée, pour la mise au point. Plus de détails sur siggen.

supply
Une simple alimentation, pour la mise au point

blocks
Un assortiment de composants (mux, demux, or, and, integ, ddt, limit, wcomp, etc.)

1.3.3 Pilotes de matériels

hal_ax5214h
Un pilote pour la carte d'entrées/sorties Axiom Measurement & Control AX5241H

hal_m5i20
Un pilote pour la carte Mesa Electronics 5i20

hal_motenc
Un pilote pour la carte Vital Systems MOTENC-100

hal_parport
Pilote pour le(ou les) port(s) parallèle(s). Plus de détails sur les ports parallèles.

hal_ppmc
Un pilote pour la famille de contrôleurs Pico Systems (PPMC, USC et UPC)

hal_stg
Un pilote pour la carte Servo To Go (versions 1 & 2)

hal_vti
Un pilote pour le contrôleur Vigilant Technologies PCI ENCDAC-4

1.3.4 Outils-Utilitaires

halcmd
Ligne de commande pour la configuration et les réglages.

halgui
Outil graphique pour la configuration et les réglages. (pas encore implémenté).

halmeter
Un multimètre pour les signaux HAL. Plus de détails pour utiliser halmeter.

halscope
Un oscilloscope digital à mémoire, complétement fonctionnel pour les signaux HAL.

Chacun de ces modules est décrit en détail dans les chapitres suivants.

1.4 Les réflexions qui ont abouti à la création de HAL

Cette première introduction au concept de HAL peut être un peu déconcertante pour l'esprit. Construire quelque chose avec des blocs peut être un défi, pourtant certains jeux de construction avec lesquels nous avons joué étant enfants peuvent nous aider à construire un système HAL.

1.4.1 Une tour

- Je regardais mon fils et sa petite fille de six ans construire une tour à partir d'une boîte pleine de blocs de différentes tailles, de barres et de pièces rondes, des sortes de couvercles. L'objectif était de voir jusqu'où la tour pouvait monter. Plus la base était étroite plus il restait de pièces pour monter. Mais plus la base était étroite, moins la tour était stable. Je les voyais étudier combien de blocs ils pouvaient poser et où ils devaient les poser pour conserver l'équilibre avec le reste de la tour.
- La notion d'empilage de cartes pour voir jusqu'où on peut monter est une très vieille et honorable manière de passer le temps. En première lecture, l'intégrateur pourra avoir l'impression que construire un HAL est un peu comme ça. C'est possible avec une bonne planification, mais l'intégrateur peut avoir à construire un système stable aussi complexe qu'une machine actuelle l'exige.

1.4.2 Erector Sets [2]

C'était une grande série de boites de construction en métal, des tôles perforées, plates ou en cornières, toutes avaient des trous régulièrement espacés. Vous pouviez concevoir des tas de choses et les monter avec ces éléments maintenus entre eux par des petits boulons.

J'ai eu ma première boîte Erector pour mon quatrième anniversaire. Je sais que la boîte était prévue pour des enfants beaucoup plus âgés que moi. Peut être que mon père se faisait vraiment un cadeau à lui même. J'ai eu une période difficile avec les petites

2. Le jeu Erector Set est une invention de AC Gilbert (Meccano en France)

vis et les petits écrous. J'ai vraiment eu envie d'avoir quatre bras, un pour visser avec le tournevis, un pour tenir la vis, les pièces et l'écrou. En persévérant, de même qu'en agaçant mon père, j'ai fini par avoir fait tous les montages du livret. Bientôt, je lorgnais vers les plus grandes boîtes qui étaient imprimées sur ce livret. Travailler avec ces pièces de taille standard m'a ouvert le monde de la construction et j'ai bientôt été au delà des projets illustrés.

Les composants Hal ne sont pas tous de même taille ni de même forme mais ils permettent d'être regroupés en larges unités qui feront bien du travail. C'est dans ce sens qu'ils sont comme les pièces d'un jeu Erector. Certains composants sont longs et minces. Ils connectent essentiellement les commandes de niveau supérieur aux *physical pins*. D'autres composants sont plus comme les plateformes rectangulaires sur lesquelles des machines entières pourraient être construites. Un intégrateur parviendra rapidement au delà des brefs exemples et commencera à assembler des composants entre eux d'une manière qui lui sera propre.

1.4.3 Tinkertoys [3]

Le jouet en bois Tinkertoys est plus humain que l'acier froid de l'Erector. Le cœur de la construction avec TinkerToys est un connecteur rond avec huit trous équidistants sur la circonférence. Il a aussi un trou au centre, perpendiculaire aux autres trous répartis autour du moyeu.

Les moyeux pouvaient être connectés avec des tiges rondes de différentes longueurs. Le constructeur pouvait faire une grosse roue à l'aide de rayons qui partaient du centre.

Mon projet favori était une station spatiale rotative. De courtes tiges rayonnaient depuis les trous du moyeu central et étaient connectées avec d'autres moyeux aux extrémités des rayons. Ces moyeux extérieurs étaient raccordés entre eux avec d'autres rayons. Je passais des heures à rêver de vivre dans un tel dispositif, marchant de moyeu en moyeu et sur la passerelle extérieure qui tournait lentement à cause de la gravité dans l'espace en état d'apesanteur. Les provisions circulaient par les rayons et les ascenseur qui les transféraient dans la fusée arrimée sur le rayon central pendant qu'on déchargeait sa précieuse cargaison.

L'idée qu'une *pin* ou qu'un *component* est la plaque centrale pour de nombreuses connections est aussi une notion facile avec le HAL. Les exemples deux à quatre connectent le multimètre et l'oscilloscope aux signaux qui sont prévus pour aller ailleurs. Moins facile, la notion d'un moyeu pour plusieurs signaux entrants. Mais, c'est également possible avec l'utilisation appropriée des fonctions dans ce composant de moyeu qui manipulent les signaux quand ils arrivent, venant d'autres composants.

Tous les détails dans le tutoriel de HAL.

Une autre réflexion qui vient à partir de ce jouet mécanique est une représentation de *HAL threads*. Un *thread* pourrait ressembler un peu à un chilopode, une chenille, ou un perce-oreille. Une épine dorsale, des *HAL components*, raccordés entre eux par des tiges, les *HAL signals*. Chaque composant prend dans ses propres paramètres et selon l'état de ses broches d'entrée, les passe sur ses broches de sortie à l'intention du composant suivant. Les signaux voyagent ainsi de bout en bout, le long de l'épine dorsale où ils sont ajoutés ou modifiés par chaque composant son tour venu.

Les *Threads* sont tous synchronisés et exécutent une série de tâches de bout en bout. Une représentation mécanique est possible avec Thinkertoys si on pense à la longueur du jouet comme étant la mesure du temps mis pour aller d'un bout à l'autre. Un thread, ou épine dorsale, très différent est créé en connectant le même ensemble de modules avec des tiges de longueur différente. La longueur totale de l'épine dorsale peut aussi être changée en jouant sur la longueur des tiges pour connecter les modules. L'ordre des opérations est le même mais le temps mis pour aller d'un bout à l'autre est très différent.

1.4.4 Un exemple en Lego [4]

Lorsque les blocs de Lego sont arrivés dans nos magasins, ils étaient à peu près tous de la même taille et de la même forme. Bien sûr il y avait les demi taille et quelques uns en quart de taille mais tous rectangulaires. Les blocs de Lego se relient ensembles en enfonçant les broches mâles d'une pièce dans les trous femelles de l'autre. En superposant les couches, les jonctions peuvent être rendues très solides, même aux coins et aux tés.

J'ai vu mes enfants et mes petits-enfants construire avec des pièces Lego (les mêmes Lego). Il y en a encore quelques milliers dans une vieille et lourde boîte en carton qui dort dans un coin de la salle de jeux. Ils sont stockés dans cette boîte car c'était trop long de les ranger et de les ressortir à chacune de leur visite et ils étaient utilisés à chaque fois. Il doit bien y avoir les pièces de deux douzaines de boîtes différentes de Lego. Les petits livrets qui les accompagnaient ont été perdus depuis longtemps, mais la magie de la construction avec l'imbrication de ces pièces toutes de la même taille est quelque chose à observer.

3. Tinkertoy est maintenant registered trademark of the Hasbro company.
4. The Lego name is a trademark of the Lego company.

1.5 Problèmes de timming dans HAL

Contrairement aux modèles physiques du câblage entre les boîtes noires sur lequel, nous l'avons dit, HAL est basé, il suffit de relier deux broches avec un signal hal, on est loin de l'action physique.

La vraie logique à relais consiste en relais connectés ensembles, quand un relais s'ouvre ou se ferme, le courant passe (ou s'arrête) immédiatement. D'autres bobines peuvent changer d'état etc. Dans le style langage à contacts d'automate comme le Ladder ça ne marche pas de cette façon. Habituellement dans un Ladder simple passe, chaque barreau de l'échelle est évalué dans l'ordre où il se présente et seulement une fois par passe. Un exemple parfait est un simple Ladder avec un contact en série avec une bobine. Le contact et la bobine actionnent le même relais.

Si c'était un relais conventionnel, dès que la bobine est sous tension, le contact s'ouvre et coupe la bobine, le relais retombe etc. Le relais devient un buzzer.

Avec un automate programmable, si la bobine est OFF et que le contact est fermé quand l'automate commence à évaluer le programme, alors à la fin de la passe, la bobine sera ON. Le fait que la bobine ouvre le contact qui la prive de courant est ignoré jusqu'à la prochaine passe. À la passe suivante, l'automate voit que le contact est ouvert et désactive la bobine. Donc, le relais va battre rapidement entre on et off à la vitesse à laquelle l'automate évalue le programme.

Dans HAL, c'est le code qui évalue. En fait, la version Ladder HAL temps réel de Classic Ladder exporte une fonction pour faire exactement cela. Pendant ce temps, un thread exécute les fonctions spécifiques à intervalle régulier. Juste comme on peut choisir de régler la durée de la boucle de programme d'un automate programmable à 10ms, ou à 1 seconde, on peut définir des *HAL threads* avec des périodes différentes.

Ce qui distingue un thread d'un autre n'est pas ce qu'il fait mais quelles fonctions lui sont attachées. La vraie distinction est simplement combien de fois un thread tourne.

Dans LinuxCNC on peut avoir un thread à 50µs et un thread à 1ms. En se basant sur les valeurs de BASE_PERIOD et de SERVO_PERIOD. Valeurs fixées dans le fichier ini.

La prochaine étape consiste à décider de ce que chaque thread doit faire. Certaines de ces décisions sont les mêmes dans (presque) tous les systèmes LinuxCNC. Par exemple, le gestionnaire de mouvement est toujours ajouté au servo-thread.

D'autres connections seront faites par l'intégrateur. Il pourrait s'agir de brancher la lecture d'un codeur par une carte STG à un DAC pour écrire les valeurs dans le servo thread, ou de brancher une fonction stepgen au base-thread avec la fonction parport pour écrire les valeurs sur le port. :lang: fr :toc:

Chapitre 2

Conventions générales

2.1 Les noms

Toutes les entités de HAL sont accessibles et manipulées par leurs noms, donc, documenter les noms des pins, signaux, paramètres, etc, est très important. Les noms dans HAL ont un maximum de 41 caractères de long (comme défini par HAL_NAME_LEN dans hal.h). De nombreux noms seront présentés dans la forme générale, avec un texte mis en forme <*comme-cela*> représentant les champs de valeurs diverses.

Quand les pins, signaux, ou paramètres sont décrits pour la première fois, leur nom sera précédé par leur type entre parenthèses (*float*) et suivi d'une brève description. Les définitions typiques de pins ressemblent à ces exemples:

(bit) parport.<portnum>.pin-<pinnum>-in
La HAL pin associée avec la broche physique d'entrée <*pinnum*> du connecteur db25.

(float) pid.<loopnum>.output
La sortie de la boucle PID.

De temps en temps, une version abrégée du nom peut être utilisée, par exemple la deuxième pin ci-dessus pourrait être appelée simplement avec *.output* quand cela peut être fait sans prêter à confusion.

2.2 Conventions générales de nommage

Le but des conventions de nommage est de rendre l'utilisation de HAL plus facile. Par exemple, si plusieurs interfaces de codeur fournissent le même jeu de pins et qu'elles sont nommées de la même façon, il serait facile de changer l'interface d'un codeur à un autre. Malheureusement, comme tout projet open-source, HAL est la combinaison de choses diversement conçues et comme les choses simples évoluent. Il en résulte de nombreuses incohérences. Cette section vise à remédier à ce problème en définissant certaines conventions, mais il faudra certainement un certain temps avant que tous les modules soient convertis pour les suivre.

Halcmd et d'autres utilitaires HAL de bas niveau, traitent les noms HAL comme de simples entités, sans structure. Toutefois, la plupart des modules ont une certaine structure implicite. Par exemple, une carte fournit plusieurs blocs fonctionnels, chaque bloc peut avoir plusieurs canaux et chaque canal, une ou plusieurs broches. La structure qui en résulte ressemble à une arborescence de répertoires. Même si halcmd ne reconnait pas la structure arborescente, la convention de nommage est un bon choix, elles lui permettra de regrouper ensemble, les items du même groupe, car il trie les noms. En outre, les outils de haut niveau peuvent être conçus pour reconnaitre de telles structures si les noms fournissent les informations nécessaires. Pour cela, tous les modules de HAL devraient suivrent les règles suivantes:
– Les points (.) séparent les niveaux hiérarchiques. C'est analogue à la barre de fraction (/) dans les noms de fichiers.
– Le tiret (-) sépare les mots ou les champs dans la même hiérarchie.
– Les modules HAL ne doivent pas utiliser le caractère souligné ou les casses mélangées. [1]
– Utiliser seulement des caractères minuscules, lettres et chiffres.

1. Les caractères souslignés ont été enlevés, mais il reste quelques cas de mélange de casses, par exemple *pid.0.Pgain* au lieux de *pid.0.p-gain*.

2.3 Conventions de nommage des pilotes de matériels

2

2.3.1 Noms de pin/paramètre

Les pilotes matériels devraient utiliser cinq champs (sur trois niveaux) pour obtenir un nom de pin ou de paramètre, comme le suivant:

```
<device-name>.<device-num>.<io-type>.<chan-num>.<specific-name>
```

Les champs individuels sont:

<device-name>
Le matériel avec lequel le pilote est sensé travailler. Il s'agit le plus souvent d'une carte d'interface d'un certain type, mais il existe d'autres possibilités.

<device-num>
Il est possible d'installer plusieurs cartes servo, ports parallèles ou autre périphérique matériel dans un ordinateur. Le numéro du périphérique identifie un périphérique spécifique. Les numéros de périphériques commencent à 0 et s'incrémentent. [3]

<io-type>
La plupart des périphériques fournissent plus d'un type d'I/O. Même le simple port parallèle a, à la fois plusieurs entrées et plusieurs sorties numériques. Les cartes commerciales plus complexes peuvent avoir des entrées et des sorties numériques, des compteurs de codeurs, des générateurs d'impulsions de pas ou de PWM, des convertisseurs numérique/analogique, analogique/numérique et d'autres possibilités plus spécifiques. Le *I/O type* est utilisé pour identifier le type d'I/O avec lequel la pin ou le paramètre est associé. Idéalement, les pilotes qui implémentent les mêmes type d'I/O, même sur des dispositifs très différents, devraient fournir un jeu de pins et de paramètres cohérents et de comportements identiques. Par exemple, toutes les entrées numériques doivent se comporter de la même manière quand elles sont vues de l'intérieur de HAL, indépendamment du périphérique.

<chan-num>
Quasiment tous les périphériques d'I/O ont plusieurs canaux, le numéro de canal *chan-num* identifie un de ceux ci. Comme les numéros de périphériques *device-num*, les numéros de canaux, *chan-num*, commencent à zéro et s'incrémentent. [4] Si plusieurs périphériques sont installés, les numéro de canaux des périphériques supplémentaires recommencent à zéro. Comme il est possible d'avoir un numéro de canal supérieur à 9, les numéros de canaux doivent avoir deux chiffres, avec un zéro en tête pour les nombres inférieur à 10 pour préserver l'ordre des tris. Certains modules ont des pins et/ou des paramètres qui affectent plusieurs canaux. Par exemple un générateur de PWM peut avoir quatre canaux avec quatre entrées *duty-cycle* indépendantes, mais un seul paramètre *frequency* qui contrôle les quatres canaux (à cause de limitations matérielles). Le paramètre *frequency* doit utiliser les numéros de canaux de *00-03*.

<specific-name>
Un canal individuel d'I/O peut avoir une seule HAL pin associée avec lui, mais la plupart en ont plus. Par exemple, une entrée numérique a deux pins, une qui est l'état de la broche physique, l'autre qui est la même chose mais inversée. Cela permet au configurateur de choisir entre les deux états de l'entrée, active haute ou active basse. Pour la plupart des types d' entrée/sortie, il existe un jeu standard de broches et de paramètres, (appelé l'*interface canonique*) que le pilote doit implémenter. Les interfaces canoniques sont décrites dans ce chapitre qui leur est dédié.

2.3.1.1 Exemples

2. La plupart des pilotes ne suivent pas ces conventions dans la version 2.0. Ce chapitre est réellement un guide pour les développements futurs.
3. Certains matériels utilisent des cavaliers ou d'autres dispositifs pour définir une identification spécifique à chacun. Idéalement, le pilote fournit une manière à l'utilisateur de dire, le *device-num 0 est spécifique au périphérique qui a l'ID XXX*, ses sous-ensembles porterons tous un numéro commençant par 0. Mais à l'heure actuelle, certains pilotes utilisent l'ID directement comme numéro de périphérique. Ce qui signifie qu'il est possible d'avoir un périphérique Numéro 2, sans en avoir en Numéro 0. C'est un bug qui devrait disparaître en version 2.1.
4. Une exception à la règle du *numéro de canal commençant à zéro* est le port parallèle. Ses *HAL pins* sont numérotées avec le numéro de la broche correspondante du connecteur DB-25. C'est plus pratique pour le câblage, mais non cohérent avec les autres pilotes. Il y a débat pour savoir si c'est un bogue ou une fonctionnalité.

motenc.0.encoder.2.position
La sortie position du troisième canal codeur sur la première carte Motenc.

stg.0.din.03.in
L'état de la quatrième entrée numérique sur la première carte Servo-to-Go.

ppmc.0.pwm.00-03.frequency
La fréquence porteuse utilisée sur les canaux PWM de 0 à 3 sur la première carte Pico Systems ppmc.

2.3.2 Noms des fonctions

Les pilotes matériels ont généralement seulement deux types de fonctions HAL, une qui lit l'état du matériel et met à jour les pins HAL, l'autre qui écrit sur le matériel en utilisant les données fournies sur les pins HAL. Ce qui devrait être nommé de la façon suivante:

```
<device-name>-<device-num>.<io-type>-<chan-num-range>.read|write
```

<device-name>
Le même que celui utilisé pour les pins et les paramètres.

<device-num>
Le périphérique spécifique auquel la fonction aura accès.

<io-type>
Optionnel. Une fonction peut accéder à toutes les d'entrées/sorties d'une carte ou, elle peut accéder seulement à un certain type. Par exemple, il peut y avoir des fonctions indépendantes pour lire les compteurs de codeurs et lire les entrées/sorties numériques. Si de telles fonctions indépendantes existent, le champ <io-type> identifie le type d'I/O auxquelles elles auront accès. Si une simple fonction lit toutes les entrés/sorties fournies par la carte, <io-type> n'est pas utilisé. [5]

<chan-num-range>
Optionnel. Utilisé seulement si l'entrée/sortie <io-type> est cassée dans des groupes et est accédée par différentes fonctions.

read|write
Indique si la fonction lit le matériel ou lui écrit.

2.3.2.1 Exemples

motenc.0.encoder.read
Lit tous les codeurs sur la première carte motenc.

generic8255.0.din.09-15.read
Lit le deuxième port 8 bits sur la première carte d'entrées/sorties à base de 8255.

ppmc.0.write
Écrit toutes les sorties (générateur de pas, pwm, DAC et ADC) sur la première carte Pico Systems ppmc.

2.4 Périphériques d'interfaces canoniques

Les sections qui suivent expliquent les pins, paramètres et fonctions qui sont fournies par les *périphériques canoniques*. Tous les pilotes de périphériques HAL devraient fournir les mêmes pins et paramètres et implémenter les mêmes comportements.

Noter que seuls les champs <*io-type*> et <*specific-name*> sont définis pour un périphérique canonique. Les champs <*device-name*>, <*device-num*> et <*chan-num*> sont définis en fonction des caractéristiques du périphérique réel.

2.5 Entrée numérique (Digital Input)

L'entrée numérique canonique (I/O type: *digin*) est assez simple.

5. Note aux programmeurs de pilotes: ne PAS implémenter des fonctions séparées pour différents types d'I/O à moins qu'elles ne soient interruptibles et puissent marcher dans des threads indépendants. Si l'interruption de la lecture d'un codeur pour lire des entrées numériques, puis reprendre la lecture du codeur peut poser problème, alors implémentez une fonction unique qui fera tout.

2.5.1 Pins

(bit) ***in***
État de l'entrée matérielle.

(bit) ***in-not***
État inversé de l'entrée matérielle.

2.5.2 Paramètres

Aucun

2.5.3 Fonctions

(funct) ***read***
Lire le matériel et ajuster les HAL pins *in* et *in-not*.

2.6 Sortie numérique (Digital Output)

La sortie numérique canonique est également très simple (I/O type: *digout*).

2.6.1 Pins

(bit) ***out***
Valeur à écrire (éventuellement inversée) sur une sortie matérielle.

2.6.2 Paramètres

(bit) ***invert***
Si TRUE, *out* est inversée avant écriture sur la sortie matérielle.

2.6.3 Fonctions

(funct) ***write***
Lit *out* et *invert* et ajuste la sortie en conséquence.

2.7 Entrée analogique (Analog Input)

L'entrée analogique canonique (I/O type: *adcin*). Devrait être utilisée pour les convertisseurs analogiques/numériques, qui convertissent par exemple, les tensions en une échelle continue de valeurs.

2.7.1 Pins

(float) ***value***
Lecture du matériel, avec mise à l'échelle ajustée par les paramètres *scale* et *offset*. *Value* = ((lecture entrée, en unités dépendantes du matériel) x *scale*) - *offset*

2.7.2 Paramètres

(float) ***scale***
La tension d'entrée (ou l'intensité) sera multipliée par *scale* avant d'être placée dans *value*.

(float) ***offset***
Sera soustrait à la tension d'entrée (ou l'intensité) après que la mise à l'échelle par scale ait été appliquée.

(float) ***bit_weight***
Valeur du bit le moins significatif (LSB). C'est effectivement, la granularité de lecture en entrée.

(float) ***hw_offset***
Valeur présente sur l'entrée quand aucune tension n'est appliquée sur la pin.

2.7.3 Fonctions

(funct) ***read***
Lit les valeurs de ce canal d'entrée analogique. Peut être utilisé pour lire un canal individuellement, ou pour lire tous les canaux à la fois.

2.8 Sortie analogique (Analog Output)

La sortie analogique canonique (I/O Type: *adcout*). Elle est destinée à tout type de matériel capable de sortir une échelle plus ou moins étendue de valeurs. Comme par exemple les convertisseurs numérique/analogique ou les générateurs de PWM.

2.8.1 Pins

(float) ***value***
La valeur à écrire. La valeur réelle sur la sortie matérielle dépends de la mise à l'échelle des paramètres d'offset.

(bit) ***enable***
Si fausse, la sortie matérielle passera à 0, indépendamment de la pin *value*.

2.8.2 Paramètres

(float) ***offset***
Sera ajouté à *value* avant l'actualisation du matériel.

(float) ***scale***
Doit être défini de sorte qu'une entrée avec 1 dans *value* produira 1V

(float) ***high_limit***
(optionnel) Quand la valeur en sortie matérielle est calculée, si *value* + *offset* est plus grande que *high_limit*, alors *high_limit* lui sera substitué.

(float) ***low_limit***
(optionnel) Quand la valeur en sortie matérielle est calculée, si *value* + *offset* est plus petite que *low_limit*, alors *low_limit* lui sera substitué.

(float) ***bit_weight***
(optionnel) La valeur du bit le moins significatif (LSB), en Volts (ou mA, pour les sorties courant)

(float) ***hw_offset***
(optionnel) La tension actuelle (ou l'intensité) présente sur la sortie quand 0 est écrit sur le matériel.

2.8.3 Fonctions

(funct) ***write***

Ecrit la valeur calculée sur la sortie matérielle. Si enable est FALSE, la sortie passera à 0, indépendamment des valeurs de *value*, *scale* et *offset* . La signification de *0* dépend du matériel. Par exemple, un convertisseur A/D 12 bits peut vouloir écrire 0x1FF (milieu d'échelle) alors que le convertisseur D/A reçoit 0 Volt de la broche matérielle. Si enable est TRUE, l'échelle, l'offset et la valeur sont traités et (*scale* _ *value*) + *offset* sont envoyés à la sortie du DAC . Si enable est FALSE, la sortie passe à 0.

Chapitre 3

Commandes et composants de base

3.1 Commandes de Hal

Des informations plus détaillées peuvent être trouvées dans la man page en tapant *man halcmd* dans une console. Pour voir la configuration de HAL ainsi que le statut de ses pins et paramètres utiliser la fenêtre HAL Configuration dans le menu *Machine* d'AXIS. Pour visualiser le statut des pins, ouvrir l'onglet *Watch* puis cliquer dans l'arborescence sur les pins qui doivent être visualisées dans la fenêtre watch.

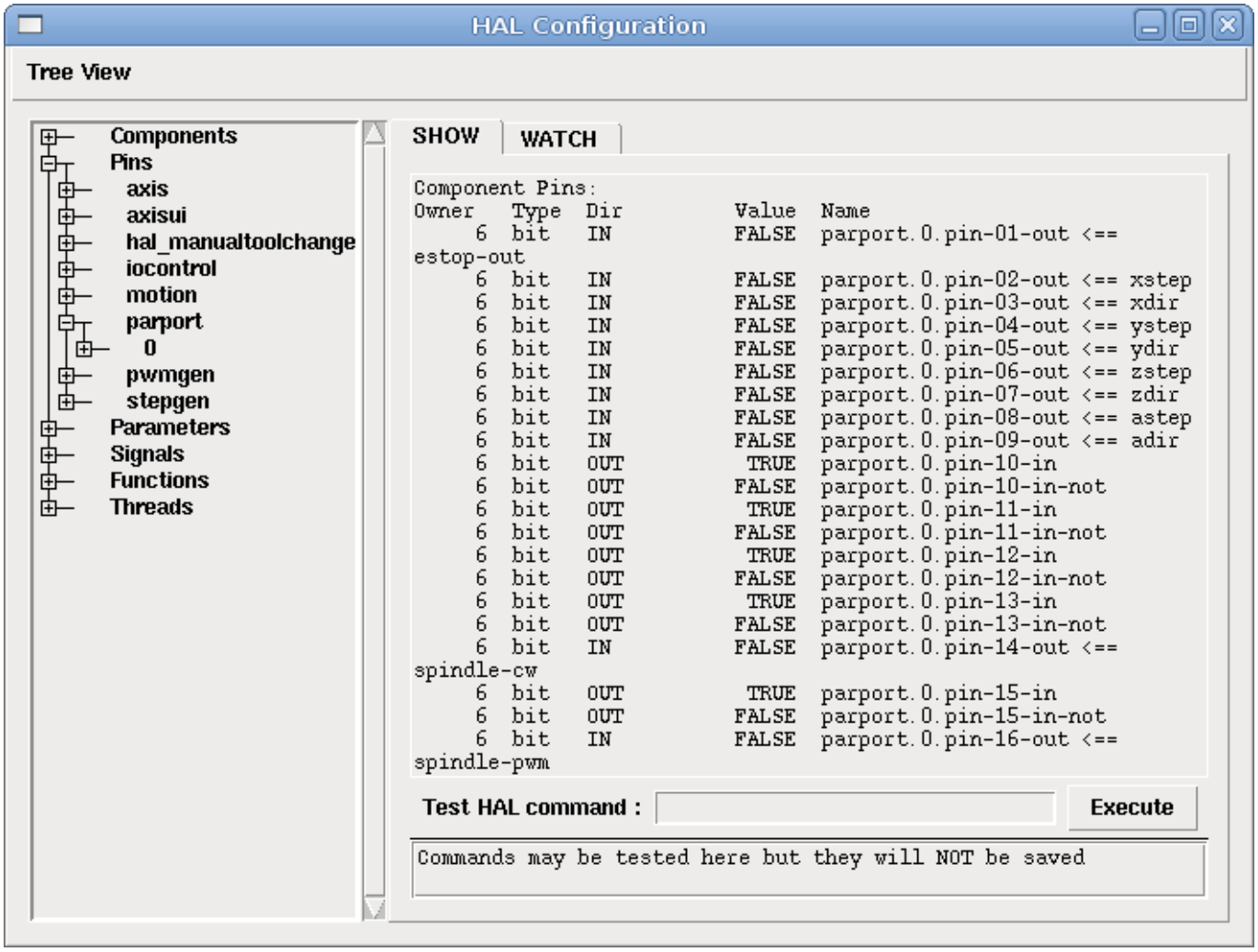


FIGURE 3.1 – Fenêtre de configuration de HAL

3.1.1 loadrt

La commande *loadrt* charge un composant temps réel de HAL. Les composants temps réel doivent être ajoutés au thread temps réel pour être fonctionnels. Il n'est pas possible de charger un composant de l'espace utilisateur dans l'espace temps réel.

Syntaxe et exemple:

```
loadrt <component> <options>
```

```
loadrt mux4 count=1
```

3.1.2 addf

La commande *addf* ajoute une fonction à un thread temps réel. Si l'assistant StepConf a été utilisé pour créer la configuration, deux threads ont été créés.

– base-thread (le thread haute vitesse) ce thread prends en main les items nécessitant une réponse très rapide comme la génération d'impulsions, la lecture et l'écriture sur le port parallèle.
– servo-thread (le thread basse vitesse) ce thread prends en main les items n'étant pas influencés par la vitesse comme le contrôleur de mouvement, l'API Classic Ladder et les commandes manuelles.

Syntaxe et exemple:

```
addf <component> <thread>
```

```
addf mux4 servo-thread
```

3.1.3 loadusr

La commande *loadusr* charge un composant de HAL de l'espace utilisateur. Les programmes de l'espace utilisateur ont leur propre process séparé qui optionellement communique avec les autres composants de HAL via leurs pins et paramètres. Il n'est pas possible de charger un composant temps réel dans l'espace utilisateur.

Les drapeaux peuvent être un ou plusieurs parmis les suivants:

-W
: pour attendre que le composant soit prêt. Le composant est supposé avoir le même nom que le premier argument de la commande.

-Wn <nom>
: pour attendre un composant, qui porte le nom donné sous la forme <nom>.

-w
: pour attendre la fin du programme

-i
: pour ignorer la valeur retournée par le programme (avec -w)

Syntaxe et exemple:

```
loadusr <component> <options>
```

```
loadusr halui
loadusr -Wn spindle gs2_vfd -n spindle
```

En anglais ça donne *loadusr wait for name spindle component gs2_vfd name spindle*. Le -n spindle est une partie du composant gs2_vfd et non de la commande loadusr.

3.1.4 net

La commande *net* crée une *connexion* entre un signal et une ou plusieurs pins. Les indicateurs de direction <= et => sont seulement des aides à la lecture, ils n'ont pas d'autre utilité.

Syntaxe et exemple:

```
net <signal-name> <pin-name> <opt-direction> <opt-pin-name>
```

```
net both-home-y <= parport.0.pin-11-in
```

Chaque signal ne peut avoir qu'une seule source (une seule pin de HAL *out*) et autant de *lecteurs* (des pins de HAL *in*) que souhaité. Dans la colonne Dir de la fenêtre de configuration de HAL il est possible de voir quelles pins sont *in* et quelles pins sont *out*.

Pour faire cela en une ligne:

```
     signal    source            destination          destination
net xStep stepgen.0.out => parport.0.pin-02-out parport.0.pin-08-out
```

Ou pour le faire en plusieurs lignes, utiliser simplement le signal avec les lecteurs des lignes suivantes:

```
net xStep <= stepgen.0.out => parport.0.pin-02-out
```

Les pins appelées I/O pins comme *index-enable*, ne suivent pas cette règle.

3.1.5 setp

La commande *setp* ajuste la valeur d'une pin ou d'un paramètre. Les valeurs valides dépendront du type de la pin ou du paramètre.
– bit = true ou 1 et false ou 0 (True, TRUE, true sont toutes valides)
– float = un flottant sur 32 bits, avec approximativement 24 bits de résolution et au plus 200 bits d'étendue dynamique.
– s32 = un nombre entier compris entre -2147483648 et 2147483647
– u32 = un nombre entier compris entre 0 et 4294967295
Pour des informations sur les flottants voir ici:

http://fr.wikipedia.org/wiki/Nombre_flottant

Les paramètres peuvent être positionnés avant utilisation ou pendant l'utilisation, toutefois certains composants ont des paramètres qui doivent être positionnés avant utilisation. Il n'est pas possible d'utiliser *setp* sur une pin connectée à un signal.

Syntaxe et exemple:

```
setp <pin/parameter-name> <value>
```

```
setp parport.0.pin-08-out TRUE
```

3.1.5.1 unlinkp

La commande *unlinkp* déconnecte la pin du signal auquel elle est connectée. Si aucun signal n'a été connecté à la pin avant de lancer cette commande, rien ne se passe.

Syntaxe et exemple:

```
unlinkp <pin-name>
```

```
unlinkp parport.0.pin-02-out
```

3.1.6 Commandes obsolètes

3.1.6.1 linksp

La commande *linksp* a été incluse dans la commande *net*.

La commande *linksp* crée une *connexion* entre un signal et une pin.

Syntaxe et exemple:

```
linksp <signal-name> <pin-name> linksp X-step parport.0.pin-02-out
```

3.1.6.2 linkps

La commande *linkps* a été incluse dans la commande *net*.

La commande *linksp* crée une *connexion* entre une pin et un signal. C'est la même chose que linksp mais les arguments sont inversés.

Syntaxe et exemple:

```
linkps <pin-name> <signal-name>
```

```
linkps parport.0.pin-02-out X-Step
```

3.1.6.3 newsig

the command *newsig* creates a new HAL signal by the name <signame> and the data type of <type>. Type must be *bit*, *s32*, *u32* or *float*. Error if <signame> already exists.

Syntaxe et exemple:

```
newsig <signame> <type>
```

```
newsig Xstep bit
```

D'autres informations peuvent être trouvées dans le manuel de HAL ou la man page de *halrun*.

3.2 HAL Data

1

3.2.1 Bit

A bit value is an on or off.
– bit values = true or 1 and false or 0 (True, TRUE, true are all valid)

3.2.2 Float

A *float* is a floating point number. In other words the decimal point can move as needed.
– float values = a 32 bit floating point value, with approximately 24 bits of resolution and over 200 bits of dynamic range.
For more information on floating point numbers see:

http://fr.wikipedia.org/wiki/Nombre_flottant

3.2.3 s32

An *s32* number is a whole number that can have a negative or positive value.
– s32 values = integer numbers -2147483648 to 2147483647

3.2.4 u32

A *u32* number is a whole number that is positive only.
– u32 values = integer numbers 0 to 4294967295

3.3 Fichiers Hal

Si l'assistant StepConf a été utilisé pour générer la configuration trois fichiers HAL ont dû être créés dans le répertoire de la configuration.
– ma-fraiseuse.hal (si ne nom de la config est "ma-fraiseuse") Ce fichier est chargé en premier, il ne doit pas être modifié sous peine de ne plus pouvoir l'utiliser avec l'assistant StepConf.
– custom.hal Ce fichier est le deuxième à être chargé et il l'est avant l'interface utilisateur graphique (GUI). C'est dans ce fichier que ce trouvent les commandes personnalisées de l'utilisateur devant être chargées avant la GUI.
– custom_postgui.hal Ce fichier est chargé après la GUI. C'est dans ce fichier que se trouvent les commandes personnalisées de l'utilisateur devant être chargées après la GUI. Toutes les commandes relatives aux widgets de pyVCP doivent être placées ici.

1. NDT la description des données de HAL reste en Anglais, elle sont suffisamment simples pour être comprises.

3.4 Composants de HAL

Deux paramètres sont automatiquement ajoutés à chaque composants HAL quand il est créé. Ces paramètres permettent d'encadrer le temps d'exécution d'un composant.

`.time`

`.tmax`

.time est le nombre de cycles du CPU qu'il a fallu pour exécuter la fonction.

.tmax est le nombre maximum de cycles du CPU qu'il a fallu pour exécuter la fonction. *.tmax* est un paramètre en lecture/écriture, de sorte que l'utilisateur peut le mettre à 0 pour se débarrasser du premier temps d'initialisation de la fonction.

3.5 Composants de logiques combinatoire

Hal contient plusieurs composants logiques temps réel. Les composants logiques suivent une tables de vérité montrant les états logiques des sorties en fonction de l'état des entrées. Typiquement, la manipulation des bits d'entrée détermine l'état électrique des sorties selon la table de vérité des portes.

3.5.1 and2

Le composant *and2* est une porte *and* à deux entrées. Sa table de vérité montre la sortie pour chaque combinaison des entrées.

Syntaxe

```
and2 [count=N] or [names=name1[,name2...]]
```

Fonctions

```
and2.n
```

Pins

```
and2.N.in0 (bit, in)
and2.N.in1 (bit, in)
and2.N.out (bit, out)
```

Table de vérité

in0	**in1**	**out**
False	False	False
True	False	False
False	True	False
True	True	True

3.5.2 not

Le composant *not* est un simple inverseur d'état.

Syntaxe

```
not [count=n] or [names=name1[,name2...]]
```

Fonctions

```
not.all
not.n
```

Pins

```
not.n.in (bit, in)
not.n.out (bit, out)
```

Table de vérité

in	out
True	False
False	True

3.5.3 or2

Le composant *or2* est une porte OR à deux entrées.

Syntaxe

```
or2[count=n] or [names=name1[,name2...]]
```

Functions

```
or2.n
```

Pins

```
or2.n.in0 (bit, in)
or2.n.in1 (bit, in)
or2.n.out (bit, out)
```

Table de vérité

in0	in1	out
True	False	True
True	True	True
False	True	True
False	False	False

3.5.4 xor2

Le composant *xor2* est une porte XOR à deux entrées (OU exclusif).

Syntaxe

```
xor2[count=n] or [names=name1[,name2...]]
```

Fonctions

```
xor2.n
```

Pins

```
xor2.n.in0 (bit, in)
xor2.n.in1 (bit, in)
xor2.n.out (bit, out)
```

Table de vérité

in0	in1	out
True	False	True

in0	in1	out
True	True	False
False	True	True
False	False	False

3.5.5 Exemples en logique combinatoire

Un exemple de connexion avec un "and2", deux entrées vers une sortie.

```
loadrt and2 count=1
addf and2.0 servo-thread
net my-sigin1 and2.0.in0 <= parport.0.pin-11-in
net my-sigin2 and2.0.in1 <= parport.0.pin-12-in
net both-on parport.0.pin-14-out <= and2.0.out
```

Dans cet exemple un and2 est chargé dans l'espace temps réel, puis ajouté à servo thread. Ensuite la broche d'entrée 11 du port parallèle est connectée à l'entrée in0 de la porte. Puis la broche d'entrée 12 du port est connectée à l'entrée in1 de la porte. Enfin la sortie and2.0.out de la porte est connectée à la broche de sortie 14 du port parallèle. Ainsi en suivant la table de vérité du and2, si les broches 11 et 12 du port sont à 1, alors sa sortie 14 est à 1 aussi.

3.6 Composants de conversion

3.6.1 Somme pondérée (weighted_sum)

La somme pondérée converti un groupe de bits en un entier. La conversion est la somme des *poids* des bits présents plus n'importe quel offset. C'est similaire au *binaire codé décimal* mais avec plus d'options. Le bit *hold* interrompt le traitement des entrées, de sorte que la valeur *sum* ne change plus.

La syntaxe suivante est utilisée pour charger le composant weighted_sum.

```
loadrt weighted_sum wsum_sizes=size[,size,...]
```

Crée des groupes de weighted_sum, chacun avec le nombre donné de bits d'entrée (size).

Pour mettre à jour la weighted_sum, le process_wsums doit être attaché à un thread.

```
addf process_wsums servo-thread
```

Ce qui met à jour le composant weighted_sum.

Dans l'exemple suivant, une copie de la fenêtre de configuration de HAL d'Axis, les bits *0* et *2* sont TRUE, ils n'ont pas d'offset. Le poids (*weight*) du bit 0 est 1, celui du bit 2 est 4, la somme est donc 5.

weighted_sum (somme pondérée)

```
Component Pins:
Owner   Type  Dir         Value  Name
    10  bit   In           TRUE  wsum.0.bit.0.in
    10  s32   I/O             1  wsum.0.bit.0.weight
    10  bit   In          FALSE  wsum.0.bit.1.in
    10  s32   I/O             2  wsum.0.bit.1.weight
    10  bit   In           TRUE  wsum.0.bit.2.in
    10  s32   I/O             4  wsum.0.bit.2.weight
    10  bit   In          FALSE  wsum.0.bit.3.in
    10  s32   I/O             8  wsum.0.bit.3.weight
    10  bit   In          FALSE  wsum.0.hold
    10  s32   I/O             0  wsum.0.offset
    10  s32   Out             5  wsum.0.sum
```

Chapitre 4

Le tutoriel de HAL

4.1 Introduction

Halrun peut être utilisé pour créer un système complet et fonctionnel. Il s'agit d'un outil de configuration et de mise au point très puissant, en ligne de commande ou en fichier texte. Les exemples suivants illustrent son installation et son fonctionnement.

4.2 Halcmd

Halcmd est un outil en ligne de commande pour manipuler HAL. Il existe une man page plus complète pour halcmd, elle sera installée en même temps qu' LinuxCNC depuis ses sources ou depuis un paquet. Si LinuxCNC a été compilé en *run-in-place*, la man page n'est pas installée, mais elle est accessible, dans le répertoire principal de LinuxCNC, taper:

```
$ man -M docs/man halcmd
```

4.2.1 Tab-complétion

Votre version de halcmd peut inclure la complétion avec la touche tab. Au lieu de compléter les noms de fichiers comme le fait un shell, il complète les commandes avec les identifiants HAL. Essayez de presser la touche tab après le début d'une commande HAL:

```
halcmd: loa<TAB>

halcmd: load

halcmd: loadrt

halcmd: loadrt deb<TAB>

halcmd: loadrt debounce
```

4.2.2 L'environnement RTAPI

RTAPI est le sigle de Real Time Application Programming Interface. De nombreux composants HAL travaillent en temps réel et tous les composants de HAL stockent leurs données dans la mémoire partagée, de sorte que les composants temps réel puissent y accéder. Normalement, Linux ne prend pas en charge les programmes temps réel ni le type de mémoire partagée dont HAL a besoin. Heureusement, il existe des systèmes d'exploitation temps réel RTOS qui fournissent les extensions nécessaires à Linux. Malheureusement, chaque RTOS fait les choses différemment des autres.

Pour remédier à ces différences, l'équipe de LinuxCNC a proposé RTAPI, qui fournit une manière cohérente aux programmes de parler au RTOS. Si vous êtes un programmeur qui veut travailler à l'intérieur de LinuxCNC, vous pouvez étudier *linuxcnc/src/rtapi/rtapi.h* pour comprendre l'API. Mais si vous êtes une personne normale, tout ce que vous avez besoin de savoir à propos de RTAPI est qu'il doit être (avec le RTOS) chargé dans la mémoire de votre ordinateur avant de pouvoir faire n'importe quoi avec HAL.

4.3 Tutoriel simple

4.3.1 Charger un composant temps réel

Pour ce tutoriel, nous allons supposer que vous avez installé avec succès le CD-Live ou que vous avez compilé correctement l'arborescence linuxcnc/src. Si nécessaire, invoquez le script *rip-environment* pour préparer votre shell. Dans ce cas, tout ce que vous avez à faire est de charger le RTOS requis et les modules RTAPI dans la mémoire. Tapez juste les commandes suivantes dans une console:

```
$cd linuxcnc

$linuxcnc halrun

$halcmd:
```

Avec l'OS temps réel et RTAPI chargés, vous pouvez passer au premier exemple. Notez que le prompt a changé, il est passé de *+$+* à *halcmd:*. La raison en est que les commandes ultérieures seront interprétées comme des commandes HAL et non plus comme des commandes shell.

Pour le premier exemple, nous allons utiliser un composant HAL appelé *siggen*, qui est un simple générateur de signaux. Une description complète de ce composant est disponible à la section siggen de ce document. Il s'agit d'un composant temps réel, mis en œuvre comme un module du noyau Linux. Pour charger siggen utiliser la commande de HAL, *loadrt*:

```
halcmd: loadrt siggen
```

4.3.2 Examiner HAL

Maintenant que le module est chargé, il faut introduire *halcmd*, l'outil en ligne de commande utilisé pour configurer HAL. Pour une description plus complète essayez: *man halcmd*, ou consultez la section halcmd au début de ce document. La première commande de halcmd et *show*, qui affichera les informations concernant l'état actuel de HAL. Pour afficher tout ce qui est installé tapez:

```
halcmd: show comp

    Loaded HAL Components:
    ID      Type  Name          PID   State
    3       RT    siggen              ready
    2       User  halcmd2177    2177  ready
```

Puisque halcmd lui même est un composant HAL, il sera toujours présent dans la liste. Le nombre après halcmd dans la liste des composants est le Process ID. Il est toujours possible de lancer plus d'une instance de halcmd en même temps (dans différentes fenêtres par exemple), le numéro PID est ajouté à la fin du nom pour rendre celui-ci unique. La liste montre aussi le composant *siggen* que nous avions installé à l'étape précédente. Le *RT* sous *Type* indique que siggen est un composant temps réel.

Ensuite, voyons quelles pins siggen rend disponibles:

```
halcmd: show pin

    Component Pins:
    Owner   Type  Dir         Value  Name
        3  float   IN             1  siggen.0.amplitude
```

```
        3  float  OUT             0  siggen.0.cosine
        3  float   IN             1  siggen.0.frequency
        3  float   IN             0  siggen.0.offset
        3  float  OUT             0  siggen.0.sawtooth
        3  float  OUT             0  siggen.0.sine
        3  float  OUT             0  siggen.0.square
        3  float  OUT             0  siggen.0.triangle
```

Cette commande affiche toutes les pins présentes dans HAL. Un système complexe peut avoir plusieurs dizaines ou centaines de pins. Mais pour le moment il y a seulement huit pins. Toutes ces huit pins sont des flottants, elles transportent toutes des données en provenance du composant siggen. Puisque nous n'avons pas encore exécuté le code contenu dans le composant, certaines pins ont une valeur de zéro.

L'étape suivante consiste à examiner les paramètres:

```
halcmd: show param

    Parameters:
    Owner   Type  Dir        Value   Name
        3    s32   RO            0   siggen.0.update.time
        3    s32   RW            0   siggen.0.update.tmax
```

La commande *show param* affiche tous les paramètres de HAL. Pour le moment chaque paramètre à la valeur par défaut attribuée quand le composant a été chargé. Notez dans la colonne *Dir*, les paramètres marqués *-W* sont en écriture possible, pour ceux qui ne sont jamais modifiés par le composant lui-même, mais qui sont modifiables par l'utilisateur pour contrôler le composant. Nous verrons comment plus tard. Les paramètres marqués *R-* sont en lecture seule. Il ne peuvent être modifiés que par le composant. Finalement, les paramètres marqués *RW* sont en lecture/écriture. Ils peuvent être modifiés par le composant et aussi par l'utilisateur. Nota: les paramètres *siggen.0.update.time* et *siggen.0.update.tmax* existent dans un but de débogage, ils ne sont pas couverts par cette documentation. Les paramètres thread.time et thread.tmax sont associés avec le thread créé quand le composant a été chargé. Quand la réécriture de HAL sera terminée, le thread ne sera plus créé à ce stade, de sorte que ces paramètres ne seront plus visibles.

Il n'y a pas de thread créé ici, mais il y a quand même les paramètres *siggen.0.update.time* et *siggen.0.update.tmax*.

Les paramètres de thread sont ceux du composant 02, le module siggen. C'est incorrect, ils devraient être ceux du module hal_lib, parce que le thread lui même n'est plus la propriété de siggen, et si siggen est retiré, les paramètres devraient rester.

Et bien finalement, *fixer* les paramètres de thread aura pris plus de temps que je ne pensais. Donc, je les ai éliminés pour l'instant. Quand la réécriture de HAL sera terminée, je les remettrai.

La plupart des composants temps réel exportent une ou plusieurs fonctions pour que le code qu'elles contiennent soit exécuté en temps réel. Voyons ce que la fonction siggen exporte:

```
halcmd: show funct

    Exported Functions:
    Owner  CodeAddr  Arg       FP   Users  Name
    00003  f801b000  fae820b8  YES      0   siggen.0.update
```

Le composant siggen exporte une seule fonction. Il nécessite un flottant (Floating Point). Il n'est lié à aucun thread, puisque *users* est à zéro. [1]

4.3.3 Exécuter le code temps réel

Pour faire tourner le code actuellement contenu dans la fonction *siggen.0.update*, nous avons besoin d'un thread temps réel. C'est le composant appelé *threads* qui est utilisé pour créer le nouveau thread. Créons un thread appelé *test-thread* avec une période de 1 ms (1000 μs ou 1000000 ns):

```
halcmd: loadrt threads name1=test-thread period1=1000000
```

1. Les champs CodeAddr et Arg ont été utilisés pendant le développement et devraient probablement disparaître.

Voyons si il fonctionne:

```
halcmd: show thread

    Realtime Threads:
         Period  FP     Name               (     Time, Max-Time )
         999855  YES           test-thread (        0,        0 )
```

Il fonctionne. La période n'est pas exactement de 1000000 ns à cause des limitations dues au matériel, mais nous avons bien un thread qui tourne à une période approximativement correcte et qui peut manipuler des fonctions en virgule flottante. La prochaine étape sera de connecter la fonction au thread:

```
halcmd: addf siggen.0.update test-thread
```

Pour le moment nous avions utilisé halcmd seulement pour regarder HAL. Mais cette fois-ci, nous avons utilisé la commande *addf* (add function) pour changer quelque chose dans HAL. Nous avons dit à halcmd d'ajouter la fonction *siggen.0.update* au thread *test-thread* et la commande suivante indique qu'il a réussi:

```
halcmd: show thread

    Realtime Threads:
         Period  FP     Name          (     Time, Max-Time )
         999855  YES    test-thread   (        0,        0 )
                    1 siggen.0.update
```

Il y a une étape de plus avant que le composant siggen ne commence à générer des signaux. Quand HAL est démarré pour la première fois, les threads ne sont pas en marche. C'est pour vous permettre de compléter la configuration du système avant que le code temps réel ne démarre. Une fois que vous êtes satisfait de la configuration, vous pouvez lancer le code temps réel comme ceci:

```
halcmd: start
```

Maintenant le générateur de signal est en marche. Regardons ses pins de sortie:

```
halcmd: show pin

    Component Pins:
    Owner   Type  Dir         Value  Name
         3  float IN              1  siggen.0.amplitude
         3  float OUT    -0.1640929  siggen.0.cosine
         3  float IN              1  siggen.0.frequency
         3  float IN              0  siggen.0.offset
         3  float OUT    -0.4475303  siggen.0.sawtooth
         3  float OUT     0.9864449  siggen.0.sine
         3  float OUT            -1  siggen.0.square
         3  float OUT    -0.1049393  siggen.0.triangle
```

Regardons encore une fois:

```
halcmd: show pin

    Component Pins:
    Owner   Type  Dir         Value  Name
         3  float IN              1  siggen.0.amplitude
         3  float OUT     0.0507619  siggen.0.cosine
         3  float IN              1  siggen.0.frequency
         3  float IN              0  siggen.0.offset
         3  float OUT     -0.516165  siggen.0.sawtooth
         3  float OUT     0.9987108  siggen.0.sine
         3  float OUT            -1  siggen.0.square
         3  float OUT    0.03232994  siggen.0.triangle
```

Nous avons fait, très rapidement, deux commandes *show pin* et vous pouvez voir que les sorties ne sont plus à zéro. Les sorties sinus, cosinus, dents de scie et triangle changent constamment. La sortie carrée fonctionne également, mais elle passe simplement de +1.0 à -1.0 à chaque cycle.

