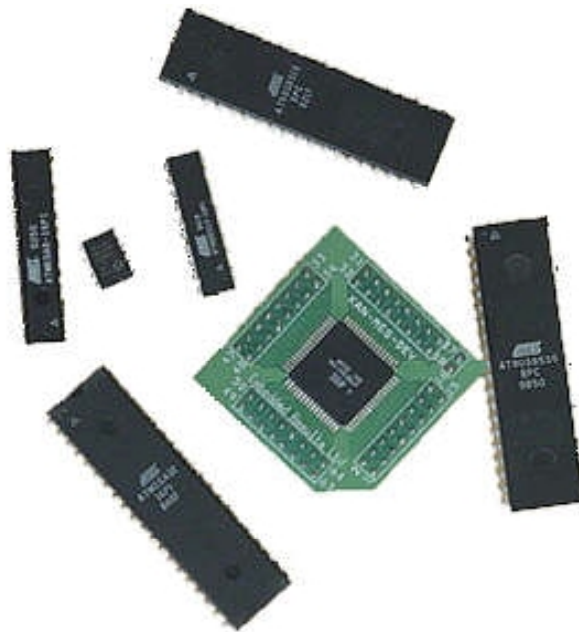


Jean-Pierre Duval

1^{ere} partie : Le BASIC

2^{eme} partie :
Le système de développement
BASIC BASCOM-AVR



3^{eme} Partie : Le dictionnaire

4^{eme} partie :
les microcontrôleurs
R.I.S.C. ATMEL

LES GAMMES	3
Atmega.....	3
Spécificités	3
Nos préférés.....	3
Et les autres ?.....	3
Pourquoi ne pas citer les ATmega8515 et 8535 ?.....	3
ATtiny.....	4
Spécificités	4
Les fonctions communes	4
Nom des broches et fonctions	5
ALIMENTATION.....	5
CONVERSION ANALOGIQUE-DIGITALE.....	5
COMPARATEUR ANALOGIQUE	6
TIMER/COUNTER	6
TIMER SOURCE.....	6
TIMER TEMPS REEL (RTC)	6
UTILISATION D'UNE MÉMOIRE EXTERNE	6
JTAG	6
HORLOGE.....	7
TRANSMISSION SERIE USART	7
SERIAL PERIPHERICAL INTERFACE.....	7
TWO-WIRE INTERFACE (I2C).....	7
INTERRUPTIONS.....	7
Lequel choisir ?.....	8
LES FUSIBLES.....	9
Atmega32.....	9
ATmega8	12
ATtiny 13.....	13
ATmega128	14
LIENS.....	16

LES GAMMES

Il y a désormais deux grandes catégories de microcontrôleurs ATMEL-AVR les ATmega et les ATtiny.

Nous conseillons à nos lecteurs d'oublier les microcontrôleurs non retenus dans notre liste, celle-ci a été établie en fonction de plusieurs critères expliqués en fin de chapitre.

Atmega

Spécificités

Device	Case	Pins	Bas-com	Flash KBytes	Eeprom Kbytes	SRAM Bytes	Max I/O pins	F max Mhz	16 bit timer	8 bit timer	PWM	SPI	uart	10 bit A/D	Inter-rups	Ext.nal inter-rups
Atmega 128/128L	T, M	64	0	128	4	4096	53	16/8	2	2	8	1	2	8	34	8
atmega 32/32L	P	40	0	32	1	2048	32	16/8	1	2	4	1	1	8	19	3
	T, M	44														
Atmega 16/ 16L	P	40	0	16	0.5	1024	32	16/8	1	2	3	1	1	8	20	3
	T, M	44		32	0.5	2048	32	8	1	2	3	1	1	8	20	3
ATmega162 162V	P	32	0	16	0.5	1024	35	16/8	2	2	4	1	2		28	3
	T, M	44														
ATmega165 165V	T, M	64	N	16	0.5	1024	54	16/8	1	2	4	1+	1	8	23	17
ATMEGA168, 88, 48	P	28	N	16/8/4	1 0.5	1K0, 1Ko	23	10-20	1	2	3	1+	1	8/6	26	26
	T, M	32	0		0.25	0.5 Ko										
ATmega169 169V	T, M	64	O	16	0.5	1024	54	16	1	2	4	1+	1	8	26	26
Atmega 8 /8L	P	28	O	8	0.5	1024	23	16/8	1	2	3	1	1	8	18	2
	T, M	32														

