

LISA

Manuel Utilisateur

(V6 - avril 2006)

Traduction Multipower 1999-2006

Table des matières

| | |
|---|-----------|
| 1. INTRODUCTION | 6 |
| 1.1. A PROPOS DE PROTEUS VSM | 6 |
| 1.2. À PROPOS DE LA DOCUMENTATION | 7 |
| 2. TUTORIAL DE LA SIMULATION INTERACTIVE | 9 |
| 2.1. INTRODUCTION..... | 9 |
| 2.1.1. Introduction..... | 9 |
| 2.1.2. Dessin du circuit..... | 10 |
| 2.1.3. Ecrire le programme..... | 13 |
| 2.1.4. Mise au point du programme..... | 16 |
| 3. TUTORIAL DE LA SIMULATION PAR GRAPHES..... | 19 |
| 3.1.1. Introduction..... | 19 |
| 3.1.2. Démarrer..... | 19 |
| 3.1.3. Générateurs..... | 21 |
| 3.1.4. Sondes..... | 22 |
| 3.1.5. Graphes..... | 23 |
| 3.1.6. Simulation..... | 27 |
| 3.1.7. Les mesures..... | 28 |
| 3.1.8. Utilisation des sondes de courant..... | 31 |
| 3.1.9. Analyse fréquentielle..... | 32 |
| 3.1.10. Analyse par balayage de variable | 34 |
| 3.1.11. Analyse du bruit | 36 |
| 4. SIMULATION INTERACTIVE..... | 38 |
| 4.1. GENERALITES | 38 |
| 4.1.1. Le panneau de contrôle de l'animation | 38 |
| 4.1.2. Les indicateurs et les actionneurs | 39 |
| 4.1.3. Valider une simulation interactive | 39 |
| 4.2. LES MESURES..... | 41 |
| 4.2.1. Généralités..... | 41 |
| 4.2.2. Effets d'animation..... | 41 |
| 4.2.3. Pointer et obtenir des informations..... | 42 |
| 4.2.4. Sondes de tension et de courant..... | 43 |
| 4.2.5. Instruments virtuels..... | 44 |

| | | |
|-----------|--|-----------|
| 4.3. | INCREMENTS TEMPORELS DE L'ANIMATION..... | 44 |
| 4.3.1. | Généralités..... | 44 |
| 4.3.2. | Trames par seconde..... | 45 |
| 4.3.3. | Temps par trame..... | 45 |
| 4.3.4. | Temps d'un intervalle..... | 45 |
| 4.4. | ASTUCES..... | 46 |
| 4.4.1. | Échelle de temps..... | 46 |
| 4.4.2. | Échelle de tension..... | 46 |
| 4.4.3. | Mise à la masse (<i>earthing</i>)..... | 47 |
| 4.4.4. | Points à haute impédance..... | 47 |
| 5. | INSTRUMENTS VIRTUELS | 48 |
| 5.1. | VOLTMETRES ET AMPEREMETRES..... | 48 |
| 5.2. | OSCILLOSCOPE..... | 48 |
| 5.2.1. | Généralités..... | 48 |
| 5.2.2. | Utilisation de l'oscilloscope..... | 49 |
| 5.3. | ANALYSEUR LOGIQUE..... | 51 |
| 5.3.1. | Généralités..... | 51 |
| 5.3.2. | Utilisation de l'analyseur logique..... | 53 |
| 5.4. | GENERATEUR DE SIGNAUX AUDIO | 55 |
| 5.4.1. | Généralités..... | 55 |
| 5.4.2. | Utilisation du générateur de signaux..... | 55 |
| 5.5. | GENERATEUR DE TRAME VIRTUEL..... | 57 |
| 5.5.1. | Généralités..... | 57 |
| 5.5.2. | Utilisation du générateur de trame..... | 58 |
| 5.5.3. | Les entrées/sorties de générateur de trame..... | 59 |
| 5.5.4. | Les différents modes d'horloge..... | 60 |
| 5.5.5. | Les différents modes de déclenchement..... | 61 |
| 5.5.6. | Verrouillage externe..... | 64 |
| 5.5.7. | Fonctionnalités additionnelles..... | 64 |
| 5.6. | ELEMENTS D'INTERFACE UTILISATEUR..... | 67 |
| 5.6.1. | Boutons rotatifs..... | 67 |
| 6. | TRAVAILLER AVEC DES MICROPROCESSEURS..... | 69 |
| 6.1. | INTRODUCTION..... | 69 |
| 6.2. | CONTRÔLE DU CODE SOURCE..... | 69 |
| 6.2.1. | Généralités..... | 69 |

| | | |
|-------------|--|-----------|
| 6.2.2. | Associer le code source à un projet..... | 70 |
| 6.2.3. | Travailler avec votre code source | 70 |
| 6.2.4. | Installer d'outil de génération tiers..... | 71 |
| 6.2.5. | Utilisation d'un programme MAKE..... | 72 |
| 6.2.6. | Utilisation de l'éditeur de source tiers..... | 73 |
| 6.2.7. | Environnement de développement tiers..... | 74 |
| 6.2.8. | Proteus VSM comme debugger externe | 74 |
| 6.2.9. | Proteus VSM comme émulateur de circuit..... | 75 |
| 6.3. | FENÊTRES SUPPLEMENTAIRES..... | 75 |
| 6.4. | MISE AU POINT AU NIVEAU DU SOURCE..... | 76 |
| 6.4.1. | Généralités | 76 |
| 6.4.2. | Fenêtre de code source..... | 77 |
| 6.4.3. | Formats de debug supportés | 79 |
| 6.4.4. | Pas à pas..... | 81 |
| 6.4.5. | Utilisation des points d'arrêts | 82 |
| 6.4.6. | Fenêtre des variables | 83 |
| 6.4.7. | Debug multi processeurs..... | 86 |
| 6.4.8. | Ajouter des rubriques dans la fenêtre 'Watch' | 86 |
| 6.4.9. | Conditions d'arrêt sur les données visualisées (Watchpoint) | 88 |
| 6.5. | OBJETS DE DECLENCHEMENT DE POINT D'ARRET | 89 |
| 6.5.1. | Généralités..... | 89 |
| 6.5.2. | Point d'arrêt de tension – RTVBREAK..... | 89 |
| 6.5.3. | Point d'arrêt de courant – RTIBREAK | 90 |
| 6.5.4. | Point d'arrêt numérique – RTDBREAK..... | 90 |
| 6.5.5. | Surveillance en tension - RTVMON | 90 |
| 6.5.6. | Surveillance en courant - RTIMON..... | 91 |
| 7. | SIMULATION PAR GRAPHES..... | 92 |
| 7.1. | INTRODUCTION..... | 92 |
| 7.2. | CONFIGURER UNE SIMULATION PAR GRAPHES | 92 |
| 7.2.1. | Généralités..... | 92 |
| 7.2.2. | Saisie du circuit | 93 |
| 7.2.3. | Placement des générateurs et des sondes..... | 93 |
| 7.2.4. | Placement des graphes..... | 94 |
| 7.2.5. | Ajout des courbes dans les graphes..... | 94 |
| 7.2.6. | Le processus de simulation..... | 95 |
| 7.3. | LES OBJECTS GRAPHES | 96 |

| | | |
|--------|--|-----|
| 7.3.1. | Généralités..... | 96 |
| 7.3.2. | Le graphe courant..... | 96 |
| 7.3.3. | Placer un graphe | 97 |
| 7.3.4. | Éditer un graphe | 97 |
| 7.3.5. | Ajouter des courbes dans un graphe | 98 |
| 7.3.6. | Boîte de dialogue de la commande ' <i>Ajouter courbe</i> '.100 | |
| 7.3.7. | Editer une courbe d'un graphe..... | 101 |
| 7.3.8. | Modifier l'ordre ou la couleur des courbes..... | 101 |
| 7.3.9. | Configuration manuelle des axes Y | 102 |

1. INTRODUCTION

1.1. A PROPOS DE PROTEUS VSM

Historiquement la simulation des circuits était un processus non interactif. Initialement, les *netlists* étaient générées à la main, et les sorties étaient constituées de lignes de nombres. Dans le meilleur des cas, vous disposiez d'une sortie imprimée pseudo graphique qui utilisait le caractère astérisque pour afficher les formes d'ondes de la tension et du courant.

Plus récemment, la saisie de schéma et les graphes sur l'écran sont devenus la norme, mais la simulation est toujours un processus non interactif – vous dessinez le circuit, lancez la simulation et analysez les résultats à l'aide d'une sorte de post processeur. Ceci peut convenir lorsque le comportement du circuit en test est essentiellement statique tel un oscillateur qui se stabilise et oscille avec bonheur à 1MHz. Cependant, lorsque vous concevez une alarme sonore et que vous souhaitez tester son comportement lorsqu'un code erroné est entré sur le clavier, le recours à un prototype physique est souvent indispensable. Notre monde technologique actuel a certainement mieux à nous offrir en termes de productivité.

Seul le monde de l'éducation a fait des essais afin d'offrir une représentation de la simulation des circuits identique à la réalité, et de permettre ainsi une interaction avec les circuits en cours de simulation. Le problème ici, a été que les modèles de circuits animés sont codés "en dur" dans le programme. Seul un nombre limité de composants simples tels les commutateurs, les lampes à incandescence, des moteurs électriques, sont disponibles et leur intérêt pour un utilisateur professionnel est limité. De plus, la qualité de la simulation laisse

souvent à désirer. Par exemple, un produit majeur de ce type ne donne aucune information temporelle (*timing*) de ses modèles numériques.

PROTEUS VSM vous apporte le meilleur des deux mondes Il combine un simulateur en mode mixte basé sur le standard SPICE3F5 associé à des modèles de composants animés. De plus il fournit une architecture qui autorise tout un chacun à créer des modèles supplémentaires. Bien évidemment la plupart des modèles animés additionnels peuvent être produits sans le recours à la programmation. Par conséquent PROTEUS VSM permet aux ingénieurs professionnels de simuler de manière interactive des projets réels et ainsi de briser les limites traditionnelles de la simulation des circuits.

Si cela ne suffisait pas, nous avons créé une gamme de modèles de simulation pour les microcontrôleurs populaires ainsi que des modèles animés de périphériques tels les afficheurs à LED, LCD, des pavés numériques, un terminal RS232 et plus encore. Par conséquent il devient possible de simuler un système complet à microcontrôleur sans prototype physique préalable. Dans notre société économique où la notion de *'time to market'* prend chaque jour plus d'importance, ceci représente un avantage indéniable.

Il faut également noter que la puissance de calcul des PC modernes est impressionnante. Les Pentium actuels peuvent simuler des projets basés sur de microcontrôleurs en temps réel, voire plus rapidement dans certains cas.

1.2. À PROPOS DE LA DOCUMENTATION

Ce manuel est complémentaire à l'information fournie par l'aide en ligne. Alors que le manuel contient des informations de fond et des tutoriaux, l'aide contextuelle fournit des informations relatives à chaque icône, commande et boîte de dialogue. Une aide existe pour la plupart

des objets de l'interface utilisateur et s'obtient en pointant sur l'objet en question avec la souris, puis en appuyant sur la touche F1 du clavier.

PROTEUS VSM peut être utilisé de deux façons distinctes – en simulation interactive ou en simulation par graphes et ceci est reflété par la structure du manuel. Typiquement vous utiliserez la simulation interactive pour apprécier le comportement du projet dans sa globalité et la simulation par graphes pour investiguer la nature des problèmes éventuels ou pour obtenir des mesures plus précises. Cependant il n'existe pas de règle pure et dure. Certains éléments du système, tels les générateurs, fonctionnent dans les deux modes et c'est pourquoi des chapitres spécifiques leurs sont consacrés.

Des tutoriaux détaillés sont fournis pour vous aider à appréhender les deux types de simulation. Nous vous recommandons fortement de pratiquer ces tutoriaux qui présentent les techniques de base nécessaires à la compréhension du système.

2. TUTORIAL DE LA SIMULATION INTERACTIVE

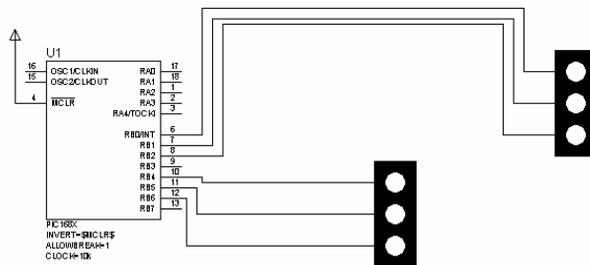
2.1. INTRODUCTION

2.1.1. Introduction

L'objet de ce tutoriel est de vous montrer, à travers la création d'un schéma simple, comment conduire une simulation interactive avec Proteus VSM. Pendant que nous nous concentrerons sur l'utilisation des composants actifs et des possibilités de mise au point de l'éditeur ISIS, nous regarderons également les bases de la saisie de schéma – veuillez vous reporter au manuel de ISIS pour plus de détails.

Le circuit que nous utiliserons pour la simulation est composé de deux feux de contrôle du trafic connectés à un microcontrôleur PIC16F84 comme montré ci-dessous.

Nous expliquerons la construction du schéma à partir d'un projet vide, cependant une version terminée de ce schéma est présente dans le sous-répertoire 'Samples\Traffic Lights' du dossier d'installation du logiciel, sous le nom 'trafic.dsn', ainsi que le code source utilisé pour le PIC. Les utilisateurs, habitués avec la manipulation d'ISIS, peuvent se rendre directement à la section qui présente le programme du microcontrôleur.



Si vous n'êtes pas un habitué d'ISIS, nous allons vous présenter les bases de la manipulation de cet éditeur afin de vous familiariser avec l'environnement, avant de passer au programme.

2.1.2. Dessin du circuit

Placement des composants

Nous allons commencer par placer deux feux tricolores et un PIC16F84 sur une nouvelle feuille de notre projet. Commencez par créer un nouveau projet (design), sélectionnez l'icône Composant (tous les icônes affichent une info bulle et une aide contextuelle dans la partie inférieure de l'écran), puis cliquez gauche sur le bouton 'P' placé au-dessus du sélecteur d'objets. La fenêtre de sélection des composants en bibliothèque se superpose à la fenêtre d'édition.

Les feux tricolores sont présents dans la bibliothèque ACTIVE et le microcontrôleur PIC dans la bibliothèque MICRO. Pour transférer un composant vers le projet, positionnez la souris sur le nom de l'objet désiré et double cliquez sur lui. Une sélection réussie fera apparaître le nom du composant dans le sélecteur d'objets à droite.

Lorsque vous avez sélectionné à la fois les objets TRAFFIC LIGHTS et PIC16F84, fermez le sélecteur de composants en bibliothèque et cliquez sur le PIC16F84 placé dans le sélecteur d'objet (une prévisualisation du

composant apparaît dans la vue globale, dans le coin supérieur droit de l'écran). A présent, cliquez gauche dans la fenêtre d'édition pour placer le composant du schéma, et répétez ces opérations pour les deux feux tricolores.

Déplacement et orientation

A présent, nous avons placé les éléments de notre schéma mais il est fort possible que ceux-ci ne soient pas positionnés correctement. Pour déplacer un composant, positionnez la souris sur lui et cliquez droit (le composant doit être en surbrillance), puis enfoncez le bouton gauche et glissez le composant à la position désirée (vous devriez voir le contour du composant suivre le déplacement du pointeur de la souris). Lorsque la position désirée est atteinte, relâchez le bouton gauche pour terminer le déplacement. Notez qu'à cet instant le composant est toujours en surbrillance – cliquez droit dans une zone vierge de la fenêtre d'édition pour restituer l'état normal.

Pour orienter le composant, cliquez droit sur lui comme précédemment, puis cliquez sur l'icône d'orientation. La rotation s'effectue par pas de 90° - répétez autant que nécessaire. A nouveau, il est préférable de cliquer droit dans une zone vierge du schéma pour dévalider la sélection en cours.

Ce tutoriel ignorera les fonctions graphiques 2D impliquées dans la jonction des connexions pour nous concentrer sur la simulation du circuit.

Zoom et panoramique

Afin de connecter les éléments du schéma, il est utile de savoir zoomer sur une zone spécifique. La touche F6 zoom autour de la position de la souris ou, autre méthode, maintenez la touche SHIFT enfoncée et étirez un rectangle (bouton gauche) autour de la zone à zoomer. Un zoom arrière est obtenu avec la touche F7. La touche F8 effectue un zoom qui

permet de visualiser la totalité du projet. Ces raccourcis claviers correspondent aux commandes du menu 'Affichage' (*View*).

ISIS possède une caractéristique puissante appelée 'Accrochage Temps Réel' (*Real Time Snap*). Lorsque le pointeur souris est positionné à proximité des terminaisons des pattes ou des fils, la position du curseur s'accroche sur ces objets. Ceci facilite l'édition et la manipulation du schéma. Cette fonctionnalité, active par défaut, est présente dans le menu '*Outils*'.

Connexion des composants

La façon la plus simple de connecter un circuit est de valider l'option de '*Routeur de fils automatique*' du menu '*Outils*'.

Faites un zoom sur le PIC afin de bien visualiser les pattes du composant et placez le pointeur souris sur la patte 6 (RB0/INT). Vous devriez voir apparaître un petit curseur 'x' à l'extrémité de la souris. Ceci indique que la position de la souris permet de connecter un fil sur cette patte. Cliquez gauche pour débuter votre tracé et déplacez la souris vers le feu rouge d'un des feux tricolores. Lorsque vous visualisez un 'x' sur la patte d'arrivée, cliquez gauche pour terminer la connexion. Répétez le procédé afin d'obtenir le schéma souhaité.

Plusieurs points sont à noter :

- ? Vous pouvez connecter dans n'importe quel mode de fonctionnement – ISIS est suffisamment intelligent pour déterminer ce que vous faites.
- ? Lorsque l'autorouteur de fil est validé, il s'arrange pour trouver un chemin qui tient compte des obstacles. Ceci signifie que, de manière générale, il vous suffit de cliquer gauche sur les points de départ et d'arrivée de votre connexion, et ISIS se charge de trouver le bon chemin.

? Lorsque vous atteignez le bord de la zone d'édition, ISIS effectuera un panoramique automatiquement lors de la définition des extrémités de la connexion. Ceci signifie que vous pouvez zoomer au niveau qui vous convient, puis définir le point de départ et d'arrivée. Rien ne vous empêche d'utiliser les touches F6 et F7 pour agrandir ou réduire l'échelle de visualisation.

Pour terminer, nous devons connecter la patte 4 à un terminal 'd'alimentation' (*power*). Sélectionnez l'icône de Terminal, puis validez le mot POWER dans le sélecteur d'objets. A présent, cliquez gauche dans la fenêtre d'édition. Rectifiez l'orientation si nécessaire et connectez la patte 4.

Votre circuit est terminé et, à ce stade, vous pouvez charger la version complète du circuit – ceci afin d'éviter toute confusion pour la suite des explications.

2.1.3. Ecrire le programme

Listing du source

Pour les besoins du tutoriel, nous avons préparé le programme suivant qui utilisera le PIC pour contrôler les feux de gestion du trafic. Le programme est présent dans le fichier TL.ASM du sous-répertoire 'Samples\Traffic Lights' du répertoire d'installation.

```
LIST      p=16F84 ; PIC16F844 est le processeur cible

#include "P16F84.INC" ; Inclure fichier entête.

CBLOCK 0x10 ; Zone tampon.
    state
    11,12
ENDC

org      0 ; Vecteur de début.
```

```
        goto    setports        ; Aller au code de lancement.

org     4          ; Vecteur d'interruption.
halt    goto    halt          ; Stopper si boucle sans fin- ne rien
faire.

setports  clrw                    ; Zéro dans W.
          movwf  PORTA          ; S'assurer PORTA=0 avant
validation.
          movwf  PORTB          ; S'assurer PORTB=0 avant
validation.
          bsf   STATUS,RP0      ; Sélectionner la Bank 1
          clrw                    ; Masquer tous les bits comme
sorties.
          movwf  TRISB          ; Valider registre TRISB.
          bcf   STATUS,RP0      ; Resélectionner Bank 0.

initialise clrw                    ; Etat initial.
           movwf  state          ; Valider.

loop     call    getmask         ; Convertir état.
          movwf  PORTB          ; Ecrire vers port.
          incf   state,W         ; Incrémenter état dans W.
          andlw  0x04           ;
          movwf  state          ; Mettre en mémoire.
          call   wait           ; Attendre :- )
          goto   loop           ; et boucler :- )

; Fonction qui renvoie un masque de bits de l'état courant du
; port de
; sortie.
; Le nibble supérieur contient les bits pour un groupe de feux et
; celui
; inférieur pour l'autre groupe.
; Bit 1 pour rouge, 2 pour orange, 3 pour vert. Bit 4 non
; utilisé.

getmask  movf    state,W         ; Obtenir état dans W.
          addwf  PCL,F          ; Ajoute offset dans W de PCL. Calcul
goto.
          retlw  0x41           ; state==0 est Vert et Rouge.
          retlw  0x23           ; state==1 est Orange et
Rouge/Orange.
          retlw  0x14           ; state==3 est Rouge et Vert
```

```
retlw 0x32 ; state==4 est Rouge/Orange et
Orange.

; Fonction qui utilise deux boucles pour définir un
retard.
wait movlw 5
movwf 11

w1 call wait2
decfsz 11
goto w1

return

wait2 clrf 12
w2 decfsz 12
goto w2
return
END
```

En fait ce programme contient une erreur délibérée, afin que plus tard
....