4.3.4 Modifier des paramètres

La réelle puissance de HAL est de permettre de modifier les choses. Par exemple, on peut utiliser la commande *setp* pour ajuster la valeur d'un paramètre. Modifions l'amplitude du signal de sortie du générateur de 1.0 à 5.0:

```
halcmd: setp siggen.0.amplitude 5
```

Voyons encore une fois les paramètres et les pins:

```
halcmd: show param

    Parameters:
    Owner   Type  Dir         Value  Name
         3  s32   RO           1754  siggen.0.update.time
         3  s32   RW          16997  siggen.0.update.tmax

halcmd: show pin

    Component Pins:
    Owner   Type  Dir         Value  Name
         3  float IN              5  siggen.0.amplitude
         3  float OUT     0.8515425  siggen.0.cosine
         3  float IN              1  siggen.0.frequency
         3  float IN              0  siggen.0.offset
         3  float OUT      2.772382  siggen.0.sawtooth
         3  float OUT     -4.926954  siggen.0.sine
         3  float OUT             5  siggen.0.square
         3  float OUT      0.544764  siggen.0.triangle
```

Notez que la valeur du paramètre *siggen.0.amplitude* est bien passée à 5.000 et que les pins ont maintenant des valeurs plus grandes.

4.3.5 Enregistrer la configuration de HAL

La plupart de ce que nous avons fait jusqu'ici avec halcmd a été de simplement regarder les choses avec la commande show . Toutefois, deux commandes ont réellement modifié des valeurs. Au fur et à mesure que nous concevons des systèmes plus complexes avec HAL, nous allons utiliser de nombreuses commandes pour le configurer comme nous le souhaitons. HAL a une mémoire d'éléphant et peut retenir sa configuration jusqu'à ce qu'il s'arrête. Mais qu'en est-il de la prochaine fois ? Nous ne voulons pas entrer une série de commande à chaque fois que l'on veut utiliser le système. Nous pouvons enregistrer la configuration de l'ensemble de HAL en une seule commande:

```
halcmd: save

    # components
    loadrt threads name1=test-thread period1=1000000
    loadrt siggen
    # pin aliases
    # signals
    # nets
    # parameter values
    setp siggen.0.update.tmax 14687
    # realtime thread/function links
    addf siggen.0.update test-thread
```

La sortie de la commande *save* est une séquence de commandes HAL. Si vous commencez par un HAL *vide* et que vous tapez toute la séquence de commandes HAL, vous aurez la configuration qui existait lors de l'exécution de la commande save. Pour sauver ces commandes pour une utilisation ultérieure, nous allons simplement rediriger la sortie vers un fichier:

```
halcmd: save all saved.hal
```

4.3.6 Quitter halrun

Pour quitter halrun, ne pas fermez simplement la fenêtre de terminal sans avoir arrêté la session de HAL, pour l'arrêter correctement tapez:

```
halcmd: exit

~/linuxcnc$
```

4.3.7 Restaurer la configuration de HAL

Pour restaurer la configuration de HAL enregistrée dans *saved.hal*, nous avons besoin d'exécuter toutes les commandes enregistrées. Pour ce faire, nous utiliserons la commande *-f <filename>* qui lit les commandes à partir d'un fichier, le *-I* affichera le prompt halcmd après l'exécution des commandes:

```
~/linuxcnc$ halrun -I -f saved.hal
```

Noter qu'il n'y a pas de commande *start* dans le fichier saved.hal. Il est nécessaire de la retaper (ou d'éditer saved.hal pour l'ajouter):

```
halcmd: start

halcmd: exit

~/linuxcnc$
```

4.3.8 Suppression de la mémoire de HAL

Si un arrêt inattendu d'une session de HAL survient, il sera peut être nécessaire de décharger HAL de la mémoire avant de pouvoir lancer une autre session. Pour cela, taper la commande suivante dans une fenêtre de terminal:

```
~/linuxcnc$ halrun -U
```

4.4 Visualiser HAL avec halmeter

Il est possible de construire des systèmes HAL vraiment complexes sans utiliser d'interface graphique. Mais il y a quelque chose de rassurant à visualiser le résultat du travail. Le premier et le plus simple des outils graphiques pour HAL, est *halmeter*. C'est un programme très simple qui s'utilise comme un multimètre. Il permet d'observer les pins, signaux ou paramètres en affichant la valeur courante de ces items. Il est très simple à utiliser. Dans une console taper *halmeter*. halmeter est une application pour environnement graphique. Deux fenêtres vont apparaître, la fenêtre de sélection est la plus grande. Elle comprend trois onglets. Un onglet liste toutes les pins actuellement définies dans HAL. Le suivant, liste tous les signaux et le dernier onglet, liste tous les paramètres. Cliquer sur un onglet, puis cliquer sur un des items pour le sélectionner. La petite fenêtre affichera le nom et la valeur de l'item sélectionné. L'affichage est mis à jour environ 10 fois par seconde. Pour libérer de la place sur l'écran, la fenêtre de sélection peut être fermée avec le bouton *Fermer*. Sur la petite fenêtre, cachée sous la grande à l'ouverture, le bouton *Sélectionner*, ré-ouvre la fenêtre de sélection et le bouton *Quitter* arrête le programme et ferme les fenêtres.

Il est possible d'ouvrir et de faire fonctionner simultanément plusieurs halmeter, ce qui permet de visualiser plusieurs items en même temps. Pour ouvrir un halmeter en libérant la console, taper *halmeter &* pour le lancer en tâche de fond. Il est possible

de lancer halmeter en lui faisant afficher immédiatement un item, pour cela, ajouter les arguments sur la ligne de commande *pin|sig|par[am] nom*. Il affichera le signal, la pin, ou le paramètre *nom* dès qu'il démarrera. Si l'item indiqué n'existe pas, il démarrera normalement. Finalement, si un item est spécifié pour l'affichage, il est possible d'ajouter *-s* devant pin|sig|param pour indiquer à halmeter d'utiliser une fenêtre encore plus réduite. Le nom de l'item sera affiché dans la barre de titre au lieu de sous la valeur et il n'y aura pas de bouton. Utile pour afficher beaucoup de halmeter dans un petit espace de l'écran.

Nous allons utiliser de nouveaux éléments du composant siggen pour vérifier halmeter. Si vous avez fini l'exemple précédent, alors siggen est déjà chargé. Sinon, on peut charger tout comme nous l'avons fait précédemment:

```
~/linuxcnc$ halrun

halcmd: loadrt siggen

halcmd: loadrt threads name1=test-thread period1=1000000

halcmd: addf siggen.0.update test-thread

halcmd: start

halcmd: setp siggen.0.amplitude 5
```

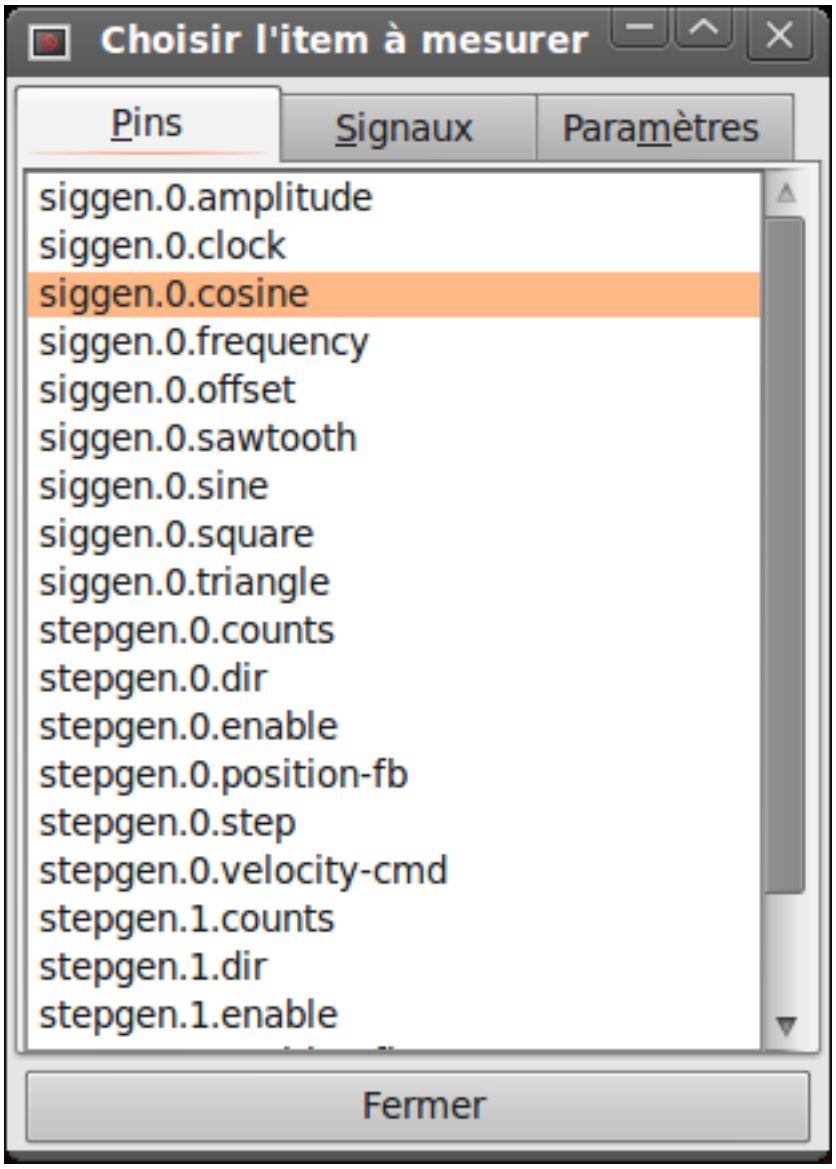
4.4.1 Lancement de halmeter

À ce stade, nous avons chargé le composant siggen, il est en cours d'exécution. Nous pouvons lancer halmeter. Puisque halmeter est une application graphique, X doit être actif.

```
halcmd: loadusr halmeter
```

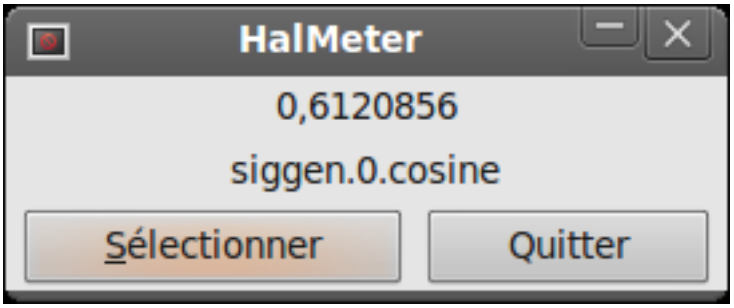
Dans le même temps, une fenêtre s'ouvre sur votre écran, demandant de sélectionner l'item à observer.

Fenêtre de sélection de halmeter



Ce dialogue contient trois onglets. Le premier onglet affiche toutes les HAL pins du système. La seconde affiche tous les signaux et le troisième affiche tous les paramètres. Si nous voulons analyser la pin *siggen.0.cosine* en premier, il suffit de cliquer sur elle puis sur le bouton *Fermer*. Le dialogue de sélection se ferme et la mesure s'affiche dans une fenêtre semblable à la figure ci-dessous.

Affichage de la valeur



Pour modifier ce qui est affiché sur halmeter pressez le bouton *Sélectionner* qui vous ramènera à la fenêtre de sélection précédente.

Vous devriez voir la valeur évoluer puisque siggen génère une onde cosinusoïdale. halmeter rafraîchi son affichage environ 5 fois par seconde.

Pour éteindre halmeter, cliquer sur le bouton *Quitter*.

Pour visualiser plusieurs pins, signaux ou paramètres en même temps, il est possible d'ouvrir plusieurs halmeter. La fenêtre de halmeter est intentionnellement petite justement pour permettre d'en ouvrir un grand nombre sur le même écran.

4.5 Tutoriel plus complexe avec stepgen

Jusqu'à maintenant, nous avons chargé un composant HAL. Mais l'idée générale de HAL est de vous permettre de charger et de relier un grand nombre de composants pour en faire un système complexe. L'exemple suivant va utiliser deux composants.

Avant de mettre en place ce nouvel exemple, nous allons commencer par un petit nettoyage. Si vous avez fini l'un des exemples précédents, il faut supprimer tous les composants et ensuite recharger la RTAPI et les librairies de HAL en faisant:

```
halcmd: exit

~/linuxcnc$ halrun
```

4.5.1 Installation des composants

Maintenant, nous allons charger le composant générateur d'impulsions. Pour l'instant, nous pouvons nous passer des détails et exécuter les commandes suivantes: [2]

Dans cet exemple nous utiliserons le type de contrôle *velocity* du composant stepgen.

```
halrun: loadrt stepgen step_type=0,0 ctrl_type=v,v

halcmd: loadrt siggen

halcmd: loadrt threads name1=fast fp1=0 period1=50000 name2=slow period2=1000000
```

La première commande charge deux générateurs d'impulsions, configurés pour générer des impulsions de type 0. La seconde commande charge notre vieil ami siggen et la troisième crée deux threads, un rapide (fast) avec une période de 50 μs et un lent avec une période de 1ms. Le thread rapide ne prend pas en charge les fonctions à virgule flottante (fp1=0).

Comme précédemment, on peut utiliser *halcmd show* pour jeter un coup d'oeil à HAL. Cette fois, nous aurons beaucoup plus de pins et de paramètres que précédemment:

```
halcmd: show pin

    Component Pins:
    Owner   Type  Dir         Value  Name
         4  float IN              1  siggen.0.amplitude
         4  float OUT             0  siggen.0.cosine
         4  float IN              1  siggen.0.frequency
         4  float IN              0  siggen.0.offset
         4  float OUT             0  siggen.0.sawtooth
         4  float OUT             0  siggen.0.sine
         4  float OUT             0  siggen.0.square
         4  float OUT             0  siggen.0.triangle
         3  s32   OUT             0  stepgen.0.counts
         3  bit   OUT         FALSE  stepgen.0.dir
         3  bit   IN          FALSE  stepgen.0.enable
         3  float OUT             0  stepgen.0.position-fb
         3  bit   OUT         FALSE  stepgen.0.step
         3  float IN              0  stepgen.0.velocity-cmd
         3  s32   OUT             0  stepgen.1.counts
         3  bit   OUT         FALSE  stepgen.1.dir
```

2. Le signe \ à la fin d'une longue ligne indique que la ligne est tronquée (c'est nécessaire pour formater ce document). Quand vous entrez la commande en ligne dans la console, sautez simplement le \ (ne pressez pas Entrée) et continuez à taper la ligne suivante.

```
         3  bit   IN          FALSE  stepgen.1.enable
         3  float OUT             0  stepgen.1.position-fb
         3  bit   OUT         FALSE  stepgen.1.step
         3  float IN              0  stepgen.1.velocity-cmd


halcmd: show param

    Parameters:
    Owner   Type  Dir         Value  Name
         4  s32   RO              0  siggen.0.update.time
         4  s32   RW              0  siggen.0.update.tmax
         3  u32   RW     0x00000001  stepgen.0.dirhold
         3  u32   RW     0x00000001  stepgen.0.dirsetup
         3  float RO              0  stepgen.0.frequency
         3  float RW              0  stepgen.0.maxaccel
         3  float RW              0  stepgen.0.maxvel
         3  float RW              1  stepgen.0.position-scale
         3  s32   RO              0  stepgen.0.rawcounts
         3  u32   RW     0x00000001  stepgen.0.steplen
         3  u32   RW     0x00000001  stepgen.0.stepspace
         3  u32   RW     0x00000001  stepgen.1.dirhold
         3  u32   RW     0x00000001  stepgen.1.dirsetup
         3  float RO              0  stepgen.1.frequency
         3  float RW              0  stepgen.1.maxaccel
         3  float RW              0  stepgen.1.maxvel
         3  float RW              1  stepgen.1.position-scale
         3  s32   RO              0  stepgen.1.rawcounts
         3  u32   RW     0x00000001  stepgen.1.steplen
         3  u32   RW     0x00000001  stepgen.1.stepspace
         3  s32   RO              0  stepgen.capture-position.time
         3  s32   RW              0  stepgen.capture-position.tmax
         3  s32   RO              0  stepgen.make-pulses.time
         3  s32   RW              0  stepgen.make-pulses.tmax
         3  s32   RO              0  stepgen.update-freq.time
         3  s32   RW              0  stepgen.update-freq.tmax
```

4.5.2 Connexion des pins avec les signaux

Nous avons donc deux générateurs d'impulsions de pas et un générateur de signaux. Maintenant, nous allons créer des signaux HAL pour connecter ces trois composants. Nous allons faire comme si nous pilotions les axes X et Y d'une machine avec nos générateurs d'impulsions de pas. Nous voulons déplacer la table en ronds. Pour ce faire, nous allons envoyer un signal cosinusoïdal à l'axe des X et un signal sinusoïdal à l'axe des Y. Le module siggen créera le sinus et le cosinus, mais nous aurons besoin de *fils* pour connecter les modules ensemble. Dans HAL, les *fils* sont appelés signaux. Nous devons en créer deux. Nous pouvons les appeler comme on veut, dans cet exemple il y aura *X-vel* et *Y-vel*. Le signal *X-vel* partira de la sortie cosinus du générateur de signaux et arrivera sur l'entrée *velocity* du premier générateur d'impulsions de pas. La première étape consiste à connecter le signal à la sortie du générateur de signaux. Pour connecter un signal à une pin, nous utilisons la commande *net*:

```
halcmd: net X-vel <= siggen.0.cosine
```

Pour voir l'effet de la commande *net*, regardons les signaux:

```
halcmd: show sig

    Signals:
    Type          Value  Name     (linked to)
    float             0  X-vel <== siggen.0.cosine
```

Quand un signal est connecté à une ou plusieurs pins, la commande *show* liste les pins immédiatement suivies par le nom du signal. Les flèches donnent la direction du flux de données, dans ce cas, le flux va de la pin *siggen.0.cosine* vers le signal *X-vel*. Maintenant, connectons *X-vel* à l'entrée *velocity* du générateur d'impulsions de pas:

```
halcmd: net X-vel => stepgen.0.velocity-cmd
```

Nous pouvons aussi connecter l'axe Y au signal *Y-vel*. Il doit partir de la sortie sinus du générateur de signaux pour arriver sur l'entrée du second générateur d'impulsions de pas. La commande suivante fait, en une ligne, la même chose que les deux commandes *net* précédentes ont fait pour *X-vel*:

```
halcmd: net Y-vel siggen.0.sine => stepgen.1.velocity-cmd
```

Pour voir l'effet de la commande net, regardons encore les signaux et les pins:

```
halcmd: show sig

    Signals:
    Type          Value  Name     (linked to)
    float             0  X-vel <== siggen.0.cosine
                            ==> stepgen.0.velocity-cmd
    float             0  Y-vel <== siggen.0.sine
                            ==> stepgen.1.velocity-cmd
```

La commande *show sig* montre clairement comment les flux de données circulent dans HAL. Par exemple, le signal *X-vel* provient de la pin *siggen.0.cosine* et va vers la pin *stepgen.0.velocity-cmd*.

4.5.3 Exécuter les réglages du temps réel - threads et functions

Penser à ce qui circule dans les *fils* rend les pins et les signaux assez faciles à comprendre. Les threads et les fonctions sont un peu plus délicates à appréhender. Les fonctions contiennent des instructions pour l'ordinateur. Les threads sont les méthodes utilisées pour faire exécuter ces instructions quand c'est nécessaire. Premièrement, regardons les fonctions dont nous disposons:

```
halcmd: show funct

    Exported Functions:
    Owner   CodeAddr  Arg       FP   Users  Name
     00004  f9992000  fc731278  YES      0   siggen.0.update
     00003  f998b20f  fc7310b8  YES      0   stepgen.capture-position
     00003  f998b000  fc7310b8  NO       0   stepgen.make-pulses
     00003  f998b307  fc7310b8  YES      0   stepgen.update-freq
```

En règle générale, vous devez vous référer à la documentation de chaque composant pour voir ce que font ses fonctions. Dans notre exemple, la fonction *siggen.0.update* est utilisée pour mettre à jour les sorties du générateur de signaux. Chaque fois qu'elle est exécutée, le générateur recalcule les valeurs de ses sorties sinus, cosinus, dent de scie, triangle, carrée. Pour générer un signal régulier, il doit fonctionner à des intervalles très précis.

Les trois autres fonctions sont relatives au générateur d'impulsions de pas:

La première, *stepgen.capture-position*, est utilisée pour un retour de position. Elle capture la valeur d'un compteur interne comptant les impulsions qui sont générées. S'il n'y a pas de perte de pas, ce compteur indique la position du moteur.

La fonction principale du générateur d'impulsions est *stepgen.make-pulses*. Chaque fois que *make-pulses* démarre, elle décide qu'il est temps de faire un pas, si oui elle fixe les sorties en conséquence. Pour des pas plus doux, elle doit fonctionner le plus souvent possible. Parce qu'elle a besoin de fonctionner de manière rapide, *make-pulses* est hautement optimisée et n'effectue que quelques calculs. Contrairement aux autres, elle n'a pas besoin de virgule flottante pour ses calculs.

La dernière fonction, *stepgen.update-freq*, est responsable de l'échelle et de quelques autres calculs qui ne doivent être effectués que lors d'une commande de changement de fréquence.

Pour notre exemple nous allons faire tourner *siggen.0.update* à une vitesse modérée pour le calcul des valeurs sinus et cosinus. Immédiatement après avoir lancé siggen.0.update, nous lançons *stepgen.0.update_freq* pour charger les nouvelles valeurs dans le

générateur d'impulsions. Finalement nous lancerons *stepgen.make_pulses* aussi vite que possible pour des pas plus doux. Comme nous n'utilisons pas de retour de position, nous n'avons pas besoin de lancer *stepgen.capture_position*.

Nous lançons les fonctions en les ajoutant aux threads. Chaque thread va à une vitesse précise. Regardons de quels threads nous disposons:

```
halcmd: show thread

    Realtime Threads:
         Period  FP     Name               (     Time, Max-Time )
         996980  YES                  slow (        0,        0 )
          49849  NO                   fast (        0,        0 )
```

Les deux *threads* ont été créés lorsque nous les avons chargés. Le premier, *slow* , tourne toutes les millisecondes, il est capable d'exécuter des fonctions en virgule flottante (FP). Nous l'utilisons pour *siggen.0.update* et *stepgen.update_freq*. Le deuxième thread est *fast*, il tourne toutes les 50 microsecondes, il ne prend pas en charge les calculs en virgule flottante. Nous l'utilisons pour *stepgen.make_pulses*. Pour connecter des fonctions au bon thread, nous utilisons la commande *addf*. Nous spécifions la fonction en premier, suivie par le thread:

```
halcmd: addf siggen.0.update slow

halcmd: addf stepgen.update-freq slow

halcmd: addf stepgen.make-pulses fast
```

Après avoir lancé ces commandes, nous pouvons exécuter la commande *show thread* une nouvelle fois pour voir ce qui ce passe:

```
halcmd: show thread

    Realtime Threads:
         Period  FP     Name               (     Time, Max-Time )
         996980  YES                  slow (        0,        0 )
                      1 siggen.0.update
                      2 stepgen.update-freq
          49849  NO                   fast (        0,        0 )
                      1 stepgen.make-pulses
```

Maintenant, chaque thread est suivi par les noms des fonctions, dans l'ordre dans lequel les fonctions seront exécutées.

4.5.4 Réglage des paramètres

Nous sommes presque prêts à démarrer notre système HAL. Mais il faut auparavant régler quelques paramètres. Par défaut le composant siggen génère des signaux qui varient entre +1 et -1. Pour notre exemple, c'est très bien, nous voulons que la vitesse de la table varie de +1 à -1 pouce par seconde. Toutefois, l'échelle du générateur d'impulsions de pas n'est pas bonne. Par défaut, il génère une fréquence de sortie de 1 pas par seconde avec une capacité de 1000. Il est fort improbable qu'un pas par seconde nous donne une vitesse de déplacement de la table d'un pouce par seconde. Supposons que notre vis fasse 5 tours par pouce, couplée à un moteur pas à pas de 200 pas par tour et une interface qui fournit 10 micropas par pas. Il faut donc 2000 pas pour faire un tour de vis et 5 tours pour faire un pouce. Ce qui signifie que notre montage utilisera 10000 pas par pouce. Nous avons besoin de multiplier la vitesse d'entrée à l'étape générateur d'impulsions par 10000 pour obtenir la bonne valeur. C'est exactement pour cela qu'existe le paramètre *stepgen.n.velocity-scale* . Dans notre cas, les axes X et Y ont la même échelle et nous pouvons passer les deux paramètres à 10000:

```
halcmd: setp stepgen.0.position-scale 10000

halcmd: setp stepgen.1.position-scale 10000

halcmd: setp stepgen.0.enable 1

halcmd: setp stepgen.1.enable 1
```

Cela signifie que, avec la pin *stepgen.0.velocity-cmd* à 1.000 et le générateur réglé pour 10000 impulsions par seconde (10kHz), avec le moteur et la vis décrits précédemment, nos axes auront une vitesse de déplacement de exactement 1.000 pouce par seconde. Cela illustre une notion clé du concept de HAL, des éléments comme les échelles étant au plus bas niveau possible, dans notre exemple le générateur d'impulsions de pas, le signal interne *X-vel* est celui de la vitesse de déplacement de la table en pouces par seconde. Les autres composants comme *siggen* ne savent rien du tout à propos de l'échelle des autres. Si on change de vis, ou de moteur, il n'y a qu'un seul paramètre à changer, l'échelle du générateur d'impulsions de pas.

4.5.5 Lançons le!

Nous avons maintenant tout configuré et sommes prêts à démarrer. Tout comme dans le premier exemple, nous utilisons la commande *start*:

```
halcmd: start
```

Bien que rien ne semble se produire, à l'intérieur de l'ordinateur les impulsions de pas sont présentes sur la sortie du générateur, variant entre 10kHz dans un sens et 10kHz dans l'autre à chaque seconde. Dans la suite de ce tutoriel, nous allons voir comment convertir ces signaux internes des moteurs dans le monde réel, mais nous allons d'abord les examiner pour voir ce qui se passe.

4.6 Voyons-y de plus près avec halscope

L'exemple précédent génère certains signaux très intéressants. Mais beaucoup de ce qui se passe est beaucoup trop rapide pour être vu avec halmeter. Pour examiner de plus près ce qui se passe à l'intérieur de HAL, il faudrait un oscilloscope. Heureusement HAL en offre un, appelé *halscope*. Il permet de capturer la valeur des pins, des signaux et des paramètres en fonction du temps.

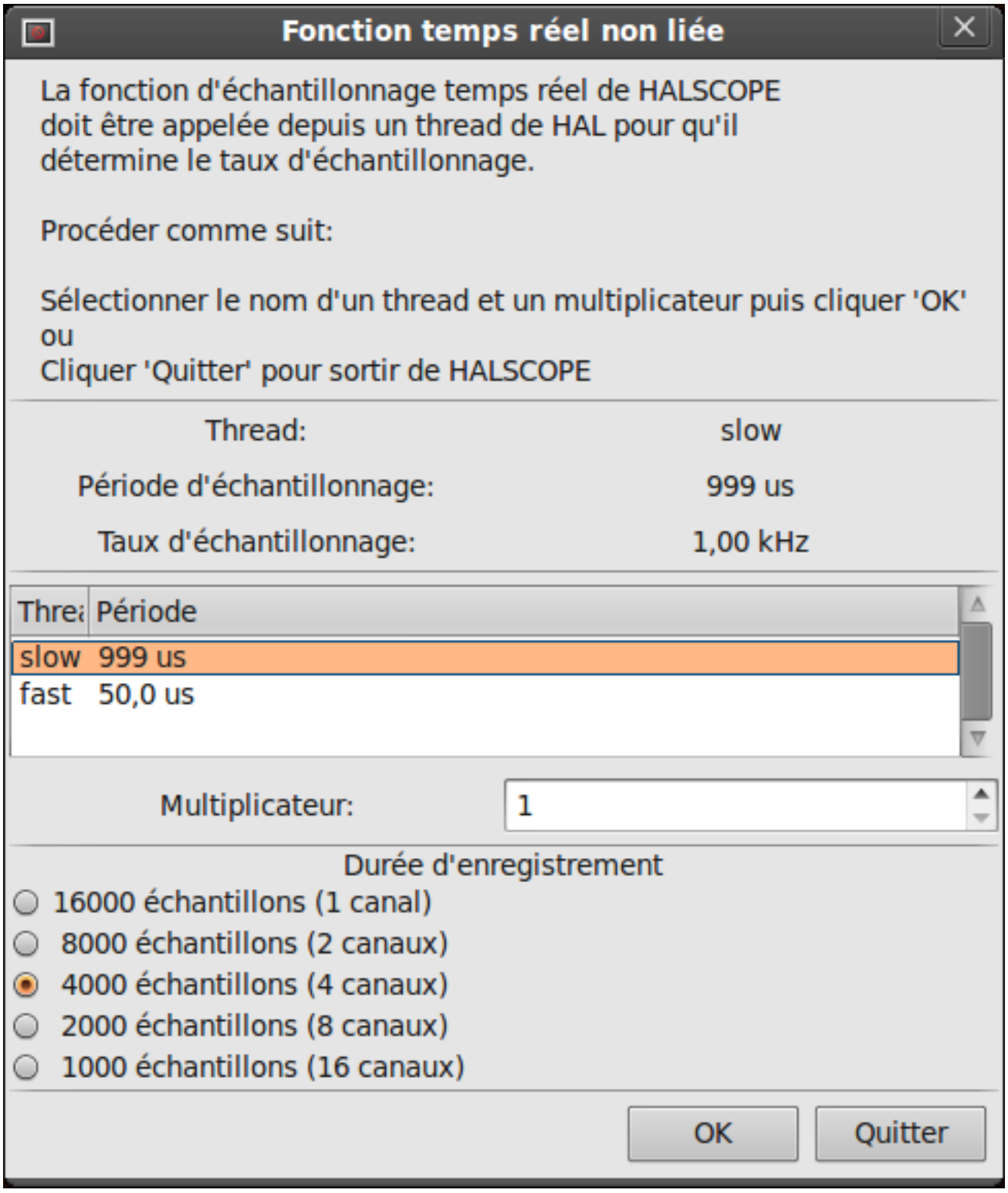
4.6.1 Démarrer halscope

halscope comporte deux parties, une partie en temps réel qui est chargée comme un module de noyau et une partie utilisateur qui fournit l'interface graphique et l'affichage. Cependant, vous n'avez pas à vous inquiéter à ce sujet car l'interface demandera automatiquement que la partie temps réel soit chargée:

```
halcmd: loadusr halscope
```

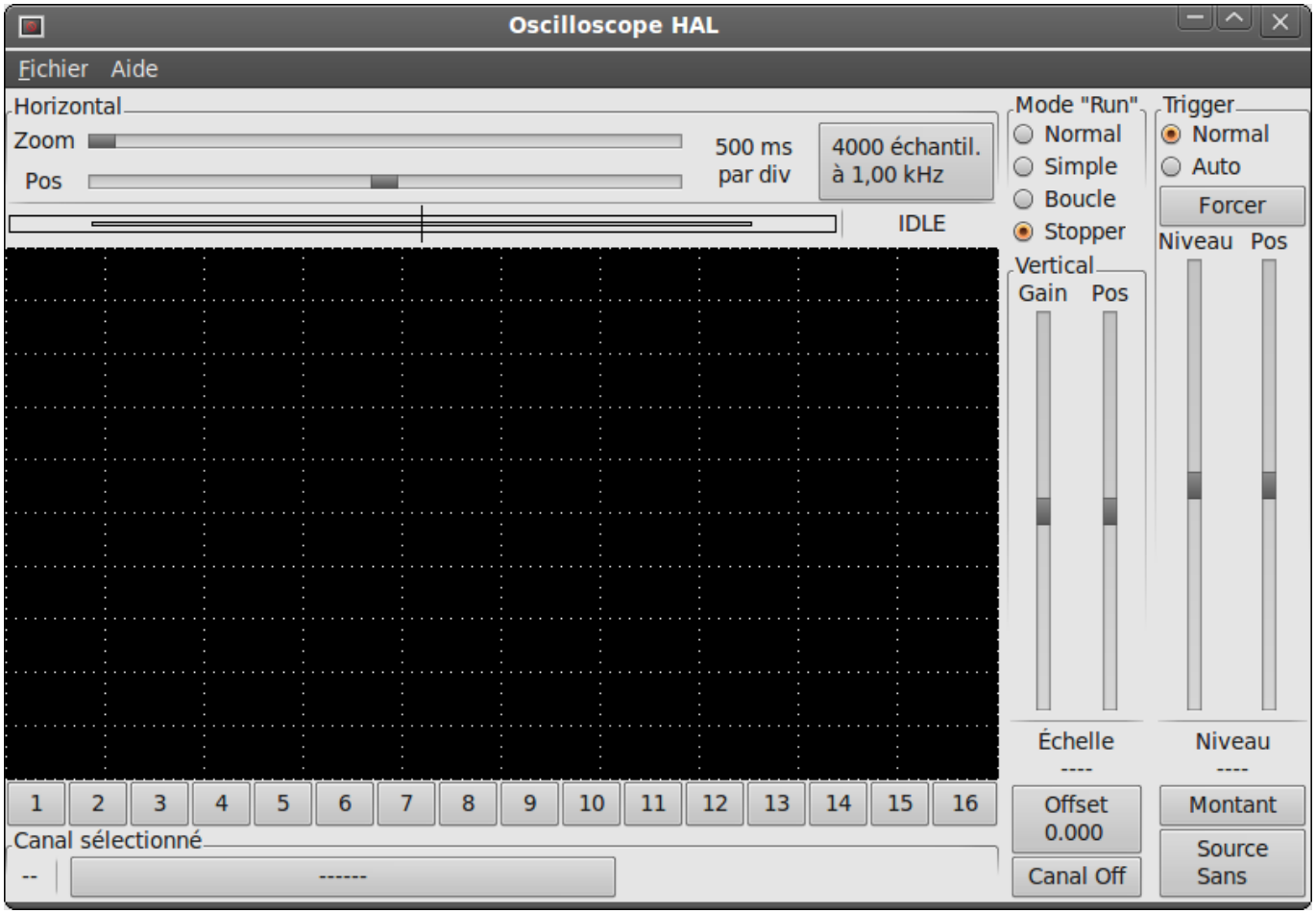
La fenêtre graphique du scope s'ouvre, immédiatement suivie par un dialogue *Fonction temps réel non liée* visible sur la figure ci-dessous:

Dialogue Fonction temps réel non liée



C’est dans ce dialogue que vous définissez le taux d’échantillonnage de l’oscilloscope. Pour le moment nous voulons un échantillon par milliseconde, alors cliquez sur le thread *slow* et laissez le multiplicateur à 1. Nous allons aussi passer la longueur d’enregistrement à 4000 échantillons, de sorte que nous puissions utiliser jusqu’à 4 canaux simultanément. Quand vous sélectionnez un thread puis que vous cliquez sur le bouton *OK*, le dialogue disparaît et la fenêtre initiale du scope s’ouvre, comme ci-dessous.

Fenêtre initiale du scope

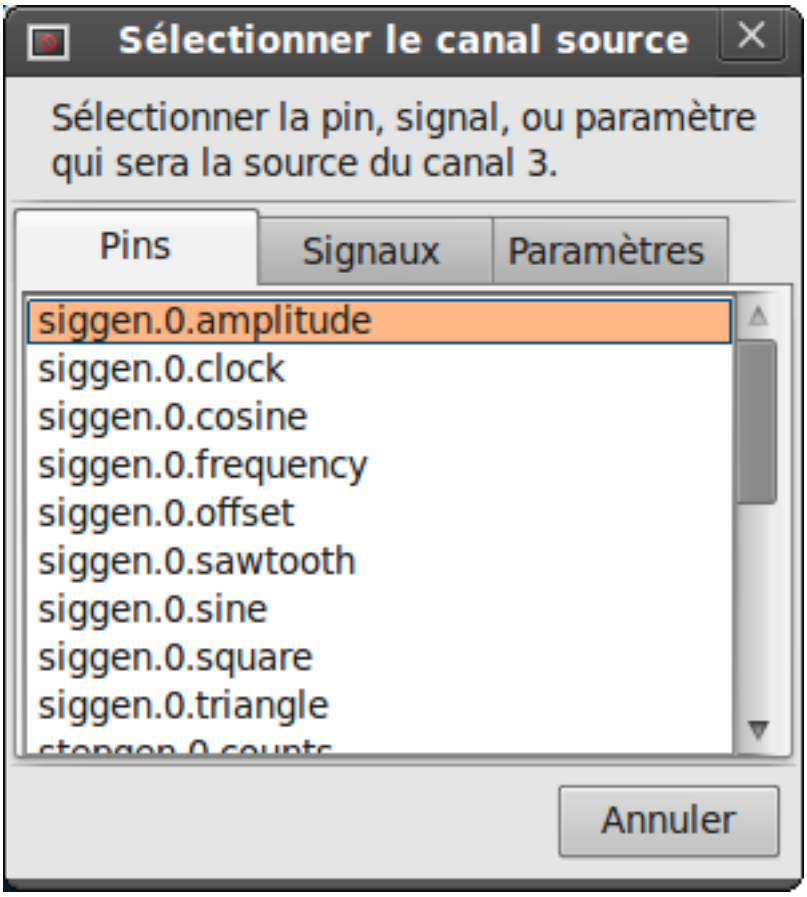


4.6.2 Branchement des sondes du scope

À ce stade, halscope est prêt à l'emploi. Nous avons déjà choisi le taux d'échantillonnage et la longueur d'enregistrement, de sorte que la prochaine étape consiste à décider de ce qu'il faut mesurer. C'est équivalent à brancher les *sondes virtuelles du scope* à HAL. halscope dispose de 16 canaux, mais le nombre de canaux utilisables à un moment donné dépend de la longueur d'enregistrement, plus il y a de canaux, plus les enregistrements seront courts, car la mémoire disponible pour l'enregistrement est fixée à environ 16000 échantillons.

Les boutons des canaux se situent en dessous de l'écran du scope. Cliquez le bouton *1* et vous verrez apparaître le dialogue de sélection des sources dans lequel vous devrez choisir _la source qui devra s'afficher sur le canal 1, comme sur la figure ci-dessous. Ce dialogue est très similaire à celui utilisé par halmeter.

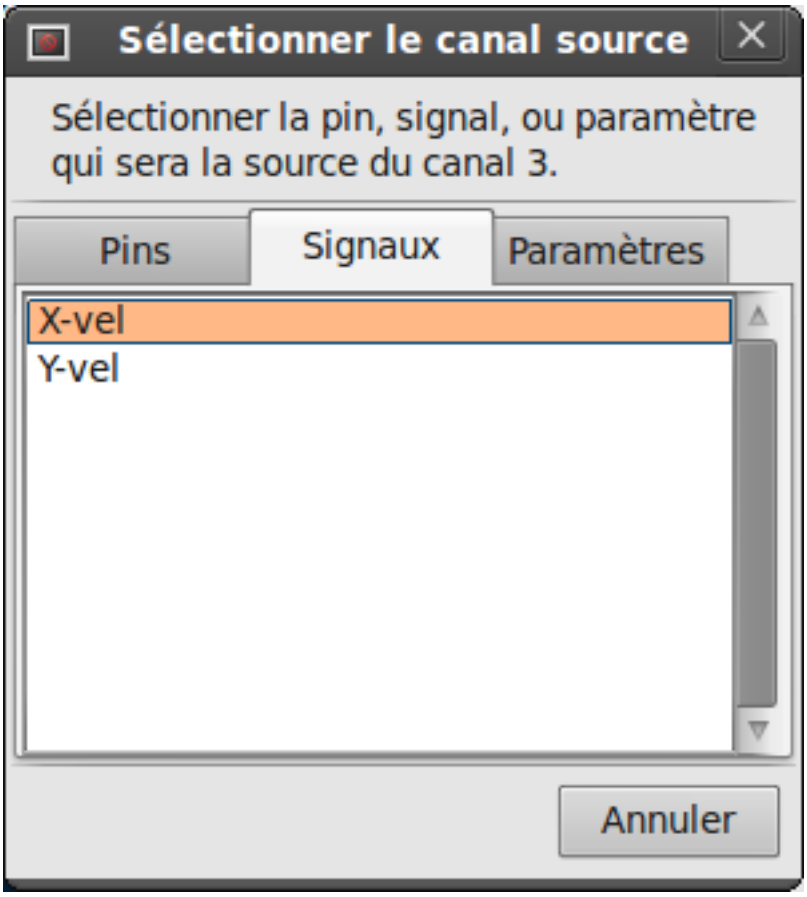
Dialogue de sélection des sources



Nous aimerions bien regarder les signaux que nous avons défini précédemment, pour cela, cliquons sur l'onglet *Signaux* et le dialogue affichera tous les signaux existants dans HAL, dans notre exemple nous avons seulement les deux signaux X-vel et Y-vel, comme ci-dessous.

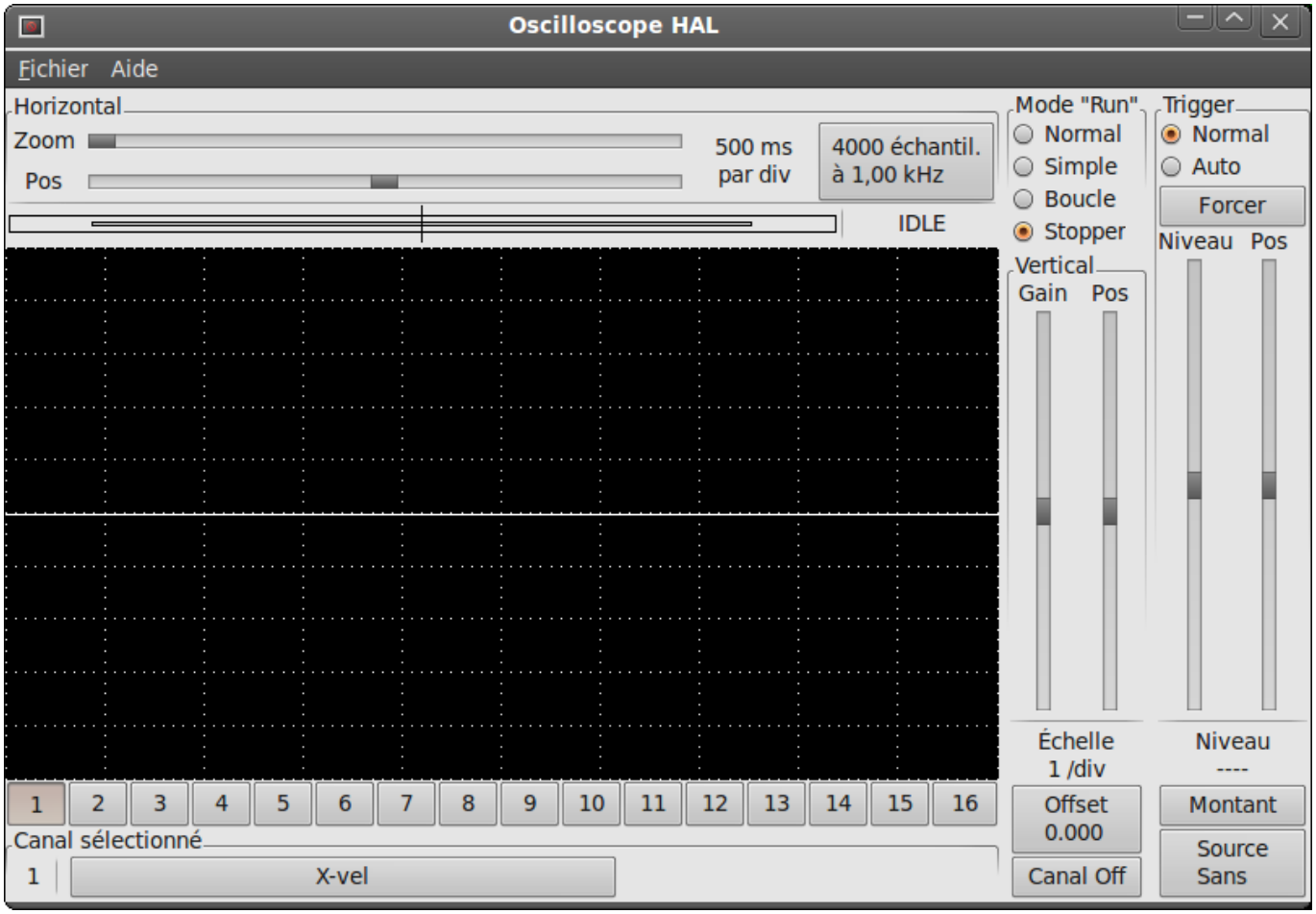
Pour choisir un signal, il suffit de cliquer dessus. Dans notre cas, nous voulons utiliser le canal 1 pour afficher le signal *X-vel*. Lorsque l'on clique sur *X-vel*, la fenêtre se ferme et le canal a été sélectionné.

Sélection du signal



Le bouton du canal *1* est pressé, le numéro du canal 1 et le nom *X-vel* apparaissent sous la rangée de boutons. L'affichage indique toujours le canal sélectionné, vous pouvez avoir beaucoup de canaux sur l'écran, mais celui qui est actif sera en surbrillance.

halscope



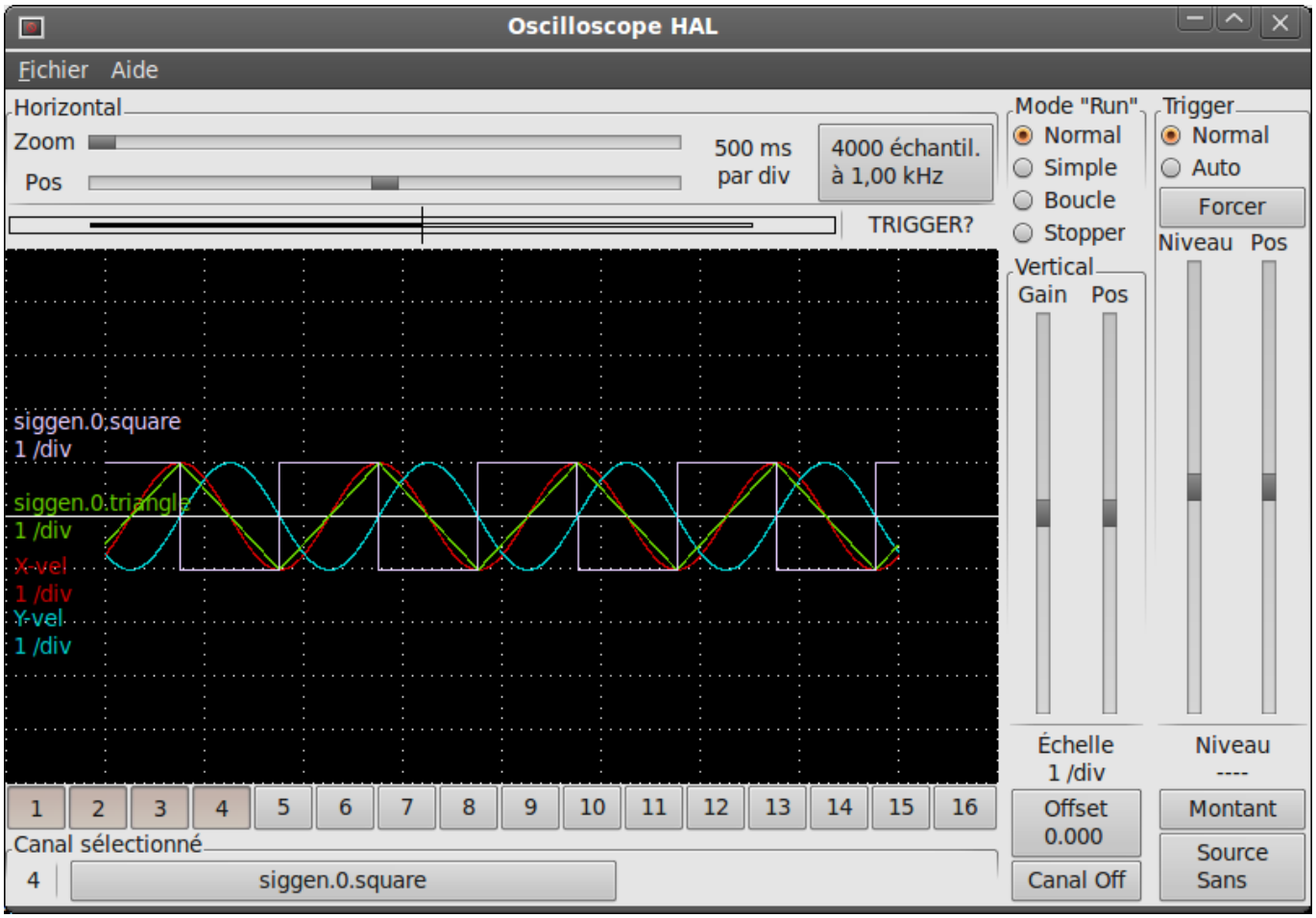
Les différents contrôles comme la position verticale et l'amplitude sont toujours relatifs au canal 1. Pour ajouter un signal sur le canal 2, cliquer sur le bouton *2*. Dans la fenêtre de dialogue, cliquer sur l'onglet *Signaux*, puis cliquer sur *Y-vel*.

Nous voulons aussi voir les signaux carrés et triangles produits. Il n'existe pas de signaux connectés à ces pins, nous utilisons donc l'onglet *Pins*. Pour le canal *3*, sélectionnez *siggen.0.triangle* et pour le canal *4*, choisissez *siggen.0.square*.