Case=Boîtier T=TQFP

M=MLF

P=PDIP

Nos préférés

Atmega8, Atmega16, Atmega32 (tous en version PDIP) et Atmega128 en version TQFP monté sur un support KANMEGDEV de chez Kanda.

Et les autres ?

Les microcontrôleurs précédents se trouvent assez facilement chez les distributeurs, mais attention, nous avons constaté des variations de prix allant du simple au quadruple ! (exemple pour le Atmega 32 du même type). Certains microcontrôleurs ne sont pas encore validés par Bascom-basic AVR mais il faut savoir qu'à l'heure où nous écrivons ces lignes certains µP n'ont que quelques mois d'existence mais ils sont tellement prometteurs que je suis persuadé de leur validation prochaine.

Pourquoi ne pas citer les ATmega8515 et 8535 ?

Ces remplaçants des AT90S8515 et 8535 peuvent être remplacés à un prix équivalent par les Atmega162 (8515) ou Atmega16 (8535)

Les 8515 sont plus spécialement dédiés à une utilisation avec une Ram externe.

ATtiny

Nous n'avons retenu que 3 modèles : les ATtiny 13, 26 et 2313, parce que les autres nécessitent de bonnes connaissances en assembleur, puisqu'il n'y a pas de SRAM

Spécificités

Device	Case	Pins	Bas-com	Flash bytes	Eeprom bytes	SRAM Bytes	Max I/O pins	F max Mhz	16 bit timer	8 bit timer	PWM	SPI	uart	10 bit A/D	Inter-rups	Ext.nal inter-rups
ATtiny13	P, S	8	O	64	1024	64	6	20		1	2			4	9	6
Attiny26/26L	P,S,M	20/32	O	128	2048	128	16	16/8		2	2	USI		11	11	1
Attiny2313	P,S, M ?	20	O	128	2048	128	18	20/10	1	1	4	USI	1		8	2

Case=Boîtier S=SOIC M=MLF P=PDIP

Les fonctions communes

10 BIT AD

Commun à tous sauf aux ATmega162 et Attiny2313. Convertisseur Analogique Digital.

16BIT TIMER, 8BIT TIMER, PWM

Les Atmega possèdent tous 1 ou 2 Timer/compteur 16bit, 2 timer/compteur 8bit et jusqu'à 8 PWM (Pulse Wide modulator). Les Attiny13 et 26 ne possèdent pas de Timer 16bits

ANALOG COMPARATOR

Compare deux tensions analogiques sur les ports AIN0 et AIN1

BROWN OUT DETECTOR

Provoque un RESET quand VCC descend en dessous d'une valeur déterminée par le µP si le fusible concerné l'autorise.

ISP

In system Programming : permet de programmer la mémoire de programme et la mémoire EEPROM par une connexion SPI (Serial Peripheral interface)

ON CHIP OSCILLATOR

Les Atmega peuvent être piloté par un quartz, une horloge interne ou un circuit RC...

SELF PROGRAMMING MEMORY

Auto-programmations des mémoires. Sauf l'ATtiny26 (voir Datasheet)

WATCHDOG

Comme son nom l'indique c'est un chien de garde, il surveille un état, un port. après un certain temps le timer Watchdog doit être reseter sinon il provoque un RESET général.

RTC

Real Time Clock, utilisé pour piloter une horloge hh :mm :ss avec un quartz de 32KHz installé sur les ports TOSC1 et tOSC2. Sauf les Attiny.