Attacher le fichier source

L'étape suivante est d'associer le programme à notre projet afin de simuler son fonctionnement. Nous faisons cela grâce aux commandes du menu '*Source*'. Sélectionnez la commande '*Ajouter/Supprimer fichiers sources*'. Cliquez sur le bouton '*Nouveau*', et parcourez les répertoires jusqu'à sélectionner '*\Proteus\Samples\Traffic Lights*' et le fichier TL.ASM. Cliquez sur '*Ouvrir*' et là le fichier sera inséré dans la liste déroulante des fichiers sources.

A présent nous devons choisir l'outil de génération de code pour ce fichier. L'outil MPASM convient parfaitement et doit être choisi dans la liste déroulante (si vous envisagez d'utiliser un autre assembleur ou compilateur, vous devrez l'enregistrer par la commande de définition d'outil de génération de code).

A ce stade, nous avons attaché le fichier source et spécifié l'outil de génération de code à utiliser.

2.1.4. Mise au point du programme

Simulation du circuit

Afin de simuler le circuit, positionnez votre souris sur le bouton *Play* du panneau d'animation, placé dans la partie inférieure gauche de l'écran, et cliquez gauche. La barre de message doit indiquer le temps écoulé depuis le lancement de l'animation. Vous noterez également qu'un des feux est vert alors que l'autre est rouge et que l'état logique des pattes est visualisé sur le schéma. Vous vous apercevrez cependant que les feux ne changent pas d'état. Ceci provient d'une erreur que nous avons volontairement introduite dans le programme. A ce stade, il convient de mettre au point le programme pour isoler le problème.

Mode de 'mise au point' (debug)

Afin de passer en mode de mise au point, nous allons arrêter la simulation. Lorsque cette opération est effectuée, nous allons lancer le mode 'debug' en utilisant la combinaison CTRL+F12. Deux fenêtres apparaissent – une contient les valeurs courantes des registres et l'autre visualise le source du programme. L'une ou l'autre de ces fenêtres peut être activée par l'intermédiaire du menu '*Debug*', de même qu'un bon nombre d'autres fenêtres d'informations. Nous désirons également activer une fenêtre 'd'analyse de variable' (*Watch Window*) afin de suivre les changements de l'état des variables.

Concentrons-nous sur la fenêtre 'Source' et notons la flèche rouge à gauche. Ceci, plus la ligne mise en surbrillance, indique la position courante du compteur programme. Pour placer un point d'arrêt ici appuyez sur la touche ENTREE (le point d'arrêt sera toujours positionné sur la ligne en surbrillance). Si vous désirez supprimer le point d'arrêt,

vous devrez appuyer sur la touche ENTREE à nouveau, mais nous conserverons le point d'arrêt pour la suite des explications.

Positionner un point d'arrêt

Un coup d'œil au programme montre un bouclage continu. Il serait intéressant de placer un point d'arrêt au début de la boucle. Pour ce faire, nous mettons la ligne correspondante en surbrillance (adresse 000E) avec la souris, puis appuyons sur F9. Puis lancez l'exécution grâce à la touche F12. Vous devriez voir un message dans la barre inférieure de l'écran qui indique qu'un point d'arrêt numérique a été atteint, avec la valeur correspondante du compteur programme (PC). Celle-ci doit être la même que le point que vous avez placé.

Une liste des touches de mise au point est donnée dans le menu 'Debug', mais nous utiliserons principalement F11 pour avancer l'exécution en pas à pas. Utilisez F11 et vous constaterez que la flèche rouge s'est déplacée sur l'instruction suivante. Nous venons d'exécuter l'instruction 'clrw', avant d'arrêter. Vous pouvez vérifier cela en regardant le registre W dans la fenêtre 'Registres' et vérifier qu'il vient d'être remis à zéro.

Ce que nous devons faire à présent est de déterminer ce que doit faire l'instruction suivante et de tester si l'exécution correspond. Par exemple, l'instruction suivante doit déplacer le contenu du registre 'W' vers le PORT A, c'est à dire que le port A doit être effacé. L'exécution de cette instruction et le contrôle de la fenêtre 'Registres' vérifie que c'est bien le cas. Poursuivez afin de constater que les deux ports ont été effacés (comme indiqué par le registre TRISB) et que la variable d'état a été mise à 0.

Comme nous arrivons sur un appel de fonction nous pouvons, soit exécuter son contenu sans entrer dans le détail (touche F10), soit exécuter chaque instruction de la fonction appelée (touche F11). Appuyez sur la touche F11 et vous serez positionné sur la fonction

'*getmask*'. Un pas à pas montre que l'opération '*move*' s'effectue correctement et que nous arrivons au bon emplacement pour ajouter un offset de zéro à notre table de transcodage. Le masque est celui attendu lorsque nous revenons dans le programme principal. Au pas suivant; lorsque ce masque est écrit sur le port, la répercussion visuelle est correcte. Encore un pas pour incrémenter W de 1, confirmé dans la fenêtre 'Registre'.

Le pas à pas nous amène à l'instruction qui remet à zéro l'état lorsque sa valeur est supérieure à 3. Ceci, comme nous l'observons dans la fenêtre *Watch*, n'est pas réalisé comme désiré. L'état doit être clairement incrémenté de 1 de façon à valider correctement le masque pour l'instruction suivante de la boucle.

Trouver l'erreur

Une investigation plus poussée révèle que le problème est causé par un ET logique avec 4 au lieu de 3. Les états que nous désirons sont 0, 1, 2, 3 et un ET logique de chacune de ces valeurs avec le nombre 4 donne 0. Ceci explique pourquoi l'état ne change pas pendant la simulation. La solution est de modifier l'instruction AND avec 3 au lieu de 4.

Ce court exemple des techniques de mise au point, disponibles dans Proteus VSM, illustre les bases des multiples fonctionnalités disponibles.

3. TUTORIAL DE LA SIMULATION PAR GRAPHERS

3.1.1. Introduction

L'objectif de ce tutorial est de vous montrer, en utilisant un circuit amplificateur simple, comment effectuer une simulation analogique avec PROTEUS VSM. Il vous apprendra, pas à pas, à :

- ? Placer des graphes, des sondes et des générateurs.
- ? Lancer une simulation.
- ? Utiliser les graphes pour afficher les résultats et effectuer des mesures.
- ? Découvrir les types d'analyses disponibles.

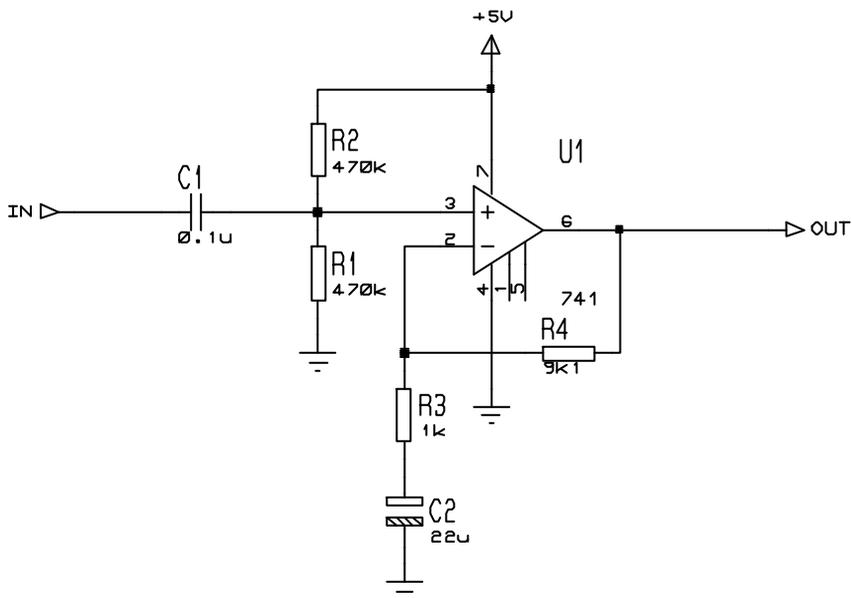
Le tutorial **ne traite pas** de l'apprentissage d'ISIS - placement de composants, interconnexions, sélection des objets, etc. Si ISIS vous est encore inconnu, nous vous recommandons fortement de vous familiariser avec lui avant d'attaquer ce tutorial.

Vous pourriez être tenté de tester tout de suite une simulation à partir d'un de vos circuits sans prendre le temps d'aborder ce tutorial. Vous parviendrez sans doute à des résultats, mais vous perdrez du temps et passerez à côté de choses utiles qui vous permettront de gagner du temps par la suite. De plus vous pourriez être déçu, voir frustré à la longue, en pensant que ce logiciel ne répond pas à vos attentes. C'est pourquoi nous pensons qu'il vous sera très profitable de passer par ce tutorial, même si vous avez le sentiment de pouvoir brûler cette étape.

3.1.2. Démarrer

Le circuit sur lequel nous travaillerons est un amplificateur audio articulé autour d'un AOP (ampli opérationnel) 741 dont vous trouverez le schéma ci-dessous. Comme vous le constaterez le 741 est utilisé dans une configuration inhabituelle car alimenté à partir d'une seule source de tension de 5 Volts. Les résistances de contre-réaction R3 et R4 fixent le gain à 10 environ. Les composants de polarisation en entrée, R1, R2 et C1, définissent une fausse référence de masse sur l'entrée non-inverseur qui est découplée du signal d'entrée

Comme c'est habituellement le cas avec ce genre de montage, nous effectuerons une analyse transitoire (*Transient Analysis*). Ce type d'analyse est très pratique car elle fournit de multiples renseignements. Une fois cette analyse décrite, d'autres formes d'analyses pourront être présentées.



A partir de cet instant, nous vous conseillons de charger le fichier ASIMTUT1.DSN du sous-répertoire 'Samples\Tutorials' de votre répertoire d'installation de Proteus.

3.1.3. Générateurs

Pour tester le circuit il est nécessaire de lui injecter un signal adéquat en entrée. Nous utiliserons une source de tension impulsionnelle comme signal de test. Un objet générateur devra donc être ajouté au schéma; c'est lui qui fournira notre signal.

Pour placer un générateur, cliquez gauche sur l'icône Générateur : le sélecteur d'objets affiche la liste des générateurs disponibles. Pour notre simulation nous avons besoin d'un générateur de type *Pulse*. Validez ce générateur, positionnez la souris dans la fenêtre d'édition à droite du terminal IN et cliquez gauche sur le fil pour placer le générateur.

L'objet *Générateur* se manipule comme les autres objets d'ISIS. Les mêmes procédures de prévisualisation et d'orientation avant placement, d'édition, de déplacement, de réorientation ou d'effacement après placement, s'appliquent.

De même qu'un générateur peut être placé directement sur une liaison existante, le générateur peut être positionné ailleurs dans la feuille puis relié comme vous le faite pour relier une résistance ou un condensateur. Si vous déplacez un générateur qui était sur une liaison, ISIS comprendra que vous voulez le 'détacher' et déconnectera automatiquement le lien.

Vous noterez qu'une référence est automatiquement affectée au générateur au moment de son placement - ici, il prend le nom du composant le plus proche - le terminal IN. Lorsqu'un générateur est relié à un objet (ou placé directement sur un lien existant), le nom qui lui est

affecté est celui du lien au quel il est connecté. Si le lien n'est pas nommé, le nom sera celui de la patte du composant le plus proche.

Pour terminer, il faut configurer le générateur. Les propriétés de contrôle d'un générateur définissent son comportement. Afin d'éditer la boîte de dialogue correspondant au générateur, il faut le sélectionner avec le bouton droit de la souris puis cliquer gauche. Entrez la valeur 10mV dans le champ *High Voltage* et la valeur 0.5s dans le champ *Largeur de l'impulsion*.

Cliquez sur OK pour accepter les modifications. Pour notre circuit un seul générateur est nécessaire, mais il n'existe pas de limite quant au nombre de générateurs pouvant être placés.

3.1.4. Sondes

Une fois que l'entrée du circuit qui utilise le générateur est connue, il reste à positionner des sondes aux points de mesures. Nous sommes manifestement intéressés par la sortie et aussi par la forme du signal au point de polarisation en entrée. Nous placerons donc deux sondes, en chacun de ces points. Si besoin est d'autres sondes pourront être ajoutées en d'autres points critiques et la simulation répétée.

Pour placer une sonde, cliquez gauche sur l'icône Sonde de tension (vérifiez que vous n'avez pas validé la sonde de courant). Les sondes peuvent être placées directement sur les connexions ou placées n'importe où et connectées ensuite, comme pour les générateurs. Placez le curseur souris dans la fenêtre d'édition, à gauche de la broche 3 de U1, et cliquez gauche pour placer la sonde sur la liaison qui relie la patte 3 à R1 et R2. Notez que la sonde prend le nom du composant le plus proche qui y est connecté, avec le nom de la broche entre parenthèses. Assurez-vous d'avoir bien placé la sonde sur la liaison avant de cliquer car si vous vous trouvez sur une patte de composant, le raccordement

de la sonde ne sera pas accepté. Maintenant, placez la seconde sonde en cliquant gauche juste à gauche de la sortie OUT, sur la liaison qui relie OUT à la sortie de U1, entre le point de jonction et le terminal.

L'objet SONDE se manipule comme les autres objets dans ISIS. Les mêmes procédures de prévisualisation et d'orientation avant placement, et l'édition, le déplacement, la réorientation ou l'effacement après placement, s'appliquent. Les sondes peuvent être éditées pour changer leur nom. Les noms affectés par défaut sont imposés dans le cas présent, mais vous pouvez les éditer en sélectionnant la sonde (clic droit), puis en cliquant gauche soit sur le nom, soit sur la sonde en elle-même.

Maintenant que le circuit est prêt pour la simulation, nous devons placer un graphe pour visualiser les résultats de la simulation sous forme de courbes.

3.1.5. Graphes

Les graphes jouent un rôle important dans la simulation: ils ne se bornent pas à l'affichage des résultats, mais définissent le type de simulation effectué. En plaçant un ou plusieurs graphes, et en précisant le type de données à afficher (données numériques, tension, impédance, etc.), ISIS comprend quel(s) type(s) de simulation(s) doit être effectué et quelle section du circuit doit être incluse dans la simulation. Pour notre analyse transitoire nous avons besoin d'un graphe de type analogique. Nous le désignons sous le vocable *analogique* plutôt que 'transitoire' afin de bien le distinguer du type de graphe *numérique* - utilisé pour afficher les résultats d'une analyse d'un circuit numérique, forme particulière de l'analyse transitoire. Lorsqu'on désire afficher à la fois un graphe analogique et numérique sur un axe temporel identique, il faut utiliser un graphe unique appelé *mixte* (Mixed graph).

Validez l'icône Graphe de simulation et choisissez un graphe analogique dans le *sélecteur d'objets*, puis positionnez le curseur de la souris dans la

fenêtre d'édition, appuyez sur le bouton gauche de la souris et tout en le maintenant appuyé, étirez un rectangle de taille appropriée; puis relâchez le bouton de la souris pour fixer le graphe.

Les graphes se comportent comme les autres objets d'ISIS, cependant ils recèlent quelques subtiles différences. Nous verrons les caractéristiques principales dans ce tutorial. Vous pouvez sélectionner un graphe de la façon habituelle en cliquant droit sur ce dernier pour, à l'aide du bouton gauche de la souris, le déplacer ou modifier ses dimensions. Pour modifier les dimensions d'un graphe (au préalable sélectionné), placez le curseur sur une des poignées situées aux bords du graphe et maintenez le bouton gauche de la souris appuyé au moment du déplacement du curseur.

Pour déplacer un graphe (au préalable sélectionné), placez le curseur sur le graphe mais pas sur une poignée et maintenez le bouton gauche de la souris appuyé au moment du déplacement du curseur.

Nous devons maintenant ajouter au graphe les informations relatives au générateur et aux sondes. Chaque générateur possédant sa propre sonde (intégrée en quelque sorte), il est inutile d'en rajouter une dans le circuit pour voir la forme du signal qu'il génère. Il existe trois méthodes pour placer ou ajouter les sondes et générateurs dans un graphe.

- ? Sélectionnez les sondes et le générateur (en cliquant droit sur ceux-ci) et glissez-les sur le graphe, comme si vous vouliez les déplacer. En relâchant le bouton gauche de la souris au moment où vous êtes au dessus d'un graphe, ISIS saura que vous n'avez pas effectué un déplacement, et ajoutera une courbe au graphe qui portera le même nom que celui de la sonde ou du générateur. Dans un graphe analogique, les courbes peuvent être associées à l'axe vertical Y de gauche ou à l'axe vertical Y de droite. Les sondes ou générateurs sont placés sur l'axe Y qui était le plus proche de la position de curseur au

moment du placement dans le graphe Quel que soit l'endroit où vous avez placé la sonde ou le générateur, la nouvelle courbe sera toujours ajoutée au-dessous des courbes existantes.

Les deux méthodes qui suivent utilisent la commande '*Ajouter courbe*' du menu '*Grappe*'. Cette commande ajoute toujours des sondes au graphe courant (lorsque plusieurs graphes sont définis, l'ajout concerne le graphe validé en bas du menu '*Grappe*').

- ? Lorsque la commande '*Ajouter courbe*' est appelée alors qu'aucune sonde ou générateur n'est sélectionné, une boîte de dialogue apparaît pour vous permettre de choisir une sonde dans la liste des sondes du schéma. Dans le cas d'un schéma réparti sur plusieurs feuilles, les sondes de toutes les feuilles seront affichées dans cette liste.
- ? Si une ou plusieurs sondes ou générateurs sont sélectionnés, le choix *Ajouter courbe* fait apparaître une boîte de dialogue d'ajout rapide qui vous demande de confirmer l'ajout des éléments sélectionnés. Si vous répondez OUI, les éléments seront ajoutés au graphe, par ordre alphabétique. Si vous répondez NON, la boîte de dialogue décrite dans le paragraphe précédent apparaîtra

Nous utiliserons la troisième méthode d'ajout rapide pour configurer notre graphe. Sélectionnez individuellement les sondes et le générateur ou, plus rapide, tracez un cadre qui englobe tout le circuit, avec le bouton droit de la souris - la fonctionnalité d'ajout rapide ignorera tout objet sélectionné autre que les sondes et les générateurs. Appelez le choix '*Ajouter courbe*' du menu '*Grappe*' et répondez 'Oui' à la question d'ajout rapide des sondes sélectionnées. Les noms des courbes apparaissent dans le graphe (parce qu'il n'y a qu'un seul graphe dans le cas présent, celui-ci devient le graphe courant. S'il y avait eu plusieurs graphes présents, c'est le dernier sélectionné qui deviendrait le graphe courant). Pour l'instant, seuls les noms sont présents dans le graphe et

aucune courbe n'est tracée. Si rien n'apparaît sur le graphe c'est qu'il est probablement trop petit pour qu'ISIS puisse y dessiner quelque chose. Dans ce cas il suffit de modifier ses dimensions comme indiqué plus haut (en le sélectionnant et en utilisant les poignées).