4.6.3 Capturer notre première forme d'onde

Maintenant que nous avons plusieurs sondes branchées sur HAL, nous pouvons capturer quelques formes d'ondes. Pour démarrer le scope, cochez la case *Normal* du groupe *Mode "Run"* (en haut à droite). Puisque nous avons une longueur d'enregistrement de 4000 échantillons et une acquisition de 1000 échantillons par seconde, il faudra à halscope environ 2 secondes pour remplir la moitié de son tampon. Pendant ce temps, une barre de progression juste au-dessus de l'écran principal affichera le remplissage du tampon. Une fois que le tampon est à moitié plein, scope attend un déclencheur (Trigger). Puisque nous n'en avons pas encore configuré, il attendra toujours. Pour déclencher manuellement, cliquez sur le bouton *Forcer* du groupe *Trigger* en haut à droite. Vous devriez voir le reste de la zone tampon se remplir, puis l'écran afficher les ondes capturées. Le résultat ressemble à la figure ci-dessous.

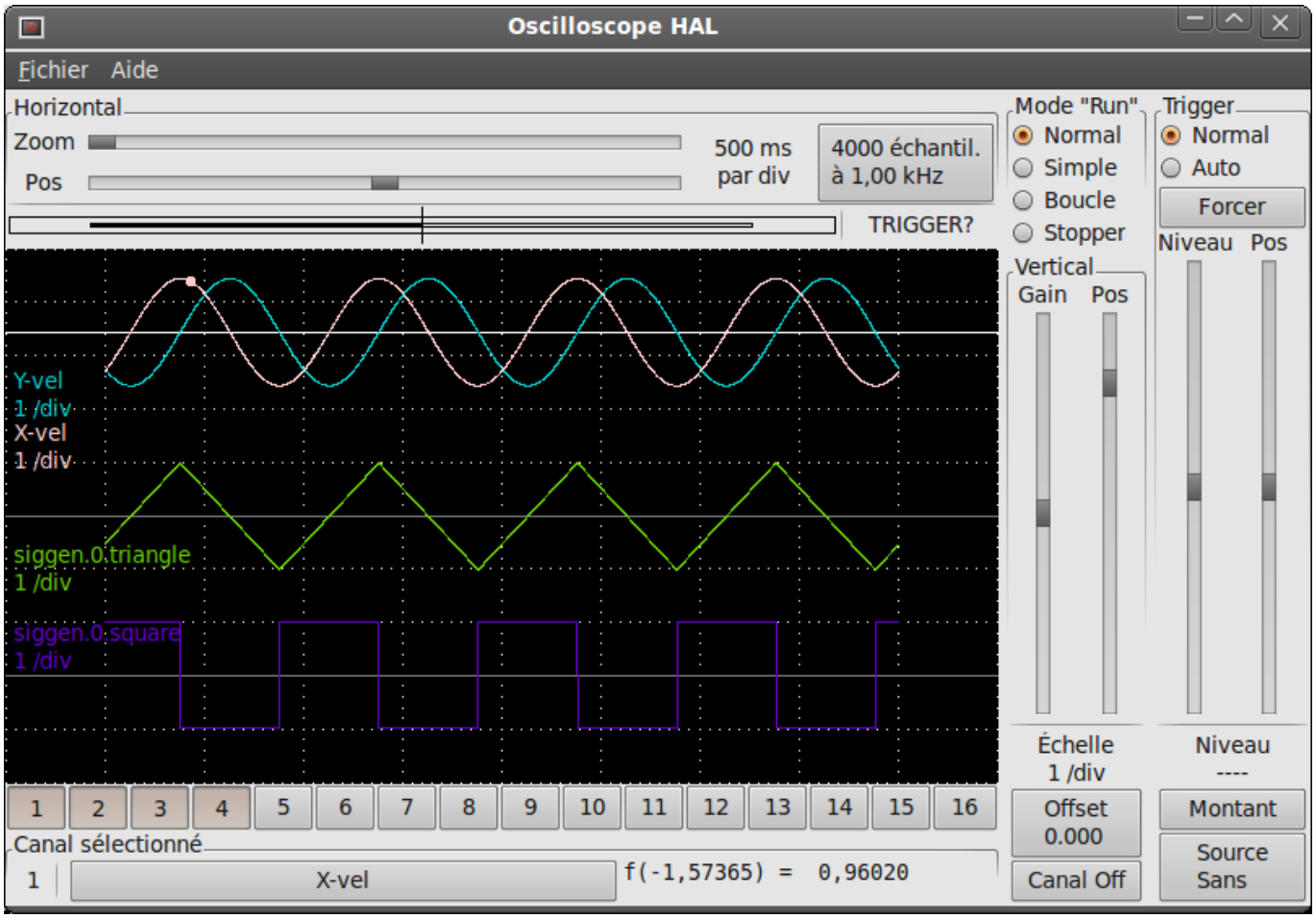
Capture d'ondes



4.6.4 Ajustement vertical

Les traces sont assez difficiles à distinguer car toutes les quatre sont les unes sur les autres. Pour résoudre ce problème, nous utilisons les curseurs du groupe *Vertical* situé à droite de l'écran. Ces deux curseurs agissent sur le canal actuellement sélectionné. En ajustant le *Gain*, notez qu'il couvre une large échelle (contrairement aux oscilloscopes réels), celle-ci permet d'afficher des signaux très petits (pico unités) à très grands (Tera - unités). Le curseur *Pos* déplace la trace affichée de haut en bas sur toute la hauteur de l'écran. Pour de plus grands ajustements le bouton *Offset* peut être utilisé.

Ajustement vertical

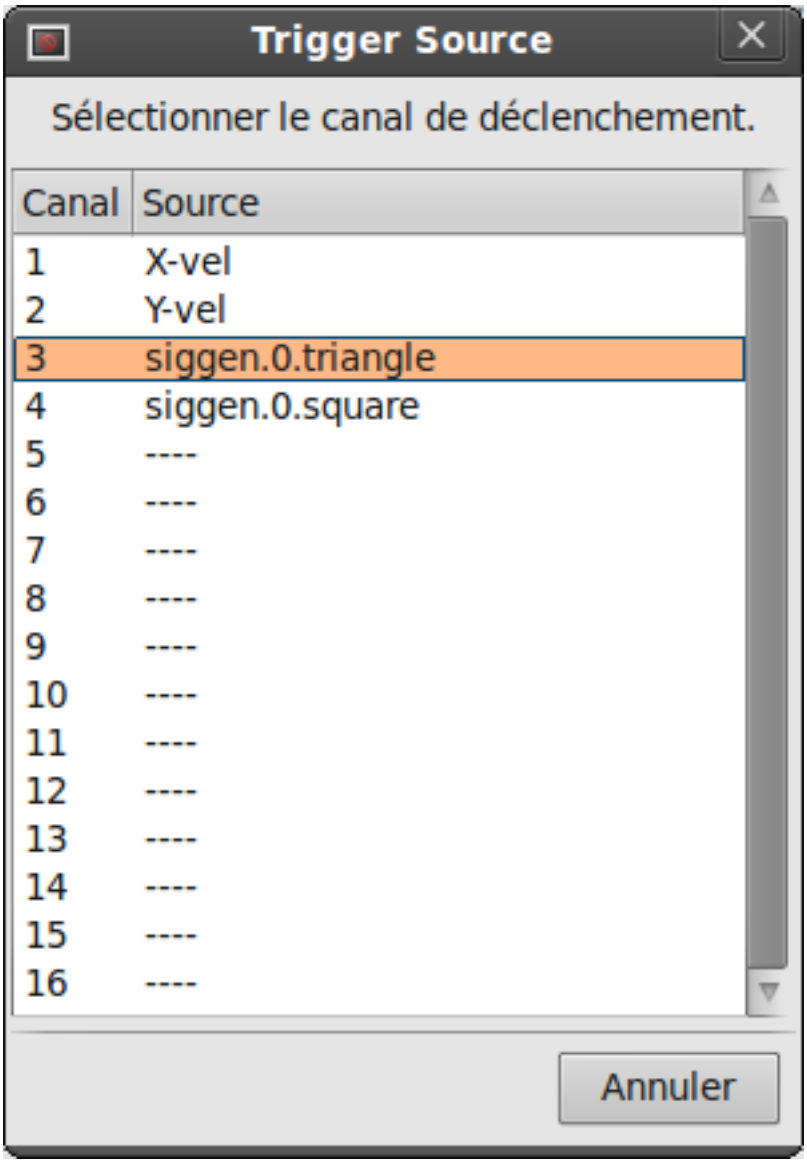


Le grand bouton *Canal sélectionné* en bas, indique que le canal 1 est actuellement le canal sélectionné et qu'il correspond au signal *X-vel*. Essayez de cliquer sur les autres canaux pour mettre leurs traces en évidence et pouvoir les déplacer avec le curseur *Pos*.

4.6.5 Déclenchement (Triggering)

L'utilisation du bouton *Forcer* n'est parfois pas satisfaisante pour déclencher le scope. Pour régler un déclenchement réel, cliquer sur le bouton *Source* situé en bas à droite. Il ouvre alors le dialogue *Trigger Source*, qui est simplement la liste de toutes les sondes actuellement branchées, voir la figure ci-dessous. Sélectionner la sonde à utiliser pour déclencher en cliquant dessus. Pour notre exemple nous utilisons 3 canaux, essayons l'onde triangle. Quand le dialogue ce referme, après le choix, le bouton affiche *Source Canal n* où n est le numéro du canal venant d'être choisi comme déclencheur.

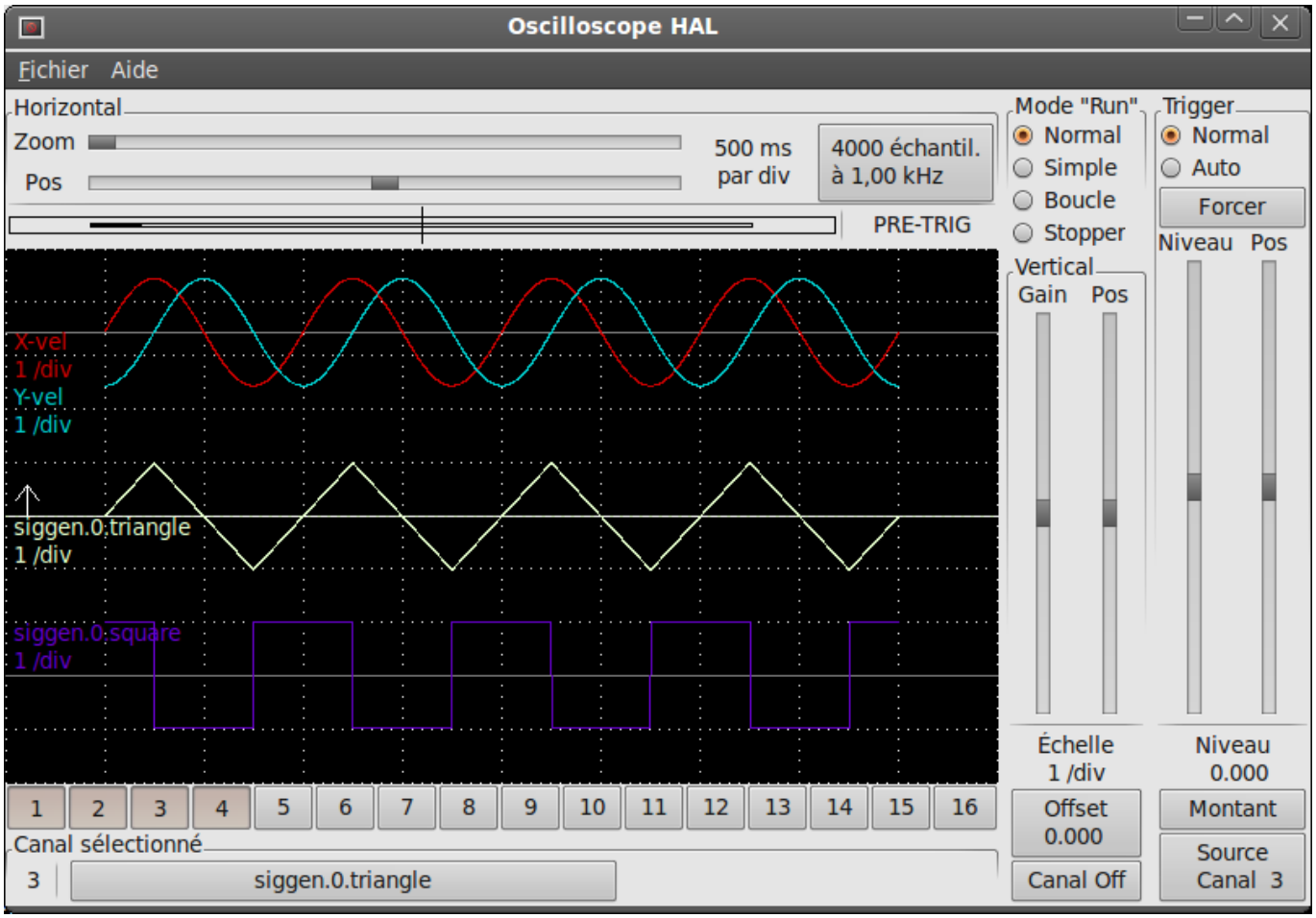
Dialogue des sources de déclenchement



Après avoir défini la source de déclenchement, il est possible d'ajuster le niveau de déclenchement avec les curseurs du groupe *Trigger* le long du bord droit. Le niveau peut être modifié à partir du haut vers le bas de l'écran, il est affiché sous les curseurs. La position est l'emplacement du point de déclenchement dans l'enregistrement complet. Avec le curseur tout en bas, le point de déclenchement est à la fin de l'enregistrement et halscope affiche ce qui s'est passé avant le déclenchement. Lorsque le curseur est tout en haut, le point de déclenchement est au début de l'enregistrement, l'affichage représente ce qui s'est passé après le déclenchement. Le point de déclenchement est visible comme une petite ligne verticale dans la barre de progression située juste au dessus de l'écran. La polarité du signal de déclenchement peut être inversée en cliquant sur le bouton *Montant* situé juste sous l'affichage du niveau de déclenchement, il deviendra alors *descendant*. Notez que la modification de la position de déclenchement arrête le scope une fois la position ajustée, vous relancez le scope en cliquant sur le bouton *Normal* du groupe *Mode "Run"*.

Maintenant que nous avons réglé la position verticale et le déclenchement, l'écran doit ressembler à la figure ci-dessous.

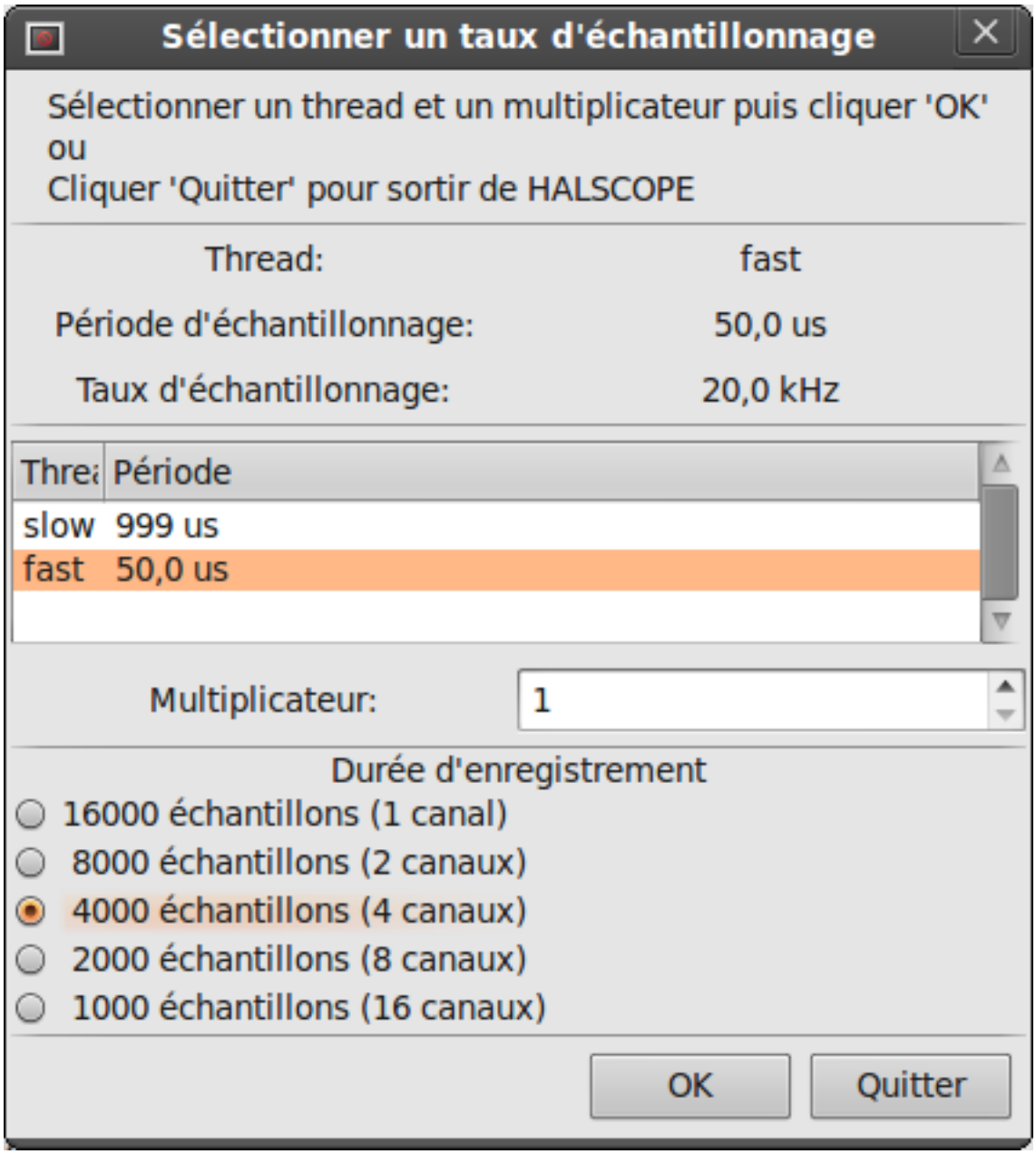
Formes d'ondes avec déclenchement



4.6.6 Ajustement horizontal

Pour examiner de près une partie d'une forme d'onde, vous pouvez utiliser le *zoom* au dessus de l'écran pour étendre la trace horizontalement et le curseur de position horizontale, *Pos* du groupe *Horizontal*, pour déterminer quelle partie de l'onde zoomée est visible. Parfois simplement élargir l'onde n'est pas suffisant et il faut augmenter la fréquence d'échantillonnage. Par exemple, nous aimerions voir les impulsions de pas qui sont générés dans notre exemple. Mais les impulsions de pas font seulement 50 us de long, l'échantillonnage à 1kHz n'est pas assez rapide. Pour changer le taux d'échantillonnage, cliquer sur le bouton qui affiche le nombre d'échantillons pour avoir le dialogue *Sélectionner un taux d'échantillonnage*, figure ci-dessous. Pour notre exemple, nous cliquerons sur le thread *fast*, qui fournira un échantillonnage à environ 20kHz. Maintenant au lieu d'afficher environ 4 secondes de données, un enregistrement sera de 4000 échantillons à 20kHz, soit environ 0.20 seconde.

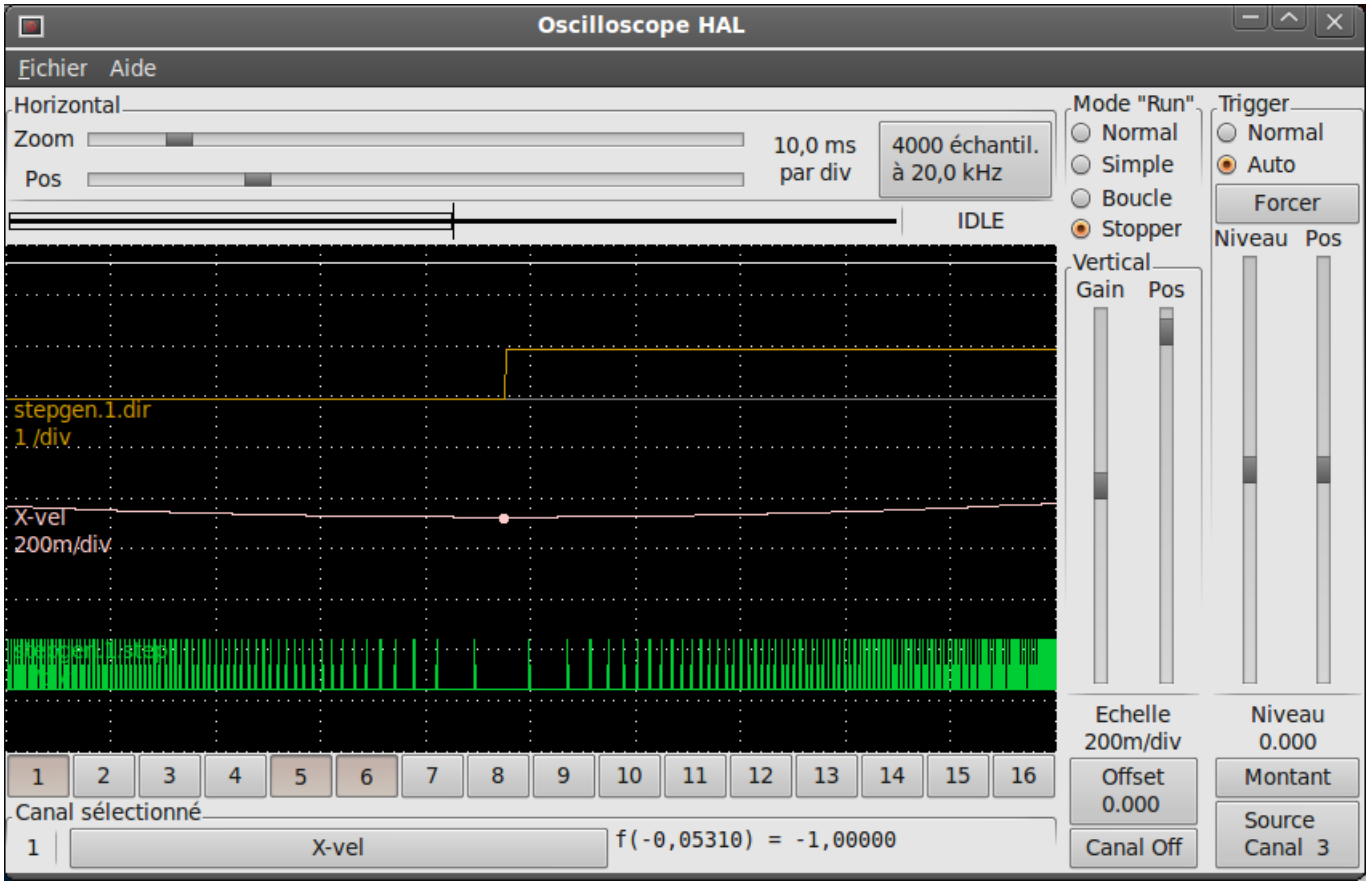
Dialogue de choix d'échantillonnage



4.6.7 Plus de canaux

Maintenant regardons les impulsions de pas. halscope dispose de 16 canaux, mais pour cet exemple, nous en utilisons seulement 4 à la fois. Avant de sélectionner tout autre canal, nous avons besoin d'en éteindre certains. Cliquer sur le canal *2*, puis sur le bouton *Canal Off* sous le groupe *vertical*. Ensuite, cliquez sur le canal 3, le mettre Off et faire de même pour le canal 4. Même si les circuits sont éteints, ils sont encore en mémoire et restent connectés, en fait, nous continuerons a utiliser le canal 3 comme source de déclenchement. Pour ajouter de nouveaux canaux, sélectionner le canal *5*, choisir la pin *stepgen.0.dir*, puis le canal *6* et sélectionner *stepgen.0.step*. Ensuite, cliquer sur *mode Normal* pour lancer le scope, ajustez le zoom horizontal à 10 ms par division. Vous devriez voir les impulsions de pas ralentir à la vitesse commandée approcher de zéro, puis la pin de direction changer d'état et les impulsions de pas se resserrer de nouveau en même temps que la vitesse augmente. Vous aurez peut être besoin d'ajuster le gain sur le canal 1 afin de mieux voir l'action de la vitesse sur l'évolution des impulsions de pas. Le résultat devrait être proche de celui de la figure ci-dessous. Ce type de mesure est délicate car il y a un énorme écart d'échelle entre la fréquence des pas et l'action sur la vitesse, d'ou la courbe X-vel assez plate et les impulsions de pas très resserrées.

Observer les impulsions de pas



4.6.8 Plus d'échantillons

Si vous souhaitez enregistrer plus d'échantillons à la fois, redémarrez le temps réel et chargez halscope avec un argument numérique qui indique le nombre d'échantillons que vous voulez capturer, comme:

```
halcmd: loadusr halscope 80000
```

Si le composant *scope_rt* n'est pas déjà chargé, halscope va le charger et lui demander un total de 80000 échantillons, de sorte que lorsque l'échantillonnage se fera sur 4 canaux à la fois, il y aura 20000 échantillons par canal. (Si *scope_rt* est déjà chargé, l'argument numérique passé à halscope sera sans effet)

Chapitre 5

Les fonctionnalités de Halshow

5.1 Le script Halshow

Le script halshow peut vous aider à retrouver votre chemin dans un HAL en fonctionnement. Il s'agit d'un système très spécialisé qui doit se connecter à un HAL en marche. Il ne peut pas fonctionner seul car il repose sur la capacité de HAL de rapporter ce qu'il connaît de lui même par la librairie d'interface de halcmd. Chaque fois que halshow fonctionne avec une configuration de LinuxCNC différente, il sera différent.

Comme nous le verrons bientôt, cette capacité de HAL de se documenter lui même est un des facteurs clés pour arriver à un système CNC optimum.

On peut accéder à Halshow depuis Axis, pour cela, aller dans le menu *Machine* puis choisir *Afficher la configuration de HAL*.

5.1.1 Zone de l'arborescence de Hal

La gauche de l'écran que montre la figure ci-dessous est une arborescence, un peu comme vous pouvez le voir avec certains navigateurs de fichiers. Sur la droite, une zone avec deux onglets: MONTRER et WATCH.

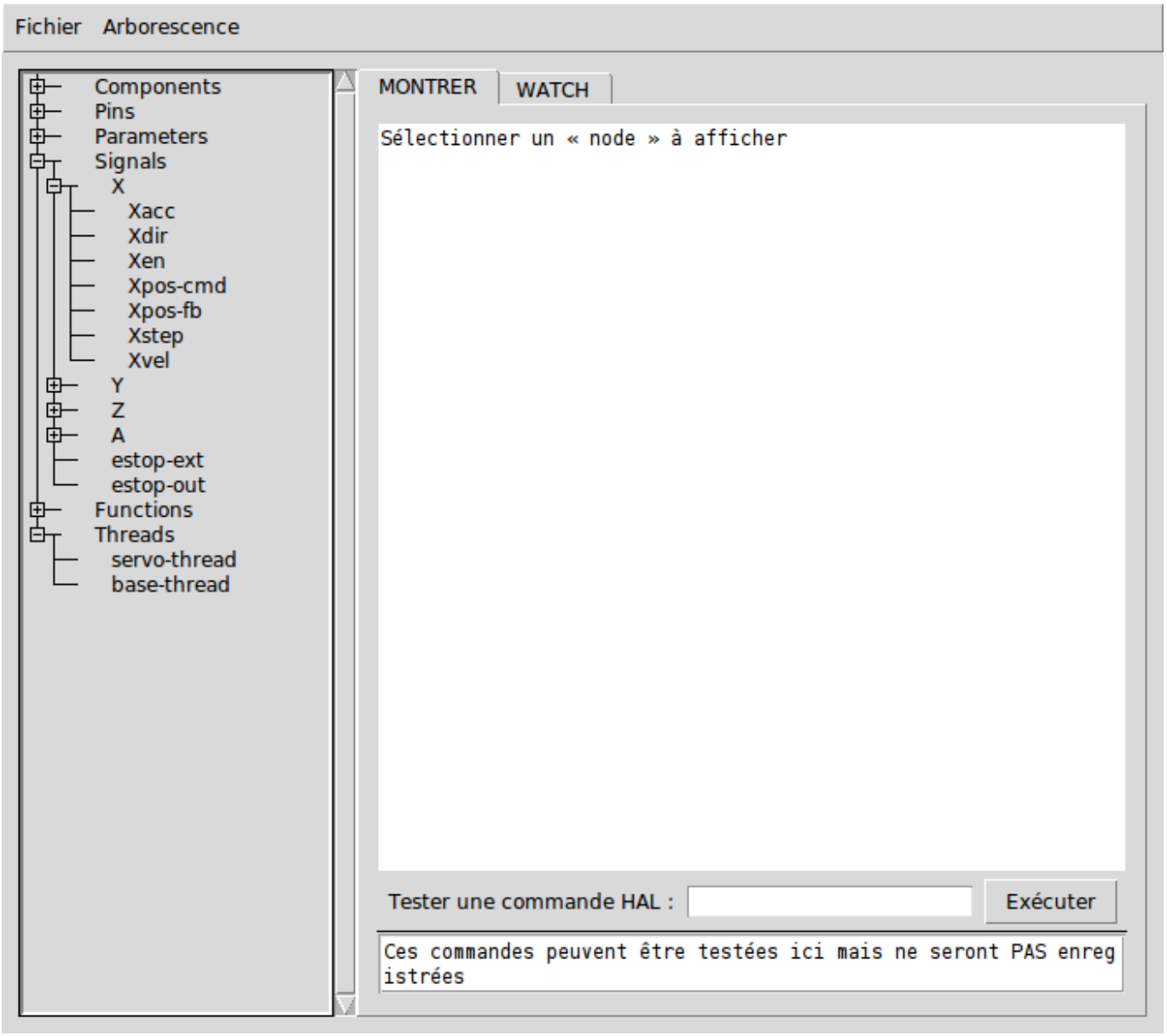


FIGURE 5.1 – La fenêtre de Halshow

L'arborescence montre toutes les parties principales de HAL. En face de chacune d'entre elles, se trouve un petit signe + ou - dans une case. Cliquer sur le signe plus pour déployer cette partie de l'arborescence et affichera son contenu. Si cette case affiche un signe moins, cliquer dessus repliera cette section de l'arborescence.

Il est également possible de déployer et de replier l'arborescence complète depuis le menu *Arborescence*.

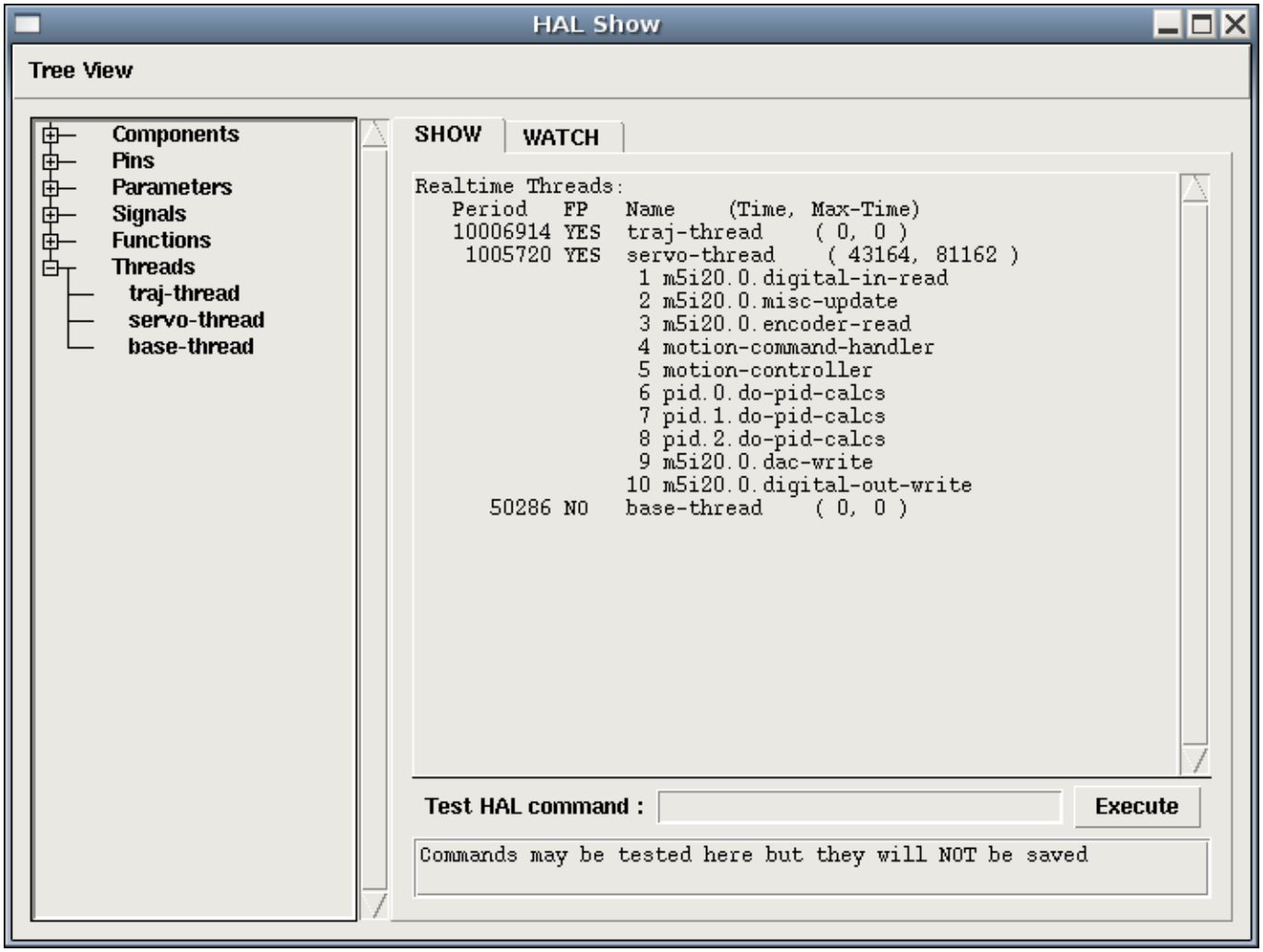


FIGURE 5.2 – L'onglet Montrer

5.1.2 Zone de l'onglet MONTRER

En cliquant sur un nom dans l'arborescence plutôt que sur son signe plus ou moins, par exemple le mot *Components*, HAL affichera tout ce qu'il connait du contenu de celui-ci. La figure halshow montre une liste comme celle que vous verrez si vous cliquez sur *Components* avec une carte servo standard m5i20 en fonctionnement. L'affichage des informations est exactement le même que celui des traditionnels outils d'analyse de HAL en mode texte. L'avantage ici, c'est que nous y avons accès d'un clic de souris. Accès qui peut être aussi large ou aussi focalisé que vous le voulez.

Si nous examinons de plus près l'affichage de l'arborescence, nous pouvons voir que les six éléments principaux peuvent tous être déployés d'au moins un niveau. Quand ces niveaux sont à leur tour déployés vous obtenez une information de plus en plus focalisée en cliquant sur le nom des éléments dans l'arborescence. Vous trouverez que certaines hal pins et certains paramètres affichent plusieurs réponses. C'est dû à la nature des routines de recherche dans halcmd lui même. Si vous cherchez une pin, vous pouvez en trouver deux comme cela:

```
Component Pins:
Owner  Type  Dir  Value  Name
06     bit    -W   TRUE  parport.0.pin-10-in
06     bit    -W  FALSE  parport.0.pin-10-in-not
```

Le deuxième nom de pin contient le nom complémenté du premier.

Dans le bas de l'onglet Montrer, un champ de saisie permet de jouer sur le fonctionnement de HAL. Les commandes que vous entrez ici et leur effet sur HAL, ne sont pas enregistrés. Elles persisteront tant que LinuxCNC tournera, mais disparaîtront dès son arrêt.

Le champ de saisie marqué *Tester une commande HAL:* acceptera n'importe quelle commande valide pour halcmd. Elles incluent:
– Loadrt, unloadrt (chargement / déchargement en temps réel du module)
– Loadusr, unloadusr (chargement / déchargement de l'espace utilisateur des composants)
– addf, delf (ajout / suppression d'une fonction de / vers un fil en temps réel)
– net (créer une connexion entre deux ou plusieurs articles)
– setp (jeu de paramètres (ou broches) à une valeur)
Ce petit éditeur entrera une commande à chaque fois que vous presserez *Entrée* ou que vous cliquerez sur le bouton *Exécuter*. Si une commande y est mal formée, un dialogue d'erreur s'affichera. Si vous n'êtes pas sûr de savoir comment formuler une commande, vous trouverez la réponse dans la documentation de halcmd et des modules spécifiques avec lesquels vous travaillez.

Nous allons utiliser cet éditeur pour ajouter un module différentiel à HAL et le connecter à la position d'un axe pour voir le ratio de changement de position, par exemple, l'accélération. Il faut d'abord charger un module de HAL nommé blocks, l'ajouter au thread servo et le connecter à la pin position d'un axe. Une fois cela fait, nous pourrons retrouver la sortie du différenciateur dans halscope. Alors allons-y. (oui j'ai vérifié).

Ndt: le message qui s'affiche au chargement de blocks ne l'empêche pas de fonctionner.

```
loadrt blocks ddt=1
```

Maintenant, regardez dans components, vous devriez y voir blocks.

```
    Loaded HAL Components:
    ID Type        Name
    10 User halcmd29800
    09 User halcmd29374
    08   RT      blocks
    06   RT hal_parport
    05   RT    scope_rt
    04   RT     stepgen
    03   RT      motmod
    02 User   iocontrol
```

Effectivement, il est là. Dans notre cas l'id est 08. Ensuite nous devons savoir quelles fonctions sont disponibles avec lui, nous regardons dans Functions.

```
    Exported Functions:
    Owner  CodeAddr      Arg  FP Users Name
      08   E0B97630 E0DC7674 YES     0 ddt.0
      03   E0DEF83C 00000000 YES     1 motion-command-handler
      03   E0DF0BF3 00000000 YES     1 motion-controller
      06   E0B541FE E0DC75B8  NO     1 parport.0.read
      06   E0B54270 E0DC75B8  NO     1 parport.0.write
      06   E0B54309 E0DC75B8  NO     0 parport.read-all
      06   E0B5433A E0DC75B8  NO     0 parport.write-all
      05   E0AD712D 00000000  NO     0 scope.sample
      04   E0B618C1 E0DC7448 YES     1 stepgen.capture-position
      04   E0B612F5 E0DC7448  NO     1 stepgen.make-pulses
      04   E0B614AD E0DC7448 YES     1 stepgen.update-freq
```

Ici, nous cherchons owner #08 et voyons que blocks a exporté une fonction nommée ddt.0. Nous devrions être en mesure d'ajouter ddt.0 au thread servo et il fera ses calculs chaque fois que le thread sera mis à jour. Encore une fois recherchons la commande addf et on voit qu'elle utilise trois arguments comme cela:

```
addf <functname> <threadname> [<position>]
```

Nous connaissons déjà functname=ddt.0, pour trouver le nom du thread, déployons l'arborescence des Threads. Nous y trouvons deux threads, servo-thread et base-thread. La position de ddt.0 dans le thread n'est pas critique. Passons la commande:

```
addf ddt.0 servo-thread
```

Comme c'est juste pour visualiser, nous laissons la position en blanc pour obtenir la dernière position dans le thread. La figure sur la commande addf affiche l'état de halshow après que cette commande a été exécutée.

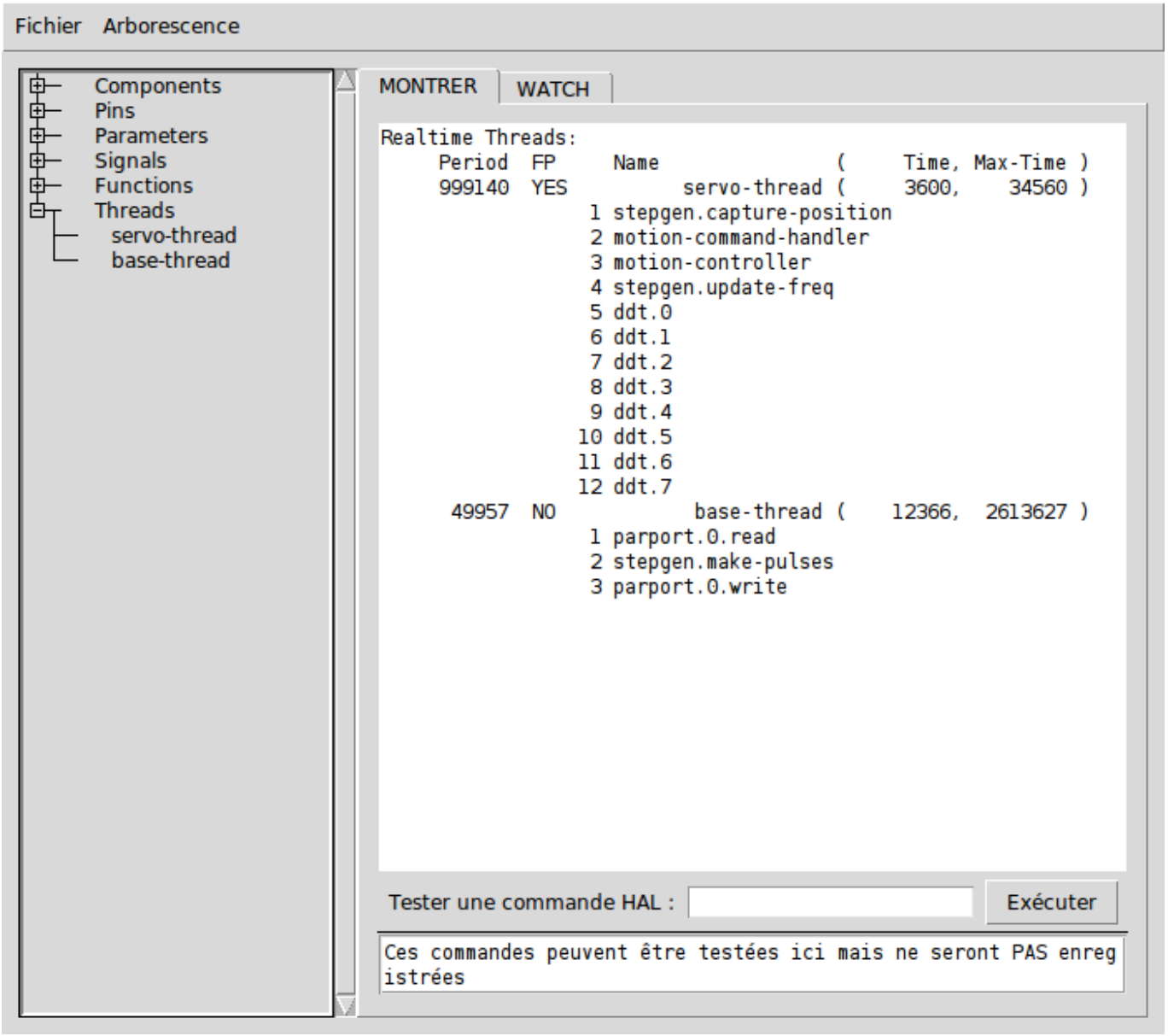


FIGURE 5.3 – Commande Addf

Ensuite, nous devons connecter ce bloc à quelque chose. Mais comment savoir quelles pins sont disponibles? La réponse se trouve dans l'arbre, en regardant sous Pins. On y trouve ddt et on voit:

```
    Component Pins:
    Owner Type  Dir Value       Name
    08    float R-  0.00000e+00 ddt.0.in
    08    float -W  0.00000e+00 ddt.0.out
```

Cela semble assez facile à comprendre, mais à quel signal ou pin voulons-nous nous connecter, ça pourrait être une pin d'axe, une pin de stepgen, ou un signal. On vois cela en regardant dans axis.0.

```
    Component Pins:
    Owner Type  Dir Value       Name
    03    float -W  0.00000e+00 axis.0.motor-pos-cmd ==> Xpos-cmd
```

Donc, il semble que Xpos-cmd devrait être un bon signal à utiliser. Retour à l'éditeur et entrons la commande suivante:

```
linksp Xpos-cmd ddt.0.in
```

Maintenant si on regarde le signal Xpos-cmd dans l'arbre, on voit ce qu'on a fait.

```
    Signals:
    Type Value Name
    float 0.00000e+00 Xpos-cmd
    <== axis.0.motor-pos-cmd
    ==> ddt.0.in
    ==> stepgen.0.position-cmd
```

Nous voyons que ce signal provient de axis.0.motor-pos-cmd et va, à la fois, sur ddt.0.in et sur stepgen.0.position-cmd. En connectant notre bloc au signal nous avons évité les complications avec le flux normal de cette commande de mouvement.

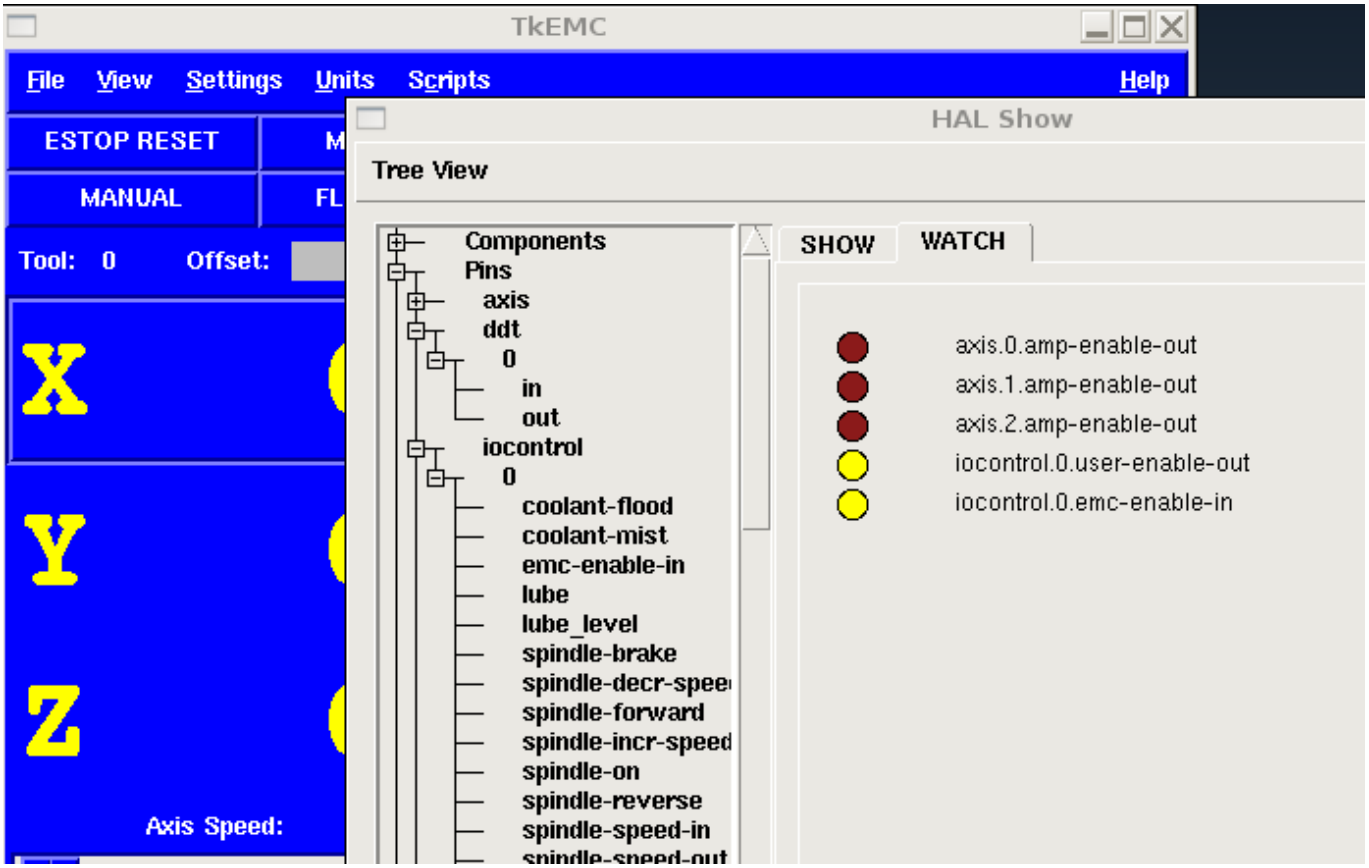
La zone de l'onglet *Montrer* utilise halcmd pour découvrir ce qui se passe à l'intérieur de HAL pendant son fonctionnement. Il vous donne une information complète de ce qu'il découvre. Il met aussi à jour dès qu'une commande est envoyée depuis le petit éditeur pour modifier ce HAL. Il arrive un temps ou vous voulez autre chose d'affiché, sans la totalité des informations disponibles dans cette zone. C'est la grande valeur de l'onglet *WATCH* d'offrir cela graphiquement.

5.1.3 Zone de l'onglet WATCH

En cliquant sur l'onglet Watch, une zone vide s'affichera. [1] Vous pouvez ajouter des pins ou des signaux quand l'onglet Watch est ouvert, en cliquant sur leurs noms. La figure 4 montre cette zone avec plusieurs signaux de type *bit*. Parmis ces signaux, les enable-out pour les trois premiers axes et deux de la branche iocontrol, les signaux *estop*. Notez que les axes ne sont pas activés même si les signaux estop disent que LinuxCNC n'est pas en estop. Un bref regard sur TkLinuxCNC en arrière plan, montre que l'état de LinuxCNC est ESTOP RESET. L'activation des amplis ne deviendra pas vraie tant que la machine ne sera pas mise en marche.

L'onglet WATCH

1. Le taux de rafraîchissement de la zone Watch est plus lent que celui de Halmeter ou de Halscope. Si vous avez besoin d'une bonne résolution dans le timming des signaux, ces outils sont plus efficaces.



Les cercles de deux couleurs, simili Leds, sont toujours bruns foncé quand un signal est faux. Elle sont jaunes quand le signal est vrai. Quand une pin ou un signal est sélectionné mais n'est pas de type bit, sa valeur numérique s'affiche.

Watch permet de visualiser rapidement le résultat de tests sur des contacts ou de voir l'effet d'un changement que vous faites dans LinuxCNC en utilisant l'interface graphique. Le taux de rafraîchissement de Watch est un peu trop lent pour visualiser les impulsions de pas d'un moteur mais vous pouvez l'utiliser si vous déplacez un axe très lentement ou par très petits incréments de distance. Si vous avez déjà utilisé IO_Show dans LinuxCNC, la page de Watch de halshow peut être réglée pour afficher ce que fait le port parallèle.