TWI

Commune à tous les Atmega sauf aux 162. Two Wire Interface, proche de l'interface I2C®
Sauf les ATtiny (Add-on soft : I2Cslave)

UART

Universal Asynchronous Receiver Transmitter, liaison série appelée aussi RS232 quand les niveaux de sortie sont rendus compatibles avec la norme à travers un MAX232 ou équivalent. Sauf ATtiny13 et ATtiny26

HARDWARE MULTIPLIPLIER

Fonctions de multiplication incluses en HW. Sauf les ATtiny

Nom des broches et fonctions**ALIMENTATION****GND**

La référence 0 Volt

VCC

Suivant les versions quand elles existent:

Soit une alimentation variant de 4.5V à 5.5V, soit une alimentation variant de 2.7V à 5.5V

Et même 1.8V pour certain (suffixe V ou aucun suffixe)

AVCC

C'est la tension utilisée par le convertisseur Analogique-Digital, en mode port I/O, AVCC est simplement relié à VCC en mode ADC il est préférable de passer par un filtre LC

AREF

C'est la tension de référence pour le convertisseur ADC, elle peut être interne (soit 2.56V soit 1.1V suivant modèle) soit externe. Elle ne peut pas dépasser AVCC.

RESET

Broche utilisée pour le reset des µP, il existe différentes méthodes de Reset , au démarrage, sur baisse de tension d'alimentation, programmable..

CONVERSION ANALOGIQUE-DIGITALE**ADC0----ADC7**

Attention suivant les ports, certaines broches peuvent être branchées sur AREF d'autres non, se reporter à la datasheet.

COMPARATEUR ANALOGIQUE

AIN0 AIN1

Permet de comparer deux tensions, peut fonctionner simultanément avec un Timer/compteur et déclencher une interruption.

TIMER/COUNTER

OC1A OC1B ICP OC0 OC1 OC2

Permet de contrôler, de comparer ou de compter des temps.

Spécifique ATtiny

CLKI : clock input

TIMER SOURCE

T0 T1..

Source des timers 0 1 ...

TIMER TEMPS REEL (RTC)

TOSC1 TOSC2

Permet de connecter un Quartz de 32.768 KHz. on obtient alors une horloge temps réelle battant la seconde. Sauf les ATtiny

UTILISATION D'UNE MEMOIRE EXTERNE

WR, RD, ALE, A0---A7 AD8---AD15

-Write (écrit), RD(lit), ALE (Address Latch Enable) : verrou d'écriture à l'adresse

A0---A7 AD8---AD15 correspondent pour le A à l'adresse et pour le D à data.

JTAG

TCK, TMS, TDO, TDI

J.T.A.G. : Join Test Action Group Méthode de contrôle in situ d'un composant, n'est pas utilisé par BASCOM-BASIC-AVR ,aussi pour libérer les broches associées il faut désactiver le fusible JTAG.

HORLOGE

XTAL1 XTAL2

Broche utilisée par le quartz ou le résonateur. Les circuits ATMEL sont fournis avec les fusibles d'horloge réglés sur INTERNAL RC OSCILLATOR 1MHz. Si l'utilisateur veut utiliser ces broches (quand elles sont à usage multiples) pour connecter un quartz il doit configurer les fuses-bits. Ces broches ne sont plus utilisables pour d'autres fonctions, sauf changement des fusibles

TRANSMISSION SERIE USART

RXD TXD XCK

Dans le cas d'une utilisation en port série, Les broches RXD et TXD ne sont plus utilisables pour d'autres fonctions. XCK est une clock pour les transmissions synchrones. Bascom-Basic-AVR permet de configurer d'autres port pour des liaisons séries.

Spécifique ATtyni 26 et 2313

UCSK DO DI (voir datasheet)

SERIAL PERIPHERICAL INTERFACE

MISO MOSI SS SCK

En général sur le port B mais pas toujours aux mêmes broches. Permet de programmer les μ P ou d'établir des liaisons rapides entre différents périphériques.