De la façon dont nous venons de procéder, nos courbes (placées par ordre alphabétique) apparaissent dans un ordre qui nous convient. Nous pouvons cependant modifier cet ordre. Pour ce faire, assurez-vous que le graphe ne soit pas sélectionné (il ne doit pas être en surbrillance), et sélectionnez (clic droit) le nom de la courbe que vous voulez déplacer ou éditer. Le nom doit être en surbrillance pour indiquer qu'il est bien sélectionné. Vous pouvez déplacer ce nom à l'aide du bouton gauche de la souris que vous maintiendrez appuyé pendant le déplacement (même chose que lorsque vous déplacez une référence de composant), vers le haut ou vers le bas. Si vous cliquez simplement sur le nom sélectionné (c'est à dire si vous relâchez aussitôt le bouton gauche de la souris), vous appellerez la boîte de dialogue spécifique à l'édition de la courbe. Si vous cliquez droit sur un nom déjà sélectionné, ce dernier sera effacé. Pour invalider la sélection de toutes les courbes, cliquez droit, en dehors de tout nom sélectionné, tout en restant dans le graphe.

Il reste une dernière petite chose à faire avant de lancer la simulation ; paramétrer la durée de la simulation. ISIS simulera le circuit sur une durée égale au paramètre TEMPS FIN sur l'axe des X du graphe et dont la valeur par défaut est de 1 seconde. Dans notre cas, nous voulons un signal carré de fréquence élevée à l'entrée de notre montage: disons 10KHz. La période totale de ce signal sera donc de 100ms. Sélectionnez le graphe et cliquez gauche dessus pour appeler sa boîte de dialogue. Cette boîte de dialogue dispose de plusieurs champs pour modifier le titre du graphe, le temps de début, le temps de fin, le nom de l'axe gauche et le nom de l'axe droit (non affichés pour un graphe numérique), et également les propriétés globales de la simulation. Le seul

champ que nous modifierons ici est le paramètre *Temps de fin*, qui vaut 1.00 à l'origine (une seconde) et que nous abaisserons à 100u (vous pouvez taper directement 100u - ISIS convertira en 100E-6), puis cliquez sur OK.

A partir de cet instant nous vous conseillons de charger le fichier ASIMTUT2.DSN du sous-répertoire 'Samples\Tutorials' de votre répertoire d'installation de Proteus.

3.1.6. Simulation

Pour simuler notre circuit, il suffit d'activer le choix '*Simuler*' du menu '*Grappe*' (raccourci clavier: barre espace). La commande '*Simuler*' lance la simulation et provoque le rafraîchissement du graphe en cours (celui qui est validé en bas du menu déroulant '*Grappe*') avec affichage des résultats de la simulation.

Faites-le maintenant. La barre de menu d'ISIS est remplacée par une barre d'état indiquant l'état d'avancement du processus de simulation. Quand la simulation est terminée, le graphe est dessiné avec les nouvelles données. En fait, le simulateur ignore le temps de départ : La simulation démarre toujours au temps zéro et continue jusqu'au temps de fin, ou jusqu'à ce que le simulateur trouve un état stable. Vous pouvez interrompre une simulation en cours en pressant la touche échappement du clavier.

Un journal de simulation relatif à la dernière simulation effectuée est actualisé. Vous pouvez consulter ce journal par le biais de la commande '*Voir fichier log*' du menu '*Grappe*' (raccourci clavier: CTRL+V). Le journal d'une simulation analogique ne vous apportera pas grand chose, à moins que n'y soient rapportés des messages d'erreur ou d'avertissement, auquel cas vous saurez ce qui n'a pas fonctionné correctement. Dans certains cas, le journal de simulation produit des

informations utiles qui seraient difficilement interprétables directement depuis le graphe.

Si vous invoquez le simulateur une seconde fois, vous constaterez une chose singulière: rien ne se passe! Ceci parce qu'ISIS est suffisamment sophistiqué pour ne pas recalculer une portion de circuit dont aucun élément n'a changé - une nouvelle simulation ne sera lancée que si c'est vraiment nécessaire. Dans notre exemple rien n'avait été modifié et la simulation n'a pas été relancée. Si, pour une raison quelconque, vous voulez simuler un graphe de façon répétitive, vous pouvez cocher la case *Toujours simuler* dans la boîte de dialogue du graphe (choix 'Éditer graphe' du menu 'Grappe'). Si vous avez un doute sur les résultats d'une simulation, vous pouvez cocher la case *Ajouter netlist* dans cette même boîte de dialogue. Cela aura pour effet d'inclure la *netlist* du simulateur dans le journal de simulation.

La simulation est terminée. A la seule vue des courbes du graphe il est difficile de d'analyser les résultats. Pour contrôler si le circuit donne des résultats cohérents, nous devons faire des mesures...

3.1.7. Les mesures

Un graphe placé sur un schéma à côté d'un circuit est, au départ, sous forme réduite. Tout du moins il a la taille que vous lui avez donnée. Pour faire des mesures précises vous devez agrandir le graphe. Pour ce faire, assurez-vous tout d'abord que le graphe ne soit pas sélectionné (pas en surbrillance) et ensuite cliquez gauche sur sa barre de titre (en vert). Le graphe est alors affiché en plein écran. Seule la barre de menu d'ISIS apparaît en haut du graphe. Dessous, côté gauche de l'écran, sont indiqués les noms des courbes affichées. Les courbes elles-mêmes sont situées directement à droite de ces noms. Tout en bas de l'écran, il y a quatre boutons (Max, Out, DX et DY) et, à droite, une barre d'état donnant des renseignements sur le curseur (nous verrons plus loin en

quoi consiste un curseur et quel est son rôle). Sur ce nouveau graphe nous n'avons effectué aucune mesure, il n'y a aucun curseur visible, et la barre d'état n'affiche pour l'instant qu'un titre.

Les courbes se distinguent par leur couleur, identique au nom. Les noms des courbes IN, OUT, U1(POS IP) sont regroupés en haut de la fenêtre. Pour visualiser plus en détail les courbes nous allons séparer la courbe IN des deux autres. Cela peut être obtenu en faisant glisser le nom de la courbe sur la droite de l'écran (avec le bouton gauche de la souris maintenu appuyé). Cela fait apparaître l'axe Y de droite, avec une échelle qui lui est propre, différente de l'axe Y de gauche. L'amplitude de la courbe IN semble être maintenant plus importante; en fait, ISIS a automatiquement adapté l'échelle de l'axe Y de droite (un peu à la manière des appareils de mesure à changement de gamme automatique). Pour rendre le graphe plus clair, on aurait sans doute intérêt à ne plus afficher la courbe C1 (il s'agit d'un signal dont nous connaissons les caractéristiques). Cliquez droit deux fois sur le nom de la courbe C1 pour l'effacer du graphe.

Nous allons mesurer deux grandeurs :

- ? Le gain en tension du circuit.
- ? Le temps de descente de la sortie.

Ces mesures font appel à des curseurs.

Chaque graphe possède deux curseurs, un de référence et un autre primaire. Le curseur REFERENCE est affiché en rouge, le curseur PRIMAIRE en vert. Un curseur est toujours 'verrouillé' sur une courbe, il se présente sous la forme d'un X qui chevauche la forme de l'onde et la suit quand on le déplace. Si l'on se sert des flèches de déplacement du clavier pour déplacer un curseur, il suit les divisions de l'axe X.

Commençons par placer le curseur REFERENCE. Les procédures sont identiques pour les deux curseurs. Maintenez la touche CTRL appuyée et cliquez dans le graphe sur une courbe (pas sur son nom): cela a pour effet de placer le curseur REFERENCE (trait vertical rouge), avec un X qui chevauche la courbe sur laquelle vous avez cliqué. Si vous n'aviez pas maintenu appuyée la touche CTRL, c'est le curseur PRIMAIRE que vous auriez placé (trait vertical vert). Pour déplacer un curseur il faut répéter l'action précédente, mais en maintenant le bouton gauche de la souris pendant le déplacement: CTRL + bouton gauche pour le curseur REFERENCE ou bouton gauche seul pour le curseur PRIMAIRE. Déplacez le curseur REFERENCE et positionnez-le à 70u ou 80u sur l'axe X (pensez à la touche CTRL). Le titre qui apparaissait sur la barre de statut en bas a disparu pour laisser place à des informations liées au(x) curseur (s): temps (TIME) et niveau de tension (VOLTAGE) à droite de ces données, avec le nom de la (ou des) courbe(s) en question. Nous voulons analyser la courbe OUT.

Vous pouvez déplacer un curseur sur l'axe X, avec les flèches de direction gauche et droite du clavier, mais vous pouvez aussi déplacer le curseur d'une courbe à l'autre en utilisant les flèches de direction haut et bas du clavier. Les touches DEBUT et FIN du clavier amènent directement le(s) curseur(s) respectivement aux extrémités gauche ou droite de l'axe X. En maintenant appuyée la touche CTRL, essayez de déplacer le curseur REFERENCE le long de l'axe X, en utilisant les flèches de direction gauche et droite du clavier. Vous verrez que le curseur se déplace bien division par division sur l'axe horizontal.

Maintenant, placez le curseur PRIMAIRE sur la courbe OUT entre 20u et 30u. La procédure est la même que pour le curseur REFERENCE, exception faite qu'il ne faut pas appuyer sur CTRL. Les données TEMPS et TENSION sont maintenant ajoutées à la barre de statut (en vert

puisque'il s'agit du curseur PRIMAIRE). Les données TEMPS et TENSION du curseur primaire sont ajoutées à la barre d'état.

Les différences de temps et de tension entre les deux curseurs sont également affichées. La différence de tension devrait être d'environ 100mV. L'impulsion d'entrée ayant une amplitude de 10mV, l'ampli a bien un gain en tension de 10. Notez que cette valeur est positive parce que le curseur PRIMAIRE est au-dessus du curseur REFERENCE (en résultats relatifs, la valeur est 'Primaire - Référence').

Nous pouvons également mesurer le temps de descente en positionnant les curseurs sur le front descendant de l'impulsion. Pour ce faire, déplacez les deux curseurs à droite de l'impulsion de la courbe OUT (utilisez la souris ou les flèches de direction - touche CTRL pour le curseur REFERENCE). Le curseur PRIMAIRE doit se situer juste à droite de la réponse à l'impulsion. Le curseur REFERENCE doit être placé au point de départ de la chute de la courbe. Vous devriez obtenir un temps de descente légèrement inférieur à 10⁻⁷s.

3.1.8. Utilisation des sondes de courant

Nos mesures terminées, nous pouvons revenir à notre circuit. Pour redonner au graphe ses dimensions réduites, cliquez gauche sur sa barre de titre (en vert) ou appuyez sur la touche échappement. Nous utiliserons une sonde de courant pour examiner le courant qui circule dans le chemin de contre-réaction (mesure de courant dans R4).

Les sondes de courant sont utilisées d'une manière similaire aux sondes de tension, mais avec une différence capitale. Une sonde de courant doit être placée dans une direction bien précise. Les sondes de courant travaillent en effet en coupant une liaison et en s'y insérant, elles doivent donc connaître quelle orientation prendre. Cela est spécifié simplement par la façon dont elles sont placées. Avec l'orientation par défaut (inclinaison à droite), une sonde de courant mesure, dans un lien

horizontal, le flux de courant de gauche à droite. Pour mesurer un courant circulant dans un lien vertical, il faut faire subir à la sonde une rotation de 90° ou 270° . Une sonde mal disposée va générer une erreur qui sera reportée lors d'une simulation. En cas de doute sur son placement, observez la sonde: la flèche doit pointer dans la direction du flux du courant.

Choisissez une sonde de courant en cliquant sur l'icône Sonde de Courant. Cliquez sur l'icône Orientation afin que la flèche de la sonde, visible dans la fenêtre de prévisualisation, pointe vers le bas. Placez alors la sonde sur la jonction verticale entre le côté droit de R4 et la broche 6 de U1. Ajoutez la sonde sur le côté droit du graphe en la sélectionnant et en la glissant dans le graphe. Le côté droit du graphe est un bon choix pour les sondes de courant parce qu'elles demandent une échelle dont l'ordre de grandeur est souvent très différent de celui des sondes de tension. Pour le moment, aucune courbe n'est dessinée pour la sonde de courant. Appuyez sur la barre espace pour démarrer la simulation. La courbe apparaît.

Bien que le graphe soit de taille réduite, on se rend compte que la forme du courant circulant dans la boucle de contre-réaction suit de près la forme du signal de sortie, ce à quoi nous pouvions nous attendre de la part d'un AOP. Le courant évolue entre $10\mu\text{A}$ et $0\mu\text{A}$. Si vous le voulez, vous pouvez agrandir le graphe pour mieux apprécier les résultats.

3.1.9. Analyse fréquentielle

En plus de l'analyse transitoire, il existe plusieurs autres analyses pour une simulation d'un circuit analogique. Elles font toutes appel à des graphes, des sondes et des générateurs, mais présentent des variations autour de ce thème. Nous allons maintenant considérer sera une analyse fréquentielle. Dans une analyse fréquentielle l'axe X devient l'axe des

fréquences (échelle logarithmique) et les courbes d'amplitude et de phase sont affichées sur les axes Y de gauche et de droite respectivement.

Pour effectuer une analyse fréquentielle, il nous faut un graphe fréquence. Cliquez gauche sur l'icône *Graphe de simulation* pour lister les graphes disponibles dans le sélecteur d'objets, et cliquez sur le type FREQUENCY. Placez un graphe sur le schéma. Il n'est pas nécessaire de supprimer le graphe TRANSITOIRE existant (pour supprimer un graphe, cliquer droit deux fois sur lui).

Nous ajoutons les deux sondes de tension OUT et UI (POS IP). Dans un graphe de type FREQUENCY, les deux axes Y (gauche et droit) ont un rôle spécial. L'axe Y de gauche est utilisé pour afficher la courbe d'amplitude du signal, alors que l'axe Y de droite est réservé à l'affichage de la courbe de phase. Afin de visualiser les deux courbes, ajoutez les sondes des deux côtés du graphe. Sélectionnez la sonde OUT et déplacez-la sur le côté gauche du graphe puis répétez l'opération, mais sur le côté droit du graphe. Chaque courbe aura une couleur différente mais de même nom. Maintenant, sélectionnez et déplacez la sonde UI (POS IP) sur le côté gauche seulement du graphe. A ce stade nous disposons de trois courbes sur le graphe.

Les valeurs d'amplitude et de phase doivent toutes deux être référencées. Pour ce faire, dans ISIS, il faut spécifier un générateur de référence (REFERENCE GENERATOR). Un générateur de référence possède toujours un niveau de sortie de 0dB (1 volt) à 0°. Tout générateur existant pourra être utilisé comme générateur de référence. Tous les autres générateurs présents dans un circuit seront ignorés pendant l'analyse fréquentielle. Pour que notre générateur IN soit notre générateur de référence dans notre circuit, il faut le sélectionner et le glisser dans le graphe comme s'il s'agissait d'une sonde. Sachant que vous incorporez un générateur, ISIS le considérera comme le générateur de référence et affichera un message dans la partie inférieure de l'écran

pour confirmer l'action. Vérifiez que vous avez bien fait ce qu'il fallait où la simulation ne fonctionnera pas correctement.

Dans notre cas il n'est pas obligatoire d'éditer les propriétés du graphe, puisque la plage des fréquences par défaut convient. Cependant, si vous le voulez, pointez le graphe et appuyez sur la combinaison clavier CTRL+E. La boîte de dialogue d'édition du graphe fréquentiel s'ouvre. Il n'est pas nécessaire de nommer les axes et il y a une case à cocher qui conditionne la façon dont se fera l'affichage de l'amplitude (Echelle Y en dBs). Si cette case n'est pas cochée, l'échelle d'amplitude sera linéaire. Si elle est cochée, l'échelle d'amplitude sera logarithmique. Il est en général plus intéressant de laisser cette case cochée (affichage en dB).

A présent appuyez sur la barre espace (curseur de la souris au dessus du graphe FREQUENCY) pour lancer la simulation. Quand la simulation est terminée, cliquez gauche sur la barre de titre du graphe pour l'agrandir. Occupons-nous d'abord de la courbe d'amplitude de la sortie OUT. Nous voyons que le gain dans la bande passante est de 20db (comme prévu) et que la plage des fréquences va de 50Hz à 20KHz. Les curseurs fonctionnent de la même façon que précédemment; vous pouvez les utiliser pour vérifier précisément ces données. La courbe de phase de la sortie OUT laisse apparaître la distorsion en bout de bande, la phase chutant à 90° à la fréquence où le gain est unitaire (à droite du graphe). L'effet du filtrage passe-haut de l'étage de polarisation peut être facilement examiné via la courbe d'amplitude de U1 (POS IP). Notez que l'échelle de l'axe X est logarithmique et que, pour lire les valeurs depuis l'axe, il est conseillé d'utiliser les curseurs.

3.1.10. Analyse par balayage de variable

Dans ISIS, il est possible de voir comment le circuit est affecté quand on change certains paramètres (changement d'une valeur de résistance par exemple). Il existe deux types d'analyse qui vous permettent cela: le

balayage (sweep) de valeur en régime continu (DC SWEEP) et le balayage de valeur en régime alternatif (AC SWEEP). Un graphe DC SWEEP affiche une série de valeur de points de fonctionnement, tandis qu'un graphe AC SWEEP affiche une série de valeurs de points pour une analyse fréquentielle, à la façon d'un graphe FREQUENCY, avec amplitude et phase.

Comme ces deux formes d'analyses sont similaires nous considérerons seulement le type DC SWEEP. Les résistances de polarisation d'entrée R1 et R2 sont influencées par le faible courant consommé par U1. Pour apprécier la façon dont R1 et R2 conditionnent le point de polarisation, on utilise une analyse DC SWEEP.

Pour commencer, placez un graphe DC SWEEP à un endroit vierge du schéma. Puis sélectionnez la sonde U1 (POS IP) et glissez-la sur la gauche du graphe. Nous avons besoin de définir la fourchette des valeurs que pourront prendre les résistances R1 et R2. Nous le faisons à l'aide de la boîte d'édition du graphe de balayage DC (pointez le graphe et appuyez sur CTRL + E). La boîte de dialogue contient des champs qui permettent de spécifier le nom des variables utilisées pour le balayage (*Sweep Variable*), les valeurs de début, de fin et le nombre de pas lors du parcours. Nous voulons que les résistances R1 et R2 prennent des valeurs comprises entre 100K et 5M. Entrez dans le champ DEBUT la valeur 100K et dans le champ FIN la valeur 5M. Cliquez sur OK pour accepter les changements.

Il est évident que les résistances R1 et R2 doivent être adaptées pour autoriser l'analyse par balayage. Cliquez droit puis gauche sur R1 pour l'éditer et remplacez le champ 'Valeur' qui contient 470k par X, et cliquez sur OK. Opérez de la même façon pour que le champ 'Valeur' de R2 contienne aussi la valeur X.

A présent vous pouvez simuler le graphe en le pointant et en pressant la barre espace. En agrandissant le graphe vous pouvez voir que le niveau du point de polarisation diminue quand les valeurs de R1 et R2 augmentent. Pour des valeurs de 5M le défaut est net. Bien sûr, le changement des valeurs de R1 et R2 affecte aussi la réponse en fréquence de l'ensemble du circuit. Nous devrions faire une analyse AC SWEEP à 50Hz pour voir les effets de ces changements aux basses fréquences et trouver un compromis.

3.1.11. Analyse du bruit

Le dernier type d'analyse que nous présentons est l'analyse du bruit (*Noise Analysis*). Dans ce type d'analyse le simulateur détermine le niveau de bruit thermique apporté par chaque composant. Tous ces niveaux de bruit sont additionnés en chaque point 'sondé' du circuit. Les résultats sont inscrits pour une largeur de bande donnée.

A noter quelques points particuliers dans une analyse de bruit :

- ? Le temps de simulation est directement proportionnel au nombre de sondes de tension (et de générateurs) placé dans le circuit, chacune étant prise en compte dans l'analyse.
- ? Les sondes de courant n'ont pas de signification dans une analyse de bruit et sont ignorées.
- ? Une grande quantité d'informations intéressantes est ajouté au journal de simulation (SIMULATION LOG).
- ? PROSPICE calcule le bruit d'entrée ET de sortie. Pour le premier, une référence d'entrée doit être définie. Ceci est possible en plaçant un générateur sur le graphe comme pour l'analyse fréquentielle. Le bruit d'entrée montre alors le bruit équivalent sur l'entrée pour chaque sortie sondée.