Chapitre 6

Les composants de HAL

6.1 Composants de commandes et composants de l'espace utilisateur

Certaines de ces descriptions sont plus approfondies dans leurs pages man. Certaines y auront une description exhaustive, d'autres, juste une description limitée. Chaque composant a sa man page. La liste ci-dessous, montre les composants existants, avec le nom et le N° de section de leur page man. Par exemple dans une console, tapez *man axis* pour accéder aux informations de la man page d'Axis. Ou peut être *man 1 axis*, si le système exige le N° de section des man pages.

axis
: LinuxCNC AXIS (The Enhanced Machine Controller) Interface Graphique.

axis-remote
: Interface de télécommande d'AXIS.

comp
: Crée, compile et installe des composants de HAL.

linuxcnc
: LINUXCNC (The Enhanced Machine Controller).

gladevcp
: Panneau de contrôle virtuel pour LinuxCNC, repose sur Glade, Gtk et les widgets HAL.

gs2
: composant de l'espace utilisateur de HAL, pour le variateur de fréquence GS2 de la société *Automation Direct*.

halcmd
: Manipulation de HAL, depuis la ligne de commandes.

hal_input
: Contrôler des pins d'entrée de HAL avec n'importe quelle matériel supporté par Linux, y compris les matériels USB HID.

halmeter
: Observer les pins de HAL, ses signaux et ses paramètres.

halrun
: Manipulation de HAL, depuis la ligne de commandes.

halsampler
: Échantillonner des données temps réel depuis HAL.

halstreamer
: Créer un flux de données temps réel dans HAL depuis un fichier.

halui
: Observer des pins de HAL et commander LinuxCNC au travers d'NML.

io
: Accepte les commandes NML I/O, interagi avec HAL dans l'espace utilisateur.

iocontrol
: Accepte les commandes NML I/O, interagi avec HAL dans l'espace utilisateur.

pyvcp
Panneau de Contrôle Virtuel pour LinuxCNC (Python Virtual Control Panel).

shuttlexpress
Contrôle des pins de HAL avec la manette ShuttleXpress, de la société *Contour Design*.

6.2 Composants temps réel et modules du noyau

Certaines de ces descriptions sont plus approfondies dans leur man page. Certaines auront juste une description limitée. Chaque composant a sa man page. A partir de cette liste vous connaîtrez quels composants existent avec le nom et le N° de leur man page permettant d'avoir plus de détails.

abs
Calcule la valeur absolue et le signe d'un signal d'entrée.

and2
Porte AND (ET) à deux entrées.

at_pid
Contrôleur Proportionnelle/Intégrale/dérivée avec réglage automatique.

axis
Commandes de mouvement NML acceptées, intéragi en temps réel avec HAL

biquad
Filtre biquad IIR

bldc_hall3
Commutateur bipolaire trapézoïdal à 3 directions pour moteur sans balais (BLDC) avec capteurs de Hall.

blend
Provoque une interpolation linéaire entre deux valeurs

charge_pump
Crée un signal carré destiné à l'entrée *pompe de charge* de certaines cartes de contrôle.

clarke2
Transformation de Clarke, version à deux entrées.

clarke3
Transformation de Clarke, 3 entrées vers cartésien.

clarkeinv
Transformation de Clarke inverse.

classicladder
Automate temps réel programmable en logique Ladder.

comp
Comparateur à deux entrées avec hystérésis.

constant
Utilise un paramètre pour positionner une pin.

conv_bit_s32
Converti une valeur de bit vers s32 (entier 32 bits signé).

conv_bit_u32
Converti une valeur de bit vers u32 (entier 32 bit non signé).

conv_float_s32
Converti la valeur d'un flottant vers s32.

conv_float_u32
Converti la valeur d'un flottant vers u32.

conv_s32_bit
Converti une valeur de s32 en bit.

conv_s32_float
Converti une valeur de s32 en flottant.

conv_s32_u32
Converti une valeur de s32 en u32.

conv_u32_bit
Converti une valeur de u32 en bit.

conv_u32_float
Converti une valeur de u32 en flottant.

conv_u32_s32
Converti une valeur de u32 en s32.

counter
Comptage d'impulsions d'entrée (obsolète).

Utiliser le composant *encoder* avec ... *counter-mode* = *TRUE*. Voir la section codeur.

ddt
Calcule la dérivée de la fonction d'entrée.

deadzone
Retourne le centre si il est dans le seuil.

debounce
Filtre une entrée digitale bruitée (typiquement antirebond).

edge
Détecteur de front.

encoder
Comptage logiciel de signaux de codeur en quadrature, voir la section codeur

encoder_ratio
Un engrenage électronique pour synchroniser deux axes.

estop_latch
Verrou d'Arrêt d'Urgence.

feedcomp
Multiplie l'entrée par le ratio vitesse courante / vitesse d'avance travail.

flipflop
Bascule D.

freqgen
Générateur logiciel d'impulsions de pas.

gantrykins
Module de cinématique pour un seul axe à articulations multiples.

gearchange
Sélectionne une grandeur de vitesse parmi deux.

genhexkins
Donne six degrés de liberté en position et en orientation (XYZABC). L'emplacement des moteurs est défini au moment de la compilation.

genserkins
Cinématique capable de modéliser une bras manipulateur avec un maximum de 6 articulations angulaires.

gladevcp
Affiche un panneaux de contrôle virtuel construit avec GladeVCP.

hm2_7i43
Pilote HAL pour les cartes *Mesa Electronics* 7i43 EPP avec HostMot2.

hm2_pci
Pilote HAL pour les cartes *Mesa Electronics* 5i20, 5i22, 5i23, 4i65 et 4i68 avec micro logiciel HostMot2.

hostmot2
Pilote HAL pour micro logiciel *Mesa Electronics* HostMot2.

hypot
Calculateur d'hypoténuse à trois entrées (distance Euclidienne).

ilowpass
Filtre passe-bas avec entrées et sorties au format entier.

integ
Intégrateur.

invert
Calcule l'inverse du signal d'entrée.

joyhandle
Définit les mouvements d'un joypad non linéaire, zones mortes et échelles.

kins
Définition des cinématiques pour linuxcnc.

knob2float
Convertisseur de comptage (probablement d'un codeur) vers une valeur en virgule flottante.

limit1

1. Limite le signal de sortie pour qu'il soit entre min et max. [1]

limit2

1. Limite le signal de sortie pour qu'il soit entre min et max.
2. Limite sa vitesse de montée à moins de MaxV par seconde. [2]

limit3

1. Limite le signal de sortie pour qu'il soit entre min et max.
2. Limite sa vitesse de montée à moins de MaxV par seconde.
3. Limite sa dérivée seconde à moins de MaxA par seconde carré. [3]

logic
Composant expérimental de logique générale.

lowpass
Filtre passe-bas.

lut5
Fonction logique arbitraire à cinq entrées, basée sur une table de correspondance.

maj3
Calcule l'entrée majoritaire parmi 3.

match8
Détecteur de coïncidence binaire sur 8 bits.

maxkins
Cinématique d'une fraiseuse 5 axes nommée *max*, avec tête inclinable (axe B) et un axe rotatif horizontal monté sur la table (axe C). Fournit le mouvement UVW dans le système de coordonnées système tourné. Le fichier source, maxkins.c, peut être un point de départ utile pour d'autres systèmes 5 axes.

mesa_7i65
Support à la carte huit axes Mesa 7i65 pour servomoteurs.

minmax
Suiveur de valeurs minimum et maximum de l'entrée vers les sorties.

motion
Accepte les commandes de mouvement NML, interagi en temps réel avec HAL.

mult2
Le produit de deux entrées.

1. Lorsque l'entrée est une position, cela signifie que la *position* est limitée.
2. Lorsque l'entrée est une position, cela signifie que la *position* et la *vitesse* sont limitées.
3. Lorsque l'entrée est une position, cela signifie que la *position*, la *vitesse* et l'*accélération* sont limitées.

mux16
Sélection d'une valeur d'entrée sur seize.

mux2
Sélection d'une valeur d'entrée sur deux.

mux4
Sélection d'une valeur d'entrée sur quatre.

mux8
Sélection d'une valeur d'entrée sur huit.

near
Détermine si deux valeurs sont à peu près égales.

not
Inverseur.

offset
Ajoute un décalage à une entrée et la soustrait à la valeur de retour.

oneshot
Générateur d'impulsion monostable.

or2
Porte OR (OU) à deux entrées.

pid
Contrôleur Proportionnelle/Intégrale/dérivée.

pluto_servo
Pilote matériel et micro programme pour la carte *Pluto-P parallel-port FPGA*, utilisation avec servomoteurs.

pluto_step
Pilote matériel et micro programme pour la carte *Pluto-P parallel-port FPGA*, utilisation avec moteurs pas à pas.

pumakins
Cinématique pour robot style PUMA.

pwmgen
Générateur logiciel de PWM/PDM, voir la section PWMgen

rotatekins
Les axes X et Y sont pivotés de 45 degrés par rapport aux articulations 0 et 1.

sample_hold
Échantillonneur bloqueur.

sampler
Échantillonneur de données de HAL en temps réel.

scale
Applique une échelle et un décalage à son entrée.

scarakins
Cinématique des robots de type SCARA.

select8
Détecteur de coïncidence binaire sur 8 bits.

serport
Pilote matériel pour les circuits d'entrées/sorties digitales de port série 8250 et 16550.

siggen
Générateur de signal, voir la section siggen

sim_encoder
Codeur en quadrature simulé, voir la section codeur simulé

sphereprobe
Sonde hémisphérique.

stepgen
Générateur d'impulsions de pas logiciel, voir la section stepgen

steptest
Utilisé par Stepconf pour permettre de tester les valeurs d'accélération et de vitesse d'un axe.

streamer
Flux temps réel depuis un fichier vers HAL.

sum2
Somme de deux entrées, chacune avec un gain, et d'un offset.

sum2
(obsolète) Fixe les broches de sortie avec une valeurs de paramètres (obsolète).

thc
Contrôle de la hauteur de torche, en utilisant une carte Mesa THC.

threads
Crée des threads de HAL temps réel.

threadtest
Composant de HAL pour tester le comportement des threads.

time
Compteur de temps écoulé HH:MM:SS avec entrée *actif*.

timedelay
L'équivalent d'un relais temporisé.

timedelta
Composant pour mesurer le comportement temporel des threads.

toggle2nist
Bouton à bascule pour logique NIST.

toggle
Bouton à bascule NO/NF à partir d'un bouton poussoir momentané.

tripodkins
Les articulations représentent la distance du point contrôlé à partir de trois emplacements prédéfinis (les moteurs), ce qui donne trois degrés de liberté en position (XYZ).

tristate_bit
Place un signal sur une pin d'I/O seulement quand elle est validée, similaire à un tampon trois états en électronique.

tristate_float
Place un signal sur une pin d'I/O seulement quand elle est validée, similaire à un tampon trois états en électronique.

trivkins
Il y a une correspondance 1:1 entre les articulations et les axes. La plupart des fraiseuses standard et des tours utilisent ce module de cinématique triviale.

updown
Compteur/décompteur avec limites optionnelles et bouclage en cas de dépassement.

watchdog
Moniteur de fréquence (chien de garde) sur 1 à 32 entrées.

wcomp
Comparateur à fenêtre.

weighted_sum
Converti un groupe de bits en un entier.

xor2
Porte XOR (OU exclusif) à deux entrées.

6.3 HAL et RTAPI (liste de la section 3 des man pages)

Comme nous venons de donner une liste des pages man 1 et man 9, pour être exhaustif voici maintenant une liste des pages man 3. Peut-être que certains des fichiers sont à nettoyer et n'ont pas vraiment leur place ici, ça devrait probablement être fixé ultérieurement... Considérer cette liste comme un *Fix Me*, ou une liste des *à faire*. Quoi qu'il en soit, voici cette liste:

EXPORT_FUNCTION.3rtapi
hal_add_funct_to_thread.3hal
hal_bit_t.3hal
hal_create_thread.3hal
hal_del_funct_from_thread.3hal
hal_exit.3hal
hal_export_funct.3hal
hal_float_t.3hal
hal_get_lock.3hal
hal_init.3hal
hal_link.3hal
hal_malloc.3hal
hal_param_bit_new.3hal
hal_param_bit_newf.3hal
hal_param_float_new.3hal
hal_param_float_newf.3hal
hal_param_new.3hal
hal_param_s32_new.3hal
hal_param_s32_newf.3hal
hal_param_u32_new.3hal
hal_param_u32_newf.3hal
hal_parport.3hal
hal_pin_bit_new.3hal
hal_pin_bit_newf.3hal
hal_pin_float_new.3hal
hal_pin_float_newf.3hal
hal_pin_new.3hal
hal_pin_s32_new.3hal
hal_pin_s32_newf.3hal
hal_pin_u32_new.3hal
hal_pin_u32_newf.3hal
hal_ready.3hal
hal_s32_t.3hal
hal_set_constructor.3hal
hal_set_lock.3hal
hal_signal_delete.3hal
hal_signal_new.3hal
hal_start_threads.3hal
hal_type_t.3hal
hal_u32_t.3hal
hal_unlink.3hal
intro.3hal
intro.3rtapi
MODULE_AUTHOR.3rtapi
MODULE_DESCRIPTION.3rtapi
MODULE_LICENSE.3rtapi
PM_ROTATION_VECTOR.3
rtapi_app_exit.3rtapi
rtapi_app_main.3rtapi
rtapi_clock_set_period.3rtapi
rtapi_delay.3rtapi
rtapi_delay_max.3rtapi
rtapi_exit.3rtapi
rtapi_get_clocks.3rtapi
rtapi_get_msg_level.3rtapi
rtapi_get_time.3rtapi
rtapi_inb.3rtapi

rtapi_init.3rtapi
rtapi_module_param.3rtapi
RTAPI_MP_ARRAY_INT.3rtapi
RTAPI_MP_ARRAY_LONG.3rtapi
RTAPI_MP_ARRAY_STRING.3rtapi
RTAPI_MP_INT.3rtapi
RTAPI_MP_LONG.3rtapi
RTAPI_MP_STRING.3rtapi
rtapi_mutex.3rtapi
rtapi_outb.3rtapi
rtapi_print.3rtapi
rtapi_prio.3rtapi
rtapi_prio_highest.3rtapi
rtapi_prio_lowest.3rtapi
rtapi_prio_next_higher.3rtapi
rtapi_prio_next_lower.3rtapi
rtapi_region.3rtapi
rtapi_release_region.3rtapi
rtapi_request_region.3rtapi
rtapi_set_msg_level.3rtapi
rtapi_shmem.3rtapi
rtapi_shmem_delete.3rtapi
rtapi_shmem_getptr.3rtapi
rtapi_shmem_new.3rtapi
rtapi_snprintf.3rtapi
rtapi_task_delete.3rtpi
rtapi_task_new.3rtapi
rtapi_task_pause.3rtapi
rtapi_task_resume.3rtapi
rtapi_task_start.3rtapi
rtapi_task_wait.3rtapi
skeleton.3hal
skeleton.3rtapi
undocumented.3hal
undocumented.3rtapi

Chapitre 7

Les composants temps réel

7.1 Stepgen

Ce composant fournit un générateur logiciel d'impulsions de pas répondant aux commandes de position ou de vitesse. En mode position, il contient une boucle de position pré-réglée, de sorte que les réglages de PID ne sont pas nécessaires. En mode vitesse, il pilote un moteur à la vitesse commandée, tout en obéissant aux limites de vitesse et d'accélération. C'est un composant uniquement temps réel, dépendant de plusieurs facteurs comme la vitesse du CPU, etc, il est capable de fournir des fréquences de pas maximum comprise entre 10kHz et 50kHz. La figure ci-dessous montre trois schémas fonctionnels, chacun est un simple générateur d'impulsions de pas. Le premier diagramme est pour le type *0*, (pas et direction). Le second est pour le type *1* (up/down, ou pseudo-PWM) et le troisième est pour les types 2 jusqu'à 14 (les différentes séquences de pas). Les deux premiers diagrammes montrent le mode de commande position et le troisième montre le mode vitesse. Le mode de commande et le type de pas, se règlent indépendamment et n'importe quelle combinaison peut être choisie.

Diagramme bloc du générateur de pas stepgen (en mode position)

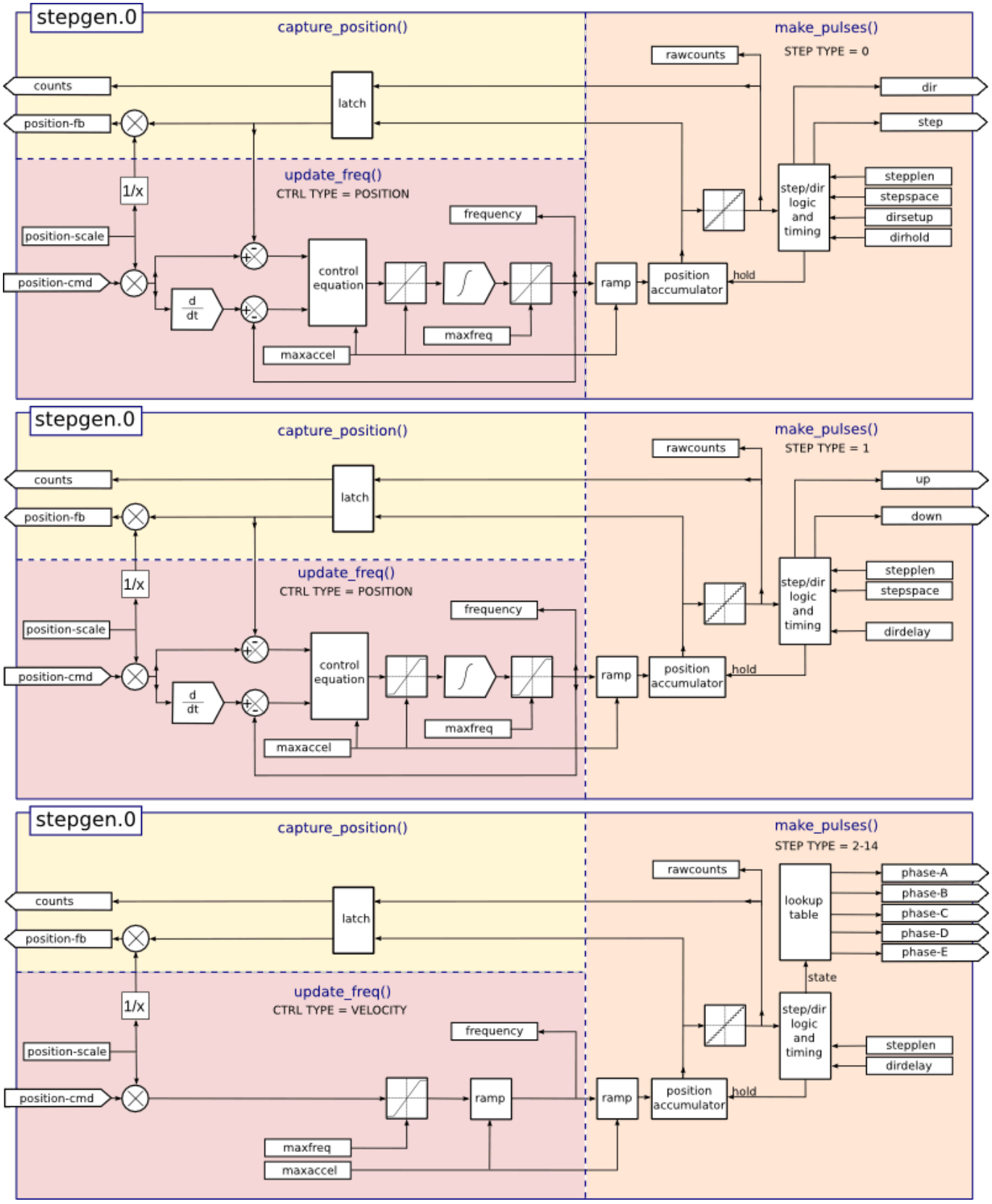
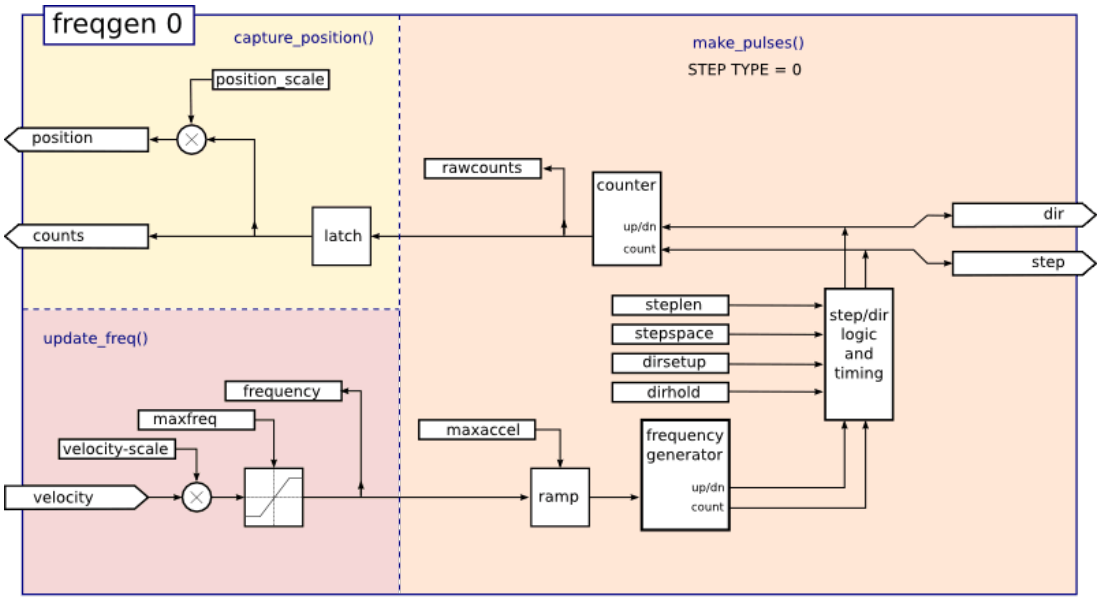
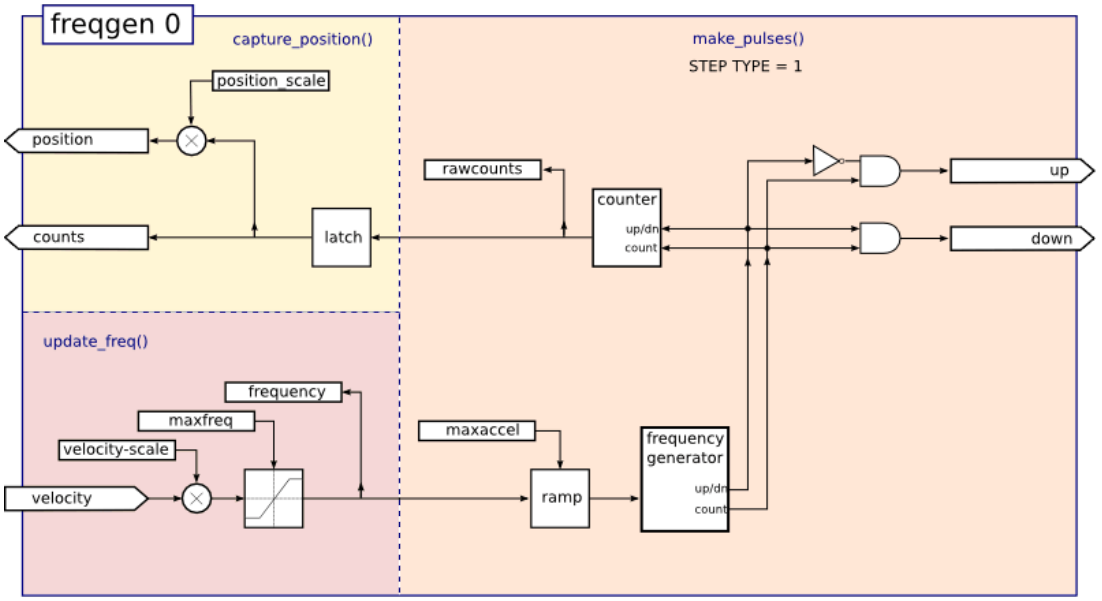
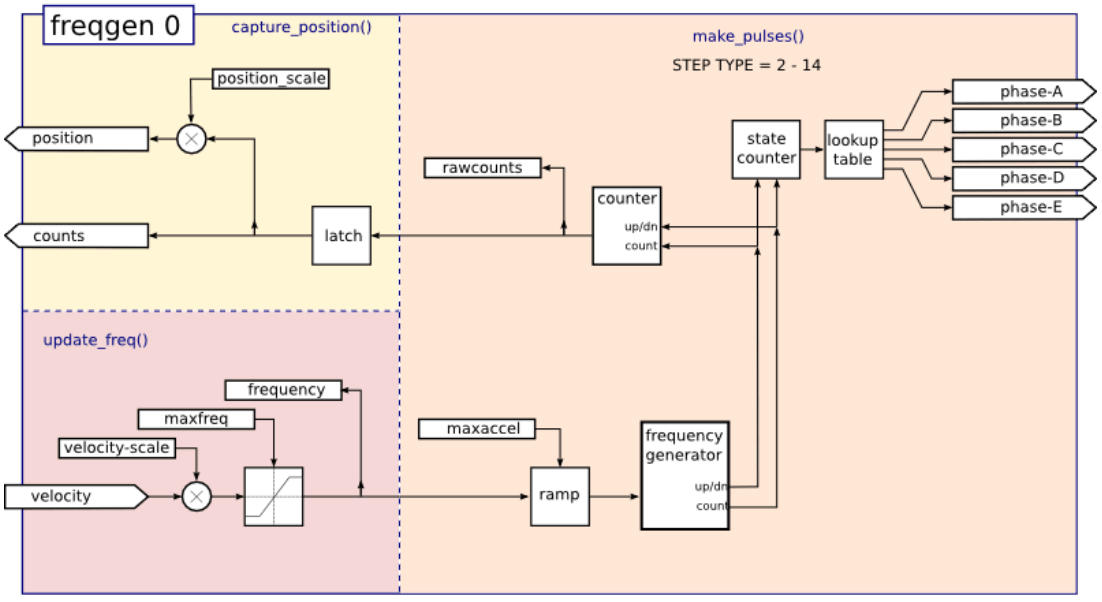


Diagramme bloc du générateur de pas stepgen (en mode vitesse)


freqgen 0
capture_position()
make_pulses()
STEP TYPE = 0
position_scale
position
counts
latch
rawcounts
counter
up/dn
count
dir
step
steplen
stepspace
dirsetup
dirhold
step/dir logic and timing
update_freq()
frequency
maxfreq
velocity-scale
velocity
maxaccel
ramp
frequency generator
up/dn
count


freqgen 0
capture_position()
make_pulses()
STEP TYPE = 1
position_scale
position
counts
latch
rawcounts
counter
up/dn
count
up
down
update_freq()
frequency
maxfreq
velocity-scale
velocity
maxaccel
ramp
frequency generator
up/dn
count


freqgen 0
capture_position()
make_pulses()
STEP TYPE = 2 - 14
position_scale
position
counts
latch
rawcounts
counter
up/dn
count
state counter
lookup table
phase-A
phase-B
phase-C
phase-D
phase-E
update_freq()
frequency
maxfreq
velocity-scale
velocity
maxaccel
ramp
frequency generator
up/dn
count

7.1.1 L'installer

```
halcmd: loadrt stepgen step_type=<type-array> [ctrl_type=<ctrl_array>]
```

<*type-array*> est une série d'entiers décimaux séparés par des virgules. Chaque chiffre provoquera le chargement d'un simple générateur d'impulsions de pas, la valeur de ce chiffre déterminera le type de pas. <*ctrl_array*> est une série de lettres *p* ou *v* séparées par des virgules, qui spécifient le mode pas ou le mode vitesse. *ctrl_type* est optionnel, si il est omis, tous les générateurs de pas seront en mode position. Par exemple, la commande:

```
halcmd: loadrt stepgen step_type=0,0,2 ctrl_type=p,p,v
```

va installer trois générateurs de pas. Les deux premiers utilisent le type de pas *0* (pas et direction) et fonctionnent en mode position. Le dernier utilise le type de pas *2* (quadrature) et fonctionne en mode vitesse. La valeur par défaut de <*config-array*> est *0,0,0* qui va installer trois générateurs de type *0* (step/dir). Le nombre maximum de générateurs de pas est de 8 (comme définit par MAX_CHAN dans stepgen.c). Chaque générateur est indépendant, mais tous sont actualisés par la même fonction(s), au même instant. Dans les descriptions qui suivent, <*chan*> est le nombre de générateurs spécifiques. La numérotation des générateurs commence à 0.

7.1.2 Le désinstaller

```
halcmd: unloadrt stepgen
```

7.1.3 Pins

Chaque générateur d'impulsions de pas n'aura que certaines de ces pins, selon le type de pas et le mode de contrôle sélectionné.
- *(float) stepgen.*<*chan*>*.position-cmd* — Position désirée du moteur, en unités de longueur (mode position seulement).
- *(float) stepgen.*<*chan*>*.velocity-cmd* — Vitesse désirée du moteur, en unités de longueur par seconde (mode vitesse seulement).
- *(s32) stepgen.*<*chan*>*.counts* — Rétroaction de la position en unités de comptage, actualisée par la fonction *capture_position()*.
- *(float) stepgen.*<*chan*>*.position-fb* — Rétroaction de la position en unités de longueur, actualisée par la fonction *capture_position()*.
- *(bit) stepgen.*<*chan*>*.step* — Sortie des impulsions de pas (type de pas 0 seulement).
- *(bit) stepgen.*<*chan*>*.dir* — Sortie direction (type de pas 0 seulement).
- *(bit) stepgen.*<*chan*>*.up* — Sortie UP en pseudo-PWM (type de pas 1 seulement).
- *(bit) stepgen.*<*chan*>*.down* — Sortie DOWN en pseudo-PWM (type de pas 1 seulement).
- *(bit) stepgen.*<*chan*>*.phase-A* — Sortie phase A (séquences de pas 2 à 14 seulement).
- *(bit) stepgen.*<*chan*>*.phase-B* — Sortie phase B (séquences de pas 2 à 14 seulement).
- *(bit) stepgen.*<*chan*>*.phase-C* — Sortie phase C (séquences de pas 3 à 14 seulement).
- *(bit) stepgen.*<*chan*>*.phase-D* — Sortie phase D (séquences de pas 5 à 14 seulement).
- *(bit) stepgen.*<*chan*>*.phase-E* — Sortie phase E (séquences de pas 11 à 14 seulement).

7.1.4 Paramètres

- *(float) stepgen.*<*chan*>*.position-scale* — Pas par unité de longueur. Ce paramètre est utilisé pour les sorties et les rétroactions.
- *(float) stepgen.*<*chan*>*.maxvel* — Vitesse maximale, en unités de longueur par seconde. Si égal à 0.0, n'a aucun effet.
- *(float) stepgen.*<*chan*>*.maxaccel* — Valeur maximale d'accélération, en unités de longueur par seconde au carré. Si égal à 0.0, n'a aucun effet.
- *(float) stepgen.*<*chan*>*.frequency* — Fréquence des pas, en pas par seconde.
- *(float) stepgen.*<*chan*>*.steplen* — Durée de l'impulsion de pas (types de pas 0 et 1) ou durée minimum dans un état donné (séquences de pas 2 à 14), en nanosecondes.
- *(float) stepgen.*<*chan*>*.stepspace* — Espace minimum entre deux impulsions de pas (types de pas 0 et 1 seulement), en nanosecondes.
- *(float) stepgen.*<*chan*>*.dirsetup* — Durée minimale entre un changement de direction et le début de la prochaine impulsion de pas (type de pas 0 seulement), en nanosecondes.
- *(float) stepgen.*<*chan*>*.dirhold* — Durée minimale entre la fin d'une impulsion de pas et un changement de direction (type de pas 0 seulement), en nanosecondes.

– *(float) stepgen.<chan>.dirdelay* — Durée minimale entre un pas dans une direction et un pas dans la direction opposée (séquences de pas 1 à 14 seulement), en nanosecondes.
– *(s32) stepgen.<chan>.rawcounts* — Valeur de comptage brute (count) de la rétroaction, réactualisée par la fonction *make_pulses()*.

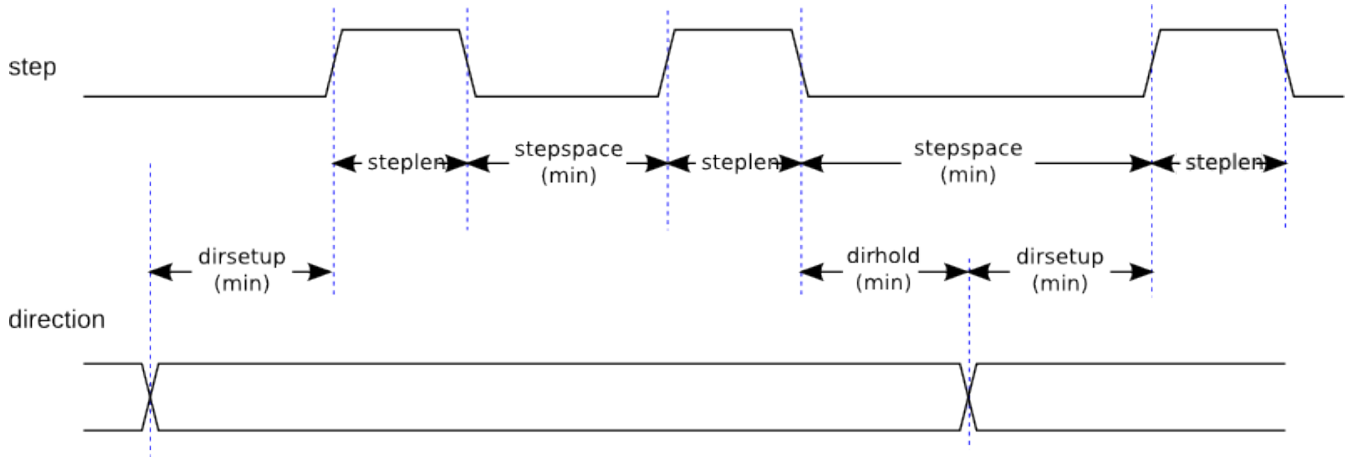
En mode position, les valeurs de maxvel et de maxaccel sont utilisées par la boucle de position interne pour éviter de générer des trains d'impulsions de pas que le moteur ne peut pas suivre. Lorsqu'elles sont réglées sur des valeurs appropriées pour le moteur, même un grand changement instantané dans la position commandée produira un mouvement trapézoïdal en douceur vers la nouvelle position. L'algorithme fonctionne en mesurant à la fois, l'erreur de position et l'erreur de vitesse, puis en calculant une accélération qui tende à réduire vers zéro, les deux en même temps. Pour plus de détails, y compris les contenus de la boîte *d'équation de contrôle*, consulter le code source.

En mode vitesse, maxvel est une simple limite qui est appliquée à la vitesse commandée, maxaccel est utilisé pour créer une rampe avec la fréquence actuelle, si la vitesse commandée change brutalement. Comme dans le mode position, des valeurs appropriées de ces paramètres assurent que le moteur pourra suivre le train d'impulsions généré.

7.1.5 Séquences de pas

Le générateur de pas supporte 15 différentes *séquences de pas*. Le type de pas 0 est le plus familier, c'est le standard pas et direction (step/dir). Quand stepgen est configuré pour le type 0, il y a quatre paramètres supplémentaires qui déterminent le timing exact des signaux de pas et de direction. Voir la figure ci-dessous pour la signification de ces paramètres. Les paramètres sont en nanosecondes, mais ils doivent être arrondis à un entier, multiple de la période du thread qui appelle *make_pulses()*. Par exemple, si *make_pulses()* est appelée toutes les 16μs et que *steplen* est à 20000, alors l'impulsion de pas aura une durée de 2 x 16 = 32μs. La valeur par défaut de ces quatre paramètres est de 1ns, mais l'arrondi automatique prendra effet au premier lancement du code. Puisqu'un pas exige d'être haut pendant *steplen* ns et bas pendant *stepspace* ns, la fréquence maximale est 1.000.000.000 divisé par *(steplen+stepspace)*. Si *maxfreq* est réglé plus haut que cette limite, il sera abaissé automatiquement. Si *maxfreq* est à zéro, il restera à zéro, mais la fréquence de sortie sera toujours limitée.

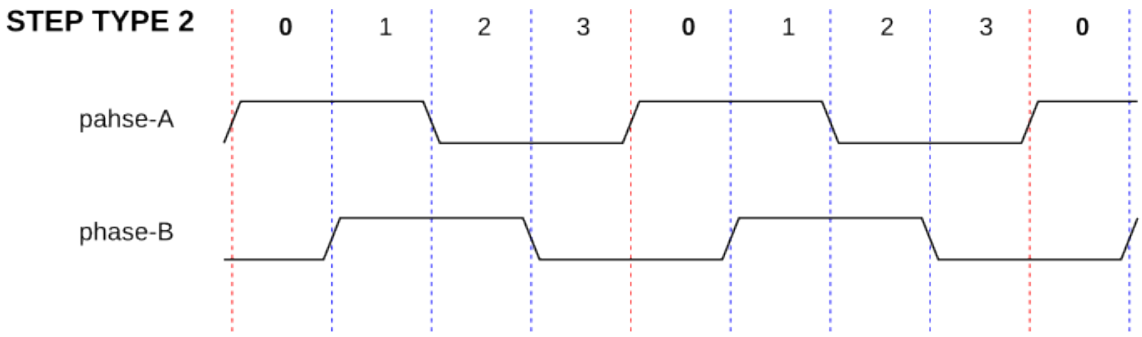
Timing pas et direction

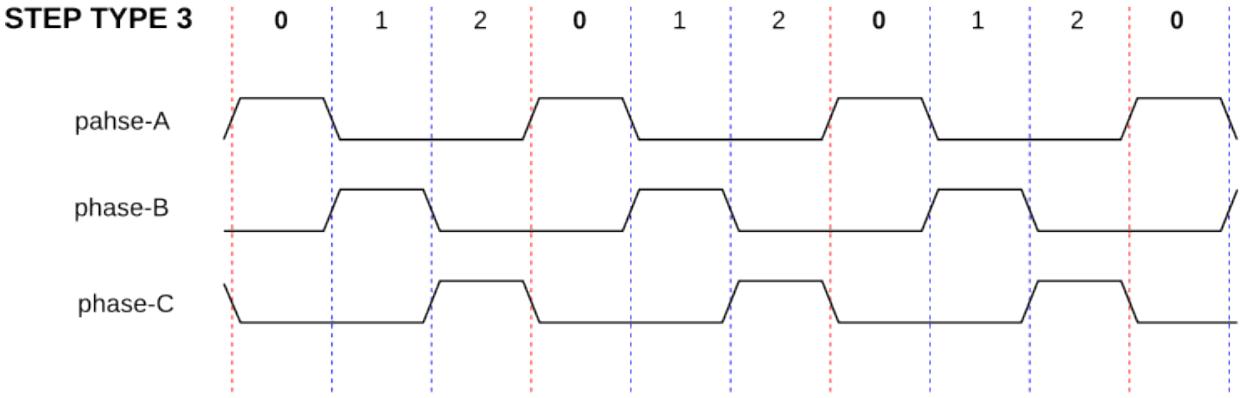


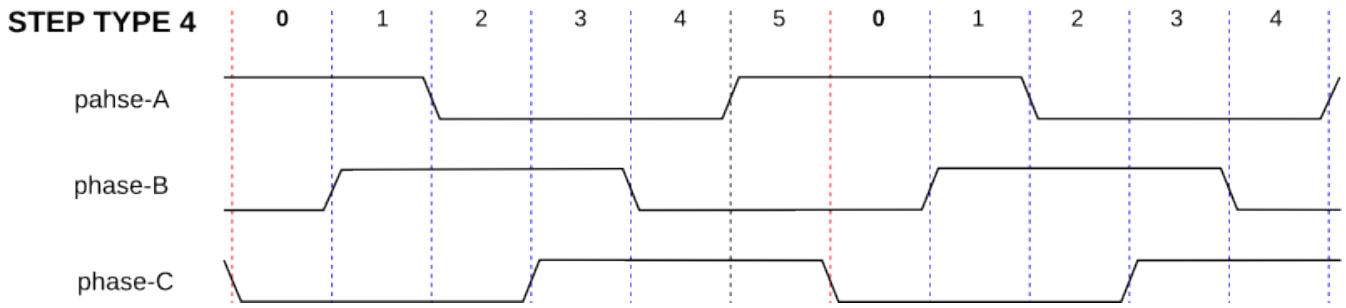
Le type de pas 1 a deux sorties, up et down. Les impulsions apparaissent sur l'une ou l'autre, selon la direction du déplacement. Chaque impulsion a une durée de *steplen* ns et les impulsions sont séparées de *stepspace* ns. La fréquence maximale est la même que pour le type 0. Si *maxfreq* est réglé plus haut que cette limite il sera abaissé automatiquement. Si *maxfreq* est à zéro, il restera à zéro, mais la fréquence de sortie sera toujours limitée.

Les séquences 2 jusqu'à 14 sont basées sur les états et ont entre deux et cinq sorties. Pour chaque pas, un compteur d'état est incrémenté ou décrémenté. Les figures suivantes:
– Trois phases en quadrature,
– Quatre phases,
– Cinq phases
montrent les différentes séquences des sorties en fonction de l'état du compteur. La fréquence maximale est 1.000.000.000 ($1*10^9$) divisé par *steplen* et comme dans les autres séquences, *maxfreq* sera abaissé si il est au dessus de cette limite.

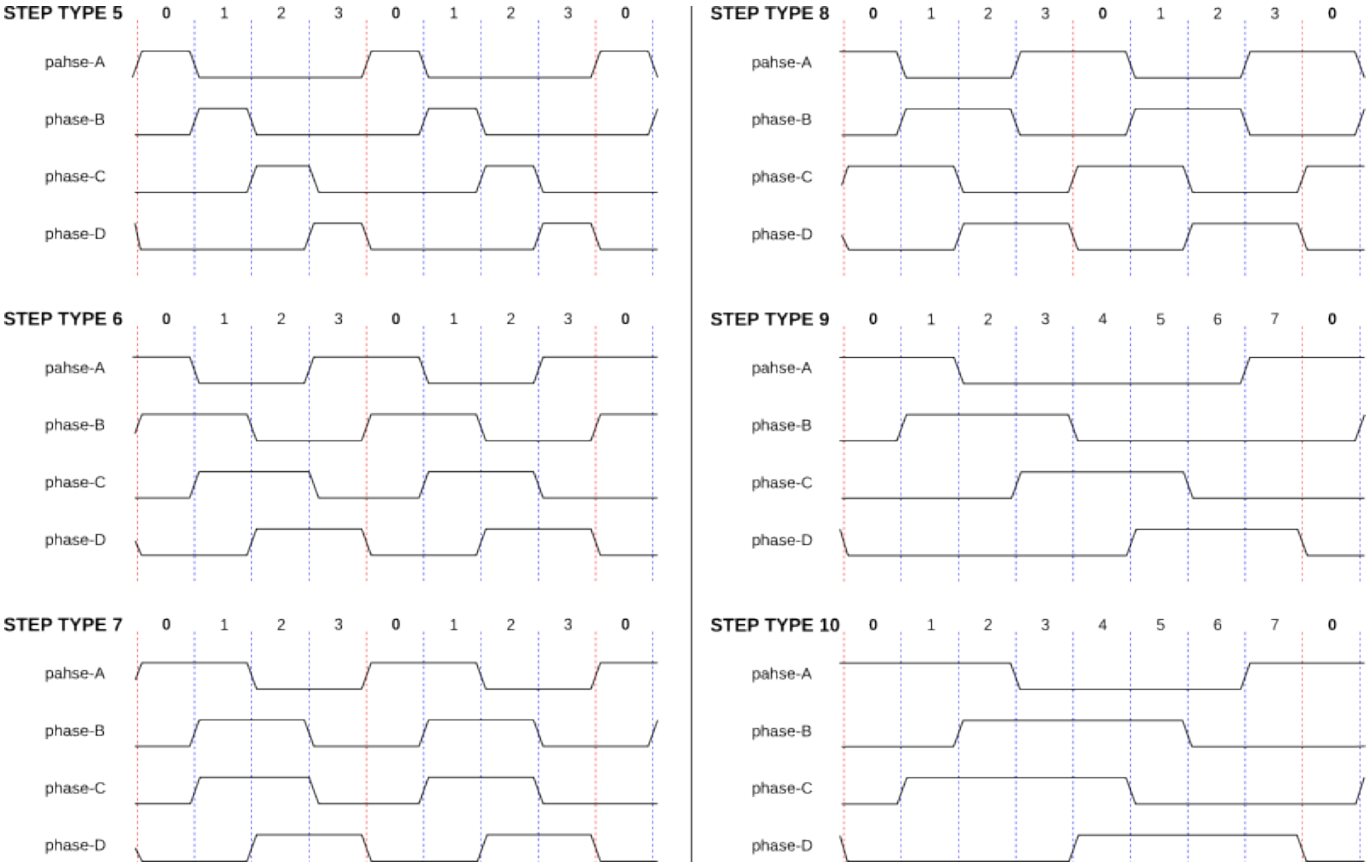
Séquences de pas à trois phases





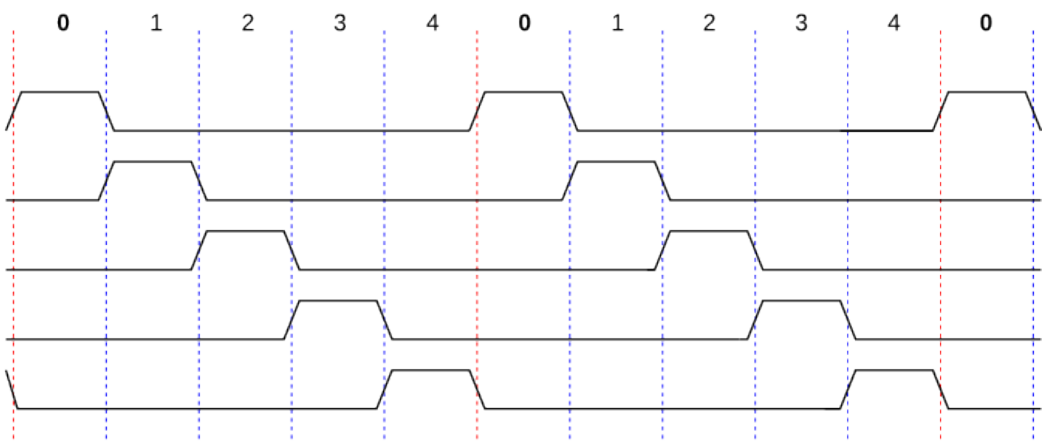


Séquences de pas à quatre phases

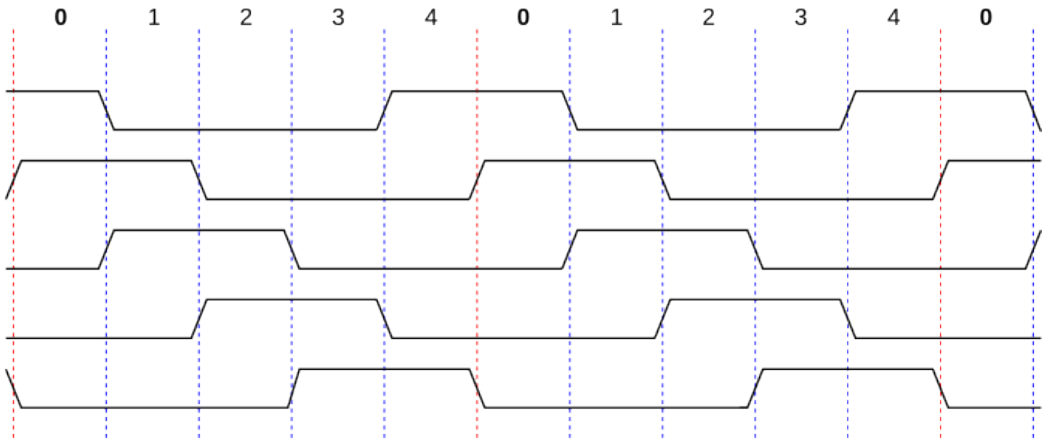


Séquence de pas à cinq phases

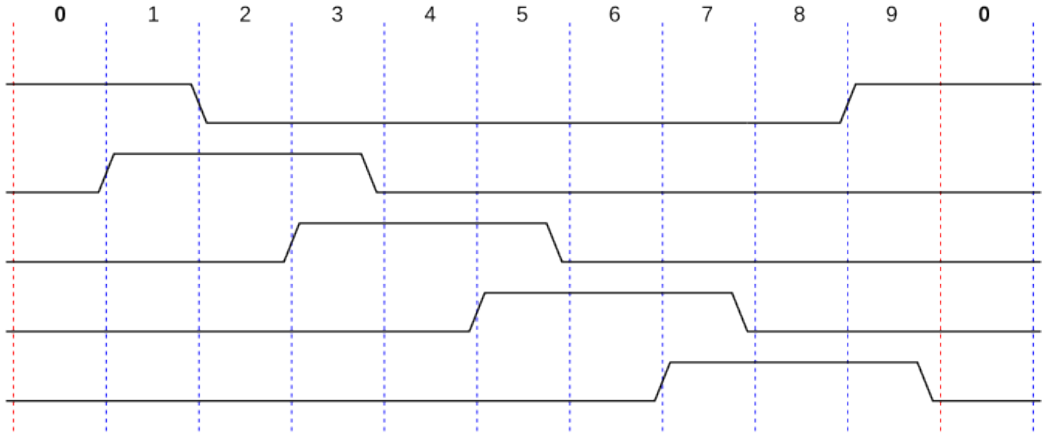
STEP TYPE 11



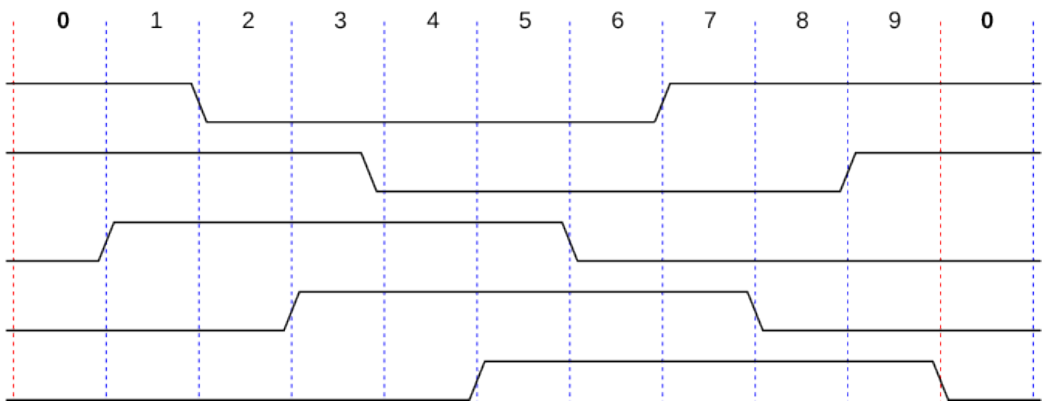
STEP TYPE 12



STEP TYPE 13



STEP TYPE 14



7.1.6 Fonctions

Le composant exporte trois fonctions. Chaque fonction agit sur tous les générateurs d'impulsions de pas. Lancer différents générateurs dans différents threads n'est pas supporté.
– *(funct) stepgen.make-pulses* — Fonction haute vitesse de génération et de comptage des impulsions (non flottant).
– *(funct) stepgen.update-freq* — Fonction basse vitesse de conversion de position en vitesse, mise à l'échelle et traitement des limitations.
– *(funct) stepgen.capture-position* — Fonction basse vitesse pour la rétroaction, met à jour les latches et les mesures de position.
La fonction à grande vitesse *stepgen.make-pulses* devrait être lancée dans un thread très rapide, entre 10 et 50us selon les capacités de l'ordinateur. C'est la période de ce thread qui détermine la fréquence maximale des pas, de *steplen*, *stepspace*, *dirsetup*, *dirhold* et *dirdelay*, tous sont arrondis au multiple entier de la période du thread en nanosecondes. Les deux autres fonctions peuvent être appelées beaucoup plus lentement.