TWO-WIRE INTERFACE (I2C)

SCL SDA

Permet d'établir des liaisons courtes sur 2 fils entre différents μ P. Equivalent au protocole I2C[®].

INTERRUPTIONS

INT0...INTX

Interruptions extérieures permet de déclencher un sous-programme quand la broche change d'état.

Spécifique ATtyni

- PCINT0...5

dW

Spécifique Attiny13, 2313 Debug Wire : Reset ou break pour le débogage.(voir datasheet)

Lequel choisir ?

Les critères de choix sont dans l'ordre :

⇒ **Compatibilité avec Basic Bascom-AVR ?**

Voir si le microcontrôleur possède un fichier .DAT dans le répertoire Bascavr.

⇒ **Disponibilité ?**

Atmel a renouvelé sa gamme à marche forcée. Il risque encore d'y avoir quelques changements ! Les fournisseurs habituels n'ont pas encore toutes les références.

☛ **Obsolescence ?**

Du fait du renouvellement de la gamme, les At90snnn et certains ATmega sont déconseillés pour les développements futurs. En général Atmel propose une datasheet pour le remplacement éventuel par un composant récent. Ex : ATMEGA323 vers ATMEGA32.

⇒ **Nombre de I/O ?**

Dans la phase d'analyse, il faut bien structurer son programme, sachant que des I/O à multiples usages ne peuvent être utilisés qu'à un seul usage. Ex : sur le Atmega32 PD0 et PD1 s'ils sont utilisés en COMM (RXD et TXD) ne peuvent pas être utilisés en ports I/O.

⇒ **Taille du programme/Capacité ?**

Elle est donnée par le compilateur dans le fichier .Bin, les microcontrôleurs qui ont un espace Bootloader peuvent dans certains cas voir cet espace réduit, pour donner plus de capacité.

⇒ **Prix ?**

Fonction du μ P de sa taille, du distributeur(surtout !), attention aux obsolètes !

⇒ **Boîtier ?**

PDIP : se monte sur des supports DIL. TQFP : se soude en surface, donc nécessite des outils adaptés. MLF : se clip dans des supports spéciaux TRES, TRES, MINIATURE.

⇒ **U Vcc , consommation ?**

Alimentation secteur, piles, batterie, ? attention les modèles faibles tensions ne supportent pas les fréquences d'horloge rapides.

⇒ **Fréquence d'horloge ?**

Les Microcontrôleurs sont très rapides car l'architecture et le grand nombre d'instructions permet de réaliser des applications à faible vitesse (1MHz) qui seront plus rapides que les Basic-Stamp® interprété tournant à 20MHz.

⇒ **Divers**

Pour les ATtyni, nous n'avons pas retenu les modèles sans SRAM, la majorité des lecteurs vont se servir de Basic-Bascom-AVR et dans la plupart des cas utiliser des variables.

Nous avons retenu en priorité les microcontrôleurs ayant un boîtier PDIP pour leur facilité d'utilisation, l'Atmega128 étant l'exception.

Kanda propose des adaptateurs TQFP 64 broches permettant d'utiliser les nouveaux Atmega 169, 165 avec des sorties sur connecteurs. (voir la photo en couverture)