Pour lancer une analyse de bruit de notre circuit nous devons déjà redonner à R1 et à R2 leur valeur originale de 470k. Faites-le maintenant. Ensuite choisissez un graphe de type NOISE et placez-le dans un endroit vierge du schéma. Nous ne nous intéresserons qu'à la mesure du niveau de bruit à la sortie OUT; sélectionnez la sonde de tension OUT et glissez-la sur le graphe. Là aussi, les valeurs données par défaut pour la simulation nous conviennent, mais vous pouvez toujours, par curiosité, consulter la boîte de dialogue d'édition du graphe de bruit (clic droit puis gauche sur le graphe). Si vous consultez cette boîte, vous remarquerez que la case à cocher permettant de visualiser les résultats en db est cochée. Si vous utilisez cette option, assurez-vous que le niveau 0dB correspond à 1V r.m.s. Cliquez sur ANNULER pour fermer cette boîte de dialogue.

Lancez la simulation. Une fois la simulation terminée et le graphe agrandi, vous vous rendrez compte que les valeurs qui résultent de ce type d'analyse sont extrêmement faibles (de l'ordre du pV dans notre cas). Alors, comment dépister la source de bruit dans notre montage? La réponse se trouve dans le journal de simulation. Regardez maintenant le journal de simulation par la combinaison clavier CTRL+V. Utilisez la flèche de l'ascenseur de la fenêtre vers le bas jusqu'à ce que vous trouviez la ligne qui débute par:

```
Total Noise Contributions at ...
```

Le bloc de texte qui suit liste tous les éléments qui contribuent au bruit total. La plupart de ces éléments sont, en fait, internes à l'amplificateur opérationnel et sont préfixés U1_- si vous cochez l'option '*Inclure contribution spectrale*' de la boîte de dialogue du graphe, vous obtiendrez encore plus de données de simulation, qui montrent la contribution de chaque composant pour chaque point de fréquence.

4. SIMULATION INTERACTIVE

4.1. GENERALITES

4.1.1. Le panneau de contrôle de l'animation



Nous avons ajouté un panneau de contrôle de type 'magnétoscope' pour contrôler le comportement des circuits animés qui ont été implémentés. Cet ensemble de commandes est situé dans la partie inférieure gauche de l'écran. Il contient quatre boutons de contrôle de l'activité des circuits:

- ? Le bouton PLAY est utilisé pour lancer le simulateur PROSPICE qui, à son tour active la simulation temps réel.
- ? Le bouton STEP contrôle l'évolution pas à pas de l'animation à une vitesse définie. Si le bouton est appuyé puis relâché alors l'animation progresse d'une unité de temps; si le bouton est maintenu appuyé alors l'animation progresse de manière continue. L'incrément unitaire du temps de progression est ajusté dans la boîte de dialogue '*Configuration circuits animés*'. Ce temps est utilisé pour contrôler finement le circuit et observer l'influence des vitesses faibles. Ceci peut être particulièrement utile dans un contexte éducatif où les étudiants peuvent visualiser les effets en pas à pas.
- ? Le bouton PAUSE suspend l'animation qui pourra être relancée par un clic sur ce bouton, ou pourra avancer en pas à pas par un clic sur le bouton STEP. Le simulateur est également placé dans le mode PAUSE lorsqu'il rencontre un point d'arrêt.

La touche PAUSE du clavier agit comme un clic sur le bouton PAUSE.

- ? Le bouton STOP demande à PROSPICE d'arrêter une simulation temps réel. Toutes les animations sont arrêtées et le simulateur n'est plus présent en mémoire. Tous les indicateurs sont remis dans un état inactif, mais les actionneurs conservent leur état actuel.

La combinaison SHIFT-PAUSE du clavier est équivalente à un clic sur le bouton STOP.

Pendant l'animation, le temps de simulation courant et la charge du processeur sont affichés dans la barre de message. Si la puissance processeur est insuffisante pour obtenir un temps réel, vous lirez 100% et le temps de simulation ne progressera plus en temps réel. Le système régule automatiquement le temps de simulation nécessaire par trame d'animation, même pour des montages complexes.

4.1.2. Les indicateurs et les actionneurs

La simulation interactive fait appel à des composants actifs. Ces composants possèdent un certain nombre d'états graphiques et sont subdivisés en deux groupes : les indicateurs & les actionneurs. Les indicateurs affichent un état graphique qui correspond au changement de la valeur de certains paramètres mesurés sur le circuit, alors que les actionneurs autorisent une modification de leur état par l'utilisateur, qui change certaines caractéristiques du circuit.

Les actionneurs sont repérés par la présence d'un marqueur rouge sur lequel l'utilisateur peut cliquer avec la souris. Si vous utilisez une souris avec molette, vous pouvez également agir sur les actionneurs en pointant sur eux et en tournant la molette dans la bonne direction.

4.1.3. Valider une simulation interactive

La plupart des techniques nécessaires à la mise en oeuvre et à l'exécution d'une simulation animée interactive sont identiques au dessin

d'un schéma avec ISIS. Nous vous conseillons de lire le tutorial d'ISIS. Cependant les grandes étapes du processus sont résumées ci-dessous :

- ? Choisissez les composants que vous voulez utiliser via le bouton 'P' du sélecteur d'objets. Tous les composants actifs (actionneurs et indicateurs) sont dans la librairie 'ACTIVE.LIB', mais vous pouvez utiliser n'importe quel composant qui possède un modèle de simulation.
- ? Placez les composants sur le circuit.
- ? Éditez-les - clic droit puis clic gauche, ou appuyer sur CTRL-E – afin d'affecter les propriétés et les valeurs adaptées. Certains modèles fournissent une aide intuitive contextuelle afin que les informations des propriétés individuelles soient visualisées par le placement du curseur dans le champ et l'appui sur la touche F1.
- ? Le code source du microprocesseur peut être placé sous le contrôle du Proteus VSM en utilisant les commandes du '*Source*'. N'oubliez pas non plus d'assigner le code objet (HEXfile) au microprocesseur du schéma.
- ? Connectez le circuit en cliquant sur les pattes.
- ? Supprimez les composants en cliquant droit deux fois.
- ? Déplacez les composants par un clic droit puis un glissement avec le bouton gauche maintenu appuyé.
- ? Cliquez sur le bouton PLAY du panneau de contrôle de l'animation pour lancer la simulation.

Lorsque vous avez utilisé des instruments virtuels, ou les modèles de microprocesseur, la fenêtre liée à ces composants peut être affichée en utilisant les commandes du menu '*Mise au point*'.

4.2. LES MESURES

4.2.1. Généralités

Il existe plusieurs façons de faire des mesures pendant une simulation interactive. Ceci inclut :

- ? Les effets d'animation.
- ? Obtenir les informations sur le point de fonctionnement.
- ? Sondes de tension et de courant.
- ? Instruments virtuels.

4.2.2. Effets d'animation

Outre les composants actifs du circuit, il existe d'autres effets d'animation qui peuvent vous aider à étudier votre circuit. Les options pour valider ces effets sont présentes dans la boîte de dialogue de la commande '*Définir options d'animation*' du menu '*Système*'. Les réglages sont sauvegardés avec le projet.

Etats logiques des pattes

Cette option affiche des carrés colorés à côté de chaque patte connectée à un lien numérique ou mixte. Par défaut, le carré est bleu pour l'état logique 0, rouge pour l'état logique 1, et gris pour l'état flottant. Ces couleurs peuvent être modifiées par la commande '*Définir configuration par défaut*' du menu '*Gabarit*'.

Le fait de valider cette option augmente légèrement la charge du simulateur, mais elle peut se révéler très utile lorsqu'elle est utilisée en relation avec des points d'arrêt et le pas à pas car elle vous permet d'étudier l'état des ports de sortie d'un microcontrôleur.

Visualiser les tensions sur les fils en couleur

Cette option affiche en couleur tout fil qui fait partie d'un réseau analogique : la couleur représente sa tension. Par défaut la dynamique de tension va de $-6V$ (bleu), en passant par $0V$ (vert), jusqu'à $6V$ (rouge). Les tensions peuvent être modifiées par la commande '*Définir options d'animation*' du menu '*Système*', et les couleurs par la commande '*Définir configuration par défaut*' du menu '*Gabarit*'.

Le fait de valider cette option augmente légèrement la charge du simulateur, mais elle aide les utilisateurs novices à comprendre le fonctionnement des circuits, spécialement lorsqu'elle est utilisée en relation avec l'option '*Voir sens du courant avec flèches*'.

Visualiser le sens du courant avec des flèches

Cette option affiche une flèche pour tout fil sur lequel circule un courant. La direction des flèches correspond au flux conventionnel du courant, et est affichée lorsque l'amplitude du courant est supérieure à un seuil. Le seuil par défaut est de $1\mu A$ et peut être modifié par la commande '*Définir options d'animation*'.

Le calcul des courants implique l'insertion d'une résistance de $1m\Omega$ dans chaque segment de fil du schéma et induit un grand nombre de noeuds supplémentaires et, par conséquent, augmente la charge de calcul du simulateur. Cependant, les flèches sont une aide pédagogique importante pour l'apprentissage de l'électricité ou l'électronique de circuits simples.

4.2.3. Pointer et obtenir des informations

Vous pouvez interroger n'importe quel composant du schéma afin d'obtenir des informations sur le courant lorsque la simulation est suspendue (*pause*). Au minimum vous obtiendrez un résumé sur les noeuds de tensions et/ou l'état logique des pattes, mais certains

composants afficheront des données supplémentaires telles que la tension relative (*pin* à *pin*) et la puissance dissipée.

Pour afficher les valeurs des paramètres :

1. Assurez-vous que la simulation est suspendue grâce au panneau de contrôle de l'animation.
2. Validez l'icône *Instruments virtuels* dans ISIS.
3. Cliquez gauche sur chaque composant pour afficher les paramètres.

Point de repos DC

Lorsque vous souhaitez obtenir des informations sur les paramètres au temps zéro, vous obtenez le point de repos DC du circuit. Dans l'autre cas, les paramètres affichés représentent des valeurs instantanées obtenues lorsque la simulation est suspendue. Ceci est particulièrement significatif pour les valeurs de puissance dissipée; ces nombres ne sont absolument pas moyennés et correspondent à une tension multipliée par le courant instantané.

Analogique ou numérique ?

Lorsqu'une patte de composant est sur un lien qui ne contient que des états numériques (aucun composant analogique n'est connecté à lui), Proteus VSM affichera la tension en tant qu'état logique. Dans les autres cas, c'est la tension analogique du nœud qui est affichée.

4.2.4. Sondes de tension et de courant

Les objets sondes tension et de courant dans ISIS sont habituellement utilisées avec la simulation par graphes. Il est cependant possible de les utiliser pendant une simulation interactive pour afficher les nœuds de tension ou les courants qui sont mis à jour en temps réel.

Les objets sondes ont deux avantages par rapport aux voltmètres et ampèremètres virtuels :

- ? Ils peuvent être ajoutés ou ôtés en tout point du circuit dans tirer de fils supplémentaire.
- ? Il occupant moins de place sur le schéma.

Les sondes de tension positionnées sur les liens ne tiennent compte que des signaux numériques (aucun composant analogique n'est connecté) et afficheront les états logiques plutôt que les nœuds de tension.

Pour placer des sondes de courant ou de tension

1. Choisir la sonde de tension ou de courant nécessaire.
2. Cliquez gauche sur le fil sur lequel vous souhaitez obtenir une mesure.

Notez que les sondes de courant sont directionnelles, et mesurent le courant de manière conventionnelle, dans la direction de la flèche. La flèche doit être parallèle au segment de fil sur lequel la sonde est placée.

4.2.5. Instruments virtuels

Des instruments virtuels sont disponibles et accessibles en validant l'icône *Instruments virtuels*. Dans ce cas, le sélecteur d'objets contient une liste d'instruments que vous pouvez choisir et placer comme tout autre objet dans ISIS.

4.3. INCREMENTS TEMPORELS DE L'ANIMATION

4.3.1. Généralités

Deux paramètres contrôlent l'évolution temps réel de la simulation. Le champ 'Trames par secondes' (*Animation Frame Rate*) détermine le nombre de rafraîchissement d'écran par seconde, alors que le champ 'Temps de simulation par trame' (*Animation Timestep*) détermine

l'incrément temporel par trame. Pour une simulation temps réel, le temps par trame est la fonction réciproque du nombre de trames par seconde.

4.3.2. Trames par seconde

Normalement il n'est pas nécessaire de modifier la valeur par défaut qui est de 20 trames par seconde, qui donne une animation lissée sans surcharger les performances des PCs actuels. Cependant, il est quelquefois utile de diminuer cette valeur lors de la mise au point de modèles de circuits animés.

4.3.3. Temps par trame

Le temps par trame permet de ralentir le fonctionnement des circuits, ou d'accélérer le fonctionnement des circuits lents. Pour une simulation temps réel, le temps par trame est la fonction réciproque du nombre de trames par seconde.

Bien évidemment, le temps par trame entré par l'utilisateur sera toujours une valeur désirée. La valeur effective dépendra de la puissance CPU disponible pour calculer les ressources de simulation nécessaires pendant le temps d'une trame. La charge CPU affichée pendant l'animation représente le ratio de ces deux temps. Lorsque la puissance du CPU est insuffisante, la charge CPU sera de 100% et le temps par trame atteint baissera.

4.3.4. Temps d'un intervalle

Le troisième champ contrôle le pas à pas temporel. La simulation progressera de cet incrément lorsque vous cliquez sur le bouton 'STEP' (2) du panneau d'animation.

4.4. ASTUCES

4.4.1. Échelle de temps

Les simulations interactives seront vues, le plus souvent, en temps réel, donc vous ne pourrez pas utiliser des horloges de 1MHz, ou des entrées sinusoïdales à 10KHz, à moins d'adapter le temps par trame.

Si vous tentez de simuler quelque chose qui fonctionne très rapidement, vous devez garder certains points en mémoire.

- ? Pour une puissance CPU donnée, seule une certaine valeur de temps de simulation peut être calculée dans un temps réel fixé. Proteus VSM est conçu pour s'ajuster au nombre de trames par seconde, et raccourcira toute trame qui n'est pas terminée dans le temps disponible. Par conséquent, tout circuit très rapide fonctionnera plus lentement (relativement au temps réel), mais de manière plus lisse.
- ? Les modèles de simulation des composants analogiques sont simulés plus lentement que les modèles numériques. Sur un PC Pentium II vous pouvez simuler des circuits numériques qui opèrent à plusieurs MHz en temps réel, mais les circuits analogiques seront gérés à environ 10 kHz. Ainsi, il est idiot de tenter de simuler les oscillateurs d'horloges pour circuits numériques dans le domaine analogique. Utilisez plutôt une 'horloge numérique' (*digital clock*) et cochez la case 'Isoler avant' (*Isolate before*) afin de ne pas simuler l'horloge analogique.

4.4.2. Échelle de tension

Si vous utilisez des fils colorés pour indiquer une tension, vous devez indiquer la gamme des tensions présentes dans votre circuit. La dynamique par défaut est de +/-6V donc, si la tension de

fonctionnement de votre circuit est différente, vous devez changer la valeur 'Tension maximale' (*Maximum Voltage*).

4.4.3. Mise à la masse (*earthing*)

PROSPICE tentera de définir un point de masse pour tout circuit actif qui n'en possède pas un explicitement (*ground terminal*). En pratique, il sera choisi au point milieu d'une batterie ou au point central d'une alimentation (*split supply*). Donc le terminal positif d'une batterie sera au-dessus de zéro et le terminal négatif sera inférieur (couleurs des fils rouge et bleu respectivement). Si le comportement n'est pas celui attendu, vous pouvez définir explicitement un point de référence de masse en utilisant un terminal 'GROUND' de ISIS.

4.4.4. Points à haute impédance

La logique de mise à la masse automatique contrôle également tous les terminaux des composants qui ne sont pas connectés à la masse et insérera automatiquement une résistance de grande valeur afin d'assurer la convergence du simulateur SPICE. Ceci signifie que tous les circuits constitués de composants non connectés (non connectés ou partiellement connectés) seront simulés – bien que, quelquefois, les résultats soient étranges.

5. INSTRUMENTS VIRTUELS

5.1. VOLTMETRES ET AMPEREMETRES

Plusieurs modèles de voltmètres et d'ampèremètres sont présents dans la bibliothèque ACTIVE. Ils opèrent en temps réel et peuvent être connectés au circuit comme tout autre composant. Lorsque la simulation est lancée, ils indiquent la tension à leurs bornes ou le courant qui circule à l'aide d'un afficheur numérique.

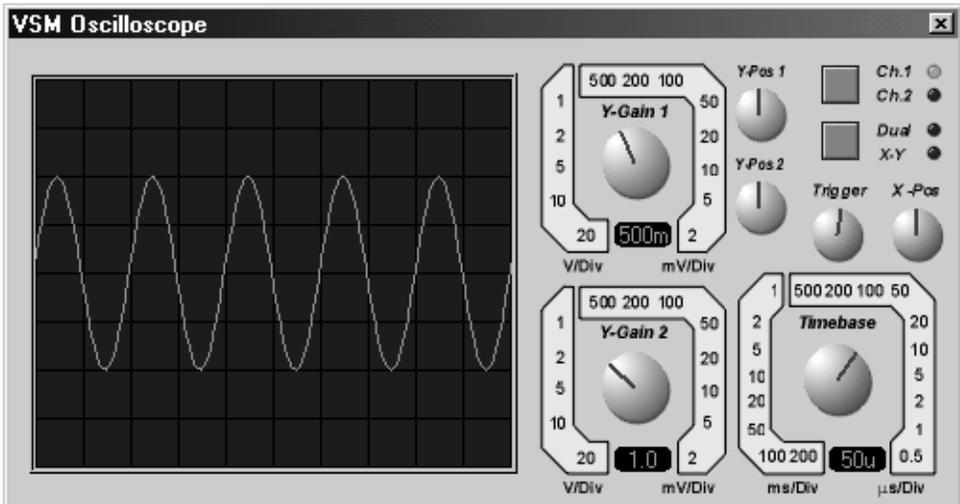
Les modèles fournis couvrent la pleine échelle de 100, 100m et 100u avec une résolution de 3 chiffres visualisés et un maximum de 2 chiffres pour la partie décimale. Ainsi l'objet VOLTMETER peut visualiser des valeurs comprises entre 0.01V et 99.9V, alors que la gamme de l'AMMETER-MILLI va de 0.01mA à 100mA, et ainsi de suite.

Les modèles de voltmètres intègrent une résistance de charge interne de 100M par défaut, qui peut être modifiée par simple édition du composant. Le fait de fournir une valeur vierge dévalide la résistance de charge du modèle.

5.2. OSCILLOSCOPE

5.2.1. Généralités

L'oscilloscope VSM est présent, en standard, dans le package professionnel de PROTEUS VSM, mais est une option de PROTEUS VSM Lite.



L'oscilloscope VSM modélise une unité analogique à deux voies comme spécifié ci-dessous:

- ? Double voies ou opération X-Y.
- ? Gain de 20V/div à 2mV/div.
- ? Temps de base de 200ms/div à 0.5us/div.
- ? Déclenchement automatique sur niveau de tension verrouillé sur une des voies.

5.2.2. Utilisation de l'oscilloscope

Pour visualise les formes d'ondes analogiques:

1. Prenez un objet OSCILLOSCOPE dans la bibliothèque 'ACTIVE' et placez-le sur le schéma. Connectez ses entrées sur le signal que vous voulez mémoriser.
2. Lancez une simulation interactive en appuyant sur le bouton 'Play' du contrôle d'animation. La fenêtre oscilloscope doit apparaître.

3. Si vous désirez voir deux signaux, sélectionnez le mode '*Dual*'.
4. Validez le temps de base à une valeur convenable, compte tenu du circuit. Vous devez penser aux fréquences présentes dans votre circuit et les convertir en temps de cycle en prenant leurs inverses.
5. Ajustez le gain Y et la position Y afin d'adapter la taille et la position. Si la forme d'onde est constituée d'un petit signal AC superposé en haut d'une forte tension DC, vous pouvez connecter un condensateur entre le point de test et l'oscilloscope, car la compensation de la position Y est limitée en amplitude.
6. Choisissez le canal de déclenchement et assurez-vous que la led correspondante de Ch1 ou Ch2 est active.
7. Tournez le bouton de déclenchement jusqu'à ce que l'afficheur soit verrouillé sur la portion souhaitée du signal. Le verrouillage se fait sur des fronts montants si le bouton pointe vers le haut, et sur des fronts descendants s'il pointe vers le bas.