7.2 PWMgen

Ce composant fournit un générateur logiciel de PWM (modulation de largeur d'impulsions) et PDM (modulation de densité d'impulsions). C'est un composant temps réel uniquement, dépendant de plusieurs facteurs comme la vitesse du CPU, etc, Il est capable de générer des fréquences PWM de quelques centaines de Hertz en assez bonne résolution, à peut-être 10kHz avec une résolution limitée.

7.2.1 L'installer

```
halcmd: loadrt pwmgen output_type=<config-array>
```

<*config-array*> est une série d'entiers décimaux séparés par des virgules. Chaque chiffre provoquera le chargement d'un simple générateur de PWM, la valeur de ce chiffre determinera le type de sortie.

Exemple avec pwmgen

```
halcmd: loadrt pwmgen output_type=0,1,2
```

va installer trois générateurs de PWM. Le premier utilisera une sortie de type *0* (PWM seule), le suivant utilisera une sortie de type 1 (PWM et direction) et le troisième utilisera une sortie de type 2 (UP et DOWN). Il n'y a pas de valeur par défaut, si <*config-array*> n'est pas spécifié, aucun générateur de PWM ne sera installé. Le nombre maximum de générateurs de fréquences est de 8 (comme définit par MAX_CHAN dans pwmgen.c). Chaque générateur est indépendant, mais tous sont mis à jour par la même fonction(s), au même instant. Dans les descriptions qui suivent, <*chan*> est le nombre de générateurs spécifiques. La numérotation des générateurs de PWM commence à 0.

7.2.2 Le désinstaller

```
halcmd: unloadrt pwmgen
```

7.2.3 Pins

Chaque générateur de PWM aura les pins suivantes:
– *(float) pwmgen.*<*chan*>*.value* — Valeur commandée, en unités arbitraires. Sera mise à l'échelle par le paramètre d'échelle (voir ci-dessous).
– *(bit) pwmgen.*<*chan*>*.enable* — Active ou désactive les sorties du générateur de PWM.
Chaque générateur de PWM aura également certaines de ces pins, selon le type de sortie choisi:
– *(bit) pwmgen.*<*chan*>*.pwm* — Sortie PWM (ou PDM), (types de sortie 0 et 1 seulement).
– *(bit) pwmgen.*<*chan*>*.dir* — Sortie direction (type de sortie 1 seulement).
– *(bit) pwmgen.*<*chan*>*.up* — Sortie PWM/PDM pour une valeur positive en entrée (type de sortie 2 seulement).
– *(bit) pwmgen.*<*chan*>*.down* — Sortie PWM/PDM pour une valeur négative en entrée (type de sortie 2 seulement).

7.2.4 Paramètres

– *(float) pwmgen.<chan>.scale* — Facteur d'échelle pour convertir les valeurs en unités arbitraires, en coefficients de facteur cyclique.
– *(float) pwmgen.<chan>.pwm-freq* — Fréquence de PWM désirée, en Hz. Si égale à 0.0, la modulation sera PDM au lieu de PWM. Si elle est réglée plus haute que les limites internes, au prochain appel de la fonction *update_freq()* elle sera ramenée aux limites internes. Si elle est différente de zéro et si *le lissage* est faux, au prochain appel de la fonction *update_freq()* elle sera réglée au plus proche entier multiple de la période de la fonction *make_pulses()*.
– *(bit) pwmgen.<chan>.dither-pwm* — Si vrai, active le lissage pour affiner la fréquence PWM ou le rapport cyclique qui ne pourraient pas être obtenus avec une pure PWM. Si faux, la fréquence PWM et le rapport cyclique seront tous les deux arrondis aux valeurs pouvant être atteintes exactement.
– *(float) pwmgen.<chan>.min-dc* — Rapport cyclique minimum compris entre 0.0 et 1.0 (Le rapport cyclique sera à zéro quand il est désactivé, indépendamment de ce paramètre).
– *(float) pwmgen.<chan>.max-dc* — Rapport cyclique maximum compris entre 0.0 et 1.0.
– *(float) pwmgen.<chan>.curr-dc* — Rapport cyclique courant, après toutes les limitations et les arrondis (lecture seule).

7.2.5 Types de sortie

Le générateur de PWM supporte trois *types de sortie*.
– Le *type 0* - A une seule pin de sortie. Seules, les commandes positives sont acceptées, les valeurs négatives sont traitées comme zéro (elle seront affectées par le paramètre *min-dc* si il est différent de zéro).
– Le *type 1* - A deux pins de sortie, une pour le signal PWM/PDM et une pour la direction. Le rapport cyclique d'une pin PWM est basé sur la valeur absolue de la commande, de sorte que les valeurs négatives sont acceptables. La pin de direction est fausse pour les commandes positives et vraie pour les commandes négatives.
– Le *type 2* - A également deux sorties, appelées *up* et *down*. Pour les commandes positives, le signal PWM apparaît sur la sortie *up* et la sortie *down* reste fausse. Pour les commandes négatives, le signal PWM apparaît sur la sortie *down* et la sortie *up* reste fausse. Les sorties de type 2 sont appropriées pour piloter la plupart des ponts en H.

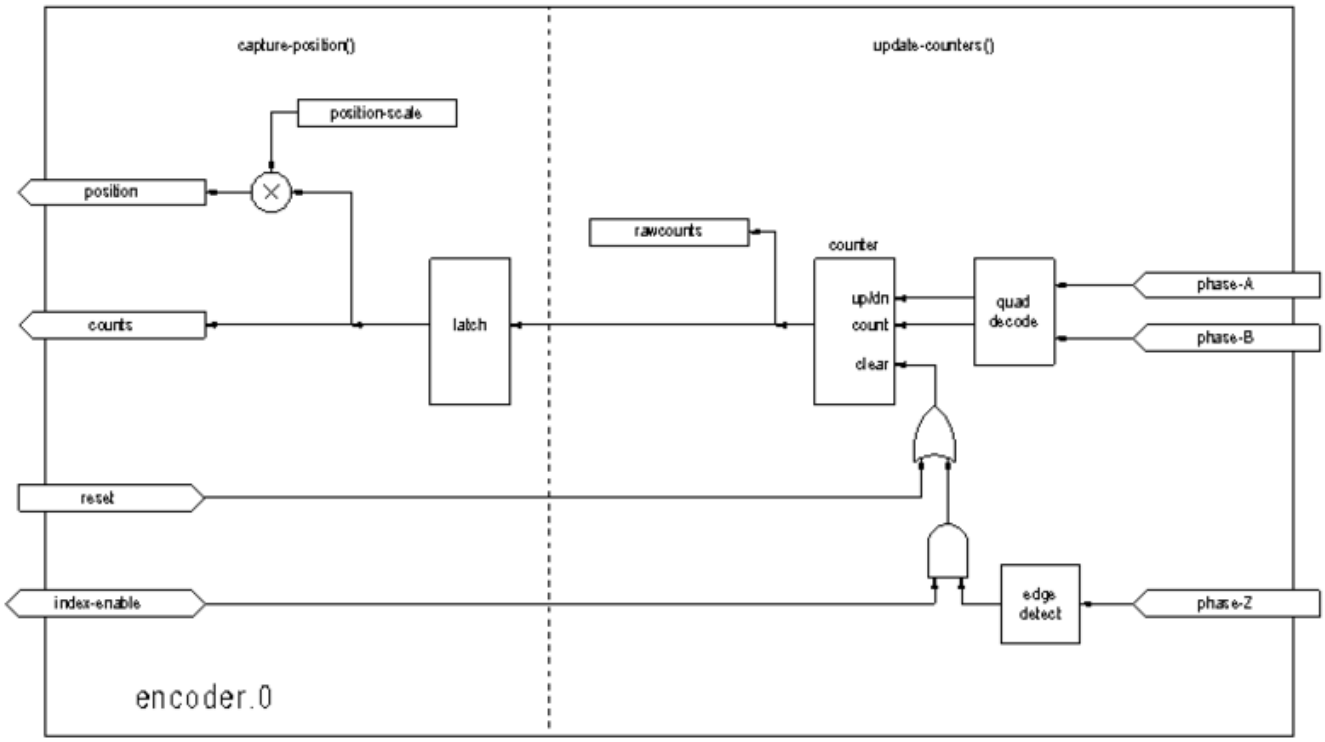
7.2.6 Fonctions

Le composant exporte deux fonctions. Chaque fonction agit sur tous les générateurs de PWM, lancer différents générateurs dans différents threads n'est pas supporté.
– *(funct) pwmgen.make-pulses* — Fonction haute vitesse de génération de fréquences PWM (non flottant).
– *(funct) pwmgen.update* — Fonction basse vitesse de mise à l'échelle, limitation des valeurs et traitement d'autres paramètres.
La fonction haute vitesse *pwmgen.make-pulses* devrait être lancée dans un thread très rapide, entre 10 et 50 us selon les capacités de l'ordinateur. C'est la période de ce thread qui détermine la fréquence maximale de la porteuse PWM, ainsi que la résolution des signaux PWM ou PDM. L'autre fonction peut être appelée beaucoup plus lentement.

7.3 Codeur

Ce composant fournit, en logiciel, le comptage des signaux provenant d'encodeurs en quadrature. Il s'agit d'un composant temps réel uniquement, il est dépendant de divers facteurs comme la vitesse du CPU, etc, il est capable de compter des signaux de fréquences comprises entre 10kHz à peut être 50kHz. La figure ci-dessous représente le diagramme bloc d'une voie de comptage de codeur.

Diagramme bloc du codeur



7.3.1 L'installer

```
halcmd: loadrt encoder [num_chan=<counters>]
```

<*counters*> est le nombre de compteurs de codeur à installer. Si *numchan* n'est pas spécifié, trois compteurs seront installés. Le nombre maximum de compteurs est de 8 (comme définit par MAX_CHAN dans encoder.c). Chaque compteur est indépendant, mais tous sont mis à jour par la même fonction(s) au même instant. Dans les descriptions qui suivent, <*chan*> est le nombre de compteurs spécifiques. La numérotation des compteurs commence à 0.

7.3.2 Le désinstaller

```
halcmd: unloadrt encoder
```

7.3.3 Pins

– *Encodeur* <*chan*> *counter-mode* (bit, I/O) (par défaut: FALSE) — Permet le mode compteur. Lorsque TRUE, le compteur compte chaque front montant de l'entrée phase-A, ignorant la valeur de la phase-B. Ceci est utile pour compter la sortie d'un capteur simple canal (pas de quadrature). Si FALSE, il compte en mode quadrature.
– *encoder.*<*chan*>*.counts* (s32, Out) — Position en comptage du codeur.
– *encoder.*<*chan*>*.counts-latched* (s32, Out) — Non utilisé à ce moment.

- *encoder.<chan> index-enable* (bit, I/O) — Si TRUE, *counts* et *position* sont remis à zéro au prochain front montant de la phase Z. En même temps, *index-enable* est remis à zéro pour indiquer que le front montant est survenu. La broche *index-enable* est bi-directionnelle. Si *index-enable* est FALSE, la phase Z du codeur sera ignorée et le compteur comptera normalement. Le pilote du codeur ne doit jamais mettre *index-enable* TRUE. Cependant, d'autres composants peuvent le faire.
- *encoder.<chan>.latch-falling* (bit, In) (par défaut: TRUE) — Non utilisé à ce moment.
- *encoder.<chan>.latch-input* (bit, In) (par défaut: TRUE) — Non utilisé à ce moment.
- *encoder.<chan>.latch-rising* (bit, In) — Non utilisé à ce moment.
- *encoder.<chan>.min-speed-estimate* (Float, In) — Effectue une estimation de la vitesse minimale réelle, à partir de laquelle, la vitesse sera estimée comme non nulle et la position interpolées, comme étant interpolée. Les unités de vitesse *min-speed-estimate* sont les mêmes que les unités de *velocity*. Le facteur d'échelle, en compte par unité de longueur. Régler ce paramètre trop bas, fera prendre beaucoup de temps pour que la vitesse arrive à 0 après que les impulsions du codeur aient cessé d'arriver.
- *encoder.<chan>.phase-A* (bit, In) — Signal de la phase A du codeur en quadrature.
- *encoder.<chan>.phase-B* (bit, In) — Signal de la phase B du codeur en quadrature.
- *encoder.<chan>.phase-Z* (bit, In) — Signal de la phase Z (impulsion d'index) du codeur en quadrature.
- *encoder.<chan>.position* (float, Out) - Position en unités mises à l'échelle (voir *position* échelle).
- *encoder.<chan>.position-interpolated* (float, Out) - Position en unités mises à l'échelle, interpolées entre les comptes du codeur. *position-interpolated* tente d'interpoler entre les comptes du codeur, basée sur la mesure de vitesse la plus récente. Valable uniquement lorsque la vitesse est approximativement constante et supérieure à *min-speed-estimate*. Ne pas utiliser pour le contrôle de position, puisque sa valeur est incorrecte en basse vitesse, lors des inversions de direction et pendant les changements de vitesse. Toutefois, il permet à un codeur à PPR faible (y compris les codeur à une impulsion par tour) d'être utilisé pour du filetage sur tour et peut aussi avoir d'autres usages.
- *encoder.<chan>.position-latched* (float, Out) — Non utilisé à ce moment.
- *encoder.<chan>.position-scale* (float, I/O) — Le facteur d'échelle, en comptes par unité de longueur. Par exemple, si *position-scale* est à 500, alors à 1000 comptes codeur, la position sera donnée à 2,0 unités.
- *encoder.<chan>.rawcounts* (s32, In) — Le compte brut, tel que déterminé par _update-counters. Cette valeur est mise à jour plus fréquemment que compte et position. Il n'est également pas affecté par le reset ou l'impulsion d'index.
- *encoder.<chan>.reset* (bit, In) — Si TRUE, force *counts* et *position* immédiatement à zéro.
- *encoder.<chan>.velocity* (float, Out) — Vitesse en unités mises à l'échelle par secondes. *encoder* utilise un algorithme qui réduit considérablement la quantification du bruit comparé à simplement différencier la sortie *position*. Lorsque la magnitude de la vitesse réelle est inférieure à *min-speed-estimate*, la sortie *velocity* est à 0.
- *encoder.<chan>.x4-mode* (bit, I/O) (par défaut: TRUE) — Permet le mode x4. Lorsqu'il est TRUE, le compteur compte chaque front de l'onde en quadrature (quatre compte par cycle complet). Si FALSE, il ne compte qu'une seule fois par cycle complet. En mode compteur, ce paramètre est ignoré. Le mode 1x est utile pour certaines manivelles électroniques.

7.3.4 Paramètres

- *encoder.<chan>.capture-position.time (s32, RO)*
- *encoder.<chan>.capture-position.tmax (s32, RW)*
- *encoder.<chan>.update-counters.time (s32, RO)*
- *encoder.<chan>.update-counter.tmax (s32, RW)*

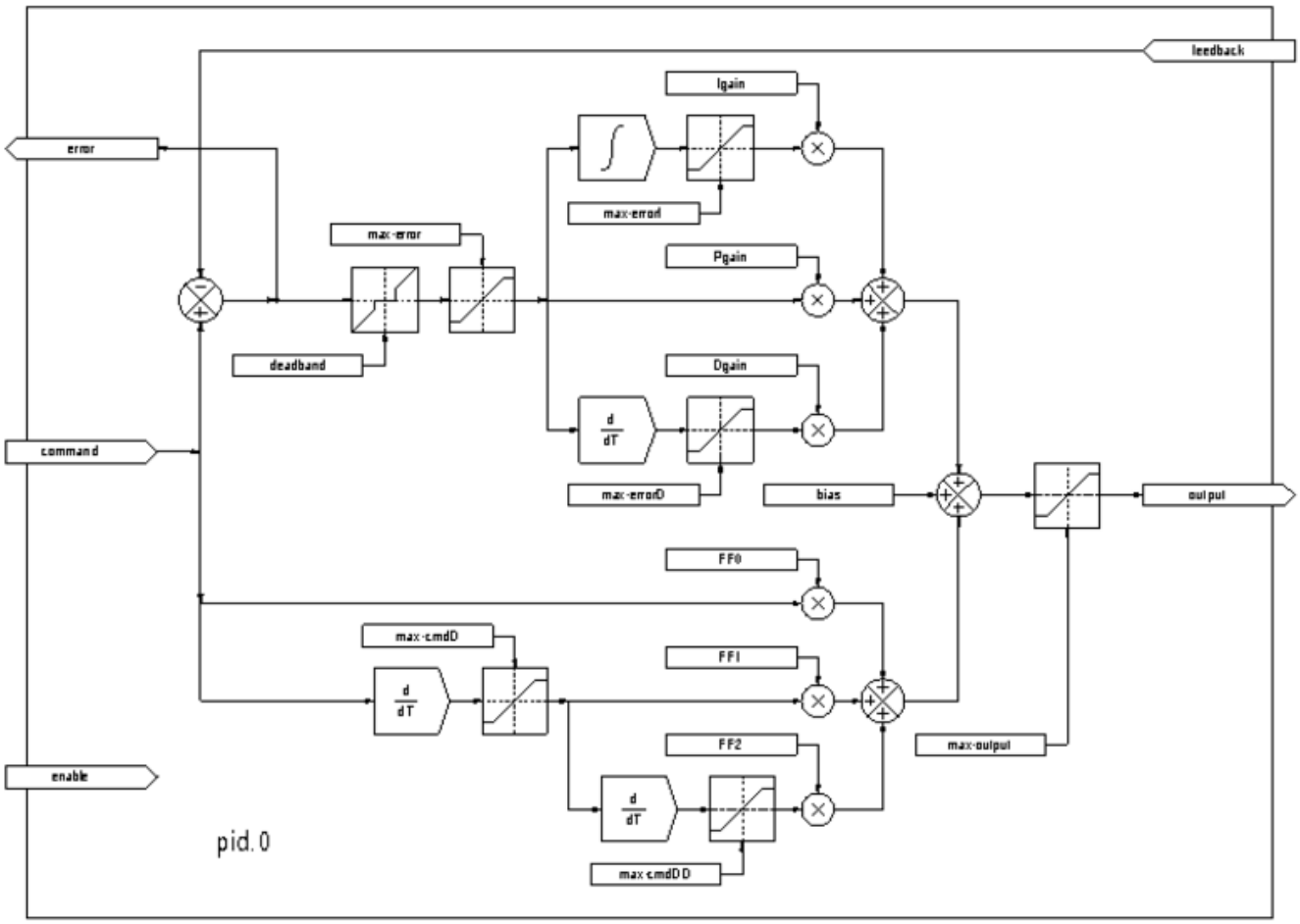
7.3.5 Fonctions

Le composant exporte deux fonctions. Chaque fonction agit sur tous les compteurs de codeur, lancer différents compteurs de codeur dans différents threads n'est pas supporté.
- *(funct) encoder.update-counters* — Fonction haute vitesse de comptage d'impulsions (non flottant).
- *(funct) encoder.capture-position* — Fonction basse vitesse d'actualisation des latches et mise à l'échelle de la position.

7.4 PID

Ce composant fournit une boucle de contrôle Proportionnelle/Intégrale/Dérivée. C'est un composant temps réel uniquement. Par souci de simplicité, cette discussion suppose que nous parlons de boucles de position, mais ce composant peut aussi être utilisé pour implémenter d'autres boucles de rétroaction telles que vitesse, hauteur de torche, température, etc. La figure ci-dessous est le schéma fonctionnel d'une simple boucle PID.

Diagramme bloc d'une boucle PID



7.4.1 L'installer

```
halcmd: loadrt pid [num_chan=<loops>] [debug=1]
```

<*loops*> est le nombre de boucles PID à installer. Si *numchan* n'est pas spécifié, une seule boucle sera installée. Le nombre maximum de boucles est de 16 (comme définit par MAX_CHAN dans pid.c). Chaque boucle est complétement indépendante. Dans les descriptions qui suivent, <*loopnum*> est le nombre de boucles spécifiques. La numérotation des boucle PID commence à 0.

Si *debug=1* est spécifié, le composant exporte quelques paramètres destinés au débogage et aux réglages. Par défaut, ces paramètres ne sont pas exportés, pour économiser la mémoire partagée et éviter d'encombrer la liste des paramètres.

7.4.2 Le désinstaller

```
halcmd: unloadrt pid
```

7.4.3 Pins

Les trois principales pins sont:

– *(float) pid.<loopnum>.command* — La position désirée (consigne), telle que commandée par un autre composant système.
– *(float) pid.<loopnum>.feedback* — La position actuelle (mesure), telle que mesurée par un organe de rétroaction comme un codeur de position.
– *(float) pid.<loopnum>.output* — Une commande de vitesse qui tend à aller de la position actuelle à la position désirée.
Pour une boucle de position, *command* et *feedback* sont en unités de longueur. Pour un axe linéaire, cela pourrait être des pouces, mm, mètres, ou tout autre unité pertinente. De même pour un axe angulaire, ils pourraient être des degrés, radians, etc. Les unités sur la pin *output* représentent l'écart nécessaire pour que la rétroaction coïncide avec la commande. Pour une boucle de position, *output* est une vitesse exprimée en pouces/seconde, mm/seconde, degrés/seconde, etc. Les unités de temps sont toujours des secondes et les unités de vitesses restent cohérentes avec les unités de longueur. Si la commande et la rétroaction sont en mètres, la sortie sera en mètres par seconde.

Chaque boucle PID a deux autres pins qui sont utilisées pour surveiller ou contrôler le fonctionnement général du composant.
– *(float) pid.<loopnum>.error* — Egal à *.command* moins *.feedback*. (consigne - mesure)
– *(bit) pid.<loopnum>.enable* — Un bit qui active la boucle. Si *.enable* est faux, tous les intégrateurs sont remis à zéro et les sorties sont forcées à zéro. Si *.enable* est vrai, la boucle opère normalement.
Pins utilisé pour signaler la saturation. La saturation se produit lorsque la sortie de le bloc PID est à son maximum ou limiter au minimum.
– *(bit) pid.<loopnum>.saturated* — True lorsque la sortie est saturée.
– *(float) pid.<loopnum>.saturated_s* — Le temps de la sortie a été saturé.
– *(s32) pid.<loopnum>.saturated_count* — Le temps de la sortie a été saturé.

7.4.4 Paramètres

Le gain PID, les limites et autres caractéristiques *accordables* de la boucle sont implémentés comme des paramètres.
– *(float) pid.<loopnum>.Pgain* — Gain de la composante proportionnelle.
– *(float) pid.<loopnum>.Igain* — Gain de la composante intégrale.
– *(float) pid.<loopnum>.Dgain* — Gain de la composante dérivée.
– *(float) pid.<loopnum>.bias* — Constante du décalage de sortie.
– *(float) pid.<loopnum>.FF0* — Correcteur prédictif d'ordre zéro (retour vitesse) sortie proportionnelle à la commande (position).
– *(float) pid.<loopnum>.FF1* — Correcteur prédictif de premier ordre (retour vitesse) sortie proportionnelle à la dérivée de la commande (vitesse).
– *(float) pid.<loopnum>.FF2* — Correcteur prédictif de second ordre (retour vitesse) sortie proportionnelle à la dérivée seconde de la commande (accélération). [1]
– *(float) pid.<loopnum>.deadband* — Définit la bande morte tolérable.
– *(float) pid.<loopnum>.maxerror* — Limite d'erreur.
– *(float) pid.<loopnum>.maxerrorI* — Limite d'erreur intégrale.
– *(float) pid.<loopnum>.maxerrorD* — Limite d'erreur dérivée.
– *(float) pid.<loopnum>.maxcmdD* — Limite de la commande dérivée.
– *(float) pid.<loopnum>.maxcmdDD* — Limite de la commande dérivée seconde.
– *(float) pid.<loopnum>.maxoutput* — Limite de la valeur de sortie.
Toutes les limites *max???,* sont implémentées de sorte que si la valeur de ce paramètre est à zéro, il n'y a pas de limite.

Si *debug=1* est spécifié quand le composant est installé, quatre paramètres supplémentaires seront exportés:
– *(float) pid.<loopnum>.errorI* — Intégrale de l'erreur.
– *(float) pid.<loopnum>.errorD* — Dérivée de l'erreur.
– *(float) pid.<loopnum>.commandD* — Dérivée de la commande.
– *(float) pid.<loopnum>.commandDD* — Dérivée seconde de la commande.

7.4.5 Fonctions

Le composant exporte une fonction pour chaque boucle PID. Cette fonction exécute tous les calculs nécessaires à la boucle. Puisque chaque boucle a sa propre fonction, les différentes boucles peuvent être incluses dans les différents threads et exécutées à différents rythmes.
– *(funct) pid.<loopnum>.do_pid_calcs* — Exécute tous les calculs d'une seule boucle PID.

1. FF2 n'est actuellement pas implémenté, mais il pourrait l'être. Considérez cette note comme un "FIXME" dans le code.

Si vous voulez comprendre exactement l'algorithme utilisé pour calculer la sortie d'une boucle PID, référez vous à la figure PID, les commentaires au début du source *linuxcnc/src/hal/components/pid.c* et bien sûr, au code lui même. Les calculs de boucle sont dans la fonction C *calc_pid()*.

7.5 Codeur simulé

Le codeur simulé est exactement la même chose qu'un codeur. Il produit des impulsions en quadrature avec une impulsion d'index, à une vitesse contrôlée par une pin de HAL. Surtout utile pour les essais.

7.5.1 L'installer

```
halcmd: loadrt sim-encoder num_chan=<number>
```

<*number*> est le nombre de codeurs à simuler. Si aucun n'est spécifié, un seul codeur sera installé. Le nombre maximum de codeurs est de 8 (comme défini par MAX_CHAN dans sim_encoder.c).

7.5.2 Le désinstaller

```
halcmd: unloadrt sim-encoder
```

7.5.3 Pins

– *(float) sim-encoder.*<*chan-num*>*.speed* — La vitesse commandée pour l'arbre simulé.
– *(bit) sim-encoder.*<*chan-num*>*.phase-A* — Sortie en quadrature.
– *(bit) sim-encoder.*<*chan-num*>*.phase-B* — Sortie en quadrature.
– *(bit) sim-encoder.*<*chan-num*>*.phase-Z* — Sortie de l'impulsion d'index.

Quand *.speed* est positive, *.phase-A* mène *.phase-B*.

7.5.4 Paramètres

– *(u32) sim-encoder.*<*chan-num*>*.ppr* — Impulsions par tour d'arbre.
– *(float) sim-encoder.*<*chan-num*>*.scale* — Facteur d'échelle pour *speed*. Par défaut est de 1.0, ce qui signifie que *speed* est en tours par seconde. Passer l'échelle à 60 pour des tours par minute, la passer à 360 pour des degrés par seconde, à 6.283185 pour des radians par seconde, etc.

Noter que les impulsions par tour ne sont pas identiques aux valeurs de comptage par tour (counts). Une impulsion est un cycle complet de quadrature. La plupart des codeurs comptent quatre fois pendant un cycle complet.

7.5.5 Fonctions

Le composant exporte deux fonctions. Chaque fonction affecte tous les codeurs simulés.
– *(funct) sim-encoder.make-pulses* — Fonction haute vitesse de génération d'impulsions en quadrature (non flottant).
– *(funct) sim-encoder.update-speed* — Fonction basse vitesse de lecture de *speed*, de mise à l'échelle et d'activation de *make-pulses*.

7.6 Anti-rebond

L'anti-rebond est un composant temps réel capable de filtrer les rebonds créés par les contacts mécaniques. Il est également très utile dans d'autres applications, où des impulsions très courtes doivent être supprimées.

7.6.1 L'installer

```
halcmd: loadrt debounce cfg=<config-string>
```

<*config-string*> est une série d'entiers décimaux séparés par des espaces. Chaque chiffre installe un groupe de filtres anti-rebond identiques, le chiffre détermine le nombre de filtres dans le groupe. Par exemple:

```
halcmd: loadrt debounce cfg=1,4,2
```

va installer trois groupes de filtres. Le groupe 0 contient un filtre, le groupe 1 en contient quatre et le groupe 2 en contient deux. La valeur par défaut de <*config-string*> est *1* qui installe un seul groupe contenant un seul filtre. Le nombre maximum de groupes est de 8 (comme définit par MAX_GROUPS dans debounce.c). Le nombre maximum de filtres dans un groupe est limité seulement par l'espace de la mémoire partagée. Chaque groupe est complétement indépendant. Tous les filtres dans un même groupe sont identiques et ils sont tous mis à jour par la même fonction, au même instant. Dans les descriptions qui suivent, <*G*> est le numéro du groupe et <*F*> est le numéro du filtre dans le groupe. Le premier filtre est le filtre 0 dans le groupe 0.

7.6.2 Le désinstaller

```
halcmd: unloadrt debounce
```

7.6.3 Pins

Chaque filtre individuel a deux pins.
– *(bit) debounce.*<*G*>.<*F*>*.in* — Entrée du filtre <*F*> du groupe <*G*>.
– *(bit) debounce.*<*G*>.<*F*>*.out* — Sortie du filtre <*F*> du groupe <*G*>.

7.6.4 Paramètres

Chaque groupe de filtre a un paramètre. [2]
– *(s32) debounce.*<*G*>*.delay* — Délai de filtrage pour tous les filtres du groupe <*G*>.
Le délai du filtre est dans l'unité de la période du thread. Le délai minimum est de zéro. La sortie d'un filtre avec un délai de zéro, suit exactement son entrée, il ne filtre rien. Plus le délai augmente, plus larges seront les impulsions rejetées. Si le délai est de 4, toutes les impulsions égales ou inférieures à quatre périodes du thread, seront rejetées.

7.6.5 Fonctions

Chaque groupe de filtres exporte une fonction qui met à jour tous les filtres de ce groupe *simultanément*. Différents groupes de filtres peuvent être mis à jour dans différents threads et à différentes périodes.
– *(funct) debounce.*<*G*> — Met à jour tous les filtres du groupe <*G*>.

7.7 Siggen

Siggen est un composant temps réel qui génère des signaux carrés, triangulaires et sinusoïdaux. Il est principalement utilisé pour les essais.

2. Chaque filtre individuel a également une variable d'état interne. C'est un switch du compilateur qui peut exporter cette variable comme un paramètre. Ceci est prévu pour des essais et devrait juste être un gaspillage de mémoire partagée dans des circonstances normales.

7.7.1 L'installer

```
halcmd: loadrt siggen [num_chan=<chans>]
```

<*chans*> est le nombre de générateurs de signaux à installer. Si *numchan* n'est pas spécifié, un seul générateur de signaux sera installé. Le nombre maximum de générateurs est de 16 (comme définit par MAX_CHAN dans siggen.c). Chaque générateur est complétement indépendant. Dans les descriptions qui suivent, <*chan*> est le numéro d'un générateur spécifique. Les numéros de générateur commencent à 0.

7.7.2 Le désinstaller

```
halcmd: unloadrt siggen
```

7.7.3 Pins

Chaque générateur a cinq pins de sortie.
– *(float) siggen.*<*chan*>*.sine* — Sortie de l'onde sinusoïdale.
– *(float) siggen.*<*chan*>*.cosine* — Sortie de l'onde cosinusoïdale.
– *(float) siggen.*<*chan*>*.sawtooth* — Sortie de l'onde en dents de scie.
– *(float) siggen.*<*chan*>*.triangle* — Sortie de l'onde triangulaire.
– *(float) siggen.*<*chan*>*.square* — Sortie de l'onde carrée.
Les cinq sorties ont les mêmes fréquence, amplitude et offset.

Trois pins de contrôle s'ajoutent aux pins de sortie:
– *(float) siggen.*<*chan*>*.frequency* — Réglage de la fréquence en Hertz, par défaut la valeur est de 1 Hz.
– *(float) siggen.*<*chan*>*.amplitude* — Réglage de l'amplitude de pic des signaux de sortie, par défaut, est à 1.
– *(float) siggen.*<*chan*>*.offset* — Réglage de la composante continue des signaux de sortie, par défaut, est à 0.
Par exemple, si *siggen.0.amplitude* est à 1.0 et *siggen.0.offset* est à 0.0, les sorties oscilleront entre -1.0 et +1.0. Si *siggen.0.amplitude* est à 2.5 et *siggen.0.offset* est à 10.0, les sorties oscilleront entre 7.5 et 12.5.

7.7.4 Paramètres

Aucun. [3]

7.7.5 Fonctions

– *(funct) siggen.*<*chan*>*.update* — Calcule les nouvelles valeurs pour les cinq sorties.

3. Dans les versions antérieures à la 2.1, fréquence, amplitude et offset étaient des paramètres. Ils ont été modifiés en pins pour permettre le contrôle par d'autres composants.

Chapitre 8

Exemples pour HAL

Tous ces exemples s'appuient sur une configuration créée par Stepconf, elle a deux threads, *base-thread* et *servo-thread*.

L'assistant de configuration Stepconf aura créé le fichier vide *custom.hal* et le fichier *custom_postgui.hal*.

Le fichier custom.hal sera chargé après le fichier de configuration de HAL, le fichier custom_postgui.hal sera chargé après que l'interface graphique ne le soit.

8.1 Changement d'outil manuel

Dans cet exemple, il est supposé que la configuration a été réalisée et qu'il faut lui ajouter la fenêtre de changement d'outil de HAL. Le composant de changement d'outil manuel de HAL est surtout intéressant si les outils sont mesurables avec précision en longueur et que les offsets sont stockés dans la table d'outils. Si il est nécessaire de faire un *Toucher* pour chaque outil, il sera préférable de scinder le programme G-code en plusieurs tronçons. Pour utiliser la fenêtre de changement manuel d'outil de HAL, il faut d'abord charger le composant *hal_manualtoolchange* puis envoyer l'ordre *iocontrol tool change* vers le *change* de hal_manualtoolchange ainsi qu'envoyer le *changed* de hal_manualtoolchange en retour sur le iocontrol tool changed.

Voici un exemple *avec* utilisation du composant de HAL, pour clarifier tout cela:

```
loadusr -W hal_manualtoolchange
net tool-change iocontrol.0.tool-change => hal_manualtoolchange.change
net tool-changed iocontrol.0.tool-changed <= hal_manualtoolchange.changed
net tool-number iocontrol.0.tool-prep-number => hal_manualtoolchange.number
net tool-prepare-loopback iocontrol.0.tool-prepare => iocontrol.0.tool-prepared
```

Et voici un exemple *sans* le composant de changement manuel:

```
net tool-number <= iocontrol.0.tool-prep-number
net tool-change-loopback iocontrol.0.tool.-change => iocontrol.0.tool-changed
net tool-prepare-loopback iocontrol.0.tool-prepare => iocontrol.0.tool-prepared
```

8.2 Calcul de vitesse

Cet exemple utilise *ddt*, *mult2* et *abs* pour calculer la vitesse de déplacement sur un axe. Pour plus de détails, voir la section sur les composants de HAL.

En premier il convient de vérifier si la configuration contient déjà des composants temps réel. Il est possible de le vérifier en ouvrant la fenêtre de Halshow et en cherchant les composants dans la section des pins. Si il y en a déjà en activité, il faudra augmenter leur nombre et ajuster l'instance de ces composants à la valeur correcte. Ajouter le code suivant dans le fichier *custom.hal*.

Charger les composants temps réel.

```
loadrt ddt count=1
loadrt mult2 count=1
loadrt abs count=1
```

Ajouter les fonctions au thread pour qu'elles soient rafraîchies.

```
addf ddt.0 servo-thread
addf mult2.0 servo-thread
addf abs.0 servo-thread
```

Faire les connections.

```
setp mult2.in1 60
net xpos-cmd ddt.0.in
net X-IPS mult2.0.in0 <= ddt.0.out
net X-ABS abs.0.in <= mult2.0.out
net X-IPM abs.0.out
```

Dans la dernière section, nous avons fixé le *mult2.0.in1* à 60 pour convertir les unités par seconde en unités par minute (dans cet exemple, des pouces/mn), nous l'obtenons sur la sortie *ddt.0.out*.

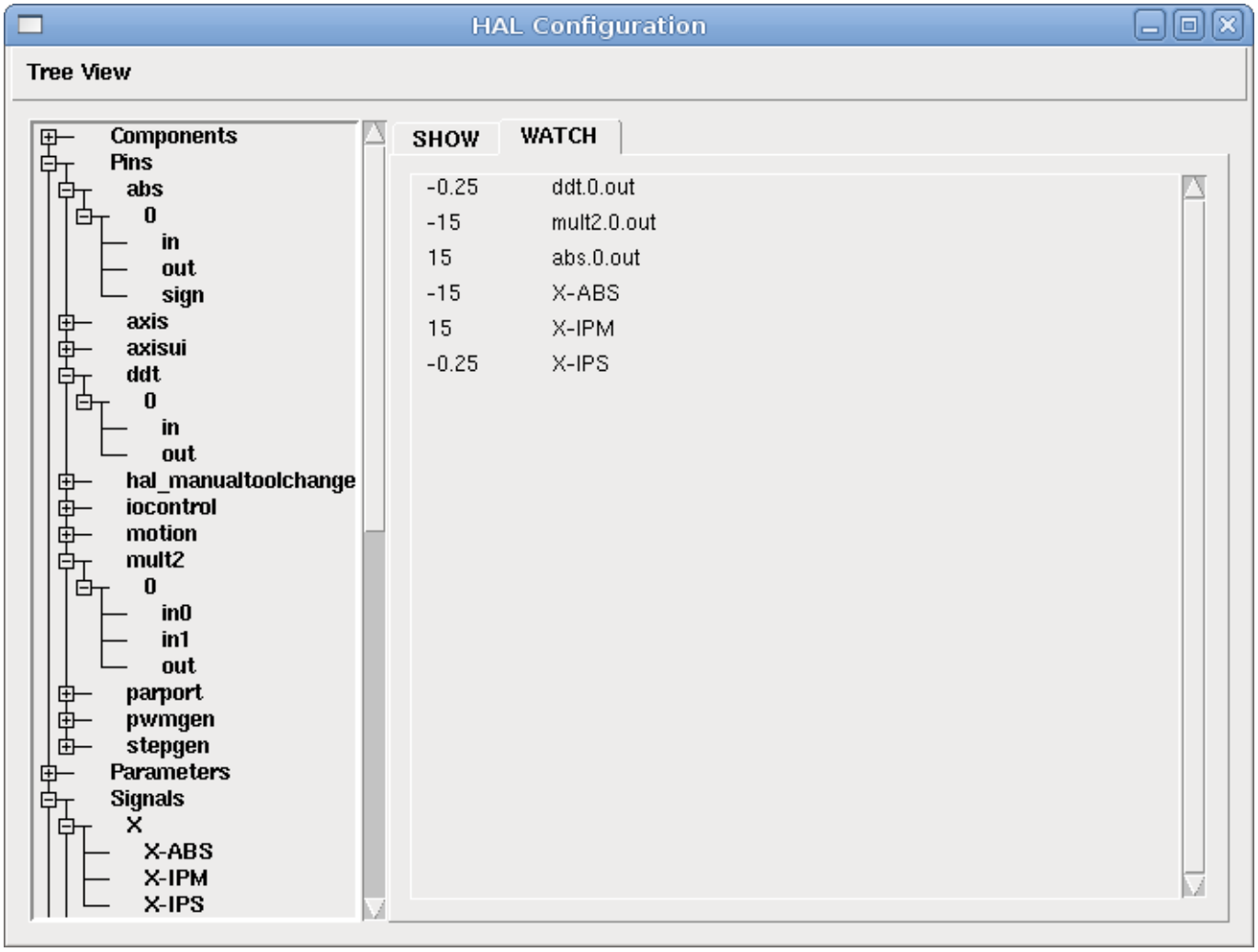
La commande *xpos-cmd* envoie la position commandée à l'entrée *ddt.0.in*. Le *ddt* calcule la dérivée de la variation du signal sur son entrée.

La sortie ddt2.0.out est multipliée par 60 pour obtenir des unités par minute.

La sortie mult2.0.out est envoyée au composant *abs* pour obtenir la valeur absolue.

La figure suivante montre le résultat quand l'axe X se déplace à 15 unités/mn dans la direction négative. Noter que la valeur absolue peut être prise sur la pin *abs.0.out* ou le signal X-IPM.

Exemple avec la vitesse



8.3 Amortissement d'un signal

Cette exemple montre comment les composants de HAL *lowpass*, *limit2* ou *limit3* peuvent être utilisés pour amortir de brusques changements d'un signal.

Nous sommes sur un tour dont la broche est pilotée par un servomoteur. Si nous envoyions directement la consigne de vitesse de broche sur le servo, celui-ci chercherait, à partir de la vitesse courante, à atteindre la vitesse commandée le plus vite possible. Cette situation est problématique et peut détériorer le matériel. Pour amortir ce changement de vitesse, nous pouvons faire passer la sortie *motion.spindle-speed-out* à travers un limiteur avant d'aller au PID, de sorte que la valeur de commande du PID soit amortie.

Les trois composants intégrés pour amortir le signal seront:

limit2
- Limite le signal de sortie pour qu'il soit entre min et max.
- Limite sa vitesse de montée à moins de MaxV par seconde. (dérivée première)

limit3
- Limite le signal de sortie pour qu'il soit entre min et max.
- Limite sa vitesse de montée à moins de MaxV par seconde. (dérivée première)
- Limite sa vitesse de montée à moins de MaxV par seconde^2. (dérivée seconde)

lowpass
- Filtre passe-bas.

Pour plus de détails voir les composants de HAL ou les man pages des composants concernés.

Placer le code suivant dans un fichier appelé *softstart.hal*.

```
loadrt threads period1=1000000 name1=thread
loadrt siggen
loadrt lowpass
loadrt limit2
loadrt limit3
net square siggen.0.square => lowpass.0.in limit2.0.in limit3.0.in
net lowpass <= lowpass.0.out
net limit2 <= limit2.0.out
net limit3 <= limit3.0.out
setp siggen.0.frequency .1
setp lowpass.0.gain .01
setp limit2.0.maxv 2
setp limit3.0.maxv 2
setp limit3.0.maxa 10
addf siggen.0.update thread
addf lowpass.0 thread
addf limit2.0 thread
addf limit3.0 thread
start
loadusr halscope
```

Ouvrir un terminal et et lancer le fichier avec la commande suivante:

```
halrun -I softstart.hal
```

Pour démarrer l'oscilloscope de HAL pour la première fois, cliquer *OK* pour accepter le thread par défaut.

Ensuite, il faut ajouter les signaux à suivre aux canaux du scope. Cliquer sur le canal *1* puis sélectionner *square* depuis l'onglet *Signaux*. Répéter pour les canaux suivants en ajoutant *lowpass*, *limit2* et *limit3*.

Ensuite, pour régler le signal du déclencheur cliquer sur le bouton *Source* est sélectionner *square*. Le bouton devrait changer pour *Source Canal 1*.

Puis, cliquer sur *Simple* dans le groupe *Mode Run*. L'oscillo devrait faire un balayage puis, afficher les traces.

Pour séparer les signaux et mieux les visualiser, cliquer sur un canal et utiliser le curseur de position verticale pour positionner les traces.

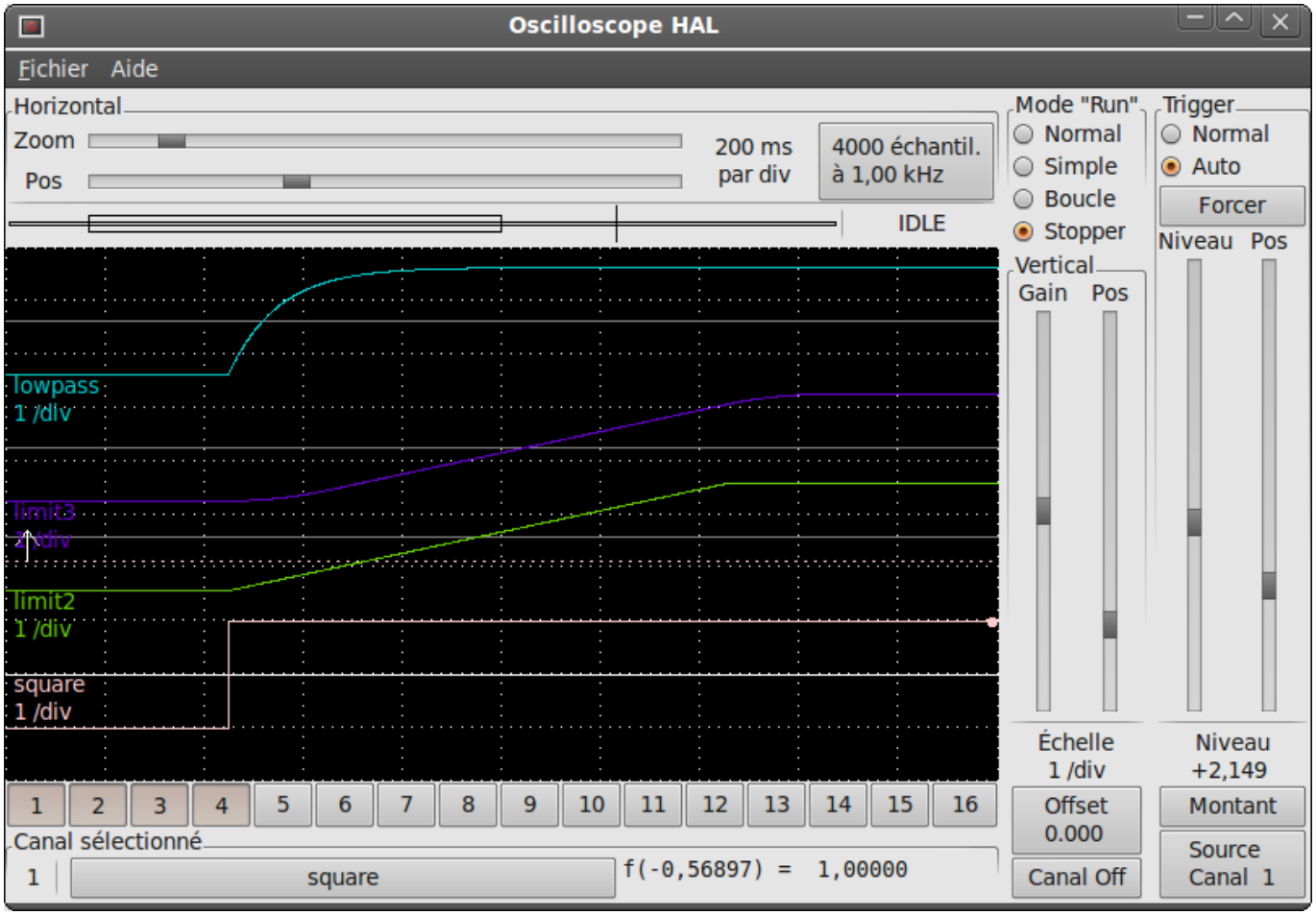


FIGURE 8.1 – Amortissement d'un signal carré

Pour voir l'effet d'un changement du point de réglage des valeurs des composants, il est possible de passer des commandes depuis le terminal. Par exemple,pour voir différentes valeurs de gain pour le passe-bas, taper la commande suivante, puis essayer différentes valeurs:

```
setp lowpass.0.gain .01
```

Après un changement de réglage, relancer Halscope pour visualiser l'effet.

Pour terminer, taper *exit* dans le terminal pour fermer halrun et halscope. Ne pas refermer le terminal avec halrun en marche, la mémoire ne serait pas vidée proprement, ce qui pourrait empêcher LinuxCNC de se charger.

Pour tout savoir sur Halscope et Halrun voir le tutoriel de HAL.

Chapitre 9

L'interface Halui

9.1 Introduction

Halui est une interface utilisateur pour LinuxCNC s'appuyant sur HAL, elle connecte les pins de HAL à des commandes NML. La plupart des fonctionnalités (boutons, indicateurs etc.) utilisées par les interfaces graphiques traditionnelles (mini, Axis, etc.), sont fournies par des pins de HAL dans Halui.

La façon la plus facile pour utiliser halui est de modifier votre dossier d'ini pour inclure

```
HALUI = halui
```

dans la section [HAL].

Une solution alternative pour l'invoquer (surtout si vous générez la config avec stepconf) est d'inclure

```
loadusr halui -ini /path/to/inifile.ini
```

dans votre fichier custom.hal.

9.2 Nomenclature des pins d'Halui

Abandon
(abort)
- halui.abort (bit, in) - pin de requête d'abandon (efface les erreurs)

Axes
(axis)
- halui.axis.n.pos-commanded (float, out) - Position de l'axe commandée, en coordonnées machine
- halui.axis.n.pos-feedback (float, out) - Position de l'axe lue, en coordonnées machine
- halui.axis.n.pos-relative (float, out) - Position de l'axe, en coordonnées relatives

Arrêt d'urgence
(E-Stop)
- halui.estop.activate (bit, in) - pin de requête d'arrêt d'urgence (E-Stop)
- halui.estop.is-activated (bit, in) - indique si l'arrêt d'urgence est actif
- halui.estop.reset (bit, out) - pin de requête de relâchement de l'arrêt d'urgence (E-Stop reset)

Correcteur de vitesse d'avance
(Feed override)
- halui.feed-override.count-enable (bit, in) - doit être vraie pour activer le comptage.
- halui.feed-override.counts (s32, in) - comptage depuis un codeur, par
- halui.feed-override.decrease (bit, in) - pin pour diminuer la correction (-=scale)

- halui.feed-override.increase (bit, in) - pin pour augmenter la correction (+=scale)
- halui.feed-override.direct-value (bit, in) - fausse lors de l'utilisation du codeur
- halui.feed-override.scale (float, in) - pin pour positionner l'échelle des corrections possibles exemple pour modifier la correction de vitesse d'avance
- halui.feed-override.value (float, out) - Valeur de la correction courante de vitesse d'avance

Arrosage par gouttelettes

(Mist)

- halui.mist.is-on (bit, out) - indique si l'arrosage par gouttelettes est actif
- halui.mist.off (bit, in) - pin de requête d'arrêt de l'arrosage par gouttelettes
- halui.mist.on (bit, in) - pin de requête de l'attosage par gouttelettes

Arrosage fluide

(Flood)

- halui.flood.is-on (bit, out) - indique si l'arrosage fluide est actif
- halui.flood.off (bit, in) - pin de requête d'arrêt d'arrosage fluide
- halui.flood.on (bit, in) - pin de requête d'arrosage fluide

Prise d'origine machine de tous les axes

(Homing)

- halui.home-all (bit, in) - pin de requête de prise d'origine machine de tous les axes. Cette pin sera présente seulement si HOME_SEQUENCE est fixée dans le fichier ini.

Jog

(Manivelle) <n> est un nombre compris entre 0 et 8, ou <selected>.

- halui.jog-deadband (float, in)- bande morte pour le jogging analogique (les petites vitesses de jog sont sans effet)
- halui.jog.speed (float, in) - positionne la vitesse de jog
- halui.jog.<n>.analog (float, in) - entrée analogique de vitesse de jog (utilisé avec les joysticks ou autres matériels analogiques)
- halui.jog.<n>.minus (bit, in) - jog en direction négative
- halui.jog.<n>.plus (bit, in) - jog en direction positive
- halui.jog.<selected>.minus (bit, in) - jog l'axe <selected> en direction négative et à la vitesse de halui.jog.speed velocity
- halui.jog.<selected>.plus (bit, in) - jog l'axe <selected> en direction positive et à la vitesse de halui.jog.speed velocity

Articulations

(Joints) <n> est un nombre compris entre 0 et 8, ou <selected>.