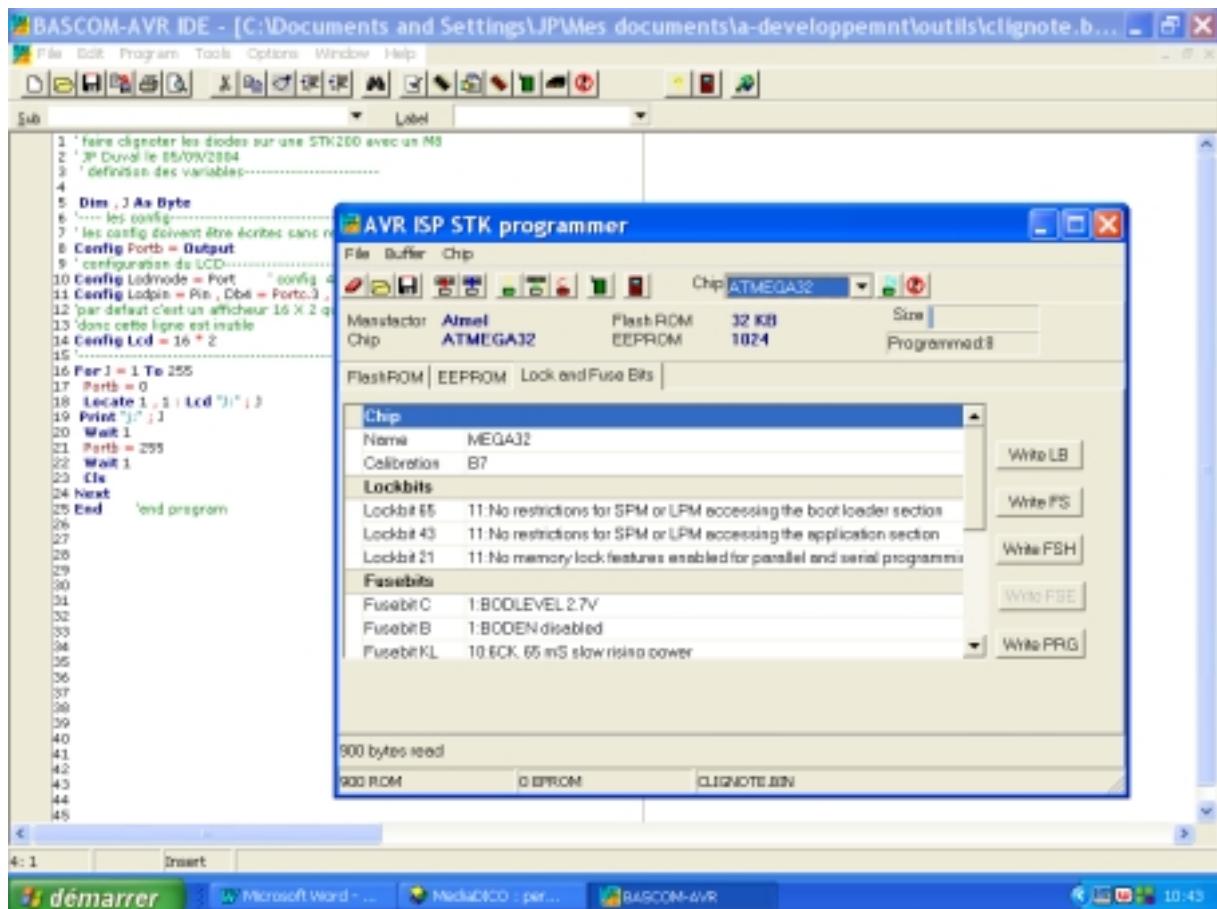
LES FUSIBLES

Nous vous demandons de lire ce chapitre avec attention, il vous évitera des déboires !
Il utilise quatre exemples représentatifs de l'usage des fuse-bits.

- ⇒ Pour cette partie il faut que la carte de programmation soit une STK200, STK300 ou compatibles.
- ⇒ Il faut savoir qu'un effacement du microcontrôleurs n'efface pas les fuse-bits mais permet de les modifier.
- ⇒ La modification des fuse-bits d'horloge, si elle est mal faite, peut conduire à rendre le μP inutilisable (choix external oscillator)
- ⇒ 1 veut dire non-programmé, 0 veut dire programmé !
- ⇒ les fichiers nnDEF.dat de définition des μP ajoutent, pour chaque fusible important, un commentaire en anglais. En allant dans ces fichiers on peut le mettre en français, **N'OUBLIEZ PAS DE FAIRE UNE SAUVEGARDE.**

Atmega32

Nous commençons par L'Atmega32 car il représente un milieu de gamme riche en Fuse Bits.