Modes d'opération

L'oscilloscope peut opérer en 3 modes, indiqués ci-dessous:

- ? Simple voie – ni la led Dual, ni la led X-Y ne brille. Dans ce mode, la led de Ch1 ou Ch2 indique quel canal est affiché.
- ? Double voie – la led Dual brille. Dans ce mode, les leds Ch1 ou Ch2 indique quelle est la voie de déclenchement.
- ? Mode X-Y – la led X-Y brille.

La commutation du mode courant s'obtient en cliquant sur le bouton à côté des leds Dual et X-Y.

Déclenchement

L'oscilloscope VSM fournit un mécanisme de déclenchement automatique qui synchronise le temps de base avec la forme d'onde incidente.

Les leds Ch1 et Ch2 indiquent quelle voie est utilisée pour déclencher.

Le bouton de déclenchement tourne sur 360° et valide le niveau de tension et la pente de déclenchement. Lorsque le marqueur pointe vers le haut, le scope déclenche sur des fronts montants; lorsque le marqueur pointe vers le bas, le déclenchement se fait sur des fronts descendants.

Si aucun déclenchement n'intervient sur plus d'une période du temps de base, le temps de base devient libre.

Couplage en entrée

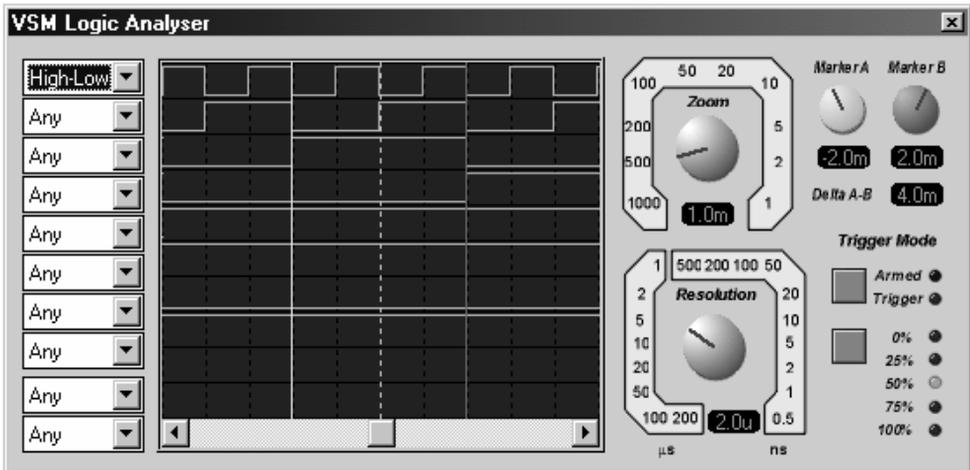
Chaque voie d'entrée peut être soit couplée directement (couplage DC), soit couplée par l'intermédiaire d'une capacité simulée (couplage AC). Ce dernier mode est utile pour visualiser les signaux qui contiennent de faibles variations alternatives (AC) superposées à un fort courant continu (DC).

Les entrées peuvent également être mises temporairement à la masse afin d'aligner la trace avant les mesures effectives.

5.3. ANALYSEUR LOGIQUE

5.3.1. Généralités

L'analyseur logique VSM est présent, en standard, dans le package professionnel de PROTEUS VSM, mais est une option de PROTEUS VSM Lite.



Un analyseur logique opère en enregistrant en continu les données numériques dans un grand tampon de stockage. C'est un processus d'échantillonnage, donc il existe une résolution ajustable qui définit la plus petite impulsion pouvant être mémorisée. Une section de déclenchement contrôle les données entrantes et force l'arrêt du processus de capture après que la condition de déclenchement ait été atteinte; la capture commence en armant l'instrument. Le résultat est que le contenu du tampon de capture peut être affiché avant et après le temps de déclenchement. Comme le tampon de capture est très large (10000 échantillons, dans ce cas), ceci rend possible un zoom et un panoramique de l'affichage. Enfin, des marqueurs de mesures permettent des mesures précises telles que des largeurs d'impulsion, et ainsi de suite.

Les caractéristiques de l'analyseur logique VSM 24 canaux sont:

- ? Courbes 8 x 1 bit et bus 2 x 8 bits.
- ? Tampon de capture 10000 x 24 bits.

- ? Résolution de la capture résolution de 200us par échantillon à 0.5ns par échantillon qui correspond à des temps de capture de 2s à 5ms.
- ? Zoom d'affichage réglable de 1000 échantillons par division à 1 échantillon par division.
- ? Déclenchement sur combinaison ET de l'état des entrées et/ou fronts, et valeurs des bus.
- ? Position du déclenchement à 0, 25, 50, 75 et 100% du tampon de capture.
- ? Deux curseurs sont disponibles pour des mesures temporelles précises.

5.3.2. Utilisation de l'analyseur logique

Pour capturer et visualiser des données numériques:

1. Prenez l'objet LOGIC ANALYSER dans la bibliothèque ACTIVE, placez-le sur le schéma et connectez ses entrées sur le signal que vous voulez enregistrer.
2. Lancez la simulation interactive en appuyant sur le bouton 'Play' du panneau de contrôle de l'animation. La fenêtre de l'analyseur logique doit apparaître.
3. Utilisez le bouton de résolution pour définir une valeur convenable. Celle-ci représente la plus petite largeur d'impulsion pouvant être enregistrée. Plus la résolution est petite, plus petit sera le temps d'enregistrement.
4. Validez les listes déroulantes à gauche de l'instrument pour définir les conditions de déclenchement. Par exemple, si vous désirez déclencher lorsque le signal sur la voie 1 est à l'état haut, et que celui sur la voie 3 est une transition montante, vous devez valider la première liste avec '*High*' et la troisième avec '*Low-High*'.

5. Décidez de la proportion des données à voir avant et après que la condition de déclenchement soit intervenue, et cliquez sur le bouton placé à côté des leds de pourcentage pour choisir la position souhaitée.
6. Lorsque vous êtes prêt, cliquez sur le bouton placé à gauche de la led '*armed*' pour '*armer*' l'instrument.

La led '*armed*' brillera et la led de déclenchement sera éteinte. L'analyseur logique capture les données incidentes de manière continue tout en testant les conditions de déclenchement des entrées. Lorsque les conditions sont vérifiées, la led de déclenchement brille. La capture des données se poursuit jusqu'à remplissage de tampon. Dès cet instant, la led '*armed*' s'éteint et le tampon est visualisé.

Panoramique et zoom

Comme le tampon de capture contient 10 000 échantillons, et que la largeur de l'afficheur est de 250 pixels, il est nécessaire de permettre un panoramique et un zoom du tampon de capture. Le bouton Zoom détermine le nombre d'échantillons par division, tandis que l'ascenseur associé à l'afficheur permet un panoramique vers la gauche ou la droite.

Noter que le texte placé au-dessous du bouton de Zoom affiche le temps courant par division en secondes, et non pas la valeur courant du bouton lui-même. Le temps de division est calculé en multipliant la valeur du zoom par la résolution.

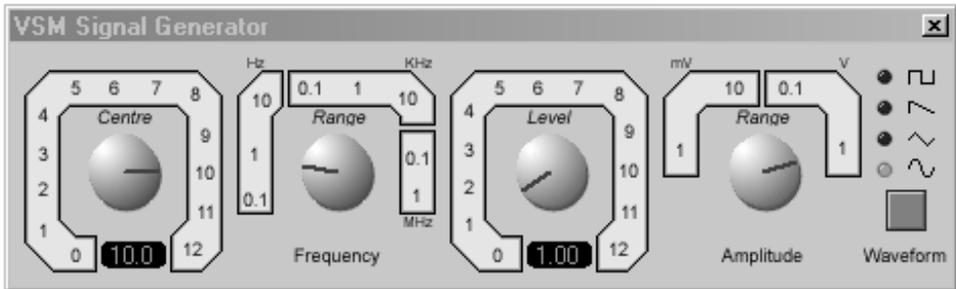
Mesures

Deux marqueurs ajustables sont disponibles pour faire des mesures précises. Chaque marqueur peut être positionné en utilisant le bouton coloré associé. Le texte sous le bouton affiche le point temporel occupé par le marqueur relativement au temps de déclenchement, tandis que le texte '*Delta A-B*' affiche la différence de temps entre les marqueurs.

5.4. GENERATEUR DE SIGNAUX AUDIO

5.4.1. Généralités

Le générateur de signaux virtuel à les même caractéristiques quelque soit les versions de ProSPICE:



Le générateur de signal modèle un générateur fonctionnel audio simple avec les dispositifs suivants:

- ? Génération de signaux carrés, en dents de scie, triangle et sinus.
- ? Fréquence de sortie de 0-12MHz en 8 gammes.
- ? Amplitude de sortie de 0-12V en 4 gammes.
- ? Entrées de modulation en amplitude et fréquence.

5.4.2. Utilisation du générateur de signaux

Mise en place d'un simple signal audio

1. Placez l'objet SIGNAL GENERATOR sur le schéma (cliquez sur l'icône *Instruments virtuels*). Reliez-le à votre circuit de la même manière qu'un composant.

Les entrées amplitude et fréquence de modulation peuvent rester "en l'air" si vous n'utilisez pas de modulation.

3. Démarrez une simulation interactive en cliquant sur le bouton lecture du *Panneau de contrôle de simulation interactive*. La fenêtre du générateur de signal devrait apparaître.
3. Définissez une gamme de fréquence appropriée à votre circuit. La valeur *range* indique la fréquence qui est générée tandis que la valeur *centre* définit le facteur de multiplication.
4. Définissez une gamme d'amplitude appropriée à votre circuit. La valeur *range* indique la fréquence qui est générée tandis que la valeur *level* définit le gain.
5. Cliquez sur le bouton *Waveform* pour choisir la forme de signal souhaitée.

Utilisation des entrées de modulation AM & FM

Le générateur de signaux supporte la modulation d'amplitude et de fréquence. Les entrées d'amplitude et de fréquence ont les caractéristiques suivantes:

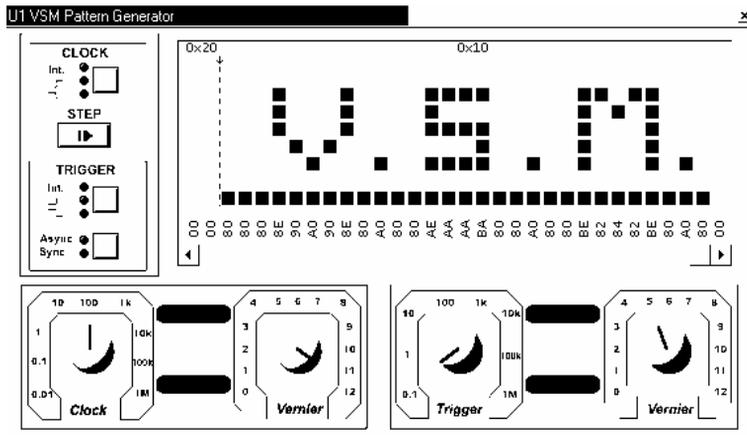
- ? Le gain de l'entrée de modulation en Hz/V ou V/V peut être défini en utilisant respectivement le contrôle *Frequency Range* et *Amplitude Range*.
- ? Le gain de l'entrée de modulation en Hz/V ou V/V est placé par la chaîne de fréquence et la chaîne d'amplitude commande respectivement.
- ? L'entrée de modulation est écrêtée à +/- 12V.
- ? Les entrées de modulation ont une impédance d'entrée infinie.
- ? La tension sur l'entrée de modulation est ajoutée à la valeur du vernier de contrôle approprié avant d'être multipliée par la valeur *range*, pour définir la fréquence instantanée de la sortie.

Par exemple, si la gamme de fréquence est 1KHz, le facteur de multiplication est de 2,0, et le niveau de modulation en fréquence est de 2V, on aura une fréquence de sortie de 4kHz.

5.5. GENERATEUR DE TRAME VIRTUEL

5.5.1. Généralités

Le générateur de trame est l'équivalent numérique du générateur de signaux analogiques et est le même quelque soit les versions de Proteus Professionnel.



Le générateur de *pattern* permet de définir jusqu'à 1 k octet de patterns de 8 bits et possède les fonctionnalités suivantes :

- ? Fonctionne avec la simulation par graphes et la simulation interactive.
- ? Horloge interne et externe.
- ? Trigger interne et externe.
- ? Boutons de réglage de l'horloge et du déclenchement

- ? Affichage hexadécimal ou décimal.
- ? La possibilité de saisir directement des valeurs pour une meilleure précision.
- ? Chargement et enregistrement de trames.
- ? Configuration manuelle de la période de la trame.
- ? La possibilité d'avancer la trame en mode pas à pas.
- ? Affichage d'une info bulle permettant de déterminer plus rapidement les valeurs de l'octet étant sous le curseur de la souris.
- ? La possibilité de verrouiller la trame sur son état courant.
- ? Commandes d'édition avancées permettant une saisie plus facile de la trame.

5.5.2. Utilisation du générateur de trame

Générer une trame.

1. Placez l'objet PATTGEN sur le schéma (cliquez sur l'icône *Instruments virtuels*). Reliez-le à votre circuit de la même manière qu'un composant.
2. Démarrez une simulation interactive en cliquant sur le bouton lecture du *Panneau de contrôle de simulation interactive*. La fenêtre du générateur de signal devrait apparaître.
3. Désinez la trame que vous souhaitez générer. Pour cela, cliquez gauche sur la grille afin de changer les états logiques des bits.
4. Choisissez l'horloge à utiliser (interne, ou externe) en cliquant sur le bouton *clock*.
5. Si vous utilisez une horloge interne réglez sa fréquence d'horloge (contrôles sur fond bleu).

6. Choisissez entre l'utilisation d'un trigger interne ou externe, en cliquant sur le bouton premier bouton de la zone trigger. Si vous réalisez un trigger externe pensez à indiquer si le trigger est synchrone ou non avec l'horloge, en cliquant sur le deuxième bouton. Sinon ajuster le déclenchement via le contrôle *trigger*.
7. Si vous désirez avancer la trame en mode pas à pas, il vous suffit de cliquer sur le bouton *step* après avoir mis en pause la simulation via le *Panneau de contrôle de simulation interactive*.

Génération d'une trame avec la simulation par graphes.

1. Réalisez votre schéma de la manière habituelle.
2. Placez les sondes sur le schéma aux points d'intérêt et ajoutez celles-ci au graphe.
3. Cliquez droit sur le générateur de trame pour le sélectionner, puis cliquez gauche afin de l'éditer.
4. Configurez les options de déclenchement et d'horloge.
5. Chargez le fichier de trame désiré via le champ *Pattern Generator Script*.
6. Validez le tout et pressez la barre d'espace pour lancer la simulation.

5.5.3. Les entrées/sorties de générateur de trame

Pattes Q0-Q7 et B[0..7] (sortie 3 états)

Vous pouvez utiliser les sorties individuelles et/ou la sortie bus.

Patte CLKOUT (sortie)

Lorsque le générateur est synchronisé en interne, vous pouvez utiliser cette patte pour visualiser l'horloge interne. Par défaut cette patte est désactivée. Pour l'activer vous devez valider cette sortie lors de l'édition

du générateur. Attention, pour des horloges à haute fréquence, cette sortie demandera une puissance processeur non négligeable.

Patte CASCADE (sortie)

La patte Cascade est mise à l'état haut lorsque le premier bit intervient et le restera jusqu'à l'arrivée du dernier bit (un cycle d'horloge plus tard). Elle sera donc à l'état haut au lancement de la simulation et à nouveau au premier cycle d'horloge qui suit un reset.

Patte TRIG (entrée)

Cette entrée est utilisée pour appliquer un trigger externe au générateur. Quatre modes différents existent

Patte CLKIN (entrée)

Cette entrée est utilisée pour appliquer une horloge externe au générateur. Deux modes différents existent.

Patte HOLD (entrée)

Cette entrée, lorsqu'elle est à l'état haut, met le générateur en pause. Le signal de synchronisation se rétablira en fonction du moment où la pause a eu lieu. Par exemple, avec une horloge interne de 1Hz, si une pause a eu lieu à $t=3,6s$ puis s'est terminée à $t=5,2s$ le prochain front descendant d'horloge aura lieu à $t=5,6s$.

Patte OE (entrée)

Cette entrée doit être à l'état haut pour activer les sorties qui délivrent la trame.

5.5.4. Les différents modes d'horloge

Horloge interne

L'horloge interne est active sur front descendant.

Ce mode d'horloge peut être choisi avant la simulation, via l'édition du générateur de trame ou pendant une pause de la simulation via le bouton de sélection d'horloge de la fenêtre du générateur de trame.

La sortie CLKOUT, lorsqu'elle est activée, renvoie l'horloge interne. Par défaut, elle est désactivée - puisqu'elle est gourmande en performance (particulièrement avec de hautes fréquences d'horloge) - mais peut être activée via la boîte d'édition du générateur de trame.

Horloge externe

Il y a deux horloges externe – front descendant (bas-haut-bas) et front montant (haut-bas-haut).

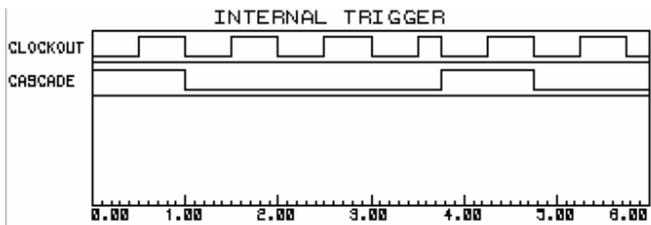
Connectez votre horloge externe à l'entrée CLKIN et sélectionnez l'un des deux modes.

Le mode peut être choisi avant la simulation, via l'édition du générateur de trame ou pendant une pause de la simulation via le bouton de sélection d'horloge de la fenêtre du générateur de trame.

5.5.5. Les différents modes de déclenchement

Déclenchement interne

Le mode de déclenchement interne déclenche les patterns à des intervalles spécifiés. En synchronisation interne l'impulsion d'horloge est remise à zéro à l'instant spécifiée. Le comportement est celui indiqué ci-dessous.

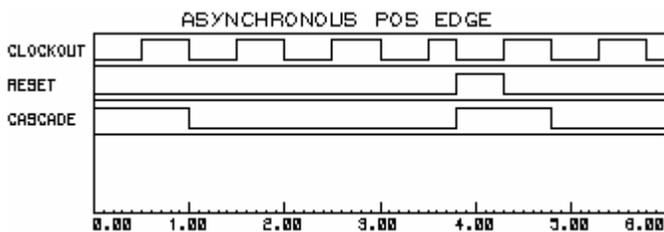


Nous avons ici, une horloge interne de 1 Hz et un trigger interne défini à 3,75sec. CASCADE est à l'état haut uniquement pendant la première trame.

Notez qu'au temps de déclenchement, l'horloge interne est réinitialisée de façon asynchrone. Le premier bit du patter est dirigé sur les pattes de sortie (ceci est mis en évidence par le passage à l'état haut de la patte Cascade).

Déclenchement asynchrone externe, actif sur front montant

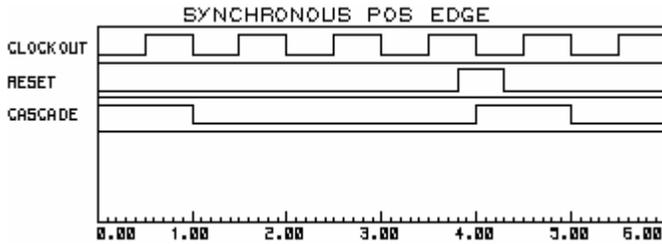
Le déclenchement (*trigger*) est spécifié via une transition positive de la patte *Trigger*. Le déclenchement est pris en compte immédiatement et le prochain front d'horloge sera une transition bas-haut au temp bitclock/2 qui suit le reset – comme indiqué ci-dessous.



Horloge interne à 1Hz. Le déclenchement intervient à 3.75 sec. Dès le front positif du déclenchement l'horloge est resettée et le premier bit du pattern est dirigé vers les pattes de sortie.