- halui.joint.<n>.has-fault (bit, out) - pin de status indiquant que l'articulation est en défaut
- halui.joint.<n>.home (bit, in) - pin pour la prise d'origine d'une articulation spécifique
- halui.joint.<n>.is-homed (bit, out) - pin de status indiquant que l'articulation est référencée
- halui.joint.<n>.is-selected (bit, out) - pin indiquant que l'articulation est <selected> - interne à halui
- halui.joint.<n>.on-hard-max-limit (bit, out) - pin de status indiquant que le joint est sur son fin de course de limite positive
- halui.joint.<n>.on-hard-min-limit (bit, out) - pin de status indiquant que le joint est sur son fin de course de limite négative
- halui.joint.<n>.on-soft-max-limit (bit, out) - pin de status indiquant que le joint est sur sa limite logicielle positive
- halui.joint.<n>.on-soft-min-limit (bit, out) - pin de status indiquant que le joint est sur sa limite logicielle négative
- halui.joint.<n>.select (bit, in) - select joint (0..8) - interne à halui
- halui.joint.<n>.unhome (bit, in) - unhomes this joint
- halui.joint.selected (u32, out) - selected joint (0..8) - interne à halui
- halui.joint.selected.has-fault (bit, out) - pin de status indiquant que le joint <n> est en défaut
- halui.joint.selected.home (bit, in) - pin pour la prise d'origine de l'articulation <selected>
- halui.joint.selected.is-homed (bit, out) - pin de status indiquant que le joint <selected> est référencé
- halui.joint.selected.on-hard-max-limit (bit, out) - pin de status indiquant que le joint <selected> est sur son fin de course de limite positive
- halui.joint.selected.on-hard-min-limit (bit, out) - pin de status indiquant que le joint <selected> est sur son fin de course de limite négative
- halui.joint.selected.on-soft-max-limit (bit, out) - pin de status indiquant que le joint <selected> est sur sa limite logicielle positive
- halui.joint.selected.on-soft-min-limit (bit, out) - pin de status indiquant que le joint <selected> est sur sa limite logicielle négative

– halui.joint.selected.unhome (bit, in) - pin for unhoming l'articulation selected.

Graissage centralisé

(Lube)

– halui.lube.is-on (bit, out) - indique si le graissage est actif
– halui.lube.off (bit, in) - pin de requête d'arrêt du graissage
– halui.lube.on (bit, in) - pin de requête de graissage

Machine

(Marche / Arrêt)

– halui.machine.is-on (bit, out) - indique que la machine est en marche
– halui.machine.off (bit, in) - pin de requête d'arrêt machine
– halui.machine.on (bit, in) - pin de requête de marche machine

Vitesse maximum

La vitesse linéaire maximum peut être ajustée entre 0 et la valeur de la variable MAX_VELOCITY dans la section [TRAJ] du fichier ini.

– halui.max-velocity.count-enable (bit, in) - Si TRUE, la vitesse max est modifiée quand le comptage change
– halui.max-velocity.counts (s32, in) - vous permet, en agissant sur un codeur, de modifier la vitesse max
– halui.max-velocity.decrease (bit, in) - pin pour diminuer la vitesse max
– halui.max-velocity.increase (bit, in) - pin pour augmenter la vitesse max
– halui.max-velocity.scale (float, in) - Valeur appliquée sur le nombre de fronts montants des pins increase ou decrease en unités machine par seconde.
– halui.max-velocity.value (float, out) - Valeur de la vitesse linéaire maximum en unités machine par seconde.

Données manuelles

Il arrive que l'utilisateur veuille ajouter des tâches plus complexes devant être effectuées par l'activation d'une pin de HAL. C'est possible en utilisant le schéma de commande en données manuelles (MDI) suivant:

– Une MDI_COMMAND est ajoutée dans la section [HALUI] du fichier ini, par exemple:

```
[HALUI]
MDI_COMMAND = G0 X0
```

– Quand halui démarre il va lire/détecter le champ MDI_COMMAND dans le fichier ini et exporter les pins de type (bit) halui.mdi-command-<nr>, <nr> est un nombre compris entre 00 et le nombre de MDI_COMMAND trouvées dans le fichier ini, avec un maximum de 64 commandes.
– Quand la pin halui.mdi-command-<nr> est activée, halui va essayer d'envoyer au MDI la commande définie dans le fichier ini. Ca ne fonctionnera pas dans tous les modes de fonctionnement où se trouve LinuxCNC, par exemple, tant qu'il est en AUTO halui ne peut pas envoyer de commande MDI.

Sélection d'une articulation

(Joint Selection)

– halui.joint.select (u32, in) - sélectionne l'articulation (0..7) - internal halui
– halui.joint.selected (u32, out) - articulation (0..7) sélectionnée - internal halui
– halui.joint.x.select bit (bit, in) - pins pour sélectinner une articulation - internal halui
– halui.joint.x.is-selected bit (bit, out) - pin de status indiquant une articulation sélectionné - internal halui

Mode de fonctionnement

(Mode)

– halui.mode.auto (bit, in) - pin de requête du mode auto
– halui.mode.is_auto (bit, out)- indique si le mode auto est actif
– halui.mode.is-joint (bit, out) - indique si le mode articulation par articulation est actif
– halui.mode.is_manual (bit, out) - indique si le mode manuel est actif
– halui.mode.is_mdi (bit, out) - indique si le mode données manuelles est actif
– halui.mode.is-teleop (bit, out) - indique que le mode jog coordonné est actif
– halui.mode.joint (bit, in) - pin de requête du mode jog articulation par articulation
– halui.mode.manual (bit, in) - pin de requête du mode manuel
– halui.mode.mdi (bit, in) - pin de requête du mode données manuelles
– halui.mode.teleop (bit, in) - pin de requête du mode jog coordonné

Programme

(Program)

- halui.program.block-delete.is-on (bit, out) - status pin telling that block delete is on
- halui.program.block-delete.off (bit, in) - pin for requesting that block delete is off
- halui.program.block-delete.on (bit, in) - pin for requesting that block delete is on
- halui.program.is-idle (bit, out) - pin de status indiquant qu'aucun programme n'est lancé
- halui.program.is-paused (bit, out) - pin de status indiquant qu'un programme est en pause
- halui.program.is-running (bit, out) - pin de status indiquant qu'un programme est lancé
- halui.program.optional-stop.is-on (bit, out) - status pin telling that the optional stop is on
- halui.program.optional-stop.off (bit, in) - pin requesting that the optional stop is off
- halui.program.optional-stop.on (bit, in) - pin requesting that the optional stop is on
- halui.program.pause (bit, in) - pin pour passer un programme en pause
- halui.program.resume (bit, in) - pin pour lancer la reprise d'un programme
- halui.program.run (bit, in) - pin de lancement d'un programme
- halui.program.step (bit, in) - pin pour avancer d'une ligne de programme
- halui.program.stop (bit, in) - pin pour stopper un programme

Correcteur de vitesse de broche
(Spindle Override)

- halui.spindle-override.count-enable (bit, in) - Si TRUE, la correction de vitesse broche varie quand le comptage change.
- halui.spindle-override.counts (s32, in) - comptage depuis un codeur, par exemple pour modifier la correction de vitesse de broche
- halui.spindle-override.decrease (bit, in) - pin pour diminuer la correction de vitesse de broche (-=scale)
- halui.spindle-override.direct-value (bit, in) - false quand en utilisant l'encodeur de changer compte, vrai lorsque la mise compte directement. Le count-activer `broches doit être vrai.
- halui.spindle-override.increase (bit, in) - pin pour augmenter la correction de vitesse de broche (+=scale)
- halui.spindle-override.scale (float, in) - pin pour positionner l'échelle des corrections de vitesse de broche possibles
- halui.spindle-override.value (float, out) - Valeur courante de la correction de vitesse de broche

Broche
(Spindle)

- halui.spindle.brake-is-on (bit, out) - indique si le frein est actif
- halui.spindle.brake-off (bit, in) - pin de désactivation du frein de broche
- halui.spindle.brake-on (bit, in) - pin d'activation du frein de broche
- halui.spindle.decrease (bit, in) - Diminue la vitesse de broche
- halui.spindle.forward (bit, in) - Marche broche en sens horaire
- halui.spindle.increase (bit, in) - Augmente la vitesse de broche
- halui.spindle.is-on (bit, out) - indique la broche est en marche (les deux sens)
- halui.spindle.reverse (bit, in) - Marche broche en sens anti-horaire
- halui.spindle.runs-backward (bit, out) - indique la broche est en marche et en sens inverse
- halui.spindle.runs-forward (bit, out) - indique la broche est en marche et en marche avant
- halui.spindle.start (bit, in) - Marche de la broche
- halui.spindle.stop (bit, in) - Arrêt de la broche

Outil
(Tool)

- halui.tool.length-offset (float, out) - indique la correction de longueur d'outil appliquée
- halui.tool.number (u32, out) - indique l'outil courant sélectionné

9.3 Exemples de programme avec Halui

Pour que ces exemples fonctionnent, il faut ajouter la ligne suivante dans la section [HAL] du fichier ini.

```
HALUI = halui
```

9.3.1 Démarrage à distance

Pour connecter un bouton de démarrage à distance à LinuxCNC il faut utiliser la pin *halui.program.run* et la pin *halui.mode.auto*.

Il faut s'assurer qu'il est possible de démarrer en utilisant la pin *halui.mode.is-auto*. On peut faire cela avec un composant de HAL *and2*. La figure suivante montre comment faire.

Quand le bouton de commande à distance est pressé, il est connecté à *halui.mode.auto* et à l'entrée *and2.0.in0*. Si le le mode auto est activé, la pin *halui.mode.is-auto* sera TRUE.

Si les deux entrées du composant *and2.0* sont TRUE, la sortie *and2.0.out* sera TRUE également et le programme sera démarré.

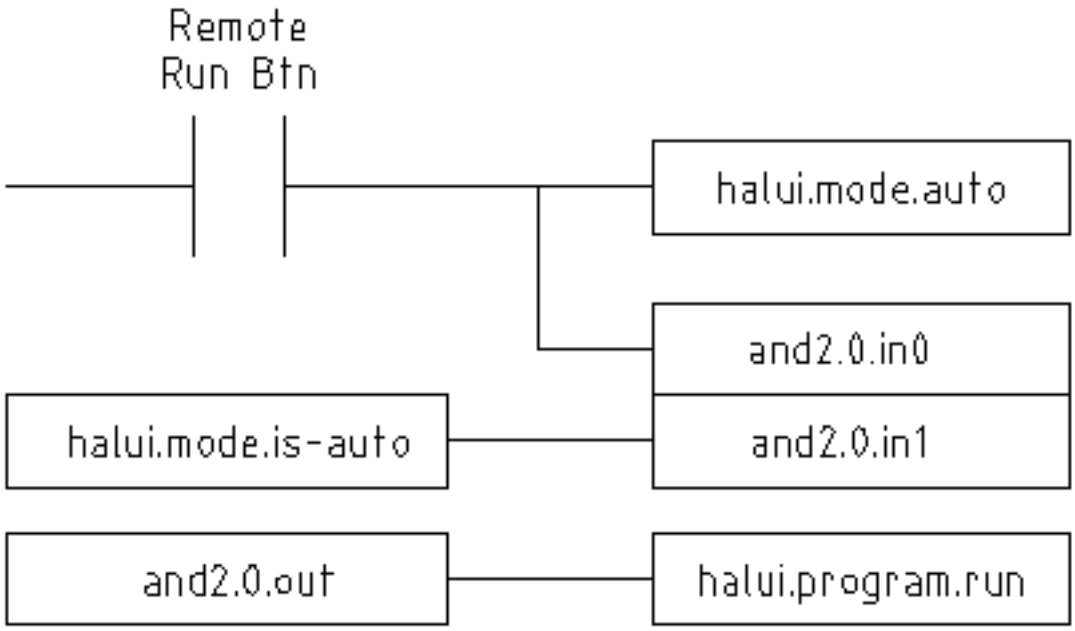


FIGURE 9.1 – Exemple de commande à distance

Les commandes de Hal pour accomplir ces actions sont les suivantes:

```
net program-start-btn halui.mode.auto and2.0.in0 <= <la pin d'éentre>
net program-run-ok and2.0.in1 <= halui.mode.is-auto
net remote-program-run halui.program.run <= and2.0.out
```

Noter que sur la première ligne il y a deux pins en lecture, ce qui pourrait aussi se séparer en deux lignes comme ceci:

```
net program-start-btn halui.mode.auto <= <la pin d'éentre>
net program-start-btn and2.0.in0
```

9.3.2 Pause et Reprise

Cet exemple a été developpé pour permettre à LinuxCNC de déplacer un axe rotatif selon un signal provenant d'une machine extérieure. La coordination entre les deux systèmes est assurée par deux composants de Halui:
– halui.program.is-paused
– halui.program.resume
Dans le fichier *custom.hal*, ajoutez les deux lignes suivantes qui seront connectées à vos entrées/sorties pour mettre le programme en pause ou pour le reprendre quand l'autre système veut qu'LinuxCNC soit relancé.

```
net ispaused halui.program.is paused => "la pin de sortie"
net resume halui.program.resume <= "la pin d'éentre"
```

Les pins d'entrée et de sortie, correspondent à celles qui sont câblées vers l'autre contrôleur. Elles peuvent être des broches du port parallèle ou toutes autres broches auquelles nous avons accès.

Le fonctionnement est le suivant, quand un M0 est rencontré dans le programme G-code, *halui.program.is-paused* devient TRUE. Ce qui rend la broche de sortie également TRUE de sorte que l'autre contrôleur sait que LinuxCNC est arrêté.

Pour reprendre l'exécution du G-code, l'autre contrôleur devra rendre l'entrée TRUE. Ce qui relancera LinuxCNC jusqu'au prochain M0.

Difficultés de timing
– Le signal de reprise ne doit pas être plus long que le temps nécessaire pour exécuter le G-code.
– Le signal *Is Paused* ne doit plus être actif quand le signal suivant de reprise arrive.
Ces problèmes de timming pourraient être évités, en utilisant ClassicLadder pour activer le signal *is paused* avec une tempo et le désactiver en fin de tempo. La reprise pourrait également être fournie par un signal monostable très court.

Chapitre 10

comp: un outil pour créer les modules HAL

10.1 Introduction

Écrire un composant de HAL peut se révéler être une tâche ennuyeuse, la plupart de cette tâche consiste à appeler des fonctions *rtapi* et *hal* et à contrôler les erreurs associées à ces fonctions. *comp* va écrire tout ce code pour vous, automatiquement.

Compiler un composant de HAL est également beaucoup plus simple en utilisant *comp* , que le composant fasse partie de l'arborescence de LinuxCNC, ou qu'il en soit extérieur.

Par exemple, cette portion des blocs *ddt*, codée en C, fait environ 80 lignes de code, alors que le composant équivalent est vraiment très court quand il est créé en utilisant le préprocesseur *comp*.

Exemple pour comp

```
component ddt "Calcule la éédrive de la fonction d'éentre";
pin in float in;
pin out float out;
variable float old;
function _;
license "GPLv2 or later";
;;
float tmp = in;
out = (tmp - old) / fperiod;
old = tmp;
```

10.2 Installation

Si une version pré-installée de LinuxCNC est utilisée, il sera nécessaire d'installer les paquets de développement en passant par Synaptic depuis le menu *Système* → *Administration* → *Gestionnaire de paquets Synaptic* ou en utilisant la commande suivante dans un terminal:

Installation des paquets de développement

```
sudo apt-get emc2-dev
```

10.3 Définitions

component
: Un composant est un simple module temps réel, qui se charge avec *halcmd loadrt*. Un fichier *.comp* spécifie un seul composant.

instance
Un composant peut avoir zéro ou plusieurs instances. Chaque instance d'un composant est créée égale (elles ont toutes les mêmes pins, les mêmes paramètres, les mêmes fonctions et les mêmes données) mais elle se comporte de manière différente quand leurs pins, leurs paramètres et leur données ont des valeurs différentes.

singleton
Il est possible pour un composant d'être un *singleton* (composant dont il n'existe qu'une seule instance), dans ce cas, exactement une seule instance est créée. Il est rarement logique d'écrire un composant *singleton* , à moins qu'il n'y ait qu'un seul objet de ce type dans le système (par exemple, un composant ayant pour but de fournir une pin avec le temps Unix courant, ou un pilote matériel pour le haut parleur interne du PC)

10.4 Création d'instance

Pour un singleton, une seule instance est créée quand le composant est chargé.

Pour un non-singleton, le paramètre *count* du module détermine combien d'instances seront créées.

10.5 Paramètres implicites

Le paramètres *period* est implicitement passé aux fonctions, c'est la durée, en nanosecondes, de la dernière période d'exécution du comp. Les fonctions qui utilisent des flottants peuvent aussi se référer à *fperiod*, qui est la durée en secondes, soit (period*1e-9). Cela peut être utile pour les comps ayant besoin de l'information de timming.

10.6 Syntaxe

Un fichier *.comp* commence par un certain nombre de déclarations, puis par un délimiteur constitué de deux points virgule *;;* seuls sur leur propre ligne et enfin du code C implémentant les fonctions du module.

Déclarations d'include:
– *component HALNAME (DOC);*
– *pin PINDIRECTION TYPE HALNAME ([SIZE]\|[MAXSIZE : CONDSIZE]) (if CONDITION) (= STARTVALUE) (DOC);*
– *param PARAMDIRECTION TYPE HALNAME ([SIZE]\|[MAXSIZE : CONDSIZE]) (if CONDITION) (= STARTVALUE) (DOC);*
– *function HALNAME (fp \| nofp) (DOC);*
– *option OPT (VALUE);*
– *variable CTYPE NAME ([SIZE]);*
– *description DOC;*
– *see_also DOC;*
– *license LICENSE;*
– *author AUTHOR;*
Les parenthèses indiquent un item optionnel. Une barre verticale indique une alternative. Les mots en *MAJUSCULES* indiquent une variable texte, comme ci-dessous:

NAME
Un identifiant C standard.

STARREDNAME
Un identifiant C, précédé ou non d'une *. Cette syntaxe est utilisée pour déclarer les variables qui sont des pointeurs. Noter qu'à cause de la grammaire, il ne doit pas y avoir d'espace entre * et le nom de la variable.

HALNAME
Un identifiant étendu. Lorsqu'ils sont utilisés pour créer un identifiant de HAL, tous les caractères soulignés sont remplacés par des tirets, tous les points et les virgules de fin, sont supprimés, ainsi **ce_nom_** est remplacé par **ce-nom**, si le nom est `"_"`, alors le point final est enlevé aussi, ainsi `"function_"` donne un nom de fonction HAL tel que `"component.<num>"` au lieu de `"component.<num>."`

S'il est présent, le préfixe *hal_* est enlevé du début d'un nom de composant lors de la création des pins, des paramètres et des fonctions.

Dans l'identifiant de HAL pour une pin ou un paramètre, # indique un membre de tableau, il doit être utilisé conjointement avec une déclaration *[SIZE]*. Les *hash marks* sont remplacées par des nombres de 0-barrés équivalents aux nombres de caractères #.

Quand ils sont utilisés pour créer des identifiants C, les changements de caractères suivants sont appliqués au HALNAME:

1. Tous les caractères "#" sont enlevés ainsi que tous les caractères ".", "_" ou "-" immédiatement devant eux.
2. Dans un nom, tous les caractères "." et "-" sont remplacés par "_".
3. Les caractères "___" répétitifs sont remplacés par un seul caractère "_".

Un "_" final est maintenu, de sorte que les identifiants de HAL, qui autrement seraient en conflit avec les noms ou mots clé réservés (par exemple: *min*), puissent être utilisés.

HALNAME	Identifiant C	Identifiant HAL
x_y_z	x_y_z	x-y-z
x-y.z	x_y_z	x-y.z
x_y_z_	x_y_z_	x-y-z
x.##.y	x_y(MM)	x.MM.z
x.##	x(MM)	x.MM

if CONDITION
Une expression impliquant la *personnalité* d'une variable non nulle quand la variable ou le paramètre doit être créé.

SIZE
Un nombre donnant la taille d'un tableau. Les items des tableaux sont numérotés de 0 à *SIZE*-1.

MAXSIZE : CONDSIZE
Un nombre donnant la taille maximum d'un tableau, suivi d'une expression impliquant la *personnalité* d'une variable et qui aura toujours une valeur inférieure à *MAXSIZE*. Quand le tableau est créé sa taille est égale à *CONDSIZE*.

DOC
Une chaine qui documente l'item. La chaine doit être au format C, entre guillemets, comme *"Sélectionnez le front désiré: TRUE pour descendant, FALSE pour montant"* ou au format Python triples guillemets, pouvant inclure des caractères newlines et des guillemets, comme: param rw bit zot=TRUE La chaine de documentation est en format *groff -man*. Pour plus d'informations sur ce format de markup, voyez *groff_man(7)* . Souvenez vous que comp interprète backslash comme Echap dans les chaines, ainsi par exemple pour passer le mot *example* en font italique, écrivez *fIexample**fB*.

TYPE
Un des types de HAL: *bit*, *signed* (signé), *unsigned* (non signé) ou *float* (flottant). Les anciens noms *s32* et *u32* peuvent encore être utilisés, mais *signed* et *unsigned* sont préférables.

PINDIRECTION
Une des ces directions: *in*, *out*, ou *io* . Le composant pourra positionner la valeur d'une pin de sortie, il pourra lire la valeur sur une pin d'entrée et il pourra lire ou positionner la valeur d'une pin *io*.

PARAMDIRECTION
Une des valeurs suivantes: *r* ou *rw*. Le composant pourra positionner la valeur d'un paramètre *r* et il pourra positionner ou lire la valeur d'un paramètre rw.

STARTVALUE
Spécifie la valeur initiale d'une pin ou d'un paramètre. Si il n'est pas spécifié, alors la valeur par défaut est *0* ou *FALSE*, selon le type de l'item.

10.6.1 Fonctions HAL

fp
Indique que la fonction effectuera ses calculs en virgule flottante.

nofp
Indique que la fonction effectuera ses calculs sur des entiers. Si il n'est pas spécifié, *fp* est utilisé. Ni comp ni gcc ne peuvent détecter l'utilisation de calculs en virgule flottante dans les fonctions marquées *nofp*.

10.6.2 Options

Selon le nom de l'option OPT, les valeurs VALUE varient. Les options actuellement définies sont les suivantes:

OPT, VALUE: option singleton yes;; (défaut: no) Ne crée pas le paramètre numéro de module et crée toujours une seule instance. Avec *singleton*, les items sont nommés *composant-name.item-name* et sans *singleton*, les items des différentes instances sont nommés *composant-name.<num>.item-name*.

option default_count
number (défaut: 1) Normalement, le paramètre *count* par défaut est 0. Si spécifié, *count* remplace la valeur par défaut.

option count_function yes
(défaut: no) Normalement, le numéro des instances à créer est specifié dans le paramètre *count* du module, si *count_function* est spécifié, la valeur retournée par la fonction *int get_count(void)* est utilisée à la place de la valeur par défaut et le paramètre *count* du module n'est pas défini.

option rtapi_app no
(défaut: yes) Normalement, les fonctions *rtapi_app_main* et *rtapi_app_exit* sont définies automatiquement. Avec *option rtapi_app no*, elles ne le seront pas et doivent être fournies dans le code C.

```
Quand vous implémentez votre propre _rtapi_app_main_, appellez la
fonction _int export(char _prefix, long extra_arg)_ pour enregistrer
les pins, paramètres et fonctions pour _préfix_er.
```

option data
type (défaut: none) deprecated If specified, each instance of the component will have an associated data block of *type* (which can be a simple type like *float* or the name of a type created with *typedef*).

```
In new components, _variable_ should be used instead.
```

option extra_setup yes
(défaut: no)

option extra_cleanup yes
(défaut: no) Si spécifié, appelle la fonction définie par *EXTRA_CLEANUP* depuis la fonction définie automatiquement *rtapi_app_exit*, ou une erreur est détectée dans la fonction automatiquement définie *rtapi_app_main*.

option userspace yes
(défaut: no) Si spécifié, ce fichier décrit un composant d'espace utilisateur, plutôt que le réel. Un composant d'espace utilisateur peut ne pas avoir de fonction définie par la directive de fonction. Au lieu de cela, après que toutes les instances soient construites, la fonction C *user_mainloop()* est appelée. Dès la fin de cette fonction, le composant se termine. En règle générale, *user_mainloop()* va utiliser *FOR_ALL_INSTS()* pour effectuer la mise à jour pour chaque action, puis attendre un court instant. Une autre action commune dans *user_mainloop()* peut être d'appeler le gestionnaire de boucles d'événements d'une interface graphique.

option userinit yes
(défaut: no) Si spécifiée, la fonction *userinit(argc,argv)* est appelée avant *rtapi_app_main()* (et cela avant l'appel de *hal_init()*). Cette fonction peut traiter les arguments de la ligne de commande ou exécuter d'autres actions. Son type de retour est *void*; elle peut appeler *exit()* et si elle le veut, se terminer sans créer de composant HAL (par exemple, parce que les arguments de la ligne de commande sont invalides).

```
Si aucune option VALUE n'est spécifiée, alors c'est équivalent à
spécifier la valeur _... yes_ . Le résultat consécutif à l'assignation
d'une valeur inappropriée à
une option est indéterminé. Le résultat consécutif à n'utiliser aucune
autre option est indéfini.
```

10.6.3 Licence et auteur

LICENSE
Spécifie la license du module, pour la documentation et pour le module déclaré dans MODULE_LICENSE().

AUTHOR
Spécifie l'auteur du module, pour la documentation

10.6.4 Stockage des données par instance

variable
CTYPE NAME;

variable
CTYPE NAME[*SIZE*];

variable
CTYPE NAME = default;

variable
CTYPE NAME[*SIZE*] = *default*; Déclare la variable *par-instance NAME* de type *CTYPE*, optionnellement comme un tableau de *SIZE* items et optionnellement avec une valeur par default. Les items sans *default* sont initialisés *all-bits-zero*. *CTYPE* est un simple mot de type C, comme *float*, *u32*, *s32*, etc. Les variables d'un tableau sont mises entre crochets.

10.6.5 Commentaires

Les commentaires de style C++ une ligne (*//...*) et de style C multi-lignes (*/ ... /*) sont supportés tous les deux dans la section déclaration.

10.7 Restrictions sur les fichiers comp

Bien que HAL permette à une pin, un paramètre et une fonction d'avoir le même nom, comp ne le permet pas.

Les noms de variable et de fonction qui ne doivent pas être utilisés ou qui posent problème sont les suivants:
– Tous noms commençant par *_comp*.
– *comp_id*
– *fperiod*
– *rtapi_app_main*
– *rtapi_app_exit*
– *extra_setup*
– *extra_cleanup*

10.8 Conventions des macros

En se basant sur les déclarations des items de section, *comp* crée une structure C appellée *structure d'état* . Cependant, au lieu de faire référence aux membres de cette structure (par exemple: **(inst->name)*), il leur sera généralement fait référence en utilisant les macros ci-dessous. Certains détails de la structure d'état et de ces macros peuvent différer d'une version de *comp* à la suivante.

FUNCTION(name)
Cette macro s'utilise au début de la définition d'une fonction temps réel qui aura été précédemment déclarée avec *function NAME*. function inclus un paramètre *period* qui est le nombre entier de nanosecondes entre les appels à la fonction.

EXTRA_SETUP()
Cette macro s'utilise au début de la définition de la fonction appelée pour exécuter les réglages complémentaires à cette instance. Une valeur de retour négative Unix *errno* indique un défaut (par exemple: *elle retourne -EBUSY* comme défaut à la réservation d'un port d'entrées/sorties), une valeur égale à 0 indique le succés.

EXTRA_CLEANUP()
Cette macro s'utilise au début de la définition de la fonction appelée pour exécuter un nettoyage (cleanup) du composant. Noter que cette fonction doit nettoyer toutes les instances du composant, pas juste un. Les macros *pin_name*, *parameter_name* et *data* ne doivent pas être utilisées ici.

pin_name ou parameter_name
Pour chaque pin, *pin_name* ou pour chaque paramètre, *parameter_name* il y a une macro qui permet d'utiliser le nom seul pour faire référence à la pin ou au paramètre. Quand *pin_name* ou *parameter_name* sont des tableaux, la macro est de la forme *pin_name(idx)* ou *param_name(idx)* dans laquelle *idx* est l'index dans le tableau de pins. Quand le tableau est de taille variable, il est seulement légal de faire référence aux items par leurs *condsize*.

```
Quand un item est conditionnel, il est seulement légal de faire
référence à cet item quand ses conditions sont évaluées à des
valeurs différentes de zéro.
```

variable_name
Pour chaque variable, *il y a une macro variable_name* qui permet au nom seul d'être utilisé pour faire référence à la variable. Quand *variable_name* est un tableau, le style normal de C est utilisé: *variable_name[idx]*

data
Si l'*option data* est spécifiée, cette macro permet l'accès à l'instance de la donnée.

fperiod
Le nombre de secondes en virgule flottante entre les appels à cette fonction temps réel.

FOR_ALL_INSTS() {…}
Pour les composants de l'espace utilisateur. Cette macro utilise la variable *struct state *inst* pour itérer au dessus de toutes les instances définies. Dans le corps de la boucle, les macros *pin_name*, *parameter_name* et *data* travaillent comme elles le font dans les fonctions temps réel.

10.9 Composants avec une seule fonction

Si un composant a seulement une fonction et que la chaine *FUNCTION* n'apparaît nulle part après *;;*, alors la portion après *;;* est considérée comme étant le corps d'un composant simple fonction.

10.10 Personnalité du composant

Si un composant a n'importe combien de pins ou de paramètres avec un if condition ou *[maxsize : condsize]*, il est appelé un composant avec personnalité. La personnalité de chaque instance est spécifiée quand le module est chargé. La personnalité peut être utilisée pour créer les pins seulement quand c'est nécessaire. Par exemple, la personnalité peut être utilisée dans un composant logique, pour donner un nombre variable de broches d'entrée à chaque porte logique et permettre la sélection de n'importe quelle fonction de logique booléenne de base *and*, *or* et *xor*.

10.11 Compiler un fichier *.comp* dans l'arborescence

Placer le fichier *.comp* dans le répertoire *linuxcnc/src/hal/components* et lancer/relancer *make*. Les fichiers Comp sont automatiquement détectés par le système de compilation.

Si un fichier *.comp* est un pilote de périphérique, il peut être placé dans *linuxcnc/src/hal/components* et il y sera construit excepté si LinuxCNC est configuré en mode simulation.

10.12 Compiler un composant temps réel hors de l'arborescence

comp peut traiter, compiler et installer un composant temps réel en une seule étape, en plaçant *rtexample.ko* dans le répertoire du module temps réel de LinuxCNC:

```
comp --install rtexample.comp
```

Ou il peut aussi être traité et compilé en une seule étape en laissant *example.ko* (ou *example.so* pour la simulation) dans le répertoire courant:

```
comp --compile rtexample.comp
```

Ou il peut simplement être traité en laissant *example.c* dans le répertoire courant:

```
comp rtexample.comp
```

comp peut aussi compiler et installer un composant écrit en C, en utilisant *les options --install* et *--compile* comme ci-dessous:

```
comp --install rtexample2.c
```

La documentation au format man peut être créée à partir des informations de la section *declaration*:

```
comp --document rtexample.comp
```

La manpage résultante, *exemple.9* peut être lue avec:

```
man ./exemple.9
```

ou copiée à un emplacement standard pour une page de manuel.

10.13 Compiler un composant de l'espace utilisateur hors de l'arborescence

comp peut traiter, compiler et installer un document de l'espace utilisateur:

```
comp usrexample.comp
```

Cela fonctionne seulement pour les fichiers *.comp* mais pas pour les fichiers *.c*.

10.14 Exemples

10.14.1 constant

Ce composant fonctionne comme dans *blocks*, y compris la valeur par défaut à 1.0. La déclaration *function _* crée les fonctions nommées *constant.0*, etc.

```
component constant;
```

10.14.2 sincos

Ce composant calcule le sinus et le cosinus d'un angle entré en radians. Il a différentes possibilités comme les sorties *sinus* et *cosinus* de siggen, parce que l'entrée est un angle au lieu d'être librement basé sur un paramètre *frequency*.

Les pins sont déclarées avec les noms *sin* et _cos *dans le code source pour que ça n'interfère pas avec les fonctions _sin()* et *cos()*. Les pins de HAL sont toujours appelées *sincos.<num>.sin*.

```
component sincos;
```

10.14.3 out8

Ce composant est un pilote pour une carte imaginaire appelée *out8*, qui a 8 pins de sortie digitales qui sont traitées comme une simple valeur sur 8 bits. Il peut y avoir un nombre quelconque de ces cartes dans le système et elles peuvent avoir des adresses variées. La pin est appelée *out_* parce que *out* est un identifiant utilisé dans *<asm/io.h>*. Il illustre l'utilisation de *EXTRA_SETUP* et de *EXTRA_CLEANUP* pour sa requête de région d'entrées/sorties et libère cette région en cas d'erreur ou quand le module est déchargé.

```
component out8;
pin out unsigned out_ "Output value; only low 8 bits are used";
param r unsigned ioaddr;

function _;

option count_function;
option extra_setup;
option extra_cleanup;
option constructable no;

license "GPL";
;;
#include <asm/io.h>

#define MAX 8
int io[MAX] = {0,};
RTAPI_MP_ARRAY_INT(io, MAX, "I/O addresses of out8 boards");

int get_count(void) {
    int i = 0;
    for(i=0; i<MAX && io[i]; i++) { /* Nothing */ }
    return i;
}

EXTRA_SETUP() {
    if(!rtapi_request_region(io[extra_arg], 1, "out8")) {
        // set this I/O port to 0 so that EXTRA_CLEANUP does not release the IO
        // ports that were never requested.
        io[extra_arg] = 0;
        return -EBUSY;
    }
    ioaddr = io[extra_arg];
    return 0;
}

EXTRA_CLEANUP() {
    int i;
    for(i=0; i < MAX && io[i]; i++) {
        rtapi_release_region(io[i], 1);
    }
}
```

```
FUNCTION(_) { outb(out_, ioaddr); }
```

10.14.4 hal_loop

```
component hal_loop;
```

Ce fragment de composant illustre l'utilisation du préfixe *hal_* dans un nom de composant. *loop* est le nom d'un module standard du kernel Linux, donc un composant *loop* ne pourrait pas être chargé si le module loop de Linux est également présent.

Quand il le charge, halcmd montre un composant appelé *hal_loop*. Cependant, les pins affichées par halcmd sont *loop.0.example* et non *hal-loop.0.example*.

10.14.5 arraydemo

Ce composant temps réel illustre l'utilisation d'un tableau de taille fixe:

```
component arraydemo "Registre à décalage 4-bits";
```

10.14.6 rand

Ce composant de l'espace utilisateur modifie la valeur de ses pins de sortie vers une nouvelle valeur aléatoire dans l'étendue (0,1) à chaque 1ms.

```
component rand;
option userspace;

pin out float out;
license "GPL";
;;
#include <unistd.h>

void user_mainloop(void) {
    while(1) {
        usleep(1000);
        FOR_ALL_INSTS() out = drand48();
    }
}
```

10.14.6.1 logic

Ce composant temps réel montre l'utilisation de la personnalité pour créer un tableau de taille variable et des pins optionnelles.

```
component logic "LinuxCNC HAL component providing experimental logic functions";
pin in bit in-##[16 : personality & 0xff];
pin out bit and if personality & 0x100;
pin out bit or if personality & 0x200;
pin out bit xor if personality & 0x400;
function _ nofp;
description """
Experimental general logic function component.  Can perform and, or
and xor of up to 16 inputs.  Determine the proper value for personality
by adding:
.IP \\(bu 4
The number of input pins, usually from 2 to 16
```

```
.IP \\(bu
256 (0x100)  if the and output is desired
.IP \\(bu
512 (0x200)  if the or output is desired
.IP \\(bu
1024 (0x400)  if the xor (exclusive or) output is desired""";
license "GPL";
;;
FUNCTION(_) {
    int i, a=1, o=0, x=0;
    for(i=0; i < (personality & 0xff); i++) {
        if(in(i)) { o = 1; x = !x; }
        else { a = 0; }
    }
    if(personality & 0x100) and = a;
    if(personality & 0x200) or = o;
    if(personality & 0x400) xor = x;
}
```

Une ligne de chargement typique pourrait être:

```
    loadrt logic count=3 personality=0x102,0x305,0x503
```

qui créerait les pins suivantes:
- Une porte AND à 2 entrées: logic.0.and, logic.0.in-00, logic.0.in-01
- des portes AND et OR à 5 entrées: logic.1.and, logic.1.or, logic.1.in-00, logic.1.in-01, logic.1.in-02, logic.1.in-03, logic.1.in-04,
- des portes AND et XOR à 3 entrées: logic.2.and, logic.2.xor, logic.2.in-00, logic.2.in-01, logic.2.in-02

Chapitre 11

Créer des composants de l'espace utilisateur

11.1 Utilisation de base en Python

Un composant de l'espace utilisateur commence par créer ses pins et ses paramètres, puis il entre dans une boucle dans laquelle il va positionner périodiquement toutes ses sorties en fonction de ses entrées. Le composant suivant, un passe-tout, copie la valeur vue sur ses pins d'entrée (*passe_tout.in*) vers ses pins de sortie (*passe_tout.out*) approximativement une fois par seconde.

```
#!/usr/bin/python
import hal, time
h = hal.component("passe_tout")
h.newpin("in", hal.HAL_FLOAT, hal.HAL_IN)
h.newpin("out", hal.HAL_FLOAT, hal.HAL_OUT)
h.ready()
try:
    while 1:
        time.sleep(1)
        h['out'] = h['in']
except KeyboardInterrupt:
    raise SystemExit
```

Copier le listing précédent dans un fichier nommé *passe_tout*, le rendre exécutable par un *chmod +x* et le placer dans son *$PATH*. On peut alors l'essayer en faisant:

```
halrun
halcmd: loadusr passe_tout
halcmd: show pin

Component Pins:
Owner Type  Dir     Value  Name
 03   float IN          0  passe_tout.in
 03   float OUT         0  passe_tout.out

halcmd: setp passe_tout.in 3.14
halcmd: show pin

Component Pins:
Owner Type  Dir     Value  Name
 03   float IN       3.14  passe_tout.in
 03   float OUT      3.14  passe_tout.out
```

11.2 Composants de l'espace utilisateur et délais

Si vous tapez rapidement *show pin*, vous pourrez voir que *passe_tout.out* conserve un moment son ancienne valeur de 0. Ceci est dû à l'appel de la fonction *time.sleep(1)*, qui fait que les pins de sortie changent d'état, au plus, une fois par seconde. Parceque ce composant appartient à l'espace utilisateur, ce délai peut apparaître plus long, par exemple si la mémoire utilisée par le composant pass_tout est échangée avec le disque dur, le délai peut être allongé jusqu'au rafraîchissement de la mémoire.

Ces composants de l'espace utilisateur conviennent parfaitement pour des éléments tels que des panneaux de contrôle pour lesquels des délais de l'ordre de quelques millisecondes sont imperceptibles. Ils ne conviennent pas, en revanche, pour envoyer des impulsions de pas vers une carte de pilotage de périphériques pour lesquelles les délais doivent rester de l'ordre de quelques microsecondes, dans tous les cas.

11.3 Créer les pins et les paramètres

```
h = hal.component("passe_tout")
```

Le composant lui-même est créé par l'appel du constructeur *hal.component*. Les arguments sont le nom du composant HAL et optionnellement, le préfixe utilisé pour les noms de pin et de paramètre. Si le préfixe n'est pas spécifié, le nom du composant est utilisé.

```
h.newpin("in", hal.HAL_FLOAT, hal.HAL_IN)
```

Puis les pins sont créées par appels des méthodes sur l'objet composant. Les arguments sont: pin nom suffixe, type de pin et direction de la pin. Pour les paramètres, les arguments sont: paramètre nom suffixe, type de paramètre et direction du paramètre.

TABLE 11.1: Noms des options de HAL

Types de Pin et Paramètre:	**HAL_BIT**	**HAL_FLOAT**	**HAL_S32**	**HAL_U32**
Directions des pins:	HAL_IN	HAL_OUT	HAL_IO	
Directions des paramètres:	HAL_RO	HAL_RW		

Le nom complet d'une pin ou d'un paramètre est formé en joignant le préfixe avec le suffixe par un **.**, comme dans l'exemple où la pin créée est appelée *passe_tout.in*.

```
h.ready()
```

Une fois toutes les pins et les paramètres créés, la méthode *.ready()* est appelée.

11.3.1 Changer le préfixe

Le préfixe peut être changé en appelant la méthode *.setprefix()*. Le préfixe courant peut être retrouvé en appelant la méthode *.getprefix()*.

11.4 Lire et écrire les pins et les paramètres

Pour les pins et les paramètres qui sont aussi des identifiants Python, la valeur est accessible ou ajustable en utilisant la syntaxe des attributs suivante:

```
h.out = h.in
```

Pour les pins et les paramètres qui sont aussi des identifiants Python, la valeur est accessible ou ajustable en utilisant la syntaxe de sous-script suivante:

`h[out] = h[in]`

11.4.1 Pilotage des pins de sortie (HAL_OUT)

Périodiquement, habituellement dans le temps de réponse de l'horloge, toutes les pins HAL_OUT doivent être *pilotées* en leur assignant une nouvelle valeur. Ceci doit être fait que la valeur soit différente ou non de la valeur précédemment assignée. Quand la pin est connectée au signal, l'ancienne valeur de sortie n'est pas copiée vers le signal, la valeur correcte n'apparaîtra donc sur le signal qu'une fois que le composant lui aura assigné une nouvelle valeur.

11.4.2 Pilotage des pins bidirectionnelles (HAL_IO)

La règle mentionnée ci-dessus ne s'applique pas aux pins bidirectionnelles. Au lieux de cela, une pin bidirectionnelle doit seulement être pilotée par le composant et quand le composant souhaite changer sa valeur. Par exemple, dans l'interface codeur, le composant codeur positionne seulement la pin *index-enable* à *FALSE* quand une impulsion d'index est vue et que l'ancienne valeur est *TRUE*, mais ne la positionne jamais à *TRUE*. Positionner de manière répétitive la pin à *FALSE* pourrait faire qu'un autre composant connecté agisse comme si une nouvelle impulsion d'index avait été vue.

11.5 Quitter

Une requête *halcmd unload* pour le composant est délivrée comme une exception *KeyboardInterrupt* . Quand une requête de déchargement arrive, le processus doit quitter dans un court laps de temps ou appeler la méthode *.exit()* sur le composant si un travail substantiel, comme la lecture ou l'écriture de fichiers, doit être fourni pour terminer le processus d'arrêt.

11.6 Idées de projets

- Créer un panneau de contrôle extérieur avec boutons poussoirs, interrupteurs et voyants. Connecter le tout à un microcontrôleur et raccorder le microcontrôleur à un PC en utilisant une liaison série. Python est vraiment capable d'interfacer une liaison série grâce à son module pyserial (Paquet *python-serial*, dans les dépôts universe d'Ubuntu)
- Relier un module d'affichage à LCD LCDProc et l'utiliser pour afficher les informations de votre choix (Paquet *lcdproc*, dans les dépôts universe d'Ubuntu)
- Créer un panneau de contrôle virtuel utilisant n'importe quelle librairie d'interface graphique supportée par Python (gtk, qt, wxwindows, etc)

Deuxième partie

Pilotes de périphériques

Chapitre 12

Port parallèle

12.1 Parport

Parport est un pilote pour le port parallèle traditionnel des PC. Le port dispose d'un total de 17 broches physiques. Le port parallèle originel a divisé ces broches en trois groupes: données, contrôles et états. Le groupe *données* consiste en 8 broches de sortie, le groupe *contrôles* consiste en 4 broches et le groupe *états* consiste en 5 broches d'entrée.

Au début des années 1990, le port parallèle bidirectionnel est arrivé, ce qui a permis à l'utilisateur d'ajuster le groupe des données comme étant des sorties ou comme étant des entrées. Le pilote de HAL supporte le port bidirectionnel et permet à l'utilisateur de configurer le groupe des données en entrées ou en sorties. Si il est configuré en sorties, un port fournit un total de 12 sorties et 5 entrées. Si il est configuré en entrées, il fournit 4 sorties et 13 entrées.

Dans certains ports parallèles, les broches du groupe contrôle sont des collecteurs ouverts, ils peuvent aussi être mis à l'état bas par une porte extérieure. Sur une carte avec les broches de contrôle en collecteurs ouverts, le mode *x* de HAL permet un usage plus flexible avec 8 sorties dédiées, 5 entrées dédiées et 4 broches en collecteurs ouverts. Dans d'autres ports parallèles, les broches du groupe contrôles sont en push-pull et ne peuvent pas être utilisées comme des entrées.

HAL et les collecteurs ouverts
HAL ne peut pas déterminer automatiquement si les broches en mode bidirectionnel *x* sont effectivement en collecteurs ouverts. Si elles n'y sont pas, elles ne peuvent pas être utilisées comme des entrées. Essayer de les passer à l'état BAS par une source extérieure peut détériorer le matériel.
Pour déterminer si un port a des broches de contrôle en *collecteur ouvert*, charger hal_parport en mode *x*, positionner les broches de contrôle à une valeur HAUTE. HAL doit lire des pins à l'état VRAI. Ensuite, insérer une résistance de 470Ω entre une des broches de contrôle et GND du port parallèle. Si la tension de cette broche de contrôle est maintenant proche de 0V et que HAL la lit comme une pin FAUSSE, alors vous avez un port OC. Si la tension résultante est loin de 0V ou que HAL ne la lit pas comme étant FAUSSE, votre port ne ne peut pas être utilisé en mode *x*.
Le matériel extérieur qui pilote les broches de contrôle devrait également utiliser des portes en collecteur ouvert (ex: 74LS05...).
Généralement, une pin de HAL -out devrait être VRAIE quand la pin physique est utilisée comme une entrée.
Sur certaines machines, les paramètres du BIOS peuvent affecter la possibilité d'utiliser le mode *x*. Le mode *SPP* est le mode qui fonctionne le plus fréquemment.

Aucune autre combinaison n'est supportée. Un port ne peut plus être modifié pour passer d'entrées en sorties une fois le pilote installé. La figure des diagrammes blocs affiche deux diagrammes, un montre le pilote quand le groupe de données est configuré en sorties et le second le montre configuré en entrées.

Le pilote *parport* peut contrôler au maximum 8 ports (définis par MAX_PORTS dans le fichier hal_parport.c). Les ports sont numérotés à partir de zéro.

12.1.1 Chargement de hal_parport

```
loadrt hal_parport cfg="<config-string>"
```

12.1.2 Utiliser l'index du port

Les adresses d'E/S inférieures à 16 sont traitées comme les index de port. C'est la manière la plus simple d'installer le pilote *parport* en coopération avec le pilote de Linux parport_pc si il est chargé.

```
loadrt hal_parport cfg="0"
```

Utilisera l'adresse que Linux a détecté pour parport0.

12.1.3 Utiliser l'adresse du port

La chaine config-string représente l'adresse hexadécimale du port, suivie optionnellement par une direction, le tout répété pour chaque port. Les directions sont *in*, *out*, ou *x*, elles déterminent la direction des broches physiques 2 à 9 et s'il y a lieu de créer des pins d'entrée de HAL pour les broches de contrôle physiques. Si la direction n'est pas précisée, le groupe données sera par défaut configuré en sorties. Par exemple:

```
loadrt hal_parport cfg="0x278 0x378 in 0x20A0 out"
```

Cet exemple installe les pilotes pour un port 0x0278, avec les broches 2 à 9 en sorties (par défaut, puisque ni *in*, ni *out* n'est spécifié), un port 0x0378, avec les broches 2 à 9 en entrées et un port 0x20A0, avec les broches 2 à 9 explicitement spécifiées en sorties. Notez que vous devez connaître l'adresse de base des ports parallèles pour configurer correctement les pilotes. Pour les ports sur bus ISA, ce n'est généralement pas un problème, étant donné que les ports sont presque toujours à une adresse *bien connue*, comme 0x278 ou 0x378 qui sont typiquement configurées dans le BIOS. Les adresses des cartes sur bus PCI sont habituellement trouvées avec *lspci -v* dans une ligne *I/O ports*, ou dans un message du noayau après l'exécution de *sudo modprobe -a parport_pc*. Il n'y a pas d'adresse par défaut, si <config-string> ne contient pas au moins une adresse, c'est une erreur.

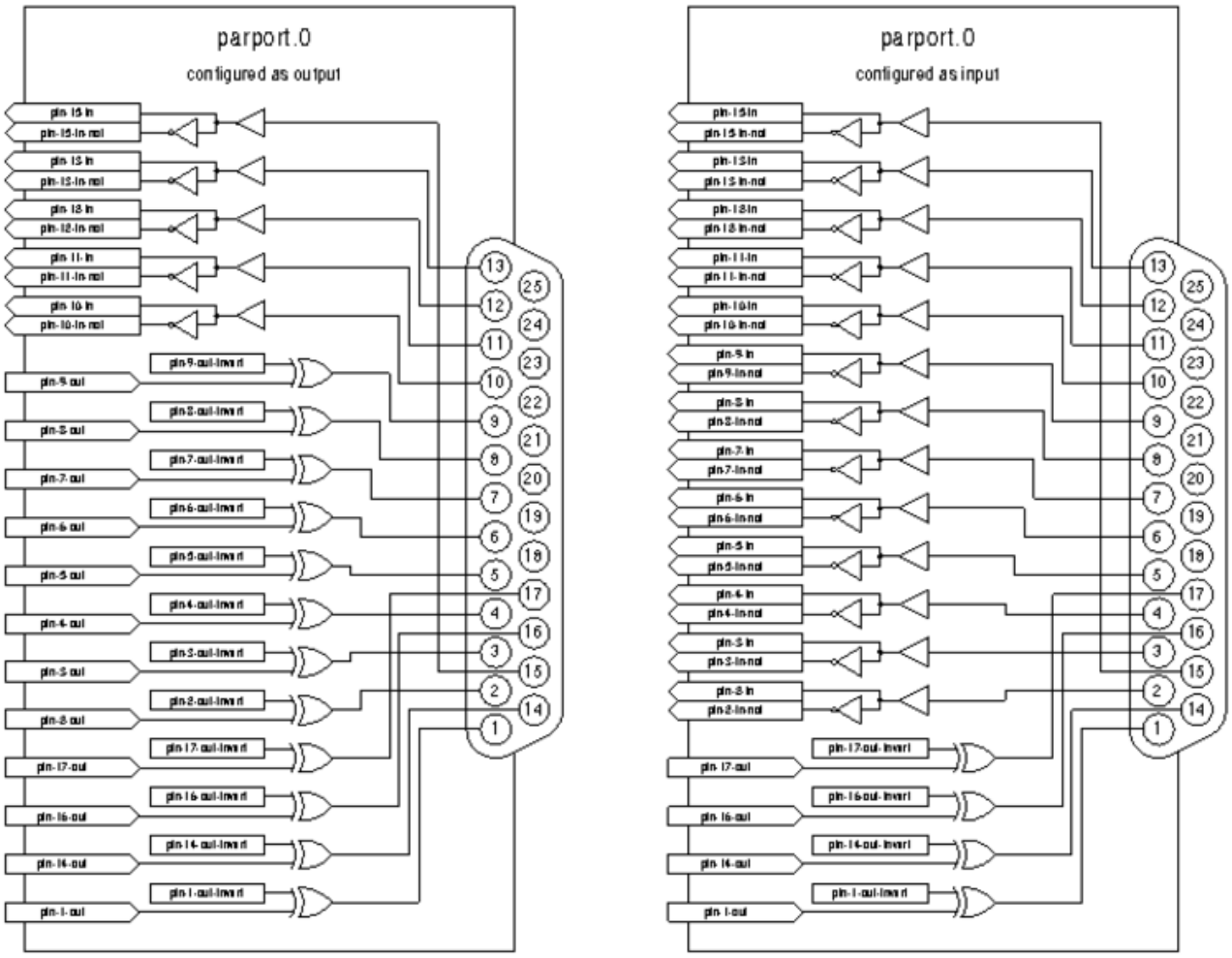


FIGURE 12.1 – Diagrammes blocs de parport

12.1.4 Pins

– *(bit) parport.<portnum>.pin-<pinnum>-out* — Pilote une broche de sortie physique. output pin.
– *(bit) parport.<portnum>.pin-<pinnum>-in* — Suit une broche d'entrée physique. pin.
– *(bit) parport.<portnum>.pin-<pinnum>-in-not* — Suit une pin d'entrée physique, mais inversée. Pour chaque pin, <*portnum*> est le numéro du port et <*pinnum*> est le numéro de la broche physique du connecteur DB-25.

Pour chaque broche de sortie physique, le pilote crée une simple pin de HAL, par exemple parport.0.pin-14-out. Les pins 2 jusqu'à 9 font partie du groupe *données*, elles sont des pins de sortie si le port est défini comme un port de sortie (par défaut, port de sortie). Les broches 1, 14, 16 et 17 sont des sorties dans tous les modes. Ces pins de HAL contrôlent l'état des pins physiques correspondantes.

Pour chaque pin d'entrée physique, le pilote crée deux pins de HAL, par exemple: parport.0.pin-12-in et parport.0.pin-12-in-not. Les pins 10, 11, 12, 13 et 15 sont toujours des sorties. Les pins 2 jusqu'à 9 sont des pins d'entrée seulement si le port est défini comme un port d'entrée. Une pin de HAL -in est VRAIE si la pin physique est haute et FAUSSE si la pin physique est basse. Une pin de HAL -in-not est inversée, elle est FAUSSE si la pin physique est haute. En connectant un signal à l'une ou à l'autre, l'utilisateur peut décider de la logique de l'entrée. En mode *x*, les pins 1, 14, 16 et 17 sont également des pins d'entrée.

12.1.5 Paramètres

– *(bit) parport.<portnum>.pin-<pinnum>-out-invert* — Inverse une pin de sortie.
– *(bit) parport.<portnum>.pin-<pinnum>-out-reset* — (seulement pour les pins 2..9) VRAIE si cette pin doit être réinitialisée quand la fonction de réinitialisation est exécutée.
– *(U32) parport.<portnum>.reset-time* — Le temps (en nanosecondes) entre le moment ou la broche est écrite et le moment ou elle est réinitialisée par les fonctions de réinitialisation de HAL.

Le paramètre *-invert* détermine si une pin de sortie est active haute ou active basse. Si *-invert* est FAUX, mettre la pin HAL -out VRAIE, placera la pin physique à l'état haut et mettre la pin HAL FAUSSE, placera la pin physique à l'état bas. Si *-invert* est VRAI, mettre la pin HAL -out VRAIE, va mettre la pin physique à l'état bas. Si *-reset* est VRAI, la fonction de réinitialisation va passer la pin à la valeur de *-out-invert*. Ceci peut être utilisé en conjonction avec *stepgen doublefreq* pour produire un pas par période.

12.1.6 Fonctions

– *(funct) parport.<portnum>.read*-- Lit les pins physiques du port <portnum> et met à jour les pins de HAL -in et -in-not.
– *(funct) parport.read-all* — Lit les pins physiques de tous les ports et met à jour les pins de HAL -in et -in-not.
– *(funct) parport.<portnum>.write* — Lit les pins de HAL -out du port <portnum> et met à jour les pins de sortie physiques correspondantes.
– *(funct) parport.write-all* — Lit les pins de HAL -out de tous les ports et met à jour toutes les pins de sortie physiques.
– *(funct) parport.<portnum>.reset* — Attends que le délai de mise à jour *reset-time* soit écoulé depuis la dernière écriture associée *write* puis remet à jour les pins aux valeurs indiquées par *-out-invert* et les paramètres de *-out-invert*. La réinitialisation doit être plus tard dans le même thread que l'écriture.

Les différentes fonctions individuelles sont prévues pour les situations où un port doit être mis à jour dans un thread très rapide, mais d'autres ports peuvent être mis à jour dans un thread plus lent pour gagner du temps CPU. Ce n'est probablement pas une bonne idée d'utiliser en même temps, les fonctions -all et une fonction individuelle.

12.1.7 Problème courant

Si, au chargement du module un message du genre suivant apparait:

```
insmod: error inserting '/home/jepler/linuxcnc/rtlib/hal_parport.ko':
-1 Device or resource busy
```

s'assurer que le module du kernel standard, parport_pc, n'est pas chargé et qu'aucun périphérique dans le système ne revendique les ports concernés. [1]

Si le module est chargé mais ne semble pas fonctionner, l'adresse du port est incorrecte ou le module *probe_parport* est revendiqué par un autre périphérique.

12.1.8 Utiliser DoubleStep

Pour activer DoubleStep sur un port parallèle, il faut ajouter la fonction *parport.n.reset* après *parport.n.write* et configurer *steps-pace* à *0* ainsi que le *reset-time* souhaité. Alors ce pas pourra être positionné à chaque période dans HAL, puis voir son état basculé par *parport* après été positionné pendant le temps spécifié par parport.n.reset-time.

Par exemple:

```
loadrt hal_parport cfg="0x378 out"
setp parport.0.reset-time 5000
loadrt stepgen step_type=0,0,0
addf parport.0.read base-thread
addf stepgen.make-pulses base-thread
```

1. Dans le paquetage LinuxCNC pour Ubuntu, le fichier /etc/modprobe.d/linuxcnc empêche normalement que *parport_pc* soit chargé automatiquement.

```
addf parport.0.write base-thread
addf parport.0.reset base-thread
addf stepgen.capture-position servo-thread
...
setp stepgen.0.steplen 1
setp stepgen.0.stepspace 0
```

12.2 probe_parport

Dans les PC actuels, les ports parallèles peuvent requérir une configuration plug and play (PNP) avant qu'ils ne puissent être utilisés. Le module de noyau *probe_parport* effectue la configuration de tous les port PNP présents. Il doit être chargé avant *hal_parport*. Sur les machines sans port PNP, il peut être chargé mais restera sans effet.

12.2.1 Installer probe_parport

```
loadrt probe_parport
loadrt hal_parport ...
```

Si le kernel Linux affiche un message similaire à:

```
parport: PnPBIOS parport detected.
```

Quand le module parport_pc est chargé, avec la commande: *sudo modprobe -a parport_pc; sudo rmmod parport_pc*, l'utilisation de ce module sera probablement nécessaire.

Chapitre 13

AX5214H

The Axiom Measurement & Control AX5214H is a 48 channel digital I/O board. It plugs into an ISA bus, and resembles a pair of 8255 chips. In fact it may be a pair of 8255 chips, but I'm not sure. If/when someone starts a driver for an 8255 they should look at the ax5214 code, much of the work is already done.

13.1 Installing

```
loadrt hal_ax5214h cfg="<config-string>"
```

The config string consists of a hex port address, followed by an 8 character string of "I" and "O" which sets groups of pins as inputs and outputs. The first two character set the direction of the first two 8 bit blocks of pins (0-7 and 8-15). The next two set blocks of 4 pins (16-19 and 20-23). The pattern then repeats, two more blocks of 8 bits (24-31 and 32-39) and two blocks of 4 bits (40-43 and 44-47). If more than one board is installed, the data for the second board follows the first. As an example, the string "`0x220 IIIOIIOO 0x300 OIOOIOIO`" installs drivers for two boards. The first board is at address 0x220, and has 36 inputs (0-19 and 24-39) and 12 outputs (20-23 and 40-47). The second board is at address 0x300, and has 20 inputs (8-15, 24-31, and 40-43) and 28 outputs (0-7. 16-23, 32-39, and 44-47). Up to 8 boards may be used in one system.

13.2 Pins

- (bit) ax5214.<boardnum>.out-<pinnum> — Drives a physical output pin.
- (bit) ax5214.<boardnum>.in-<pinnum> — Tracks a physical input pin.
- (bit) ax5214.<boardnum>.in-<pinnum>-not — Tracks a physical input pin, inverted.

For each pin, <boardnum> is the board number (starts at zero), and <pinnum> is the I/O channel number (0 to 47).

Note that the driver assumes active LOW signals. This is so that modules such as OPTO-22 will work correctly (TRUE means output ON, or input energized). If the signals are being used directly without buffering or isolation the inversion needs to be accounted for. The in- HAL pin is TRUE if the physical pin is low (OPTO-22 module energized), and FALSE if the physical pin is high (OPTO-22 module off). The in-<pinnum>-not HAL pin is inverted — it is FALSE if the physical pin is low (OPTO-22 module energized). By connecting a signal to one or the other, the user can determine the state of the input.

13.3 Parameters

- (bit) ax5214.<boardnum>.out-<pinnum>-invert — Inverts an output pin.

The -invert parameter determines whether an output pin is active high or active low. If -invert is FALSE, setting the HAL out-pin TRUE drives the physical pin low, turning ON an attached OPTO-22 module, and FALSE drives it high, turning OFF the OPTO-22 module. If -invert is TRUE, then setting the HAL out- pin TRUE will drive the physical pin high and turn the module OFF.

13.4 Functions

- (funct) ax5214.<boardnum>.read — Reads all digital inputs on one board.
- (funct) ax5214.<boardnum>.write — Writes all digital outputs on one board.

Chapitre 14

Variateur de fréquence GS2

Composant de HAL pour la série de variateurs de fréquence GS2 fournie par la société Automation Direct. [1]

14.1 Chargement du composant

– Ce composant est chargé en utilisant la commande suivante:

```
loadusr -Wn spindle-vfd gs2_vfd -n spindle-vfd
```

La commande de HAL *loadusr* est détaillée au chapitre: loadusr.

14.2 Options spécifiques au chargement

Les options spécifiques au chargement du composant gs2_vfd:
– *-b* ou *--bits* <*n*> (défaut 8) Fixe le nombre de bits de donnée à <*n*>, dans lequel <*n*> doit être compris entre 5 et 8 inclus.
– *-d* ou *--device* <*path*> (défaut /dev/ttyS0) Fixe le nom de la liaison série à utiliser.
– *-g* ou *--debug* Active les messages de débogage. Le drapeau du mode verbeux pourra être activé. Le débogage affichera tous les messages modbus en hexadécimal sur terminal.
– *-n* ou *--name* <*string*> (défaut gs2_vfd) Fixe le nom du composant de HAL à <*string*>, les noms de toutes ses pins et paramètres commenceront également par <*string*>.
– *-p* ou *--parity {even, odd, none}* (défaut odd) Fixe la parité de la liaison série à parité paire, parité impaire ou sans parité.
– *-r* ou *--rate* <*n*> (défaut 38400) Fixe le débit de la liaisons à <*n*>. C'est une erreur si le débit n'est pas une des valeurs suivantes: 110, 300, 600, 1200, 2400, 4800, 9600, 19200, 38400, 57600, 115200.
– *-s* ou *--stopbits {1,2}* (défaut 1) Fixe le nombre de bits de stop de la liaison série à 1 ou 2.
– *-t* ou *--target* <*n*> (défaut 1) Fixe le nombre de cibles MODBUS (esclaves). Doit correspondre au nombre de périphériques réglé dans le GS2.
– *-v* ou *--verbose* Active les messages de débogage. Noter qu'en cas d'erreurs série, cela ne fera pas beaucoup de différence ce qui peut être gênant.

14.3 Consignes de dialogue avec le variateur

Les valeurs <*name*> sont les noms donnés par l'option *-n* durant la phase de chargement du composant.
– <*name*>.*DC-bus-volts* (float, out) La tension du bus DC sur le variateur.
– <*name*>.*at-speed* (bit, out) Quand la consigne vitesse est atteinte.
– <*name*>.*err-reset* (bit, in) Envoi d'un *reset errors* au variateur.

1. En Europe on trouve l'équivalent sous la marque Omron.

- <*name*>.*firmware-revision* (s32, out) envoyé par le variateur.
- <*name*>.*frequency-command* (float, out) envoyé par le variateur.
- <*name*>.*frequency-out* (float, out) envoyé par le variateur.
- <*name*>.*is-stopped* (bit, out) when the VFD reports 0 Hz output.
- <*name*>.*load-percentage* (float, out) envoyé par le variateur.
- <*name*>.*motor-RPM* (float, out) envoyé par le variateur.
- <*name*>.*output-current* (float, out) envoyé par le variateur.
- <*name*>.*output-voltage* (float, out) envoyé par le variateur.
- <*name*>.*power-factor* (float, out) envoyé par le variateur.
- <*name*>.*scale-frequency* (float, out) envoyé par le variateur.
- <*name*>.*speed-command* (float, in) Consigne vitesse envoyée. au variateur en $tr.mn^{-1}$. C'est une erreur d'envoyer une consigne de vitesse supérieure à la valeur maximum réglée dans le variateur.
- <*name*>.*spindle-fwd* (bit, in) Sens de rotation envoyé au variateur, 1 pour le sens horaire et 0 pour le sens anti-horaire.
- <*name*>.*spindle-rev* (bit, in) 1 pour marche en sens anti-horaire et 0 pour ARRÊT.
- <*name*>.*spindle-on* (bit, in) 1 pour MARCHE et 0 pour ARRÊT du variateur.
- <*name*>.*status-1* (s32, out) Drive Status du VFD (voir le manuel du GS2).
- <*name*>.*status-2* (s32, out) Drive Status du VFD (voir le manuel du GS2). Note: la valeur est la somme de tous les bits à 1. Ainsi, 163 signifie que le pilote est dans le mode de marche qui est la somme de:
  - 3 (marche)
  - + 32 (fréquence fixée par liaison série)
  - +128 (opération fixée par liaison série).

14.4 Paramètres de réglage du variateur

Les valeurs <*name*> sont les noms donnés par l'option *-n* durant la phase de chargement du composant.
- <*name*>.*error-count* (s32, RW)
- <*name*>.*loop-time* (float, RW) Nombre d'interrogation d modbus (défaut 0.1).
- <*name*>.*nameplate-HZ* (float, RW) Vitesse plaquée du moteur en Hz (défaut 50).
- <*name*>.*nameplate-RPM* (float, RW) Vitesse plaquée du moteur en $tr.mn^{-1}$ (défaut 1500).
- <*name*>.*retval* (s32, RW) la valeur de retour d'une erreur dans HAL.
- <*name*>.*tolerance* (s32, RW) Tolérance en vitesse (défaut 0.01).

Un exemple d'utilisation d'un variateur de fréquence pour piloter une broche est donné dans le manuel de l'intégrateur au chapitre Exemples: utiliser un GS2.

Chapitre 15

Mesa HostMot2

15.1 Introduction

HostMot2 is an FPGA configuration developed by Mesa Electronics for their line of "Anything I/O" motion control cards. The firmware is open source, portable and flexible. It can be configured (at compile-time) with zero or more instances (an object created at runtime) of each of several Modules: encoders (quadrature counters), PWM generators, and step/dir generators. The firmware can be configured (at run-time) to connect each of these instances to pins on the I/O headers. I/O pins not driven by a Module instance revert to general-purpose bi-directional digital I/O.

15.2 Firmware Binaries

Several pre-compiled HostMot2 firmware binaries are available for the different Anything I/O boards. (This list is incomplete, check the hostmot2-firmware distribution for up-to-date firmware lists.)
- 3x20 (144 I/O pins): using hm2_pci module
  - 24-channel servo
  - 16-channel servo plus 24 step/dir generators
- 5i22 (96 I/O pins): using hm2_pci module
  - 16-channel servo
  - 8-channel servo plus 24 step/dir generators
- 5i20, 5i23, 4i65, 4i68 (72 I/O pins): using hm2_pci module
  - 12-channel servo
  - 8-channel servo plus 4 step/dir generators
  - 4-channel servo plus 8 step/dir generators
- 7i43 (48 I/O pins): using hm2_7i43 module
  - 8-channel servo (8 PWM generators & 8 encoders)
  - 4-channel servo plus 4 step/dir generators

15.3 Installing Firmware

Depending on how you installed LinuxCNC you may have to open the Synaptic Package Manager from the System menu and install the package for your Mesa card. The quickest way to find them is to do a search for "hostmot2" in the Synaptic Package Manager. Mark the firmware for installation, then apply.

15.4 Loading HostMot2

The LinuxCNC support for the HostMot2 firmware is split into a generic driver called "hostmot2" and two low-level I/O drivers for the Anything I/O boards. The low-level I/O drivers are "hm2_7i43" and "hm2_pci" (for all the PCI- and PC-104/Plus-based

Anything I/O boards). The hostmot2 driver must be loaded first, using a HAL command like this:

```
loadrt hostmot2
```

See the hostmot2(9) man page for details.

The hostmot2 driver by itself does nothing, it needs access to actual boards running the HostMot2 firmware. The low-level I/O drivers provide this access. The low-level I/O drivers are loaded with commands like this:

```
 loadrt hm2_pci config="firmware=hm2/5i20/SVST8_4.BIT num_encoders=3
num_pwmgens=3 num_stepgens=1"
```

The config parameters are described in the hostmot2 man page.

15.5 Watchdog

The HostMot2 firmware may include a watchdog Module; if it does, the hostmot2 driver will use it.

The watchdog must be petted by LinuxCNC periodically or it will bite.

When the watchdog bites, all the board's I/O pins are disconnected from their Module instances and become high-impedance inputs (pulled high), and all communication with the board stops. The state of the HostMot2 firmware modules is not disturbed (except for the configuration of the I/O Pins). Encoder instances keep counting quadrature pulses, and pwm- and step-generators keep generating signals (which are not relayed to the motors, because the I/O Pins have become inputs).

Resetting the watchdog resumes communication and resets the I/O pins to the configuration chosen at load-time.

If the firmware includes a watchdog, the following HAL objects will be exported:

15.5.1 Pins:

has_bit
(bit i/o) True if the watchdog has bit, False if the watchdog has not bit. If the watchdog has bit and the has_bit bit is True, the user can reset it to False to resume operation.

15.5.2 Parameters:

timeout_ns
(u32 read/write) Watchdog timeout, in nanoseconds. This is initialized to 1,000,000,000 (1 second) at module load time. If more than this amount of time passes between calls to the pet_watchdog() function, the watchdog will bite.

15.5.3 Functions:

pet_watchdog()
Calling this function resets the watchdog timer and postpones the watchdog biting until timeout_ns nanoseconds later. This function should be added to the servo thread.

15.6 HostMot2 Functions

hm2_<BoardType>.<BoardNum>.read
Read all inputs, update input HAL pins.

hm2_<BoardType>.<BoardNum>.write
Write all outputs.

hm2_<BoardType>.<BoardNum>.pet-watchdog
Pet the watchdog to keep it from biting us for a while.

hm2_<BoardType>.<BoardNum>.read_gpio
Read the GPIO input pins only. (This function is not available on the 7i43 due to limitations of the EPP bus.)

hm2_<BoardType>.<BoardNum>.write_gpio
Write the GPIO control registers and output pins only. (This function is not available on the 7i43 due to limitations of the EPP bus.)

Note
The above **read_gpio** and **write_gpio** functions should not normally be needed, since the GPIO bits are read and written along with everything else in the standard **read** and **write** functions above, which are normally run in the servo thread.
The **read_gpio** and **write_gpio** functions were provided in case some very fast (frequently updated) I/O is needed. These functions should be run in the base thread. If you have need for this, please send an email and tell us about it, and what your application is.

15.7 Pinouts

The hostmot2 driver does not have a particular pinout. The pinout comes from the firmware that the hostmot2 driver sends to the Anything I/O board. Each firmware has different pinout, and the pinout depends on how many of the available encoders, pwmgens, and stepgens are used. To get a pinout list for your configuration after loading LinuxCNC in the terminal window type:

```
dmesg > hm2.txt
```

The resulting text file will contain lots of information as well as the pinout for the HostMot2 and any error and warning messages.

To reduce the clutter by clearing the message buffer before loading LinuxCNC type the following in the terminal window:

```
sudo dmesg -c
```

Now when you run LinuxCNC and then do a "dmesg > hm2.txt" in the terminal only the info from the time you loaded LinuxCNC will be in your file along with your pinout. The file will be in the current directory of the terminal window. Each line will contain the card name, the card number, the I/O Pin number, the connector and pin, and the usage. From this printout you will know the physical connections to your card based on your configuration.

An example of a 5i20 configuration:

```
[HOSTMOT2]
DRIVER=hm2_pci
BOARD=5i20
CONFIG="firmware=hm2/5i20/SVST8_4.BIT num_encoders=1 num_pwmgens=1 num_stepgens=3"
```

The above configuration produced this printout.

```
[ 1141.053386] hm2/hm2_5i20.0: 72 I/O Pins used:
[ 1141.053394] hm2/hm2_5i20.0: IO Pin 000 (P2-01): IOPort
[ 1141.053397] hm2/hm2_5i20.0: IO Pin 001 (P2-03): IOPort
[ 1141.053401] hm2/hm2_5i20.0: IO Pin 002 (P2-05): Encoder #0, pin B (Input)
[ 1141.053405] hm2/hm2_5i20.0: IO Pin 003 (P2-07): Encoder #0, pin A (Input)
[ 1141.053408] hm2/hm2_5i20.0: IO Pin 004 (P2-09): IOPort
[ 1141.053411] hm2/hm2_5i20.0: IO Pin 005 (P2-11): Encoder #0, pin Index (Input)
[ 1141.053415] hm2/hm2_5i20.0: IO Pin 006 (P2-13): IOPort
```

```
[ 1141.053418] hm2/hm2_5i20.0: IO Pin 007 (P2-15): PWMGen #0, pin Out0
(PWM or Up) (Output)
[ 1141.053422] hm2/hm2_5i20.0: IO Pin 008 (P2-17): IOPort
[ 1141.053425] hm2/hm2_5i20.0: IO Pin 009 (P2-19): PWMGen #0, pin Out1
(Dir or Down) (Output)
[ 1141.053429] hm2/hm2_5i20.0: IO Pin 010 (P2-21): IOPort
[ 1141.053432] hm2/hm2_5i20.0: IO Pin 011 (P2-23): PWMGen #0, pin
Not-Enable (Output)
<snip>...
[ 1141.053589] hm2/hm2_5i20.0: IO Pin 060 (P4-25): StepGen #2, pin Step (Output)
[ 1141.053593] hm2/hm2_5i20.0: IO Pin 061 (P4-27): StepGen #2, pin Direction (Output)
[ 1141.053597] hm2/hm2_5i20.0: IO Pin 062 (P4-29): StepGen #2, pin (unused) (Output)
[ 1141.053601] hm2/hm2_5i20.0: IO Pin 063 (P4-31): StepGen #2, pin (unused) (Output)
[ 1141.053605] hm2/hm2_5i20.0: IO Pin 064 (P4-33): StepGen #2, pin (unused) (Output)
[ 1141.053609] hm2/hm2_5i20.0: IO Pin 065 (P4-35): StepGen #2, pin (unused) (Output)
[ 1141.053613] hm2/hm2_5i20.0: IO Pin 066 (P4-37): IOPort
[ 1141.053616] hm2/hm2_5i20.0: IO Pin 067 (P4-39): IOPort
[ 1141.053619] hm2/hm2_5i20.0: IO Pin 068 (P4-41): IOPort
[ 1141.053621] hm2/hm2_5i20.0: IO Pin 069 (P4-43): IOPort
[ 1141.053624] hm2/hm2_5i20.0: IO Pin 070 (P4-45): IOPort
[ 1141.053627] hm2/hm2_5i20.0: IO Pin 071 (P4-47): IOPort
[ 1141.053811] hm2/hm2_5i20.0: registered
[ 1141.053815] hm2_5i20.0: initialized AnyIO board at 0000:02:02.0
```

Note that the I/O Pin nnn will correspond to the pin number shown on the HAL Configuration screen for GPIOs. Some of the Stepgen, Encoder and PWMGen will also show up as GPIOs in the HAL Configuration screen.

15.8 PIN Files

The default pinout is described in a .PIN file (human-readable text). When you install a firmware package .deb, the .PIN files are installed in

```
/usr/share/doc/hostmot2-firmware-<board>/
```

15.9 Firmware

The selected firmware (.BIT file) and configuration is uploaded from the PC motherboard to the Mesa mothercard on LinuxCNC startup. If you are using Run In Place, you must still install a hostmot2-firmware-<board> package. There is more information about firmware and configuration in the "Configurations" section.

15.10 HAL Pins

The HAL pins for each configuration can be seen by opening up "Show HAL Configuration" from the Machine menu. All the HAL pins and parameters can be found there. The following figure is of the 5i20 configuration used above.

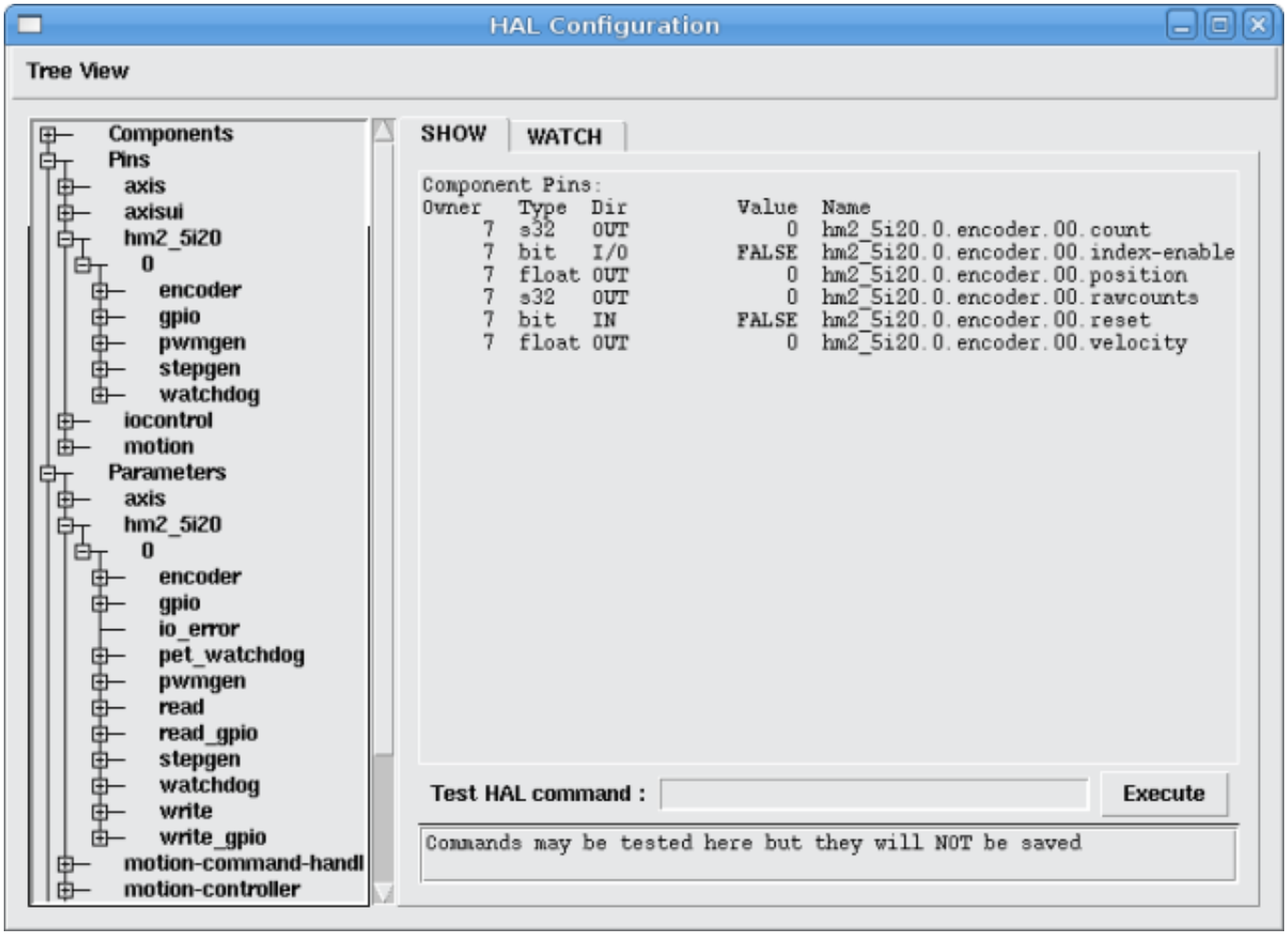


FIGURE 15.1 – 5i20 HAL Pins

15.11 Configurations

The Hostmot2 firmware is available in several versions, depending on what you are trying to accomplish. You can get a reminder of what a particular firmware is for by looking at the name. Let's look at a couple of examples.

In the 7i43 (two ports), SV8 ("Servo 8") would be for having 8 servos or fewer, using the "classic" 7i33 4-axis (per port) servo board. So 8 servos would use up all 48 signals in the two ports. But if you only needed 3 servos, you could say `num_encoders=3` and `num_pwmgens=3` and recover 5 servos at 6 signals each, thus gaining 30 bits of GPIO.

Or, in the 5i22 (four ports), SVST8_24 ("Servo 8, Stepper 24") would be for having 8 servos or fewer (7i33 x2 again), and 24 steppers or fewer (7i47 x2). This would use up all four ports. If you only needed 4 servos you could say `num_encoders=4` and `num_pwmgens=4` and recover 1 port (and save a 7i33). And if you only needed 12 steppers you could say `num_stepgens=12` and free up one port (and save a 7i47). So in this way we can save two ports (48 bits) for GPIO.

Here are tables of the firmwares available in the official packages. There may be additional firmwares available at the Mesanet.com website that have not yet made it into the LinuxCNC official firmware packages, so check there too.

3x20 (6-port various) Default Configurations (The 3x20 comes in 1M, 1.5M, and 2M gate versions. So far, all firmware is available in all gate sizes.)

Firmware	Encoder	PWMGen	StepGen	GPIO
SV24	24	24	0	0
SVST16_24	16	16	24	0

5i22 (4-port PCI) Default Configurations (The 5i22 comes in 1M and 1.5M gate versions. So far, all firmware is available in all gate sizes.)

Firmware	Encoder	PWM	StepGen	GPIO
SV16	16	16	0	0
SVST2_4_7I47	4	2	4	72
SVST8_8	8	8	8	0
SVST8_24	8	8	24	0

5i23 (3-port PCI) Default Configurations (The 5i23 has 400k gates.)

Firmware	Encoder	PWM	StepGen	GPIO
SV12	12	12	0	0
SVST2_8	2	2	8 (tbl5)	12
SVST2_4_7I47	4	2	4	48
SV12_2X7I48_72	12	12	0	24
SV12IM_2X7I48_72	12 (+IM)	12	0	12
SVST4_8	4	4	8 (tbl5)	0
SVST8_4	8	8	4 (tbl5)	0
SVST8_4IM2	8 (+IM)	8	4	8
SVST8_8IM2	8 (+IM)	8	8	0
SVTP6_7I39	6	0 (6 BLDC)	0	0

5i20 (3-port PCI) Default Configurations (The 5i20 has 200k gates.)

Firmware	Encoder	PWM	StepGen	GPIO
SV12	12	12	0	0
SVST2_8	2	2	8 (tbl5)	12
SVST2_4_7I47	4	2	4	48
SV12_2X7I48_72	12	12	0	24
SV12IM_2X7I48_72	12 (+IM)	12	0	12
SVST8_4	8	8	4 (tbl5)	0
SVST8_4IM2	8 (+IM)	8	4	8

4i68 (3-port PC/104) Default Configurations (The 4i68 has 400k gates.)

Firmware	Encoder	PWM	StepGen	GPIO
SV12	12	12	0	0
SVST2_4_7I47	4	2	4	48
SVST4_8	4	4	8	0
SVST8_4	8	8	4	0
SVST8_4IM2	8 (+IM)	8	4	8
SVST8_8IM2	8 (+IM)	8	8	0

.

.

4i65 (3-port PC/104) Default Configurations (The 4i65 has 200k gates.)

Firmware	Encoder	PWM	StepGen	GPIO
SV12	12	12	0	0
SVST8_4	8	8	4	0
SVST8_4IM2	8 (+IM)	8	4	8

7i43 (2-port parallel) 400k gate versions, Default Configurations

Firmware	Encoder	PWM	StepGen	GPIO
SV8	8	8	0	0
SVST4_4	4	4	4 (tbl5)	0
SVST4_6	4	4	6 (tbl3)	0
SVST4_12	4	4	12	0
SVST2_4_7I47	4	2	4	24

7i43 (2-port parallel) 200k gate versions, Default Configurations

Firmware	Encoder	PWM	StepGen	GPIO
SV8	8	8	0	0
SVST4_4	4	4	4 (tbl5)	0
SVST4_6	4	4	6 (tbl3)	0
SVST2_4_7I47	4	2	4	24

Even though several cards may have the same named .BIT file you cannot use a .BIT file that is not for that card. Different cards have different clock frequencies so make sure you load the proper .BIT file for your card. Custom hm2 firmwares can be created for special applications and you may see some custom hm2 firmwares in the directories with the default ones.

When you load the board-driver (hm2_pci or hm2_7i43), you can tell it to disable instances of the three primary modules (pwmgen, stepgen, and encoder) by setting the count lower. Any I/O pins belonging to disabled module instances become GPIOs.

15.12 GPIO

General Purpose I/O pins on the board which are not used by a module instance are exported to HAL as "full" GPIO pins. Full GPIO pins can be configured at run-time to be inputs, outputs, or open drains, and have a HAL interface that exposes this flexibility. I/O pins that are owned by an active module instance are constrained by the requirements of the owning module, and have a restricted HAL interface.

GPIOs have names like "hm2_<BoardType>.<BoardNum>.gpio.<IONum>." IONum. is a three-digit number. The mapping from IONum to connector and pin-on-that-connector is written to the syslog when the driver loads, and it's documented in Mesa's manual for the Anything I/O boards.

The hm2 GPIO representation is modeled after the Digital Inputs and Digital Outputs described in the Canonical Device Interface (part of the HAL General Reference document).

GPIO pins default to input.

15.12.1 Pins

in
: (Bit, Out) Normal state of the hardware input pin. Both full GPIO pins and I/O pins used as inputs by active module instances have this pin.

in_not
: (Bit, Out) Inverted state of the hardware input pin. Both full GPIO pins and I/O pins used as inputs by active module instances have this pin.

out
: (Bit, In) Value to be written (possibly inverted) to the hardware output pin. Only full GPIO pins have this pin.

15.12.2 Parameters

invert_output
(Bit, RW) This parameter only has an effect if the "is_output" parameter is true. If this parameter is true, the output value of the GPIO will be the inverse of the value on the "out" HAL pin. Only full GPIO pins and I/O pins used as outputs by active module instances have this parameter. To invert an active module pin you have to invert the GPIO pin not the module pin.

is_opendrain
(Bit, RW) This parameter only has an effect if the "is_output" parameter is true. If this parameter is false, the GPIO behaves as a normal output pin: the I/O pin on the connector is driven to the value specified by the "out" HAL pin (possibly inverted), and the value of the "in" and "in_not" HAL pins is undefined. If this parameter is true, the GPIO behaves as an open-drain pin. Writing 0 to the "out" HAL pin drives the I/O pin low, writing 1 to the "out" HAL pin puts the I/O pin in a high-impedance state. In this high-impedance state the I/O pin floats (weakly pulled high), and other devices can drive the value; the resulting value on the I/O pin is available on the "in" and "in_not" pins. Only full GPIO pins and I/O pins used as outputs by active module instances have this parameter.

is_output
(Bit, RW) If set to 0, the GPIO is an input. The I/O pin is put in a high-impedance state (weakly pulled high), to be driven by other devices. The logic value on the I/O pin is available in the "in" and "in_not" HAL pins. Writes to the "out" HAL pin have no effect. If this parameter is set to 1, the GPIO is an output; its behavior then depends on the "is_opendrain" parameter. Only full GPIO pins have this parameter.

15.13 StepGen

Stepgens have names like "hm2_<BoardType>.<BoardNum>.stepgen.<Instance>.". "Instance" is a two-digit number that corresponds to the HostMot2 stepgen instance number. There are "num_stepgens" instances, starting with 00.

Each stepgen allocates 2-6 I/O pins (selected at firmware compile time), but currently only uses two: Step and Direction outputs. [1]

The stepgen representation is modeled on the stepgen software component. Stepgen default is active high step output (high during step time low during step space). To invert a StepGen output pin you invert the corresponding GPIO pin that is being used by StepGen. To find the GPIO pin being used for the StepGen output run dmesg as shown above.

Each stepgen instance has the following pins and parameters:

15.13.1 Pins

control-type
(Bit, In) Switches between position control mode (0) and velocity control mode (1). Defaults to position control (0).

counts
(s32, Out) Feedback position in counts (number of steps).

enable
(Bit, In) Enables output steps. When false, no steps are generated.

position-cmd
(Float, In) Target position of stepper motion, in user-defined position units.

position-fb
(Float, Out) Feedback position in user-defined position units (counts / position_scale).

velocity-cmd
(Float, In) Target velocity of stepper motion, in user-defined position units per second. This pin is only used when the stepgen is in velocity control mode (control-type=1).

velocity-fb
(Float, Out) Feedback velocity in user-defined position units per second.

1. At present, the firmware supports multi-phase stepper outputs, but the driver doesn't. Interested volunteers are solicited.

15.13.2 Parameters

dirhold
(u32, RW) Minimum duration of stable Direction signal after a step ends, in nanoseconds.

dirsetup
(u32, RW) Minimum duration of stable Direction signal before a step begins, in nanoseconds.

maxaccel
(Float, RW) Maximum acceleration, in position units per second per second. If set to 0, the driver will not limit its acceleration.

maxvel
(Float, RW) Maximum speed, in position units per second. If set to 0, the driver will choose the maximum velocity based on the values of steplen and stepspace (at the time that maxvel was set to 0).

position-scale
(Float, RW) Converts from counts to position units. position = counts / position_scale

step_type
(u32, RW) Output format, like the step_type modparam to the software stegen(9) component. 0 = Step/Dir, 1 = Up/Down, 2 = Quadrature. In Quadrature mode (step_type=2), the stepgen outputs one complete Gray cycle (00 -> 01 -> 11 -> 10 -> 00) for each "step" it takes.

steplen
(u32, RW) Duration of the step signal, in nanoseconds.

stepspace
(u32, RW) Minimum interval between step signals, in nanoseconds.

15.13.3 Output Parameters

The Step and Direction pins of each StepGen have two additional parameters. To find which I/O pin belongs to which step and direction output run dmesg as described above.

invert_output
(Bit, RW) This parameter only has an effect if the "is_output" parameter is true. If this parameter is true, the output value of the GPIO will be the inverse of the value on the "out" HAL pin.

is_opendrain
(Bit, RW) If this parameter is false, the GPIO behaves as a normal output pin: the I/O pin on the connector is driven to the value specified by the "out" HAL pin (possibly inverted). If this parameter is true, the GPIO behaves as an open-drain pin. Writing 0 to the "out" HAL pin drives the I/O pin low, writing 1 to the "out" HAL pin puts the I/O pin in a high-impedance state. In this high-impedance state the I/O pin floats (weakly pulled high), and other devices can drive the value; the resulting value on the I/O pin is available on the "in" and "in_not" pins. Only full GPIO pins and I/O pins used as outputs by active module instances have this parameter.

15.14 PWMGen

PWMgens have names like "hm2_<BoardType>.<BoardNum>.pwmgen.<Instance>.". "Instance" is a two-digit number that corresponds to the HostMot2 pwmgen instance number. There are "num_pwmgens" instances, starting with 00.

In HM2, each pwmgen uses three output I/O pins: Not-Enable, Out0, and Out1. To invert a PWMGen output pin you invert the corresponding GPIO pin that is being used by PWMGen. To find the GPIO pin being used for the PWMGen output run dmesg as shown above.

The function of the Out0 and Out1 I/O pins varies with output-type parameter (see below).

The hm2 pwmgen representation is similar to the software pwmgen component. Each pwmgen instance has the following pins and parameters:

15.14.1 Pins

enable
(Bit, In) If true, the pwmgen will set its Not-Enable pin false and output its pulses. If "enable" is false, pwmgen will set its Not-Enable pin true and not output any signals.

value
(Float, In) The current pwmgen command value, in arbitrary units.

15.14.2 Parameters

output-type
(s32, RW) This emulates the output_type load-time argument to the software pwmgen component. This parameter may be changed at runtime, but most of the time you probably want to set it at startup and then leave it alone. Accepted values are 1 (PWM on Out0 and Direction on Out1), 2 (Up on Out0 and Down on Out1), 3 (PDM mode, PDM on Out0 and Dir on Out1), and 4 (Direction on Out0 and PWM on Out1, "for locked antiphase").

scale
(Float, RW) Scaling factor to convert "value" from arbitrary units to duty cycle: dc = value / scale. Duty cycle has an effective range of -1.0 to +1.0 inclusive, anything outside that range gets clipped.

pdm_frequency
(u32, RW) This specifies the PDM frequency, in Hz, of all the pwmgen instances running in PDM mode (mode 3). This is the "pulse slot frequency"; the frequency at which the pdm generator in the Anything I/O board chooses whether to emit a pulse or a space. Each pulse (and space) in the PDM pulse train has a duration of 1/pdm_frequency seconds. For example, setting the pdm_frequency to 2e6 (2 MHz) and the duty cycle to 50% results in a 1 MHz square wave, identical to a 1 MHz PWM signal with 50% duty cycle. The effective range of this parameter is from about 1525 Hz up to just under 100 MHz. Note that the max frequency is determined by the ClockHigh frequency of the Anything I/O board; the 5i20 and 7i43 both have a 100 MHz clock, resulting in a 100 Mhz max PDM frequency. Other boards may have different clocks, resulting in different max PDM frequencies. If the user attempts to set the frequency too high, it will be clipped to the max supported frequency of the board.

pwm_frequency
(u32, RW) This specifies the PWM frequency, in Hz, of all the pwmgen instances running in the PWM modes (modes 1 and 2). This is the frequency of the variable-duty-cycle wave. Its effective range is from 1 Hz up to 193 KHz. Note that the max frequency is determined by the ClockHigh frequency of the Anything I/O board; the 5i20 and 7i43 both have a 100 MHz clock, resulting in a 193 KHz max PWM frequency. Other boards may have different clocks, resulting in different max PWM frequencies. If the user attempts to set the frequency too high, it will be clipped to the max supported frequency of the board. Frequencies below about 5 Hz are not terribly accurate, but above 5 Hz they’re pretty close.

15.14.3 Output Parameters

The output pins of each PWMGen have two additional parameters. To find which I/O pin belongs to which output run dmesg as described above.

invert_output
(Bit, RW) This parameter only has an effect if the "is_output" parameter is true. If this parameter is true, the output value of the GPIO will be the inverse of the value on the "out" HAL pin.

is_opendrain
(Bit, RW) If this parameter is false, the GPIO behaves as a normal output pin: the I/O pin on the connector is driven to the value specified by the "out" HAL pin (possibly inverted). If this parameter is true, the GPIO behaves as an open-drain pin. Writing 0 to the "out" HAL pin drives the I/O pin low, writing 1 to the "out" HAL pin puts the I/O pin in a high-impedance state. In this high-impedance state the I/O pin floats (weakly pulled high), and other devices can drive the value; the resulting value on the I/O pin is available on the "in" and "in_not" pins. Only full GPIO pins and I/O pins used as outputs by active module instances have this parameter.

15.15 Encoder

Encoders have names like "hm2_<BoardType>.<BoardNum>.encoder.<Instance>.". "Instance" is a two-digit number that corresponds to the HostMot2 encoder instance number. There are "num_encoders" instances, starting with 00.

Each encoder uses three or four input I/O pins, depending on how the firmware was compiled. Three-pin encoders use A, B, and Index (sometimes also known as Z). Four-pin encoders use A, B, Index, and Index-mask.

The hm2 encoder representation is similar to the one described by the Canonical Device Interface (in the HAL General Reference document), and to the software encoder component. Each encoder instance has the following pins and parameters:

15.15.1 Pins

count
(s32, Out) Number of encoder counts since the previous reset.

index-enable
(Bit, I/O) When this pin is set to True, the count (and therefore also position) are reset to zero on the next Index (Phase-Z) pulse. At the same time, index-enable is reset to zero to indicate that the pulse has occurred.

position
(Float, Out) Encoder position in position units (count / scale).

rawcounts
(s32, Out) Total number of encoder counts since the start, not adjusted for index or reset.

reset
(Bit, In) When this pin is TRUE, the count and position pins are set to 0. (The value of the velocity pin is not affected by this.) The driver does not reset this pin to FALSE after resetting the count to 0, that is the user's job.

velocity
(Float, Out) Estimated encoder velocity in position units per second.

15.15.2 Parameters

counter-mode
(Bit, RW) Set to False (the default) for Quadrature. Set to True for Up/Down or for single input on Phase A. Can be used for a frequency to velocity converter with a single input on Phase A when set to true.

filter
(Bit, RW) If set to True (the default), the quadrature counter needs 15 clocks to register a change on any of the three input lines (any pulse shorter than this is rejected as noise). If set to False, the quadrature counter needs only 3 clocks to register a change. The encoder sample clock runs at 33 MHz on the PCI Anything I/O cards and 50 MHz on the 7i43.

index-invert
(Bit, RW) If set to True, the rising edge of the Index input pin triggers the Index event (if index-enable is True). If set to False, the falling edge triggers.

index-mask
(Bit, RW) If set to True, the Index input pin only has an effect if the Index-Mask input pin is True (or False, depending on the index-mask-invert pin below).

index-mask-invert
(Bit, RW) If set to True, Index-Mask must be False for Index to have an effect. If set to False, the Index-Mask pin must be True.

scale
(Float, RW) Converts from "count" units to "position" units. A quadrature encoder will normally have 4 counts per pulse so a 100 PPR encoder would be 400 counts per revolution. In ".counter-mode" a 100 PPR encoder would have 100 counts per revelution as it only uses the rising edge of A and direction is B.

vel-timeout
(Float, RW) When the encoder is moving slower than one pulse for each time that the driver reads the count from the FPGA (in the hm2_read() function), the velocity is harder to estimate. The driver can wait several iterations for the next pulse to arrive, all the while reporting the upper bound of the encoder velocity, which can be accurately guessed. This parameter specifies how long to wait for the next pulse, before reporting the encoder stopped. This parameter is in seconds.

15.16 Examples

Several example configurations are included with LinuxCNC for both stepper and servo applications. The configurations are located in the hm2-servo and hm2-stepper sections of the LinuxCNC Configuration Selector window. You will need the same board installed for the configuration you pick to load. The examples are a good place to start and will save you time. Just pick the proper example from the LinuxCNC Configuration Selector and save a copy to your computer so you can edit it. To see the exact pins and parameters that your configuration gave you, open the Show HAL Configuration window from the Machine menu, or do dmesg as outlined above.

Chapitre 16

Motenc

Vital Systems Motenc-100 and Motenc-LITE

The Vital Systems Motenc-100 and Motenc-LITE are 8- and 4-channel servo control boards. The Motenc-100 provides 8 quadrature encoder counters, 8 analog inputs, 8 analog outputs, 64 (68?) digital inputs, and 32 digital outputs. The Motenc-LITE has only 4 encoder counters, 32 digital inputs and 16 digital outputs, but it still has 8 analog inputs and 8 analog outputs. The driver automatically identifies the installed board and exports the appropriate HAL objects.

Installing:

```
loadrt hal_motenc
```

During loading (or attempted loading) the driver prints some useful debugging messages to the kernel log, which can be viewed with dmesg.

Up to 4 boards may be used in one system.

16.1 Pins

In the following pins, parameters, and functions, <board> is the board ID. According to the naming conventions the first board should always have an ID of zero. However this driver sets the ID based on a pair of jumpers on the board, so it may be non-zero even if there is only one board.

– (s32) motenc.<board>.enc-<channel>-count — Encoder position, in counts.
– (float) motenc.<board>.enc-<channel>-position — Encoder position, in user units.
– (bit) motenc.<board>.enc-<channel>-index — Current status of index pulse input.
– (bit) motenc.<board>.enc-<channel>-idx-latch — Driver sets this pin true when it latches an index pulse (enabled by latch-index). Cleared by clearing latch-index.
– (bit) motenc.<board>.enc-<channel>-latch-index — If this pin is true, the driver will reset the counter on the next index pulse.
– (bit) motenc.<board>.enc-<channel>-reset-count — If this pin is true, the counter will immediately be reset to zero, and the pin will be cleared.
– (float) motenc.<board>.dac-<channel>-value — Analog output value for DAC (in user units, see -gain and -offset)
– (float) motenc.<board>.adc-<channel>-value — Analog input value read by ADC (in user units, see -gain and -offset)
– (bit) motenc.<board>.in-<channel> — State of digital input pin, see canonical digital input.
– (bit) motenc.<board>.in-<channel>-not — Inverted state of digital input pin, see canonical digital input.
– (bit) motenc.<board>.out-<channel> — Value to be written to digital output, seen canonical digital output.
– (bit) motenc.<board>.estop-in — Dedicated estop input, more details needed.
– (bit) motenc.<board>.estop-in-not — Inverted state of dedicated estop input.
– (bit) motenc.<board>.watchdog-reset — Bidirectional, - Set TRUE to reset watchdog once, is automatically cleared.

16.2 Parameters

– (float) motenc.<board>.enc-<channel>-scale — The number of counts / user unit (to convert from counts to units).
– (float) motenc.<board>.dac-<channel>-offset — Sets the DAC offset.
– (float) motenc.<board>.dac-<channel>-gain — Sets the DAC gain (scaling).
– (float) motenc.<board>.adc-<channel>-offset — Sets the ADC offset.
– (float) motenc.<board>.adc-<channel>-gain — Sets the ADC gain (scaling).
– (bit) motenc.<board>.out-<channel>-invert — Inverts a digital output, see canonical digital output.
– (u32) motenc.<board>.watchdog-control — Configures the watchdog. The value may be a bitwise OR of the following values:

Bit #	**Value**	**Meaning**
0	1	Timeout is 16ms if set, 8ms if unset
1	2	
2	4	Watchdog is enabled
3	8	
4	16	Watchdog is automatically reset by DAC writes (the HAL dac-write function)

Typically, the useful values are 0 (watchdog disabled) or 20 (8ms watchdog enabled, cleared by dac-write).
– (u32) motenc.<board>.led-view — Maps some of the I/O to onboard LEDs?