Déclenchement synchrone externe, actif sur front montant

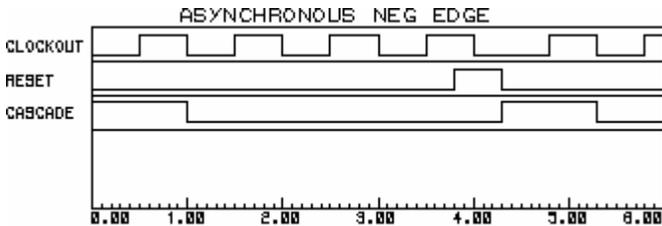
Le déclenchement (*trigger*) est spécifié via une transition positive de la patte *Trigger*. Le déclenchement est mémorisé puis pris en compte en synchronisme avec le prochain front descendant de l'horloge – comme indiqué ci-dessous.



Horloge interne à 1Hz. Notez que l'horloge n'est pas affectée par le trigger et que le déclenchement intervient sur le front descendant de l'horloge qui suit le front positif de l'impulsion.

Déclenchement asynchrone externe, actif sur front descendant

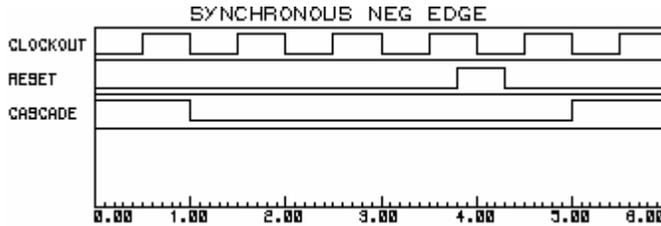
Le déclenchement (*trigger*) est spécifié via une transition négative de la patte *Trigger*. Le déclenchement (*trigger*) est spécifié via une transition positive de la patte *Trigger*. Le déclenchement est pris en compte immédiatement et le premier bit du pattern est dirigé vers les pattes de sortie – comme indiqué ci-dessous.



Horloge interne à 1Hz. L'horloge est resettée sur le front négatif de l'impulsion de déclenchement et le premier bit du pattern est dirigé vers les pattes de sortie.

Déclenchement synchrone extern, actif sur front descendant

Le déclenchement (*trigger*) est spécifié via une transition négative de la patte *Trigger*. Le déclenchement est mémorisé et son action est synchrone du prochain front descendant de l'horloge – comme indiqué ci-dessous.

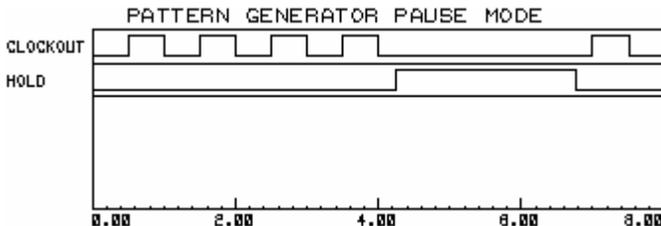


Horloge interne à 1Hz. Notez que le trigger intervient sur le front descendant de l'impulsion de déclenchement et que le pattern est réinitialisé sur le front descendant de la prochaine impulsion d'horloge qui suit l'action du trigger.

5.5.6. Verrouillage externe

Verrouiller la trame dans sa position courante.

Si vous souhaitez figer la trame vous devez placer l'entrée HOLD à l'état haut le temps nécessaire à la pause. Le fait de relâcher la patte hold relancera le pattern de façon synchrone si vous êtes en horloge interne. Par exemple, si l'entrée hold est maintenue à l'état haut pendant la moitié d'un cycle d'horloge, le prochain bit sera dirigé vers les sorties un demi cycle d'horloge plus tard.



Lorsque l'entrée *hold* est à l'état haut, l'horloge interne est en pause. Lorsque l'entrée *hold* est relâchée, l'horloge repart au point du cycle qui suit la pause.

5.5.7. Fonctionnalités additionnelles

Chargement et sauvegarde des trames.

Les fichiers contenant des trames peuvent être modifiés ou sauvegardés en cliquant droit sur la grille de saisie des trames et en lançant la commande appropriée du menu contextuel.

Les scrips de patterns sont du texte sans formatage particulier – des listes d’octets séparés par une virgule où chaque octet représente une colonne de la grille. Chaque ligne qui débute par un point-virgule sera considérée comme une ligne commentaire. Par défaut le format de l’octet est un nombre hexadécimal, bien qu’il soit possible d’entrer des valeurs en décimal, binaire ou hexadécimal.

Définir des valeurs précises dans les contrôles.

Vous pouvez définir des valeurs précises de la fréquence de déclenchement en double cliquant sur le contrôle en forme de cercle *trigger*.

Un champ apparaît pour vous permettre de saisir la valeur souhaité. Par défaut l’unité est la fréquence mais vous pouvez choisir de saisir les informations en secondes ou en fraction de seconde en utilisant les suffixes sec, ms,... De plus, si vous souhaitez que le trigger soit un multiple exact du bit d’horloge, vous pouvez ajouter le suffixe ‘bits’ après (tel que 5bits).

Pour confirmer la valeur saisie pressez la touche *Entrer*. Pour l’annuler, pressez la touche *Echape* ou cliquez n’importe où dans la fenêtre du générateur de trame.

Ces valeurs peuvent également être indiquées avant la simulation par l’intermédiaire des propriétés lors de l’édition de ce générateur.

Définir des valeurs spécifiques pour la grille de trame.

Vous pouvez attribuer une valeur spécifique à une colonne en cliquant sur le texte qui indique sa valeur actuelle. Un champ apparaît pour vous permettre de saisir la valeur souhaité. Vous pouvez définir des valeurs

en décimal (comme 135), en hexadécimal (comme 0xA7) ou en binaire (comme 0b10110101).

Pour confirmer la valeur saisie pressez la touche *Entrer*. Pour l'annuler, pressez la touche *Echape* ou cliquez n'importe où dans la fenêtre du générateur de trame.

Pour plus de rapidité vous pouvez remplir une colonne en plaçant le curseur de la souris sur la colonne et en lançant le raccourci clavier CTRL+1. Pour l'effacer le raccourci clavier est CTRL+SHIFT+1.

Indiquer la période de la trame manuellement.

Vous pouvez définir une période manuellement en cliquant gauche juste au-dessus de la grille et de la dernière colonne voulue. Pour désélectionner la période cliquez droit au même endroit.



Progression en pas à pas

Le bouton STEP sert à avancer la simulation d'une durée spécifiée en interne ou équivalente à une horloge externe. La simulation durera jusqu'à la fin du cycle d'horloge et sera suspendue à nouveau.

Hexadécimal/Décimal.

Pour afficher les valeurs de la grille en hexadécimal, utilisez le raccourci clavier CTRL+X. Pour afficher les valeurs de la grille en décimal, utilisez le raccourci clavier CTRL+D. Vous pouvez également le faire depuis le menu contextuel (clic droit sur la grille).

Choix des sorties.

Editez le générateur de trame placé sur le schéma. Choisissez alors quels sorties vous souhaitez utiliser pour les trames (bus et pattes indépendantes, pattes indépendantes uniquement, bus uniquement).

Affichage de l'info-bulle.

Vous pouvez autoriser l'affichage de l'info-bulle, permettant de visualiser les informations de la ligne et de la colonne courante, via le menu contextuel ou le raccourci clavier CTRL+Q.

Edition en bloc.

Vous pouvez utiliser les commandes *Block Set* et *Block Clear* pour vous aider à configurer rapidement votre trame. Ils sont accessibles via le menu contextuel ou via le raccourci clavier (CTRL+S pour *Block Set* et CTRL+C pour *Block Clear*). Notez que ces commandes sont désactivées lorsque vous êtes en mode info-bulle.

5.6. ELEMENTS D'INTERFACE UTILISATEUR

5.6.1. Boutons rotatifs

Les instruments virtuels VSM utilisent la souris pour agir sur des boutons qui ajustent certains paramètres. La procédure d'ajustement est la suivante:

1. Pointez quelque part à l'intérieur du bouton.
2. Appuyez sur le bouton gauche et maintenez-le enfoncé.
3. Éloignez le pointeur souris du bouton et tournez autour du centre du bouton, en traçant un arc circulaire pour tourner le bouton jusqu'à la valeur désirée.
4. Le bouton suit l'angle formé par le pointeur souris. Plus vous éloignez la souris du centre, plus vous obtenez un contrôle fin.

5. Relâchez le bouton de la souris pour valider la nouvelle position du bouton.

6. TRAVAILLER AVEC DES MICROPROCESSEURS

6.1. INTRODUCTION

La combinaison du mode de simulation mixte et de l'animation des circuits devient particulièrement efficace lorsqu'elle est utilisée avec des systèmes à microcontrôleurs. Beaucoup de ces systèmes nécessitent une interface utilisateur, ou au minimum des événements externes qui ne peuvent pas être simulés facilement dans un environnement non interactif, et PROTEUS VSM a été développé principalement pour répondre à ces problèmes. Par conséquent, un bon nombre de fonctionnalités est centré autour du développement des systèmes à microcontrôleurs.

En particulier, l'édition et la compilation du code source sont intégrées dans l'environnement du projet afin que vous puissiez éditer le code source et observer facilement les effets d'une modification. Un fichier source peut être édité grâce à deux touches clavier et l'exécution d'une nouvelle simulation avec deux touches également.

6.2. CONTRÔLE DU CODE SOURCE

6.2.1. Généralités

Le système de contrôle du code source fournit deux fonctions majeures :

- ? L'enregistrement du nom de fichier source dans ISIS afin de pouvoir l'éditer sans commuter dans un autre environnement.
- ? La déclaration des règles de compilation du source afin de créer le code objet. Lorsqu'elles sont validées, elles sont automatiquement

exécutées à chaque demande de simulation, afin que le code objet utilisé soit le plus à jour.

6.2.2. Associer le code source à un projet

Pour ajouter un fichier source à un projet :

1. Sélectionnez la commande '*Ajouter/Enlever fichiers source*' du menu '*Source*'.
2. Sélectionnez l'outil de génération de code pour le fichier source. Si vous désirez utiliser un nouvel assembleur ou un compilateur, la première fois vous devrez l'enregistrer par la commande '*Définir les outils de génération de code*'.
3. Cliquez sur le bouton 'Nouveau' (New) et sélectionnez ou entrez le nom d'un fichier source via le sélecteur de fichiers. Vous pouvez entrer explicitement un nom de fichier qui n'existe pas encore.
4. Validez les 'indicateurs' (Flags) nécessaires à la compilation du source. Les indicateurs à inclure à chaque fois qu'un outil est utilisé peuvent être entrés lors de l'enregistrement de l'outil.
5. Cliquez sur OK pour ajouter le fichier source au projet.

N'oubliez pas d'éditer le microprocesseur afin d'affecter le fichier objet (fichier HEX) à la propriété PROGRAM. ISIS ne peut pas faire cela automatiquement car vous pourriez avoir plusieurs processeurs dans le schéma !

6.2.3. Travailler avec votre code source

Pour éditer un fichier source :

1. Utilisez la combinaison ALT-S.
2. Validez le numéro d'ordre du fichier source dans le menu '*Source*'.

Pour revenir à ISIS, générer le code objet et lancer la simulation :

1. Depuis l'éditeur de texte, utilisez la combinaison ALT-TAB pour revenir à ISIS.
2. Appuyez sur F12 pour lancer la simulation, ou CTRL-F12 pour lancer le debug.

ISIS examine les dates des fichiers source et objet afin d'utiliser l'outil de génération approprié lorsque c'est nécessaire.

Pour produire à nouveau tous les codes objets:

1. Sélectionner la commande '*Tout compiler*' du menu '*Source*'.

ISIS exécutera tous les outils de génération de code nécessaires pour obtenir le code objet, sans tenir compte des dates et des heures des fichiers objets actuels. Une fenêtre affiche les indications fournies par les outils afin de contrôler les messages d'erreurs ou d'avertissements retournés.

6.2.4. Installer d'outil de génération tiers

Plusieurs assembleurs ou compilateurs (*sharewares*) peuvent être installés dans le répertoire \PROTEUS\TOOLS depuis le CD, et seront validés automatiquement comme outil de génération de code par le programme d'installation de PROTEUS. Cependant, il vous est possible d'utiliser d'autres outils; pour ce faire, lancez la commande '*Définition des outils de génération de code*' du menu '*Source*'.

Pour enregistrer un nouvel outil:

1. Sélectionnez la commande '*Définition des outils de génération de code*' du menu '*Source*'.
2. Cliquez sur le bouton 'Nouveau' (*New*) et utilisez le sélecteur de fichiers pour localiser le fichier exécutable de l'outil. Vous pouvez aussi utiliser un fichier 'batch' pour outil de génération.

3. Entrez les extensions des fichiers source et objet. Ceci indiquera à ISIS quel est l'outil à utiliser en fonction de l'extension choisie. Si vous cochez l'option 'Construire toujours', alors l'outil est toujours utilisé et l'extension du code objet n'est pas nécessaire.
4. Spécifiez une ligne de commande pour l'outil. Utilisez %1 pour faire référence au fichier source et %2 pour le fichier objet. Vous pouvez également utiliser %\$ pour le répertoire de PROTEUS et %~ pour le répertoire dans lequel est placé le fichier DSN (schéma ISIS).

C'est à cet endroit qu'il est préférable d'ajouter les arguments de la ligne de commande afin de faciliter l'automatisation du processus de génération de code (c'est à dire sans pause pour l'entrée de données utilisateur), et de préciser les répertoires des fichiers entêtes spécifiques au processeur à inclure.

Si vous voulez utiliser les fonctionnalités du debugger source de Proteus VSM, vous aurez besoin d'un extracteur de données de debug pour votre assembleur ou compilateur. C'est une ligne de commande supplémentaire qui extrait les informations des références croisées code source/objet du fichier liste généré par l'assembleur ou le compilateur.

Si vous possédez un programme DDX, entrez l'extension de votre fichier liste ou du fichier qui contient les informations symboliques de mise au point issues de l'outil de génération de code, et cliquez sur le bouton 'Parcourir' (*Browse*) pour indiquer le chemin et le nom de votre programme DDX.

6.2.5. Utilisation d'un programme MAKE

Dans certains cas, les règles simples de construction de votre application présentes dans ISIS ne suffisent pas – spécialement lorsque votre projet comprend des sources et des codes objets multiples, ainsi qu'une phase d'édition de liens. Dans de tels cas, il faudra utiliser un programme

externe (*MAKE*) de création d'applications. Dans ce cas, procédez de la façon suivante:

Valider la construction du projet avec un programme MAKE externe:

1. Installez votre programme 'make' (habituellement livré avec votre assembleur/compilateur) comme outil de génération de code. Validez l'extension source avec MAKE et cochez 'Construire toujours' (*Always build*). Pour un programme "make" typique, validez la ligne de commande suivante:

-f%1

2. Utilisez la commande 'Ajouter/Enlever des fichiers sources' pour inclure le fichier de description (*makefile*) – par exemple : MONPROJET.MAK.

3. Ajoutez également les fichiers sources, mais sélectionnez 'Aucun' (*NONE*) comme outil de génération de code.

6.2.6. Utilisation de l'éditeur de source tiers

Proteus VSM est fourni avec un éditeur de texte simple – SRCEDIT qui vous permet d'éditer vos sources. SRCEDIT est une version modifiée du bloc notes (NOTEPAD) qui peut ouvrir plusieurs fichiers sources, et peut répondre à une demande DDE pour sauver tout tampon mémoire modifié.

Si vous possédez un éditeur de texte plus évolué, tel que UltraEdit, vous pouvez indiquer à ISIS de l'utiliser en lieu et place de SrcEdit. Il est nécessaire que votre éditeur puisse répondre à une demande DDE.

Pour valider un autre éditeur externe :

1. Sélectionnez la commande '*Valider une éditeur de texte externe*' (*Setup external text editor*) du menu '*Source*'.

2. Cliquez sur le bouton 'Parcourir' (*Browse*) et utilisez le sélecteur de fichier pour localiser le fichier exécutable de votre éditeur.
3. ISIS pilote l'ouverture de l'éditeur et la sauvegarde via le protocole DDE. Référez-vous à la documentation de votre éditeur ou à votre fournisseur pour la syntaxe de la commande.

6.2.7. Environnement de développement tiers

La plupart des assembleurs ou compilateurs professionnels sont livrés avec leur propre environnement de développement intégrés – tels que IAR's Embedded Workbench, Keil's uVision 2, Microchip's MP-LAB et Atmel's AVR studio. Si vous développez du code avec l'un de ces outils, vous pouvez utiliser cet environnement pour les phases d'édition et de compilation, et commuter sur Proteus VSM pour la simulation lorsque vous avez produit l'image exécutable (tel qu'un fichier HEX ou COD).

Proteus VSM permet de travailler avec des environnements externes de deux façons :

- ? Utilisation de Proteus comme un debugger externe – le contrôle de la session de debug est conduit dans ISIS.
- ? Utilisation de Proteus comme un simulateur plug-in. – le contrôle de la session de debug est conduit depuis le debugger de l'environnement de développement intégré. Proteus intervient comme un émulateur de circuit virtuel, et communique avec l'IDE via un lien TCP/IP. Dans ce mode, vous pouvez exécuter l'IDE sur un ordinateur et la simulation Proteus sur un autre.

6.2.8. Proteus VSM comme debugger externe

L'utilisation de Proteus comme debugger externe nécessite que les informations de debug symboliques produites par votre compilateur soient reconnues par Proteus. Cette prise en charge est assurée par des

programmes particuliers appelés *loaders*. Un loader extrait les adresses de chaque ligne du programme source et – si possible – l'emplacement des variables.

Les formats de debug courants sont COD (utilisés dans le monde PIC), UBROF (utilisés par les compilateurs IAR), et OMF (utilisés pour les 8051). Nous fournissons également des loaders pour d'autres formats propriétaires tels que les fichiers produits par les compilateurs de PICBasic Crownhill.

Appuyez sur le bouton PLAY de l'animation pour lancer la simulation ou utilisez le bouton STEP pour exécuter la première instruction du source. Dans le dernier cas, la fenêtre source apparaîtra et vous pourrez progresser en pas à pas.

6.2.9. Proteus VSM comme émulateur de circuit

A ce jour, seul les environnements Keil uVision 2 pour 8051, IAR's Embedded Workbench, et Microchip MPLAB IDE (version 7 et +) permettent cette approche. Nous travaillons également avec Atmel, pour intégrer Proteus VSM à leur environnement. Ce domaine évolue rapidement, aussi nous vous conseillons de consulter périodiquement notre site pour être tenus informés des mises à jour.

6.3. FENÊTRES SUPPLEMENTAIRES

La plupart des modèles de microprocesseurs écrits pour Proteus VSM créeront des fenêtres d'informations qui peuvent être affichées ou cachées grâce au menu '*Mise au point*'. Il existe trois groupes de fenêtres:

- ? Fenêtre de statuts : un modèle de processeur utilisera une telle fenêtre pour afficher l'état des registres.

- ? Fenêtre mémoire – il en existe typiquement une par espace mémoire du microprocesseur. Les composants mémoires (RAM ou ROM) créent également ces fenêtres.
- ? Fenêtre source – une par fichier source spécifié par la propriété PROGRAM du processeur.

Pour afficher une fenêtre supplémentaire:

1. Lancez le mode de mise au point par CTRL-F12 ou, si le mode est déjà lancé, cliquez sur le bouton Pause du contrôle de l'animation.
2. Pressez ALT-D, puis sélectionnez le numéro d'ordre de la fenêtre désirée dans le menu '*Mise au point*'.

Ces fenêtres ne peuvent être affichées que lorsque la simulation est en pause, et sont masquées automatiquement lors d'une exécution pour vous donner accès aux composants actifs du schéma. Lorsque la simulation est en pause (soit manuellement, soit par l'intermédiaire d'un point d'arrêt), les fenêtres qui doivent l'être apparaissent.

Toutes les fenêtres de mise au point ouvrent un menu contextuel sur le clic droit de la souris. Ce menu vous permet de contrôler l'apparence et le formatage des données dans la fenêtre.

La position et la visibilité des fenêtres de mise au point sont sauveées automatiquement dans un fichier PWI, avec un nom de fichier identique à celui du projet courant. Le fichier PWI contient également les positions de tous les points d'arrêts et le contenu de la fenêtre 'Watch' de visualisation des variables.

6.4. MISE AU POINT AU NIVEAU DU SOURCE

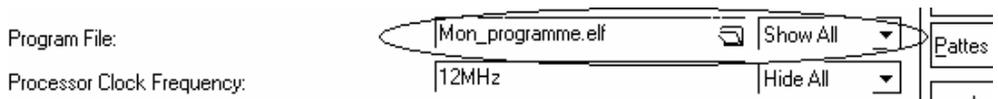
6.4.1. Généralités

Proteus VSM supporte un mode de mise au point au niveau du code source par l'intermédiaire de programmes d'extraction de données de debug (*DDX : Debug Data eXtraction*). Les programmes DDX sont des utilitaires qui parcourent les fichiers produits par les assembleurs ou les compilateurs, extraient les informations des références croisées entre les adresses du code objet et les lignes du code source, et les formatent dans un format standard.

Si vous avez installé un programme DDX pour votre assembleur ou compilateur, Proteus VSM créera une fenêtre source pour chaque fichier source du projet, et ces fenêtres seront listées dans le menu 'Debug'.

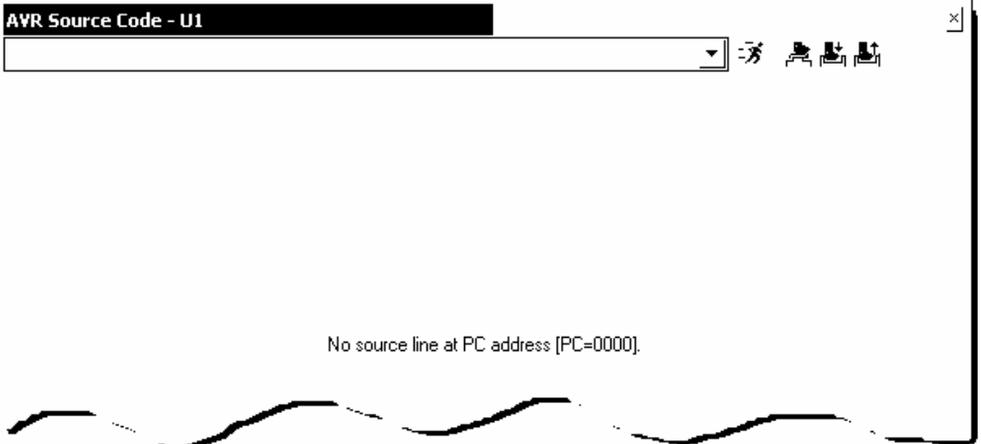
6.4.2. Fenêtre de code source

La fenêtre de code source est le premier outil pouvant vous aider à mettre au point votre projet sous Proteus et vous permet d'avancer dans votre programme en mode pas à pas. Votre programme est chargé dans la fenêtre de source via le fichier de debug créé par votre compilateur ou via le fichier SDI généré par le système de contrôle du code source. Lorsque vous utilisez un compilateur vous devez indiquer le fichier de debug comme indiqué ci-dessous :



Fenêtre d'édition d'un PIC16 affichant le fichier de programme.

Lorsque vous commencez la simulation à l'aide de la touche PAUSE du panneau de commande d'animation la fenêtre de source apparaîtra par défaut, ressemblant à celle de l'imprime écran ci-dessous. La raison de ce message est que l'on est actuellement à t=0 et le pointeur de programme n'est actuellement sur aucune ligne de votre code source.



Une fenêtre de code source typique à t=0.

Vous pouvez naturellement choisir votre programme à partir de la liste en haut de la fenêtre de code source et choisir le mode d'exécution.



Le sélecteur de fichier source dans la fenêtre de code source.

Si vous vous servez d'un langage de haut niveau vous pouvez faire du pas à pas de haut niveau ou code machine. Pour commuter le pas à pas en code machine utiliser le raccourci CTRL+D ou l'option *Désassemble du menu contextuel* (clic droit dans la fenêtre source).

```

006E { movecount = 1;
006E LDI R16,$01
0070 LDI R17,$00
0072 LDI R30,$01
0074 LDI R31,$04
0076 ST Z,R16
0078 ST Z+1,R17
007A kingcapture = FALSE;
007A LDI R16,$00
007C LDI R17,$00
007E LDI R30,$00
0080 LDI R31,$04

```

Exemple d'un AVR réalisant en pas à pas le programme d'échecs au niveau code machine.

- ❗ Vous pouvez également regarder des nombres, des codes opérations et des adresses de ligne dans la fenêtre de source en activant/désactivant les options appropriées du menu contextuel.

6.4.3. Formats de debug supportés

À l'écriture de ce manuel, sept formats de debug sont reconnus. Ce domaine évolue rapidement, aussi nous vous conseillons de consulter périodiquement notre site pour être tenus informés des mises à jour.

ELF/DWARF

C'est le format recommandé pour une utilisation sous Proteus. Ce format est généralement supporté par la plupart des compilateurs modernes. Pour l'utiliser sous Proteus, indiquez simplement le fichier ELF comme étant le programme à exécuter dans la boîte de dialogue *Editer composant*.

- ❗ ELF/DWARF est supporté par les modèles AVR et ARM7 mais pas entièrement par les modèles pour PIC et autres familles.
- ❗ Le fichier ELF (binaire) et le fichier DWARF (debug) doivent être dans le même répertoire.

COFF

A la différence du format ELF/DWARF, le format COFF est dépendant du compilateur et n'explique pas certaines données. Ce format n'est donc pas recommandé. Pour l'utiliser sous Proteus, indiquez simplement le fichier COFF comme étant le programme à exécuter dans la boîte de dialogue *Editer composant*.

UBROF

UBROF est le format de debug des compilateurs d'IAR. Vous ne devez pas utiliser les versions postérieures à UBROF8. Pour l'utiliser sous Proteus, indiquez simplement le fichier UBROF comme étant le programme à exécuter dans la boîte de dialogue *Editer composant*.

- ❗ Vous pouvez également piloter Proteus directement dans l'IAR's Embedded Workbench.

OMF51

OMF51 est le format de debug des compilateurs Keil. Choisissez le format OMF51 depuis le compilateur puis indiquez simplement le fichier UBROF comme étant le programme à exécuter dans la boîte de dialogue *Editer composant*.

- ❗ Les compilateurs Keil les plus récents génèrent également le format ELF/DWARF et nous vous recommandons de l'utiliser dès que possible.
- ❗ Vous pouvez piloter Proteus directement depuis l'environnement Keil.

COD

Le format de debug COD généré par Bytecraft est largement répandu dans la famille PIC. Nous ne recommandons pas ce format.

L'utilisation de ce format implique une limitation importante. Seule une exécution simple du code et la visualisation de blocs mémoires spécifiques est possible. Entre autres, l'affichage du contenu des variables n'est pas supporté. Pour l'utiliser sous Proteus, indiquez simplement le fichier COD comme étant le programme à exécuter dans la boîte de dialogue *Editer composant*.

BAS

Proteus fournit actuellement une solution client pour Crownhill's Proton Development Suite. Pour l'utiliser sous Proteus, indiquez simplement le fichier BAS comme étant le programme à exécuter dans la boîte de dialogue *Editer composant*.

SDI

Le format de SDI est généré uniquement pour des programmes écrits en assembleur et compilés par le *SYSTÈME DE CONTRÔLE DU CODE SOURCE* d'ISIS. Vous devrez configurer certaines options de la boîte de dialogue *Ajouter/supprimer outils de génération de code* (normalement cette configuration s'est faite automatiquement à l'installation de Proteus) puis indiquez simplement le fichier HEX comme étant le programme à exécuter dans la boîte de dialogue *Editer composant*.

 N'indiquez pas les fichiers C ou ASM comme programme à exécuter - Proteus VSM ne simule que du code machine (binaire).

6.4.4. Pas à pas

Des options de pas à pas sont également disponibles dans le menu '*Mise au point*'.

? *Step Over* – 'avance d'une ligne', à moins que l'instruction soit un appel à une fonction. Dans ce cas l'ensemble de la fonction est exécuté.

- ? *Step Into* – 'exécute une instruction du code source'. Si aucune fenêtre source n'est active, il exécute une instruction de code machine.
- ? *Step Out* – 'exécute jusqu'à la fin de la fonction courante'.
- ? *Step To* – 'exécute jusqu'à ce que le programme arrive à la ligne courante'. Cette option n'est disponible que lorsque la fenêtre de code source est active.

Notez que, mis à part pour *Step To*, les commandes d'exécution en pas à pas fonctionneront sans fenêtre de code source. Il est possible – bien que cela ne soit pas facile – de mettre au point un programme généré par un outil pour lequel il n'existe aucun support DDX.

6.4.5. Utilisation des points d'arrêts

Un point d'arrêt fournit un moyen d'investigation puissant, des problèmes de logiciel ou de couplage logiciel/matériel d'un projet. Typiquement vous placerez un point d'arrêt à l'entrée d'une fonction qui pose problème, lancerez la simulation, puis interagirez avec le projet afin que le programme passe par le point d'arrêt. A ce point, la simulation sera suspendue. Puis vous tracerez le programme en pas à pas, en observant les valeurs des registres, la mémoire et les autres conditions de fonctionnement du circuit. Valider la 'visualisation de l'état logique des pattes' (*Show Logic State of Pins: ON*) est également très instructif.

Lorsque la fenêtre de code source est active, le point d'arrêt peut être placé ou enlevé de la ligne courante à l'aide de la touche F9. Vous pouvez placer un point d'arrêt sur toute ligne dont le code objet existe.

Si le code source change, Proteus VSM tentera de retrouver la position du point d'arrêt sur la base des adresses des sous-programmes du fichier et, par association, dans les octets du code objet. Évidemment, lorsque

vous modifiez le code radicalement, la tentative sera impossible, mais généralement ceci fonctionne très bien.

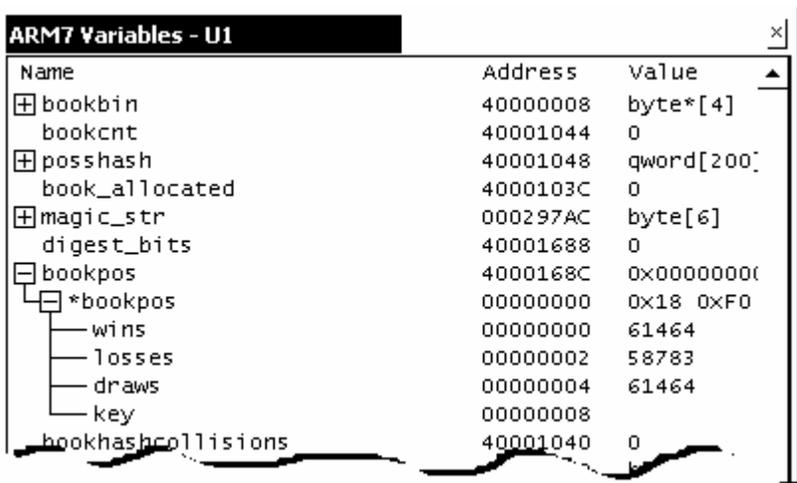
6.4.6. Fenêtre des variables

La plupart des *loaders* fournis avec Proteus VSM sont capables d'extraire l'emplacement des variables du programme, ainsi que les adresses de chaque ligne du source. Lorsque c'est possible, Proteus affiche une fenêtre des variables et la fenêtre du source.

La fenêtre des variables est une aide au debug très puissante et facile d'utilisation qui offre un certain nombre d'options.

Visualisation des types composés et des pointeurs

La fenêtre de variables manipule aisément les types composés (structs, arrays, enums) ainsi que les pointeurs. La fenêtre des variables permet de visualiser les différents éléments qui les composent depuis un arbre.



Visualisation d'un type composé dans la fenêtre des variables

-  Les informations chargées dans la fenêtre des variables proviennent du fichier de debug généré par votre compilateur. Certains formats sont meilleurs que d'autres. Si possible nous vous recommandons d'utiliser le format ELF/DWART. Mais en second choix, le format COFF peut également être utilisé.

Notification des modifications et valeurs précédentes

Le nom d'une variable dont la valeur été changée se mettra en surbrillance dans la fenêtre des variables (uniquement si vous faites du pas à pas). Vous pouvez également visualiser la valeur précédente de la variable en sélectionnant l'option *Montrer valeurs précédentes* du menu contextuel (clic droit sur la fenêtre des variables).

Si vous avez une variable de type composé (une structure par exemple) et qu'un des ses éléments change de valeur, seul le nom de cet élément sera en surbrillance. Ce qui implique que si vous n'avez pas développé l'arbre, vous ne saurez pas qu'il y a eu un changement.

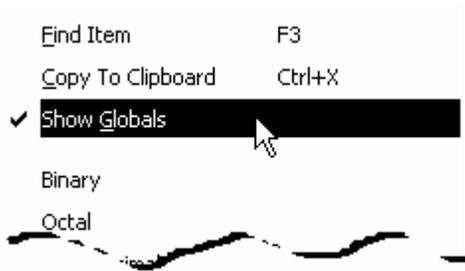
Glisser-déplacer vers la fenêtre Watch Window

Bien que la fenêtre de variables soit cachée pendant l'exécution du programme, vous pouvez glisser-déposer des variables dans la fenêtre 'Watch' de visualisation des variables où ils resteront visibles pendant la simulation. De plus, il est possible de placer une condition de point d'arrêt sur la variable de la fenêtre 'Watch' pour mettre en pause la simulation lorsque la condition est atteinte.

 Si vous glissez une variable dans la fenêtre *Watch* et que sa visibilité sort du contexte d'exécution (ou bien entendu, si vous recompilez le programme et relancez la simulation), il n'est pas garanti que le contenu soit vu dans la fenêtre – ceci dépend de la façon dont le compilateur utilise la mémoire. La fenêtre *Watch* se contente de contrôler des adresses en mémoire.

Montrer/cacher les variables globales

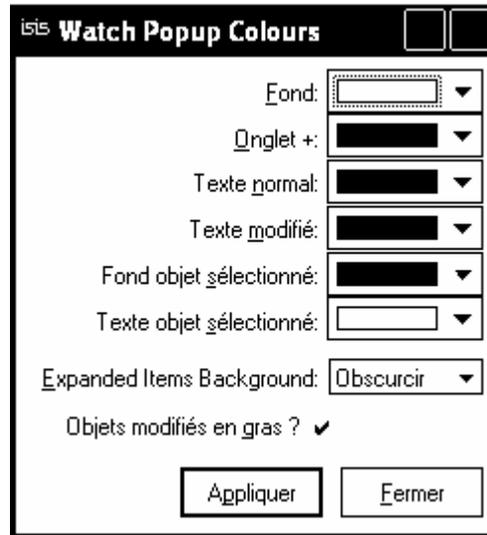
Certains programmes ont un nombre de variables globales important. Dans le menu contextuel (clic droit sur la fenêtre des variables) vous trouverez une option permettant de montrer ou cacher les variables globales.



L'affichage des variables globales est activé.

Configuration des couleurs

En cliquant droit sur une variable vous pouvez lancer le commande *Définir couleurs*.



La boîte de dialogue de configuration des couleurs de la fenêtre des variables.

6.4.7. Debug multi processeurs

Proteus VSM permet de simuler des projets qui contiennent plus d'un CPU. Chaque CPU produit sa propre ensemble de fenêtres popup, y compris les fenêtres source et variables. Ces fenêtres sont regroupées dans un sous-menu du menu 'Mise au point'.

Lors d'une simulation en pas à pas, le processeur dont la fenêtre source a le focus sera considéré comme maître, et les autres CPUs fonctionneront librement, et suspendront leur exécution à l'endroit quelconque qui correspond à la fin de l'exécution d'une instruction du CPU maître. A moins de cliquer explicitement dans la fenêtre source d'un autre CPU, le CPU maître le reste même si sa fenêtre source n'a plus le focus.

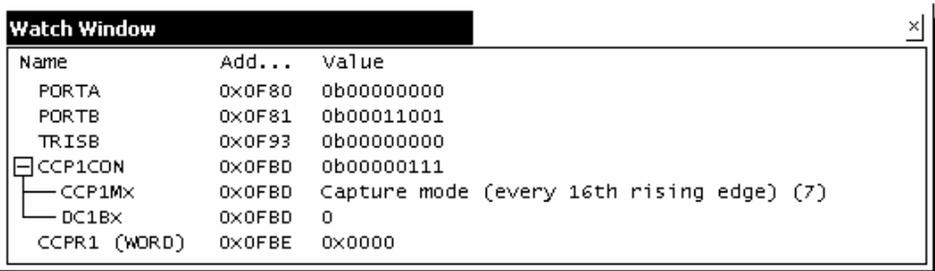
6.4.8. Ajouter des rubriques dans la fenêtre 'Watch'

Alors que les fenêtres des registres et des mémoires associées au modèle du processeur ne sont affichées que lorsque la simulation est 'suspendue' (pause), la fenêtre 'Watch' fournit un moyen de visualiser les valeurs qui sont mises à jour en temps réel. Elle permet également d'affecter des noms à des positions mémoires individuelles, ce qui rend leur gestion plus simple que la recherche dans une fenêtre mémoire.

Pour ajouter une rubrique dans la fenêtre 'Watch':

1. Pressez CTRL-F12 pour lancer le mode de mise au point, ou cliquez sur le bouton 'Pause' si la simulation est déjà lancée.
2. Affichez la fenêtre 'mémoire' qui contient la rubrique à scruter, et la fenêtre 'Watch' grâce au numéro d'ordre du menu 'Debug'.
3. Marquez la position mémoire ou plusieurs positions avec le bouton gauche de la souris. Les positions sélectionnées doivent apparaître en couleur inversée.
4. Glissez les rubriques sélectionnées dans la fenêtre 'Watch'.

Vous pouvez également ajouter les rubriques dans la fenêtre 'Watch' en utilisant la commande 'Ajouter rubrique' (*Add Item*) grâce au menu contextuel.



Fenêtre Watch surveillant le registre CCP1CON d'un PIC18

Modifier les rubriques dans la fenêtre 'Watch'

Lorsque vous avez placé une ou plusieurs rubriques dans la fenêtre 'Watch', vous pouvez sélectionner une rubrique avec le bouton gauche de la souris et :

- ? Renommer la rubrique avec CTRL-R ou F2.
- ? Modifier la taille de la donnée avec l'une des options disponibles dans le menu contextuel (clic droit). Pour les tailles de données de plusieurs octets (exemple: mots de 16 ou 32 bits ou chaînes de caractères), les octets sont supposés être consécutifs à l'adresse de la rubrique. Par conséquent, pour afficher un mot de plusieurs octets ou une chaîne, il vous suffit de glisser le premier octet depuis la fenêtre mémoire.
- ? Modifier le format de numération en binaire, octal, décimal ou hex.

6.4.9. Conditions d'arrêt sur les données visualisées (Watchpoint)

La fenêtre 'Watch' fournit un moyen de suspendre la simulation lorsque survient une condition particulière sur la valeur d'un item. Ceci permet, par exemple, de contrôler dans quelles conditions une variable est modifiée, avec des conditions qui peuvent être complexes.

Pour spécifier un Watchpoint

1. Lancez la simulation par la combinaison CTRL-F12, ou suspendez-la si elle est déjà lancée.
2. Affichez la fenêtre 'Watch' grâce au menu 'Mise au point'.
3. Ajoutez des items sur lesquels vont porter la condition d'arrêt.
4. Choisissez la commande *Watchpoint Condition* dans le menu contextuel sur clic droit.

5. Validez une condition d'arrêt global (*Global Break Condition*). Ceci précise si la simulation est suspendue lorsque UNE des expressions est vraie, ou lorsque TOUTES les expressions sont vérifiées.
6. Spécifiez une ou plusieurs Expression d'arrêt. Une expression d'arrêt regroupe l'item concerné, un masque (permet d'activer la condition pour des bits particuliers d'un registre, par exemple), un opérateur conditionnel, et une valeur.

L'activation du mécanisme de watchpoint augmente la charge de calcul du simulateur, car ProSPICE doit tester la condition à chaque point temporel de la simulation. Cependant, ce mécanisme permet de mettre en évidence des bugs obscurs, et le temps supplémentaire à attendre pour atteindre la condition de déclenchement est justifié et ne constitue pas un problème.

6.5. OBJETS DE DECLENCHEMENT DE POINT D'ARRET

6.5.1. Généralités

Certains objets composants permettent de suspendre la simulation lorsqu'une condition particulière survient dans le circuit. Ils sont particulièrement utiles lorsqu'ils sont combinés aux possibilités de pas à pas, bien qu'un circuit puisse être simulé normalement jusqu'à apparition d'une condition particulière, puis tracé en pas à pas afin d'observer finement ce qui se passe.

Les objets de déclenchement spécifiques sont présents dans la bibliothèque REALTIME.