16.3 Functions

– (funct) motenc.<board>.encoder-read — Reads all encoder counters.
– (funct) motenc.<board>.adc-read — Reads the analog-to-digital converters.
– (funct) motenc.<board>.digital-in-read — Reads digital inputs.
– (funct) motenc.<board>.dac-write — Writes the voltages to the DACs.
– (funct) motenc.<board>.digital-out-write — Writes digital outputs.
– (funct) motenc.<board>.misc-update — Updates misc stuff.

Chapitre 17

Opto22 PCI

PCI AC5 ADAPTER CARD / HAL DRIVER This page is considered current as of November 2008.

17.1 The Adapter Card

This is a card made by Opto22 for adapting the PCI port to solid state relay racks such as their standard or G4 series. It has 2 ports that can control up to 24 points each and has 4 on board LEDs. The ports use 50 pin connectors the same as Mesa boards. Any relay racks/breakout boards thats work with Mesa Cards should work with this card with the understanding any encoder counters, PWM, etc., would have to be done in software. The AC5 does not have any *smart* logic on board, it is just an adapter.

See the manufacturer's website for more info:

http://www.opto22.com/site/pr_details.aspx?item=PCI-AC5&qs=100110021011,,,1,3

I would like to thank Opto22 for releasing info in their manual, easing the writing of this driver!

17.2 The Driver

This driver is for the PCI AC5 card and will not work with the ISA AC5 card. The HAL driver is a realtime module. It will support 4 cards as is (more cards are possible with a change in the source code). Load the basic driver like so:

```
loadrt opto_ac5
```

This will load the driver which will search for max 4 boards. It will set I/O of each board's 2 ports to a default setting. The default configuration is for 12 inputs then 12 outputs. The pin name numbers correspond to the position on the relay rack. For example the pin names for the default I/O setting of port 0 would be:

opto_ac5.0.port0.in-00 They would be numbered from 00 to 11

opto_ac5.0.port0.out-12 They would be numbered 12 to 23 port 1 would be the same.

17.3 PINS

opto_ac5.[BOARDNUMBER].port[PORTNUMBER].in-[PINNUMBER] OUT bit

opto_ac5.[BOARDNUMBER].port[PORTNUMBER].in-[PINNUMBER]-not OUT bit

Connect a HAL bit signal to this pin to read an I/O point from the card. The PINNUMBER represents the position in the relay rack. Eg. PINNUMBER 0 is position 0 in a Opto22 relay rack and would be pin 47 on the 50 pin header connector. The -not pin is inverted so that LOW gives TRUE and HIGH gives FALSE.

opto_ac5.[BOARDNUMBER].port[PORTNUMBER].out-[PINNUMBER] IN bit

Connect a HAL bit signal to this pin to write to an I/O point of the card. The PINNUMBER represents the position in the relay rack.Eg. PINNUMBER 23 is position 23 in a Opto22 relay rack and would be pin 1 on the 50 pin header connector.

opto_ac5.[BOARDNUMBER].led[NUMBER] OUT bit

Turns one of the 4 onboard LEDs on/off. LEDs are numbered 0 to 3.

BOARDNUMBER can be 0-3 PORTNUMBER can be 0 or 1. Port 0 is closest to the card bracket.

17.4 PARAMETERS

opto_ac5.[BOARDNUMBER].port[PORTNUMBER].out-[PINNUMBER]-invert W bit

When TRUE, invert the meaning of the corresponding -out pin so that TRUE gives LOW and FALSE gives HIGH.

17.5 FUNCTIONS

opto_ac5.0.digital-read Add this to a thread to read all the input points.

opto_ac5.0.digital-write Add this to a thread to write all the output points and LEDs.

For example the pin names for the default I/O setting of port 0 would be:

opto_ac5.0.port0.in-00

They would be numbered from 00 to 11

opto_ac5.0.port0.out-12

They would be numbered 12 to 23 port 1 would be the same.

17.6 Configuring I/O Ports

To change the default setting load the driver something like so:

```
loadrt opto_ac5 portconfig0=0xffff portconfig1=0xff0000
```

Of course changing the numbers to match the I/O you would like. Each port can be set up different.

Here's how to figure out the number: The configuration number represents a 32 bit long code to tell the card which I/O points are output vrs input. The lower 24 bits are the I/O points of one port. The 2 highest bits are for 2 of the on board LEDs. A one in any bit position makes the I/O point an output. The two highest bits must be output for the LEDs to work. The driver will automatically set the two highest bits for you, we won't talk about them.

The easiest way to do this is to fire up the calculator under APPLICATIONS/ACCESSORIES. Set it to scientific (click view). Set it BINARY (radio button Bin). Press 1 for every output you want and/or zero for every input. Remember that HAL pin 00 corresponds to the rightmost bit. 24 numbers represent the 24 I/O points of one port. So for the default setting (12 inputs then 12 outputs) you would push 1 twelve times (thats the outputs) then 0 twelve times (thats the inputs). Notice the first I/O point is the lowest (rightmost) bit. (that bit corresponds to HAL pin 00 .looks backwards) You should have 24 digits on the screen. Now push the Hex radio button. The displayed number (fff000) is the configport number (put a *0x* in front of it designating it as a HEX number).

Another example: To set the port for 8 outputs and 16 inputs (the same as a Mesa card). Here is the 24 bits represented in a BINARY number. Bit 1 is the rightmost number.

000000000000000011111111

16 zeros for the 16 inputs and 8 ones for the 8 outputs

Which converts to FF on the calculator so 0xff is the number to use for portconfig0 and/or portconfig1 when loading the driver.

17.7 Pin Numbering

HAL pin 00 corresponds to bit 1 (the rightmost) which represents position 0 on an Opto22 relay rack. HAL pin 01 corresponds to bit 2 (one spot to the left of the rightmost) which represents position 1 on an Opto22 relay rack. HAL pin 23 corresponds to bit 24 (the leftmost) which represents position 23 on an Opto22 relay rack.

HAL pin 00 connects to pin 47 on the 50 pin connector of each port. HAL pin 01 connects to pin 45 on the 50 pin connector of each port. HAL pin 23 connects to pin 1 on the 50 pin connector of each port.

Note that Opto22 and Mesa use opposite numbering systems: Opto22 position 23 = connector pin 1, and the position goes down as the connector pin number goes up. Mesa Hostmot2 position 1 = connector pin 1, and the position number goes up as the connector pin number goes up.

Chapitre 18

Pico PPMC

Le *Pico Systems* est une famille de cartes pour contrôler les servos analogiques, les moteurs pas à pas et les servos numériques pilotés en PWM. Les cartes se connectent sur le PC par le port parallèle configuré en mode EPP. Bien que la plupart des utilisateurs ne connectent qu'une seule carte par port parallèle, en théorie toutes les combinaisons de cartes entre 8 et 16 peuvent être utilisées sur un seul port parallèle. Un pilote servant pour tous les types de cartes. La combinaison finale d'entrées/sorties dépends du nombre de cartes installées. Le pilote ne distingue pas entre les cartes, il s'agit simplement d'un numéro de canal d'entrées/sorties (codeur, etc) commençant à 0 sur la première carte.

Installation:

```
loadrt hal_ppmc port_addr=<addr1>[,<addr2>[,<addr3>...]]
```

Le paramètres *port_addr* indique au pilote quel port parallèle utiliser. Par défaut, *<addr1>* est en 0x0378, *<addr2>* et les suivantes ne sont pas utilisées. Le pilote cherche sur l'espace entier de l'adresse du port parallèle étendu (EPP) indiquée par *port_addr*, scrutant pour toute carte(s) de la famille PPMC. Il exporte ensuite les pins de HAL de tout ce qu'il a trouvé. Durant le chargement, ou la tentative de chargement, le pilote affiche tous les messages de débogage utiles dans le log du noyau, qui pourra être visualisé avec *dmesg*.

Un maximum de 3 bus parport peuvent êtres utilisés, et chaque bus peut recevoir un maximum de 8 périphériques.

18.1 Pins

Dans ce qui suit, pour les pins, les paramètres et les fonctions, <board> représente l'ID de la carte. Selon nos conventions de nommage, la première carte devrait toujours avoir l'ID zéro. Toutefois, le driver fixera l'ID en se basant sur les switches de la carte, de sorte qu'il peut être différent de zéro même si il n'y a qu'une seule carte.

(All s32 output) ppmc.<port>.encoder.<channel>.count
Position codeur, en nombre de top comptés.

(all s32 output) ppmc.<port>.encoder.<channel>.delta
Différence de top comptés depuis la dernière lecture, en unités brutes de comptage codeur.

(All float output) ppmc.<port>.encoder.<channel>.velocity
Vitesse mise à l'échelle en unités utilisateur par seconde. Sur PPMC et USC ces valeurs sont dérivées du nombre de top codeur par période servo, elle est donc affectée par la granularité du codeur. Sur les cartes UPC avec les micro-logiciels du 21/08/09 et suivants, la vitesse est estimée par timestamping sur le comptage du codeur, ce qui peut être utilisé pour accroitre la finesse de cette sortie vitesse. Cela peut être régulé par un composant PID de HAL pour produire une réponse servo plus stable. Cette fonction doit être validée dans la ligne de commande HAL qui démarre le pilote PPMC, avec une option *timestamp=0x00*.

(All float output) ppmc.<port>.encoder.<channel>.position
Position codeur, en unités utilisateur.

(All bit bidir) ppmc.<port>.encoder.<channel>.index-enable
Connecte l'index *axis.#.index-enable* pour *home-to-index*. C'et un signal de HAL bi-directionnel. Le fixer à TRUE, causera une remise à zéro hardware du codeur sur la prochaine impulsion d'index du codeur. Le pilote détectera cela et remettra le signal sur FALSE.

(UPC bit input) ppmc.<port>.pwm.<channel>.enable
Active un générateur de PWM.

(UPC float input) ppmc.<port>.pwm.<channel>.value
Valeur qui détermine le rapport cyclique de l'onde PWM. La valeur est divisée par *pwm.<channel>.scale*, par exemple, si le résultat est 0.6, le rapport cyclique sera de 60%, et ainsi de suite. Les valeurs de rapport cyclique négatives finiront en valeurs absolues, la pin de direction sera positionnée pour indiquer ce négatif.

(USC bit input) ppmc.<port>.stepgen.<channel>.enable
Active un générateur d'impulsions de pas.

(USC float input) ppmc.<port>.stepgen.<channel>.velocity
Valeur qui détermine la fréquence des pas. La valeur est multipliée par *stepgen.<channel>.scale* et le résultat est la fréquence, en pas par seconde. Des valeurs négatives résultera une fréquence basée sur une valeur absolue, la pin de direction sera positionnée pour indiquer ce négatif.

(All bit output) ppmc.<port>.in-<channel>
État d'une pin d'entrée numérique, voir l'entrée numérique canonique.

(All bit input) ppmc.<port>.in.<channel>-not
État inversé d'une pin d'entrée numérique, voir l'entrée numérique canonique.

(All bit output) ppmc.<port>.out-<channel>
Valeur à écrire sur une sortie numérique, voir la sortie numérique canonique.

(Option float output) ppmc.<port>.DAC8-<channel>.value
Valeur à écrire sur une sortie analogique, étendue entre 0 et 255. Ce qui envoie 8 bits de sortie sur J8, sur lequel doit être connectée une carte DAC de broche. 0 corresponds à zéro Volts, 255 corresponds à 10 Volts. La polarité de la sortie peut être fixée toujours négative, toujours positive, ou elle peut être contrôlée par l'état de SSR1 (positive quand *on*) et SSR2 (négative quand *on*). Vous devez spécifier *extradac = 0x00* sur la ligne de commande HAL qui charge le pilote PPMC pour valider cette fonction sur la première carte USC ou UPC.

(Option bit input) ppmc.<port>.dout-<channel>.out
Valeur à écrire sur une des 8 pins de sorties extra numériques de J8. Vous devez spécifier *extradout = 0x00* sur la ligne de commande HAL qui charge le pilote PPMC pour valider cette fonction sur la première carte USC ou UPC. *extradac* et *extradout* sont des caractéristiques mutuellement exclusives comme elles utilisent les mêmes lignes de signal à des fins différentes.Ces pins de sortie seront énumérées après les sorties numériques standards de la carte.

18.2 Paramètres

(All float) ppmc.<port>.enc.<channel>.scale
Nombre de tops codeur par unité utilisateur (pour les conversions depuis le nombre d'unités).

(UPC float) ppmc.<port>.pwm.<channel-range>.freq
Fréquence porteuse de la PWM, en Hz. S'applique à un groupe de quatre générateurs de PWM consécutifs, indiqués par <*channel-range*>. Le minimum est de 610Hz, le maximum est de 500KHz.

(UPC float) ppmc.<port>.pwm.<channel>.scale
Échelle pour générateur de PWM. Si *scale* vaut X, alors le rapport cyclique sera de 100% quand *value* de la pin vaudra X (ou -X).

(UPC float) ppmc.<port>.pwm.<channel>.max-dc
Rapport cyclique maximum, compris entre 0.0 et 1.0.

(UPC float) ppmc.<port>.pwm.<channel>.min-dc
Rapport cyclique minimum, compris entre 0.0 et 1.0.

(UPC float) ppmc.<port>.pwm.<channel>.duty-cycle
Rapport cyclique actuel (utilisé surtout pour la maintenance)

(UPC bit) ppmc.<port>.pwm.<channel>.bootstrap
Si true, le générateur de PWM générera une courte séquence d'impulsions dans les deux polarités quand l'Arrêt d'Urgence sera activé, pour charger les capacités de bootstrap utilisées par certains pilotes à portes MOSFET.

(USC u32) ppmc.<port>.stepgen.<channel-range>.setup-time
Fixe le temps minimum, entre l'impulsion de changement de direction et l'impulsion de pas, en unités de 100ns. S'applique à un groupe de quatre générateurs de PWM consécutifs, comme indiqué par <*channel-range*>.

(USC u32) ppmc.<port>.stepgen.<channel-range>.pulse-width
Fixe la largeur des impulsions de pas, en unité de 100ns. S'applique à un groupe de quatre générateurs de PWM consécutifs, comme indiqué par <*channel-range*>.

(USC u32) ppmc.<port>.stepgen.<channel-range>.pulse-space-min
Fixe le temps minimum entre les impulsions, en unité de 100ns. S'applique à un groupe de quatre générateurs de PWM consécutifs, comme indiqué par <*channel-range*>. Le ratio maximum est: `1 / (100ns * (pulse-width + pulse-spa`

(USC float) ppmc.<port>.stepgen.<channel>.scale
Échelle pour générateur d'impulsions de pas. La fréquence des pas est en Hz, c'est la valeur absolue de *vitesse * échelle*.

(USC float) ppmc.<port>.stepgen.<channel>.max-vel
La valeur maximum de *velocity*. Les consignes supérieures à *max-vel*, lui seront clampées. S'applique également aux valeurs négatives. (La valeur absolue est clampée.)

(USC float) ppmc.<port>.stepgen.<channel>.frequency
Fréquence de pas actuelle en Hz (utilisé principalement pour la maintenance)

(Option float) ppmc.<port>.DAC8.<channel>.scale
Fixe l'échelle d'une sortie extra DAC, de sorte qu'une valeur de sortie égale à l'échelle fournisse une amplitude de sortie de 10.0 V. (Le signe de la sortie est fixé par cavaliers et/ou une autre sortie numérique)

(Option bit) ppmc.<port>.out.<channel>-invert
Inverse une sortie numérique, voir la sortie numérique canonique.

(Option bit) ppmc.<port>.dout.<channel>-invert
Inverse une sortie numérique de J8, voir la sortie numérique canonique.

18.3 Fonctions

(All funct) ppmc.<port>.read
Lit toutes les entrées (entrées numériques et top de codeurs) sur un port. Ces lectures sont organisées par blocs de registres contigus, pour éviter au maximum de charger le CPU.

(All funct) ppmc.<port>.write
Écrit toutes les sorties (sorties numériques, générateurs de pas et de PWM) sur un port. Ces lectures sont organisées par blocs de registres contigus, pour éviter au maximum de charger le CPU.

Chapitre 19

Pluto-P

19.1 General Info

The Pluto-P is an inexpensive ($60) FPGA board featuring the ACEX1K chip from Altera.

19.1.1 Requirements

1. A Pluto-P board
2. An EPP-compatible parallel port, configured for EPP mode in the system BIOS

19.1.2 Connectors

– The Pluto-P board is shipped with the left connector presoldered, with the key in the indicated position. The other connectors are unpopulated. There does not seem to be a standard 12-pin IDC connector, but some of the pins of a 16P connector can hang off the board next to QA3/QZ3.
– The bottom and right connectors are on the same .1" grid, but the left connector is not. If OUT2...OUT9 are not required, a single IDC connector can span the bottom connector and the bottom two rows of the right connector.

19.1.3 Physical Pins

– Read the ACEX1K datasheet for information about input and output voltage thresholds. The pins are all configured in "LVTTL/LVCMOS" mode and are generally compatible with 5V TTL logic.
– Before configuration and after properly exiting LinuxCNC, all Pluto-P pins are tristated with weak pull-ups (20k-ohms min, 50k-ohms max). If the watchdog timer is enabled (the default), these pins are also tristated after an interruption of communication between LinuxCNC and the board. The watchdog timer takes approximately 6.5ms to activate. However, software bugs in the pluto_servo firmware or LinuxCNC can leave the Pluto-P pins in an undefined state.
– In pwm+dir mode, by default dir is HIGH for negative values and LOW for positive values. To select HIGH for positive values and LOW for negative values, set the corresponding dout-NN-invert parameter TRUE to invert the signal.
– The index input is triggered on the rising edge. Initial testing has shown that the QZx inputs are particularly noise sensitive, due to being polled every 25ns. Digital filtering has been added to filter pulses shorter than 175ns (seven polling times). Additional external filtering on all input pins, such as a Schmitt buffer or inverter, RC filter, or differential receiver (if applicable) is recommended.
– The IN1...IN7 pins have 22-ohm series resistors to their associated FPGA pins. No other pins have any sort of protection for out-of-spec voltages or currents. It is up to the integrator to add appropriate isolation and protection. Traditional parallel port optoisolator boards do not work with pluto_servo due to the bidirectional nature of the EPP protocol.

19.1.4 LED

– When the device is unprogrammed, the LED glows faintly. When the device is programmed, the LED glows according to the duty cycle of PWM0 (**LED = UP0** *xor* **DOWN0**) or STEPGEN0 (**LED = STEP0** *xor* **DIR0**).

19.1.5 Power

– A small amount of current may be drawn from VCC. The available current depends on the unregulated DC input to the board. Alternately, regulated +3.3VDC may be supplied to the FPGA through these VCC pins. The required current is not yet known, but is probably around 50mA plus I/O current.
– The regulator on the Pluto-P board is a low-dropout type. Supplying 5V at the power jack will allow the regulator to work properly.

19.1.6 PC interface

– Only a single pluto_servo or pluto_step board is supported.

19.1.7 Rebuilding the FPGA firmware

The `src/hal/drivers/pluto_servo_firmware/` and `src/hal/drivers/pluto_step_firmware/` subdirectories contain the Verilog source code plus additional files used by Quartus for the FPGA firmwares. Altera's Quartus II software is required to rebuild the FPGA firmware. To rebuild the firmware from the .hdl and other source files, open the `.qpf` file and press CTRL-L. Then, recompile LinuxCNC.

Like the HAL hardware driver, the FPGA firmware is licensed under the terms of the GNU General Public License.

The gratis version of Quartus II runs only on Microsoft Windows, although there is apparently a paid version that runs on Linux.

19.1.8 For more information

Some additional information about it is available from http://www.fpga4fun.com/board_pluto-P.html and from the developer's blog.

19.2 pluto-servo: Hardware PWM and quadrature counting

The pluto_servo system is suitable for control of a 4-axis CNC mill with servo motors, a 3-axis mill with PWM spindle control, a lathe with spindle encoder, etc. The large number of inputs allows a full set of limit switches.

This driver features:
– 4 quadrature channels with 40MHz sample rate. The counters operate in "4x" mode. The maximum useful quadrature rate is 8191 counts per LinuxCNC servo cycle, or about 8MHz for LinuxCNC's default 1ms servo rate.
– 4 PWM channels, "up/down" or "pwm+dir" style. 4095 duty cycles from -100% to +100%, including 0%. The PWM period is approximately 19.5kHz (40MHz / 2047). A PDM-like mode is also available.
– 18 digital outputs: 10 dedicated, 8 shared with PWM functions. (Example: A lathe with unidirectional PWM spindle control may use 13 total digital outputs)
– 20 digital inputs: 8 dedicated, 12 shared with Quadrature functions. (Example: A lathe with index pulse only on the spindle may use 13 total digital inputs)
– EPP communication with the PC. The EPP communication typically takes around 100 us on machines tested so far, enabling servo rates above 1kHz.

19.2.1 Pinout

UPx
The "up" (up/down mode) or “pwm” (pwm+direction mode) signal from PWM generator X. May be used as a digital output if the corresponding PWM channel is unused, or the output on the channel is always negative. The corresponding digital output invert may be set to TRUE to make UPx active low rather than active high.

DNx
The "down" (up/down mode) or “direction” (pwm+direction mode) signal from PWM generator X. May be used as a digital output if the corresponding PWM channel is unused, or the output on the channel is never negative. The corresponding digital ouput invert may be set to TRUE to make DNx active low rather than active high.

QAx, QBx
The A and B signals for Quadrature counter X. May be used as a digital input if the corresponding quadrature channel is unused.

QZx
The Z (index) signal for quadrature counter X. May be used as a digital input if the index feature of the corresponding quadrature channel is unused.

INx
Dedicated digital input #x

OUTx
Dedicated digital output #x

GND
Ground

VCC
+3.3V regulated DC

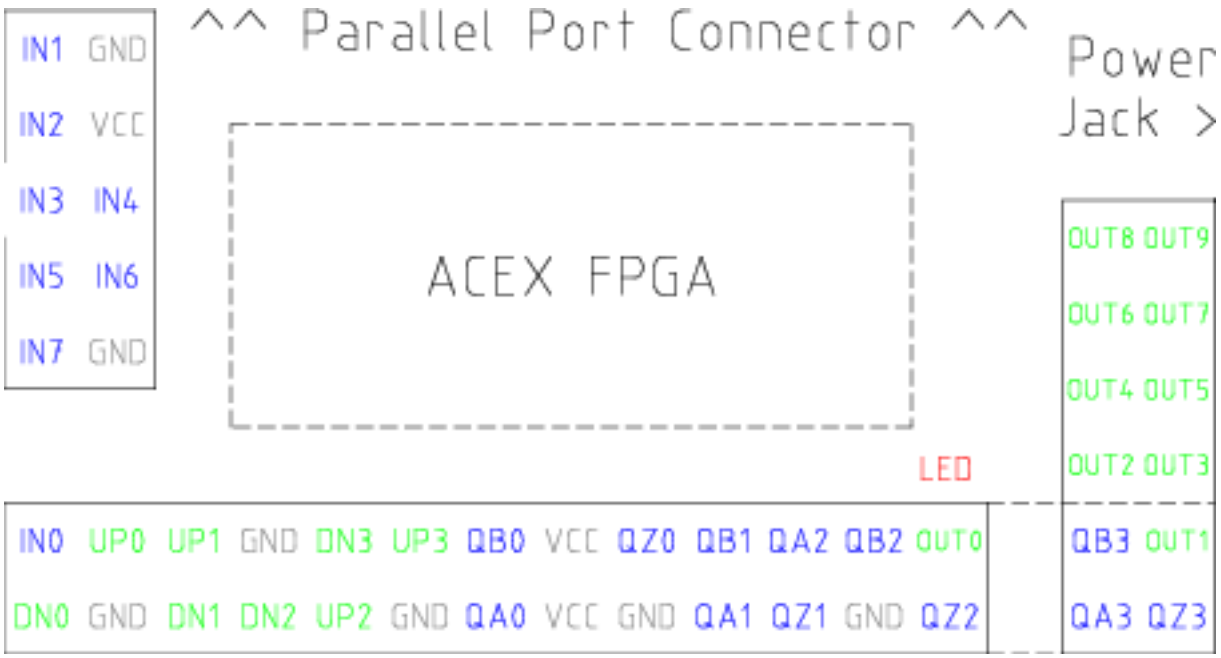


FIGURE 19.1 – Pluto-Servo Pinout

TABLE 19.1: Pluto-Servo Alternate Pin Functions

Primary function	Alternate Function	Behavior if both functions used
UP0	PWM0	When pwm-0-pwmdir is TRUE, this pin is the PWM output
	OUT10	XOR’d with UP0 or PWM0

TABLE 19.1: (continued)

Primary function	Alternate Function	Behavior if both functions used
UP1	PWM1	When pwm-1-pwmdir is TRUE, this pin is the PWM output
	OUT12	XOR'd with UP1 or PWM1
UP2	PWM2	When pwm-2-pwmdir is TRUE, this pin is the PWM output
	OUT14	XOR'd with UP2 or PWM2
UP3	PWM3	When pwm-3-pwmdir is TRUE, this pin is the PWM output
	OUT16	XOR'd with UP3 or PWM3
DN0	DIR0	When pwm-0-pwmdir is TRUE, this pin is the DIR output
	OUT11	XOR'd with DN0 or DIR0
DN1	DIR1	When pwm-1-pwmdir is TRUE, this pin is the DIR output
	OUT13	XOR'd with DN1 or DIR1
DN2	DIR2	When pwm-2-pwmdir is TRUE, this pin is the DIR output
	OUT15	XOR'd with DN2 or DIR2
DN3	DIR3	When pwm-3-pwmdir is TRUE, this pin is the DIR output
	OUT17	XOR'd with DN3 or DIR3
QZ0	IN8	Read same value
QZ1	IN9	Read same value
QZ2	IN10	Read same value
QZ3	IN11	Read same value
QA0	IN12	Read same value
QA1	IN13	Read same value
QA2	IN14	Read same value
QA3	IN15	Read same value
QB0	IN16	Read same value
QB1	IN17	Read same value
QB2	IN18	Read same value
QB3	IN19	Read same value

19.2.2 Input latching and output updating

- PWM duty cycles for each channel are updated at different times.
- Digital outputs OUT0 through OUT9 are all updated at the same time. Digital outputs OUT10 through OUT17 are updated at the same time as the PWM function they are shared with.
- Digital inputs IN0 through IN19 are all latched at the same time.
- Quadrature positions for each channel are latched at different times.

19.2.3 HAL Functions, Pins and Parameters

A list of all *loadrt* arguments, HAL function names, pin names and parameter names is in the manual page, *pluto_servo.9*.

19.2.4 Compatible driver hardware

A schematic for a 2A, 2-axis PWM servo amplifier board is available (http://emergent.unpy.net/projects/01148303608). The L298 H-Bridge is inexpensive and can easily be used for motors up to 4A (one motor per L298) or up to 2A (two motors per

L298) with the supply voltage up to 46V. However, the L298 does not have built-in current limiting, a problem for motors with high stall currents. For higher currents and voltages, some users have reported success with International Rectifier's integrated high-side/low-side drivers. (http://www.cnczone.com/forums/showthread.php?t=25929)

19.3 Pluto-step: 300kHz Hardware Step Generator

Pluto-step is suitable for control of a 3- or 4-axis CNC mill with stepper motors. The large number of inputs allows for a full set of limit switches.

The board features:
– 4 "step+direction" channels with 312.5kHz maximum step rate, programmable step length, space, and direction change times
– 14 dedicated digital outputs
– 16 dedicated digital inputs
– EPP communication with the PC

19.3.1 Pinout

STEPx
The "step" (clock) output of stepgen channel **x**

DIRx
The "direction" output of stepgen channel **x**

INx
Dedicated digital input #x

OUTx
Dedicated digital output #x

GND
Ground

VCC
+3.3V regulated DC

While the "extended main connector" has a superset of signals usually found on a Step & Direction DB25 connector—4 step generators, 9 inputs, and 6 general-purpose outputs—the layout on this header is different than the layout of a standard 26-pin ribbon cable to DB25 connector.

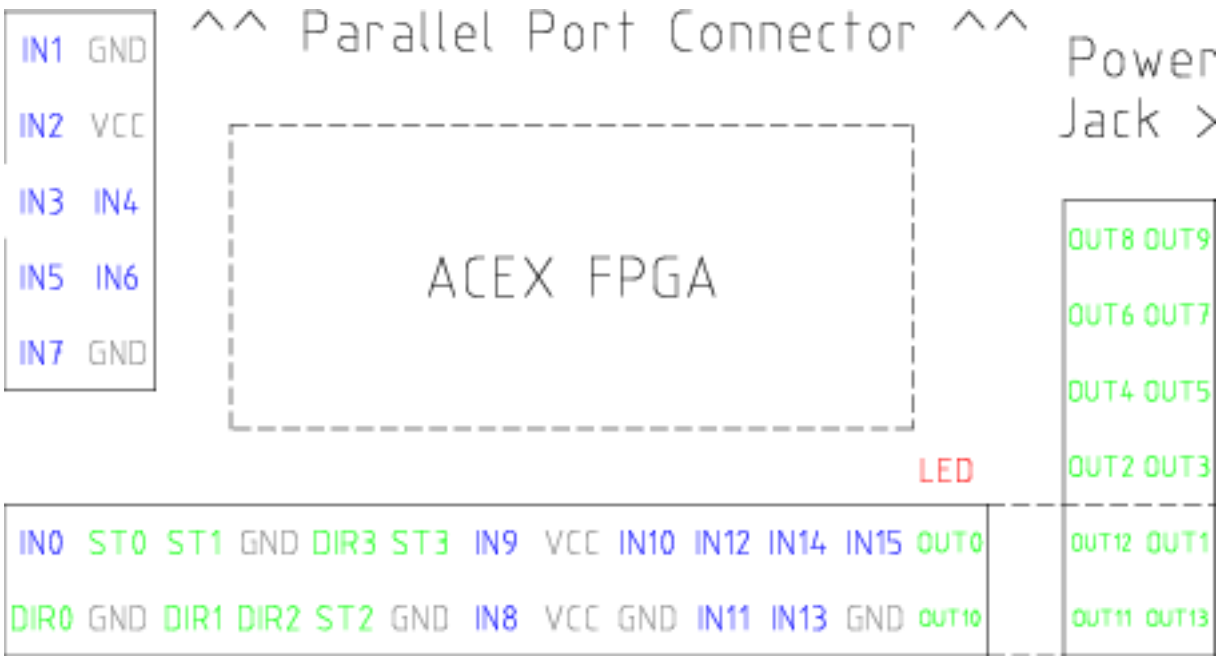


FIGURE 19.2 – Pluto-Step Pinout

19.3.2 Input latching and output updating

– Step frequencies for each channel are updated at different times.
– Digital outputs are all updated at the same time.
– Digital inputs are all latched at the same time.
– Feedback positions for each channel are latched at different times.

19.3.3 Step Waveform Timings

The firmware and driver enforce step length, space, and direction change times. Timings are rounded up to the next multiple of ***1.6µs***, with a maximum of ***49.6µs***. The timings are the same as for the software stepgen component, except that “dirhold” and “dirsetup” have been merged into a single parameter “dirtime” which should be the maximum of the two, and that the same step timings are always applied to all channels.

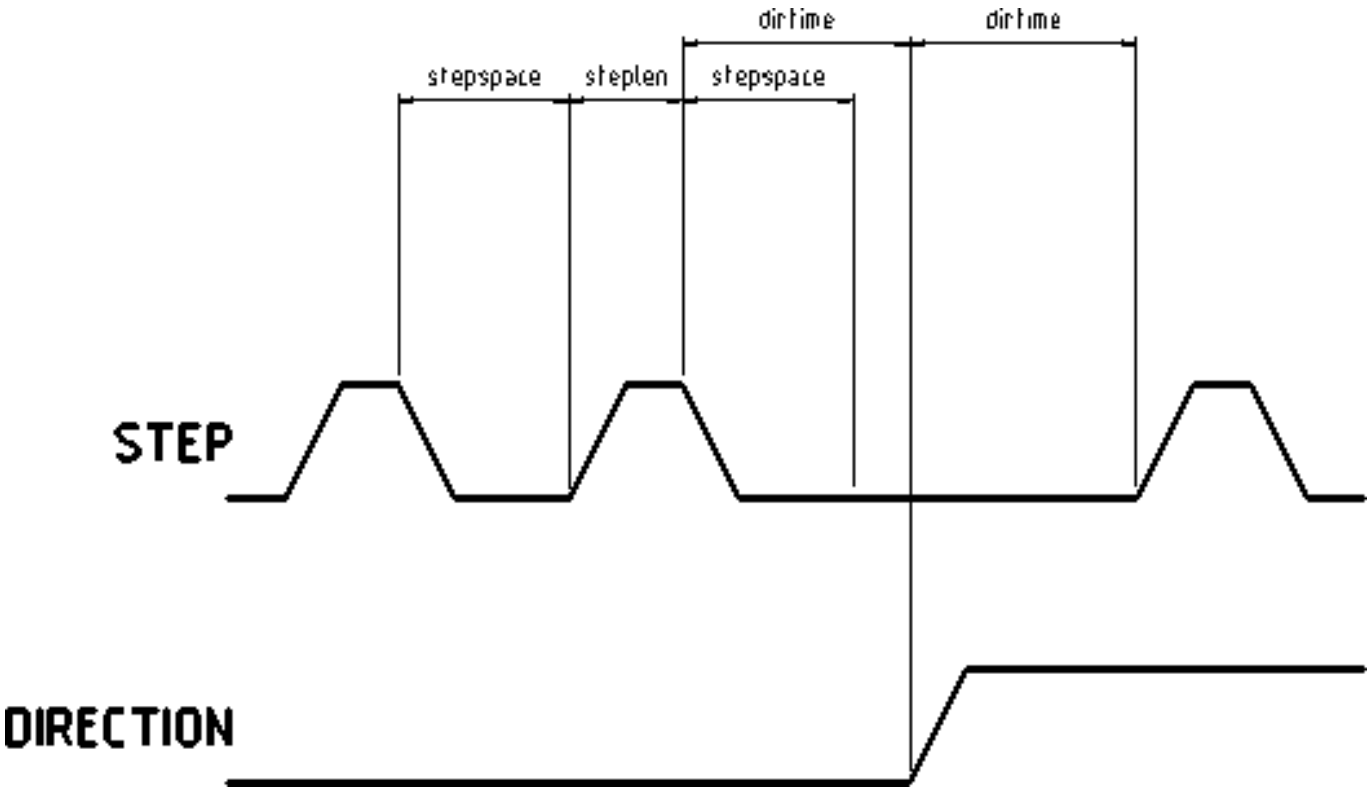


FIGURE 19.3 – Pluto-Step Timings

19.3.4 HAL Functions, Pins and Parameters

A list of all *loadrt* arguments, HAL function names, pin names and parameter names is in the manual page, *pluto_step.9*.

Chapitre 20

Servo-To-Go

The Servo-To-Go (STG) is one of the first PC motion control cards supported by LinuxCNC. It is an ISA card and it exists in different flavors (all supported by this driver). The board includes up to 8 channels of quadrature encoder input, 8 channels of analog input and output, 32 bits digital I/O, an interval timer with interrupt and a watchdog.

20.1 Installing

```
loadrt hal_stg [base=<address>] [num_chan=<nr>] [dio="<dio-string>"] [model=<model>]
```

The base address field is optional; if it's not provided the driver attempts to autodetect the board. The num_chan field is used to specify the number of channels available on the card, if not used the 8 axis version is assumed. The digital inputs/outputs configuration is determined by a config string passed to insmod when loading the module. The format consists of a four character string that sets the direction of each group of pins. Each character of the direction string is either "I" or "O". The first character sets the direction of port A (Port A - DIO.0-7), the next sets port B (Port B - DIO.8-15), the next sets port C (Port C - DIO.16-23), and the fourth sets port D (Port D - DIO.24-31). The model field can be used in case the driver doesn't autodetect the right card version.

hint: after starting up the driver, *dmesg* can be consulted for messages relevant to the driver (e.g. autodetected version number and base address). For example:

```
loadrt hal_stg base=0x300 num_chan=4 dio="IOIO"
```

This example installs the STG driver for a card found at the base address of 0x300, 4 channels of encoder feedback, DACs and ADCs, along with 32 bits of I/O configured like this: the first 8 (Port A) configured as Input, the next 8 (Port B) configured as Output, the next 8 (Port C) configured as Input, and the last 8 (Port D) configured as Output

```
loadrt hal_stg
```

This example installs the driver and attempts to autodetect the board address and board model, it installs 8 axes by default along with a standard I/O setup: Port A & B configured as Input, Port C & D configured as Output.

20.2 Pins

– stg.<channel>.counts (s32) Tracks the counted encoder ticks.
– stg.<channel>.position (float) Outputs a converted position.
– stg.<channel>.dac-value (float) Drives the voltage for the corresponding DAC.
– stg.<channel>.adc-value (float) Tracks the measured voltage from the corresponding ADC.
– stg.in-<pinnum> (bit) Tracks a physical input pin.

– stg.in-<pinnum>-not (bit) Tracks a physical input pin, but inverted.
– stg.out-<pinnum> (bit) Drives a physical output pin

For each pin, <channel> is the axis number, and <pinnum> is the logic pin number of the STG if `IIOO` is defined, there are 16 input pins (in-00 .. in-15) and 16 output pins (out-00 .. out-15), and they correspond to PORTs ABCD (in-00 is PORTA.0, out-15 is PORTD.7).

The in-<pinnum> HAL pin is TRUE if the physical pin is high, and FALSE if the physical pin is low. The in-<pinnum>-not HAL pin is inverted — it is FALSE if the physical pin is high. By connecting a signal to one or the other, the user can determine the state of the input.

20.3 Parameters

– stg.<channel>.position-scale (float) The number of counts / user unit (to convert from counts to units).
– stg.<channel>.dac-offset (float) Sets the offset for the corresponding DAC.
– stg.<channel>.dac-gain (float) Sets the gain of the corresponding DAC.
– stg.<channel>.adc-offset (float) Sets the offset of the corresponding ADC.
– stg.<channel>.adc-gain (float) Sets the gain of the corresponding ADC.
– stg.out-<pinnum>-invert (bit) Inverts an output pin.

The -invert parameter determines whether an output pin is active high or active low. If -invert is FALSE, setting the HAL out- pin TRUE drives the physical pin high, and FALSE drives it low. If -invert is TRUE, then setting the HAL out- pin TRUE will drive the physical pin low.

20.3.1 Functions

– stg.capture-position (funct) Reads the encoder counters from the axis <channel>.
– stg.write-dacs (funct) Writes the voltages to the DACs.
– stg.read-adcs (funct) Reads the voltages from the ADCs.
– stg.di-read (funct) Reads physical in- pins of all ports and updates all HAL in-<pinnum> and in-<pinnum>-not pins.
– stg.do-write (funct) Reads all HAL out-<pinnum> pins and updates all physical output pins.

Chapitre 21

Legal Section

21.1 Copyright Terms

21.2 GNU Free Documentation License

GNU Free Documentation License Version 1.1, March 2000

0. PREAMBLE

The purpose of this License is to make a manual, textbook, or other written document "free" in the sense of freedom: to assure everyone the effective freedom to copy and redistribute it, with or without modifying it, either commercially or noncommercially. Secondarily, this License preserves for the author and publisher a way to get credit for their work, while not being considered responsible for modifications made by others.

This License is a kind of "copyleft", which means that derivative works of the document must themselves be free in the same sense. It complements the GNU General Public License, which is a copyleft license designed for free software.

We have designed this License in order to use it for manuals for free software, because free software needs free documentation: a free program should come with manuals providing the same freedoms that the software does. But this License is not limited to software manuals; it can be used for any textual work, regardless of subject matter or whether it is published as a printed book. We recommend this License principally for works whose purpose is instruction or reference.

1. APPLICABILITY AND DEFINITIONS

This License applies to any manual or other work that contains a notice placed by the copyright holder saying it can be distributed under the terms of this License. The "Document", below, refers to any such manual or work. Any member of the public is a licensee, and is addressed as "you".

A "Modified Version" of the Document means any work containing the Document or a portion of it, either copied verbatim, or with modifications and/or translated into another language.

A "Secondary Section" is a named appendix or a front-matter section of the Document that deals exclusively with the relationship of the publishers or authors of the Document to the Document's overall subject (or to related matters) and contains nothing that

could fall directly within that overall subject. (For example, if the Document is in part a textbook of mathematics, a Secondary Section may not explain any mathematics.) The relationship could be a matter of historical connection with the subject or with related matters, or of legal, commercial, philosophical, ethical or political position regarding them.

The "Invariant Sections" are certain Secondary Sections whose titles are designated, as being those of Invariant Sections, in the notice that says that the Document is released under this License.

The "Cover Texts" are certain short passages of text that are listed, as Front-Cover Texts or Back-Cover Texts, in the notice that says that the Document is released under this License.

A "Transparent" copy of the Document means a machine-readable copy, represented in a format whose specification is available to the general public, whose contents can be viewed and edited directly and straightforwardly with generic text editors or (for images composed of pixels) generic paint programs or (for drawings) some widely available drawing editor, and that is suitable for input to text formatters or for automatic translation to a variety of formats suitable for input to text formatters. A copy made in an otherwise Transparent file format whose markup has been designed to thwart or discourage subsequent modification by readers is not Transparent. A copy that is not "Transparent" is called "Opaque".

Examples of suitable formats for Transparent copies include plain ASCII without markup, Texinfo input format, LaTeX input format, SGML or XML using a publicly available DTD, and standard-conforming simple HTML designed for human modification. Opaque formats include PostScript, PDF, proprietary formats that can be read and edited only by proprietary word processors, SGML or XML for which the DTD and/or processing tools are not generally available, and the machine-generated HTML produced by some word processors for output purposes only.

The "Title Page" means, for a printed book, the title page itself, plus such following pages as are needed to hold, legibly, the material this License requires to appear in the title page. For works in formats which do not have any title page as such, "Title Page" means the text near the most prominent appearance of the work's title, preceding the beginning of the body of the text.

2. VERBATIM COPYING

You may copy and distribute the Document in any medium, either commercially or noncommercially, provided that this License, the copyright notices, and the license notice saying this License applies to the Document are reproduced in all copies, and that you add no other conditions whatsoever to those of this License. You may not use technical measures to obstruct or control the reading or further copying of the copies you make or distribute. However, you may accept compensation in exchange for copies. If you distribute a large enough number of copies you must also follow the conditions in section 3.

You may also lend copies, under the same conditions stated above, and you may publicly display copies.

3. COPYING IN QUANTITY

If you publish printed copies of the Document numbering more than 100, and the Document's license notice requires Cover Texts, you must enclose the copies in covers that carry, clearly and legibly, all these Cover Texts: Front-Cover Texts on the front cover, and Back-Cover Texts on the back cover. Both covers must also clearly and legibly identify you as the publisher of these copies. The front cover must present the full title with all words of the title equally prominent and visible. You may add other material on the covers in addition. Copying with changes limited to the covers, as long as they preserve the title of the Document and satisfy these conditions, can be treated as verbatim copying in other respects.

If the required texts for either cover are too voluminous to fit legibly, you should put the first ones listed (as many as fit reasonably) on the actual cover, and continue the rest onto adjacent pages.

If you publish or distribute Opaque copies of the Document numbering more than 100, you must either include a machine-readable Transparent copy along with each Opaque copy, or state in or with each Opaque copy a publicly-accessible computer-network location containing a complete Transparent copy of the Document, free of added material, which the general network-using public has access to download anonymously at no charge using public-standard network protocols. If you use the latter option, you must take reasonably prudent steps, when you begin distribution of Opaque copies in quantity, to ensure that this Transparent copy will remain thus accessible at the stated location until at least one year after the last time you distribute an Opaque copy (directly or through your agents or retailers) of that edition to the public.

It is requested, but not required, that you contact the authors of the Document well before redistributing any large number of copies, to give them a chance to provide you with an updated version of the Document.

4. MODIFICATIONS

You may copy and distribute a Modified Version of the Document under the conditions of sections 2 and 3 above, provided that you release the Modified Version under precisely this License, with the Modified Version filling the role of the Document, thus licensing distribution and modification of the Modified Version to whoever possesses a copy of it. In addition, you must do these things in the Modified Version:

A. Use in the Title Page (and on the covers, if any) a title distinct from that of the Document, and from those of previous versions (which should, if there were any, be listed in the History section of the Document). You may use the same title as a previous version if the original publisher of that version gives permission. B. List on the Title Page, as authors, one or more persons or entities responsible for authorship of the modifications in the Modified Version, together with at least five of the principal authors of the Document (all of its principal authors, if it has less than five). C. State on the Title page the name of the publisher of the Modified Version, as the publisher. D. Preserve all the copyright notices of the Document. E. Add an appropriate copyright notice for your modifications adjacent to the other copyright notices. F. Include, immediately after the copyright notices, a license notice giving the public permission to use the Modified Version under the terms of this License, in the form shown in the Addendum below. G. Preserve in that license notice the full lists of Invariant Sections and required Cover Texts given in the Document's license notice. H. Include an unaltered copy of this License. I. Preserve the section entitled "History", and its title, and add to it an item stating at least the title, year, new authors, and publisher of the Modified Version as given on the Title Page. If there is no section entitled "History" in the Document, create one stating the title, year, authors, and publisher of the Document as given on its Title Page, then add an item describing the Modified Version as stated in the previous sentence. J. Preserve the network location, if any, given in the Document for public access to a Transparent copy of the Document, and likewise the network locations given in the Document for previous versions it was based on. These may be placed in the "History" section. You may omit a network location for a work that was published at least four years before the Document itself, or if the original publisher of the version it refers to gives permission. K. In any section entitled "Acknowledgements" or "Dedications", preserve the section's title, and preserve in the section all the substance and tone of each of the contributor acknowledgements and/or dedications given therein. L. Preserve all the Invariant Sections of the Document, unaltered in their text and in their titles. Section numbers or the equivalent are not considered part of the section titles. M. Delete any section entitled "Endorsements". Such a section may not be included in the Modified Version. N. Do not retitle any existing section as "Endorsements" or to conflict in title with any Invariant Section.

If the Modified Version includes new front-matter sections or appendices that qualify as Secondary Sections and contain no material copied from the Document, you may at your option designate some or all of these sections as invariant. To do this, add their titles to the list of Invariant Sections in the Modified Version's license notice. These titles must be distinct from any other section titles.

You may add a section entitled "Endorsements", provided it contains nothing but endorsements of your Modified Version by various parties—for example, statements of peer review or that the text has been approved by an organization as the authoritative definition of a standard.

You may add a passage of up to five words as a Front-Cover Text, and a passage of up to 25 words as a Back-Cover Text, to the end of the list of Cover Texts in the Modified Version. Only one passage of Front-Cover Text and one of Back-Cover Text may be added by (or through arrangements made by) any one entity. If the Document already includes a cover text for the same cover, previously added by you or by arrangement made by the same entity you are acting on behalf of, you may not add another; but you may replace the old one, on explicit permission from the previous publisher that added the old one.

The author(s) and publisher(s) of the Document do not by this License give permission to use their names for publicity for or to assert or imply endorsement of any Modified Version.

5. COMBINING DOCUMENTS

You may combine the Document with other documents released under this License, under the terms defined in section 4 above for modified versions, provided that you include in the combination all of the Invariant Sections of all of the original documents, unmodified, and list them all as Invariant Sections of your combined work in its license notice.

The combined work need only contain one copy of this License, and multiple identical Invariant Sections may be replaced with a single copy. If there are multiple Invariant Sections with the same name but different contents, make the title of each such section unique by adding at the end of it, in parentheses, the name of the original author or publisher of that section if known, or else a unique number. Make the same adjustment to the section titles in the list of Invariant Sections in the license notice of the combined work.

In the combination, you must combine any sections entitled "History" in the various original documents, forming one section entitled "History"; likewise combine any sections entitled "Acknowledgements", and any sections entitled "Dedications". You must delete all sections entitled "Endorsements."

6. COLLECTIONS OF DOCUMENTS

You may make a collection consisting of the Document and other documents released under this License, and replace the individual copies of this License in the various documents with a single copy that is included in the collection, provided that you follow the rules of this License for verbatim copying of each of the documents in all other respects.

You may extract a single document from such a collection, and distribute it individually under this License, provided you insert a copy of this License into the extracted document, and follow this License in all other respects regarding verbatim copying of that document.

7. AGGREGATION WITH INDEPENDENT WORKS

A compilation of the Document or its derivatives with other separate and independent documents or works, in or on a volume of a storage or distribution medium, does not as a whole count as a Modified Version of the Document, provided no compilation copyright is claimed for the compilation. Such a compilation is called an "aggregate", and this License does not apply to the other self-contained works thus compiled with the Document, on account of their being thus compiled, if they are not themselves derivative works of the Document.

If the Cover Text requirement of section 3 is applicable to these copies of the Document, then if the Document is less than one quarter of the entire aggregate, the Document's Cover Texts may be placed on covers that surround only the Document within the aggregate. Otherwise they must appear on covers around the whole aggregate.

8. TRANSLATION

Translation is considered a kind of modification, so you may distribute translations of the Document under the terms of section 4. Replacing Invariant Sections with translations requires special permission from their copyright holders, but you may include translations of some or all Invariant Sections in addition to the original versions of these Invariant Sections. You may include a translation of this License provided that you also include the original English version of this License. In case of a disagreement between the translation and the original English version of this License, the original English version will prevail.

9. TERMINATION

You may not copy, modify, sublicense, or distribute the Document except as expressly provided for under this License. Any other attempt to copy, modify, sublicense or distribute the Document is void, and will automatically terminate your rights under this License. However, parties who have received copies, or rights, from you under this License will not have their licenses terminated so long as such parties remain in full compliance.

10. FUTURE REVISIONS OF THIS LICENSE

The Free Software Foundation may publish new, revised versions of the GNU Free Documentation License from time to time. Such new versions will be similar in spirit to the present version, but may differ in detail to address new problems or concerns. See http://www.gnu.org/copyleft/.

Each version of the License is given a distinguishing version number. If the Document specifies that a particular numbered version of this License "or any later version" applies to it, you have the option of following the terms and conditions either of that specified version or of any later version that has been published (not as a draft) by the Free Software Foundation. If the Document does not specify a version number of this License, you may choose any version ever published (not as a draft) by the Free Software Foundation.

ADDENDUM: How to use this License for your documents

To use this License in a document you have written, include a copy of the License in the document and put the following copyright and license notices just after the title page:

Copyright (c) YEAR YOUR NAME. Permission is granted to copy, distribute and/or modify this document under the terms of the GNU Free Documentation License, Version 1.1 or any later version published by the Free Software Foundation; with the Invariant Sections being LIST THEIR TITLES, with the Front-Cover Texts being LIST, and with the Back-Cover Texts being LIST. A copy of the license is included in the section entitled "GNU Free Documentation License".

If you have no Invariant Sections, write "with no Invariant Sections" instead of saying which ones are invariant. If you have no Front-Cover Texts, write "no Front-Cover Texts" instead of "Front-Cover Texts being LIST"; likewise for Back-Cover Texts.

If your document contains nontrivial examples of program code, we recommend releasing these examples in parallel under your choice of free software license, such as the GNU General Public License, to permit their use in free software.

Chapitre 22

Index