6.5.2. Point d'arrêt de tension – RTVBREAK

Cet objet est disponible sous la forme 1 ou 2 pattes, et déclenche un point d'arrêt lorsque la tension sur la patte, ou la tension entre 2 pattes, est supérieure à la valeur spécifiée. Vous pouvez coupler cet objet à une source de tension contrôlée arbitraire (AVCS) pour déclencher un point d'arrêt sur une formule complexe qui implique des tensions multiples, des courants, etc.

Lorsque le déclenchement est intervenu, l'objet ne déclenche à nouveau que lorsque la tension est redescendue sous le seuil de déclenchement, puis croît à nouveau.

6.5.3. Point d'arrêt de courant – RTIBREAK

Cet objet possède deux pattes et déclenche un point d'arrêt lorsque le courant qui le parcourt est supérieur à une certaine valeur.

Lorsque le déclenchement est intervenu, l'objet ne déclenche à nouveau que lorsque le courant est redescendu sous le seuil de déclenchement, puis croît à nouveau.

6.5.4. Point d'arrêt numérique – RTDBREAK

Cet objet est disponible avec un nombre de pattes variable et vous pouvez définir d'autres tailles si c'est nécessaire. Il déclenche un point d'arrêt lorsque la valeur binaire sur ses entrées égale la valeur affectée au composant. Par exemple, le fait de spécifier la valeur 0x80 à RTDBREAK_8, provoquera un déclenchement lorsque D7 est à l'état haut et D0-D6 sont à l'état bas.

Lorsque le déclenchement est intervenu, l'objet ne peut déclencher à nouveau que lorsque la tension sur ses différentes entrées a changé.

6.5.5. Surveillance en tension - RTVMON

Ce composant est disponible avec 1 et 2 pattes. Le déclenchement intervient lorsque la tension passe au-delà des valeurs minimum ou maximum indiquées.

En incorporant ces objets dans vos projets, vous pouvez être averti, par exemple, que la tension d'alimentation dépasse les limites de fonctionnement.

6.5.6. Surveillance en courant - RTIMON

Ce composant comporte deux pattes. Le déclenchement intervient lorsque le courant passe au-delà des valeurs minimum ou maximum indiquées.

En incorporant ces objets dans vos projets, vous pouvez être averti, par exemple, que le courant d'alimentation dépasse les limites de fonctionnement.

7. SIMULATION PAR GRAPHES

7.1. INTRODUCTION

Bien que la simulation interactive ait beaucoup d'avantages, il subsiste des situations pour lesquelles il est préférable de visualiser l'ensemble des résultats sur un graphique afin de pouvoir étudier les résultats plus facilement. De plus, il est possible de sélectionner des événements particuliers de la simulation et de réaliser des mesures précises. Certaines analyses spécifiques, telle celle du bruit, ne sont disponibles que dans la simulation par graphes.

La simulation par graphes n'est pas disponible sous PROTEUS VSM Lite.

7.2. CONFIGURER UNE SIMULATION PAR GRAPHES

7.2.1. Généralités

Le processus de simulation se déroule en cinq étapes principales. Ces étapes sont listées ci-après, les explications détaillées se trouvent dans les chapitres qui suivent :

- ? Saisie du schéma à simuler.
- ? Placement des générateurs de signaux aux points que vous voulez 'stimuler', et placement des sondes aux points que vous désirez 'inspecter'.
- ? Placement d'un graphe correspondant au type de l'analyse que vous voulez effectuer - ex. un graphe avec échelle de fréquences sur l'axe X pour lancer une analyse fréquentielle.

- ? Ajout des générateurs de signaux et des sondes sur le graphe dans le but d'afficher les données générées ou enregistrées.
- ? Ajustement des paramètres de la simulation (ex. une durée) puis lancement de la simulation.

7.2.2. Saisie du circuit

Le processus de saisie du circuit à simuler est identique à tout autre saisie dans ISIS - les techniques pour y parvenir sont décrites en détail dans le manuel d'ISIS.

7.2.3. Placement des générateurs et des sondes

La seconde étape du processus de simulation consiste à placer les générateurs de signaux aux points à stimuler, et les sondes aux points que vous désirez inspecter. La configuration des générateurs et des sondes est extrêmement simple, car ces derniers sont traités comme tout objet appartenant à ISIS (composants, terminaux, ou points de jonctions). Tout ce qui est demandé est de sélectionner l'icône adéquate, de choisir le type de générateur ou de sonde, et de le placer là où vous le voulez sur le schéma. Vous pouvez le positionner directement sur une liaison, ou comme un composant et le relier ensuite. La définition du signal de sortie d'un générateur se fait simplement en éditant l'objet et en lui assignant les propriétés requises.

C'est lors de cette étape que, si vous désirez tester une section d'un circuit indépendamment du reste, vous devez placer les générateurs et les sondes autour de la section concernée, et sélectionner l'option qui permet d'isoler la partie simulée du reste du circuit (case à cocher 'isoler avant' pour un générateur et case à cocher 'isoler après' pour une sonde). Ceci n'a d'effet, bien sûr, que sur le générateur ou la sonde placée sur une liaison reliant la partie à tester et le reste du circuit et produit l'effet d'une rupture interne de liaison. Dès l'instant où vous

voulez inclure plus ou moins de circuit, vous n'avez plus qu'à sélectionner et déplacer le générateur ou la sonde vers sa nouvelle position. Le fait d'utiliser des générateurs et des sondes de cette façon permet non seulement une simulation plus rapide, mais permet surtout d'éviter les liaisons coupées que l'on oublie ensuite de rétablir.

7.2.4. Placement des graphes

La troisième étape du processus de simulation consiste à définir le type d'analyse que vous voulez effectuer. Les types d'analyses incluent les analyses transitoires analogique et numérique, les analyses en fréquence, les analyses avec balayage de variables, etc. Avec ISIS, définir un type d'analyse équivaut à placer un graphe du type d'analyse requis. Cela correspond à sélectionner l'icône correcte, à sélectionner le bon type de graphe et à placer ce graphe sur le dessin, près du circuit. Non seulement cela vous permet de visualiser plusieurs types de graphes simultanément, mais vous bénéficiez par la même occasion de la possibilité d'imprimer l'ensemble des graphes avec le circuit.

7.2.5. Ajout des courbes dans les graphes

Après avoir placé un ou plusieurs graphes, vous pouvez spécifier quelles données du générateur ou de la sonde vous voulez voir s'afficher dans ces graphes. Chaque graphe peut afficher un certain nombre de courbes. Les données pour une courbe sont généralement fournies par une sonde ou un générateur unique. Cependant, ISIS permet d'associer à une courbe, des données provenant d'autres sondes ou générateurs (jusqu'à quatre) liés par une expression mathématique. Par exemple, une courbe peut être configurée pour afficher le produit des données en provenance d'une sonde de tension par les données issues d'une sonde de courant, toutes deux connectées au même point. On visualise alors une puissance au point concerné.

Spécifier la courbe à afficher sur un graphe peut se faire de plusieurs façons. Vous pouvez sélectionner et déplacer une sonde sur un graphe ou sélectionner plusieurs sondes ou générateurs et les amener toutes sur le graphe en une seule opération. Vous pouvez aussi passer par une boîte de dialogue pour sélectionner les sondes et spécifier les expressions.

7.2.6. Le processus de simulation

La simulation par graphes est dite *Simulation à la demande*. Cela signifie que l'accent est mis sur la composition des générateurs, sondes et graphes dans le but de déterminer ce que vous voulez mesurer, plutôt que de sélectionner le simulateur et de laisser tourner une sorte de post-processeur pour examiner les résultats. Certains des paramètres spécifiques à une simulation sont spécifiés à travers l'édition des propriétés du graphe lui-même (ex. début et arrêt de la simulation), ou en assignant des propriétés supplémentaires, (par ex. dans une simulation numérique, vous pouvez envoyer une propriété 'temps de propagation aléatoire' au simulateur).

Que se passe-t-il une fois que vous avez amorcé une simulation ? En fait, les actions se déroulent ainsi :

- ? Génération de *netlist* - c'est le procédé habituel pour tracer des connexions broche à broche, et pour produire une liste des composants et une liste des groupes de broches interconnectées (nets). En résumé, chaque composant du circuit devant être simulé par un *fichier modèle* ('model files') est remplacé par les composants élémentaires contenus dans ce fichier.
- ? Partitionnement - ISIS regarde alors les points où vous avez placé les sondes et 'remonte' jusqu'à l'endroit où vous avez injecté un signal. De cette analyse résulte l'établissement d'une ou plusieurs partitions qui devront être simulées et l'ordre dans lequel elles seront simulées.

Les résultats de chaque partition simulée sont sauvegardés dans un fichier de partition.

- ? Traitement des résultats - Finalement, ISIS accède aux fichiers de partitions pour construire les diverses courbes du graphe. Le graphe est alors rafraîchi, et peut être agrandi (plein écran) pour effectuer les mesures.

Si une erreur survient lors d'une de ces étapes, alors les détails seront écrits dans un journal de simulation. Certaines erreurs sont fatales ('errors'), et d'autres provoquent juste un message d'alerte ('warnings'). Dans le cas d'erreur fatale, le journal de simulation est aussitôt affiché pour que vous puissiez visualiser ce qui a provoqué l'erreur. Pour ce qui est du message d'alerte, il vous incombe de choisir si vous voulez voir ce qui l'a causé. La plupart des erreurs proviennent d'un circuit électronique mal conçu (qui ne peut, pour une raison ou une autre, être résolu mathématiquement) ou proviennent d'un lien incorrect - ou omis - avec les fichiers modèles.

7.3. LES OBJECTS GRAPHES

7.3.1. Généralités

Un graphe est un objet qui peut être placé dans un projet. Sa raison d'être est de contrôler une simulation particulière est d'afficher les résultats de cette simulation. Le type d'analyse réalisé dépend du type de graphe placé dans le schéma. La portion du projet qui est simulée et les données qui sont affichées dans le graphe sont fonction des objets sondes et générateurs qui ont été ajoutés au graphe.

7.3.2. Le graphe courant

Toutes les commandes spécifiques aux graphes sont regroupées dans le menu *Grappe*. La partie inférieure du menu déroulant liste les graphes présents dans le projet, le graphe courant est repéré par une coche placée à gauche du nom. Le graphe courant est le dernier graphe qui a été simulé ou auquel on a accédé.

Toute commande du menu '*Grappe*' peut également être exécutée en plaçant le pointeur souris dans un graphe, puis en utilisant le raccourci clavier nécessaire (les raccourcis sont indiqués à la droite des commandes du menu). Lorsque le pointeur souris n'est pas placé dans un graphe, ou si vous choisissez la commande directement depuis le menu, le graphe concerné sera le graphe courant.

7.3.3. Placer un graphe

Pour placer un graphe :

1. Pour obtenir la liste des graphes, validez l'icône *Grappe*. Les types disponibles sont affichés dans le sélecteur d'objets.
2. Choisissez le type de graphe dans le *sélecteur d'objets*.
3. Placez la souris dans la fenêtre d'édition à l'endroit qui vous convient, cliquez et maintenez le bouton appuyé pour définir un rectangle de la taille appropriée; puis relâchez le bouton de la souris.

7.3.4. Éditer un graphe

Tous les graphes peuvent être déplacés, redimensionnés ou édités en modifiant leurs propriétés via les techniques d'édition standard d'ISIS.

Les propriétés d'un graphe sont changées dans la fenêtre d'édition de l'objet, soit par sélection – édition (clic droit puis clic gauche sur l'objet), soit en pointant sur l'objet avec la souris puis en utilisant la combinaison clavier CTRL+E.

7.3.5. Ajouter des courbes dans un graphe

Chaque graphe affiche une ou plusieurs courbes. Chaque courbe affiche les données associées au générateur ou à la sonde. Cependant, pour des types de graphes analogiques ou numériques, il est possible de configurer les données pour qu'elles correspondent à une expression mathématique qui porte sur de 1 à 4 sondes.

Chaque courbe possède un label, affiché le long de l'axe Y auquel la courbe est affectée. Pour certains types de graphes il n'est pas possible d'affecter la courbe à un axe Y particulier. Par défaut, le nom de la nouvelle courbe est le même que le nom de la sonde (ou que la première sonde de l'expression mathématique) – ceci peut être modifié en éditant la courbe.

Les courbes peuvent être définies de 3 façons différentes :

- ? Par glisser-déposer d'un générateur ou d'une sonde dans le graphe.
- ? Par sélection (clic droit) de sondes et utilisation de la fonctionnalité *Ajout rapide* de la commande *Ajout de courbe*.
- ? Par utilisation de la commande *Ajouter courbe*.

Les deux premières méthodes sont rapides mais sont limitées à l'ajout d'une nouvelle courbe ou d'une sonde. La troisième méthode est plus complète et offre un meilleur contrôle des courbes ajoutées à un graphe. En particulier, les courbes qui font appel à une expression mathématique doivent être ajoutées par l'intermédiaire de la commande *Ajout de courbe*.

Pour glisser-déposer une sonde ou un générateur dans un graphe :

1. Sélectionnez, par un clic droit, le générateur ou la sonde que vous souhaitez ajouter au graphe.

2. Cliquez gauche sur la sonde ou le générateur, et maintenez le bouton gauche appuyé pour glisser l'objet dans le graphe, puis relâchez le bouton de la souris.

Une nouvelle courbe est créée et ajoutée au graphe; la courbe ainsi créée affiche les données associées à l'objet sonde/générateur individuel. Notez que les courbes existantes peuvent rapetisser pour s'adapter à la présence de la nouvelle courbe.

Pour les graphes qui possèdent deux axes y, le fait de relâcher la sonde ou le générateur sur la partie droite ou gauche du graphe affecte la courbe sur l'axe de la partie correspondante. De plus, pour les types d'analyses mixtes analogique et numérique, le fait de relâcher le générateur ou la sonde au-dessus du graphe crée une nouvelle courbe du type adéquat.

Pour ajouter rapidement plusieurs générateurs ou sondes à un graphe:

1. Assurez-vous que le graphe auquel vous voulez ajouter les générateurs ou les sondes soit le graphe courant. Le graphe courant est repéré par une coche en bas du menu *Graphes*.
2. Sélectionnez (clic droit) chaque sonde ou générateur que vous voulez ajouter au graphe.
3. Lancez la commande '*Ajouter courbe*' du menu '*Grappe*'. Comme des sondes et des générateurs sont sélectionnés, la commande affiche un message *Ajout rapide des sondes sélectionnées ?*
4. Validez le bouton *Oui* pour ajouter les générateurs et les sondes sélectionnées dans le graphe courant.

Une nouvelle courbe est créée pour chaque générateur ou sonde ajouté dans le graphe, par ordre alphabétique. Les courbes sont toujours

affectées sur l'axe Y de gauche pour les graphes qui admettent deux axes.

7.3.6. Boite de dialogue de la commande '*Ajouter courbe*'.

Si vous n'avez pas utilisé un ajout rapide de sondes ou générateurs, la commande '*Ajouter courbe*' ouvrira une boite de dialogue (très légèrement variable en fonction de chaque type de graphe). Cette boite de dialogue vous permet de sélectionner le nom de la nouvelle courbe, son type (numérique, analogique, etc.), l'axe Y concerné (gauche ou droite) par l'ajout, les données de un à quatre générateurs ou sondes, et une expression qui combine les objets ajoutés.

Pour ajouter une courbe via la commande '*Ajouter courbe*'

1. Appelez la commande depuis le menu '*Graphes*', pour le graphe concerné par l'ajout.

S'il existe des générateurs ou des sondes sélectionnées, le message *Ajout rapide de sondes ?* s'affichera. Cliquez sur le bouton Non.

La boite de dialogue *Add Transient Trace* apparaît.

2. Sélectionnez le type de courbe que vous souhaitez ajouter au graphe. Seuls les types possibles pour le graphe en cours seront validés.
3. Sélectionnés l'axe y concerné par l'ajout. Les axes possibles sont également fonction du graphe en cours.
4. Choisissez un champ de P1 à P4, puis une sonde ou un générateur dans la liste déroulante correspondante. Le nom (P1 à P4) apparaîtra dans le champ expression.

Lorsqu'une expression n'est pas autorisée, seule la courbe P1 sera accessible – et la nouvelle courbe affichera les données associées à la sonde P1 choisie.

5. Répétez les étapes [3] & [4] pour toutes les sondes ou générateurs concernés par la nouvelle courbe.
6. Entrez une expression. Dans l'expression, les noms à utiliser sont P1, P2, P3 et P4, qui correspondent aux objets P1, P2, P3 et P4 sélectionnés.

Si le type de courbe n'admet pas d'expression, celle-ci sera ignorée.
7. Cliquez sur le bouton OK pour terminer l'ajout de la courbe.

7.3.7. Editer une courbe d'un graphe

Une courbe individuelle peut être éditée pour modifier son nom ou l'expression.

Pour sélectionner, éditer une courbe :

1. Assurez-vous que le graphe affiché n'est pas sélectionné (en surbrillance suite à un clic droit).
2. Sélectionnez la courbe en cliquant droit sur son nom dans le graphe. Le nom sélectionné apparaît en surbrillance.
3. Cliquez gauche sur le nom de la courbe et une boîte de dialogue apparaît.
4. Modifiez le nom de la courbe ou de l'expression. Pour une courbe qui n'admet pas d'expression, celle-ci sera ignorée.
5. Validez les modifications en cliquant sur le bouton OK.
6. Désélectionnez la courbe en cliquant droit dans le graphe, mais pas sur les noms des courbes.

7.3.8. Modifier l'ordre ou la couleur des courbes

L'ordre des courbes dans un graphe peut être adapté en déplaçant les labels avec le bouton gauche de la souris.

- ? Pour des courbes numériques, un déplacement permet de définir un séquençement particulier.
- ? Pour un graphe analogique, vous pouvez déplacer les courbes sur les axes Y de gauche ou de droite. Vous pouvez également modifier leur couleur en modifiant leur ordre dans la liste des courbes affichées.

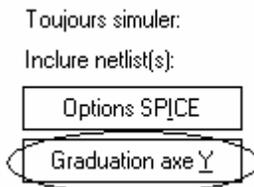
Les couleurs affichées peuvent être modifiées en maximisant le graphe, puis en appelant la commande '*Définir couleurs de graphes*' du menu '*Gabarit*'.

7.3.9. Configuration manuelle des axes Y

Par défaut les axes des ordonnées d'un graphique sont configurés de manière automatique afin de fournir une visibilité maximale du graphique. Dans certaines situations, comme la comparaison de deux graphes ou plus sur le schéma, cet effet n'est pas souhaitable. Dans cette situation ISIS fournit un mécanisme qui configure et bloque les ordonnées gauche et droite.

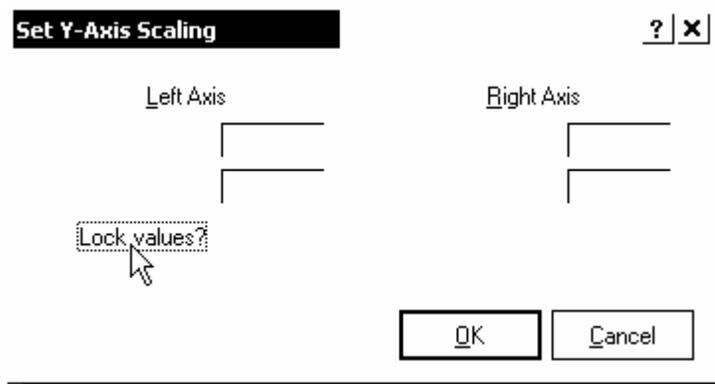
Pour modifier manuellement la graduation des axes Y

1. Placer le graphe, ajouter les sondes au graphe comme pour réaliser une simulation ordinaire.
2. Après le premier lancement de la simulation l'axe des ordonnées du graphique sera automatiquement configuré. Cliquez droit sur le graphe et cliquez gauche pour l'éditer. Une boîte de dialogue apparaîtra avec un ensemble d'options.



L'option Graduation Axe-Y

3. Cliquez sur le bouton *Graduation Axe-Y*.



La boîte de dialogue Configuration de la graduation de l'axes Y

3. Cochez la case *Verrouiller valeurs ?* de l'axe approprié et entrez une valeur minimum et maximum.
 - 1 Notez que ces options sont grisées si elles ne sont pas applicables au graphique actuel. Par exemple, où vous avez uniquement un axe gauche.
5. Validez pour fermer les boîtes de dialogue et re-simuler.