Quand on clique sur l'onglet Fuse bits on a dans l'ordre :

→ **Chip**

Name : le nom du µP

Calibration : la valeur en hexadécimal du coefficient de calibrage de l'horloge interne quand elle existe.

→ **Les lockbits** :

Permettent de sécuriser votre travail contre la copie.

65-11 = pas de restriction pour accéder à la section Boot loader par SPM (Store Program Memory) ou LPM (Load Program Memory)

65-10 = SPM ne peut écrire dans la section Boot loader.

65-00 = SPM ne peut écrire dans la section Boot loader et LPM exécuté depuis l'application ne peut lire dans la section boot loader. Si des vecteurs interruptions sont placés dans l'application, les interruptions ne peuvent pas être exécutées depuis la section boot loader.

65-01 =LPM exécuté depuis l'application ne peut lire dans la section Boot loader. Si des vecteurs interruptions sont placés dans l'application, les interruptions ne peuvent pas être exécutées depuis la section boot loader

43-11 = pas de restriction pour accéder à la section application par SPM ou LPM

43-10 = SPM ne peut écrire dans la section application.

43-00 = SPM ne peut écrire dans la section application et LPM exécuté depuis l'application ne peut lire dans la section boot loader. Les vecteurs interruptions sont placés dans la section boot loader, les interruptions ne peuvent pas être exécutées depuis la section application.

43-01 =LPM exécuté depuis la section boot loader ne peut lire dans l'application. Si des vecteurs interruptions sont placés dans la section boot loader, les interruptions ne peuvent pas être exécutées depuis l'application.

21-11= pas de verrou pour relire ou écrire dans les mémoires

21-10= verrou interdisant l'écriture dans la flash ou l'eprom pour la programmation série ou parallèle.

21-00= verrou interdisant l'écriture et la vérification dans la flash ou l'eprom pour la programmation série ou parallèle.

L'option 21-00 vous permet d'avoir une bonne sécurité.

→ **Les Fuse bits**

B-0=BODEN enabled

B-1=BODEN disabled

C-0=BODLEVEL 4.0V

C-1=BODLEVEL 2.7V

KL-00=6CK, BOD enabled

KL-01=6CK, 4.1 mS fast rising power

KL-10=6CK, 65 mS slow rising power

KL-11=reserved

} Le Brown Out Detector évite les corruptions de flash au démarrage, l'ajuster suivant la tension VCC.

Réglage de la vitesse du microcontrôleur

A987-0000=Ext clockfast rising power	! source externe d'horloge, êtes vous sûr ?
A987-0001=Internal RC oscillator 1 MHz	Par défaut, oscillateur interne.
A987-0010=Internal RC oscillator 2 MHz	ajuster le calibrage, chip calibration, voir dans le livre 1, le petit utilitaire.
A987-0011=Internal RC oscillator 4 MHz	
A987-0100=Internal RC oscillator 8 MHz	
A987-0101=Ext RC oscillator,slowly rising power	! source externe d'horloge, avec RC êtes vous sûr ?
A987-0110=Ext RC oscillator,fast rising power	! source externe d'horloge, avec RC êtes vous sûr ?
A987-0111=Ext RC oscillator, BOD enabled	! source externe d'horloge, avec RC êtes vous sûr ?
A987-1000=Ext low frequency XTAL	Utilise Xtal1 et Xtal2
A987-1001=Ext low frequency XTAL	Utilise Xtal1 et Xtal2
A987-1010=Crystal oscillator, slowly rising power	Utilise Xtal1 et Xtal2
A987-1011=Crystal oscillator, fast rising power	Utilise Xtal1 et Xtal2
A987-1100=Crystal oscillator, BOD enabled	Utilise Xtal1 et Xtal2
A987-1101=Ceramic Resonator/Ext clock, slowly rising power	Utilise Xtal1 et Xtal2
A987-1110=Ceramic Resonator/Crystal, fast rising power	Utilise Xtal& et Xtal2
A987-1111=Ceramic resonator/Crystal, BOD enabled	Utilise Xtal& et Xtal2

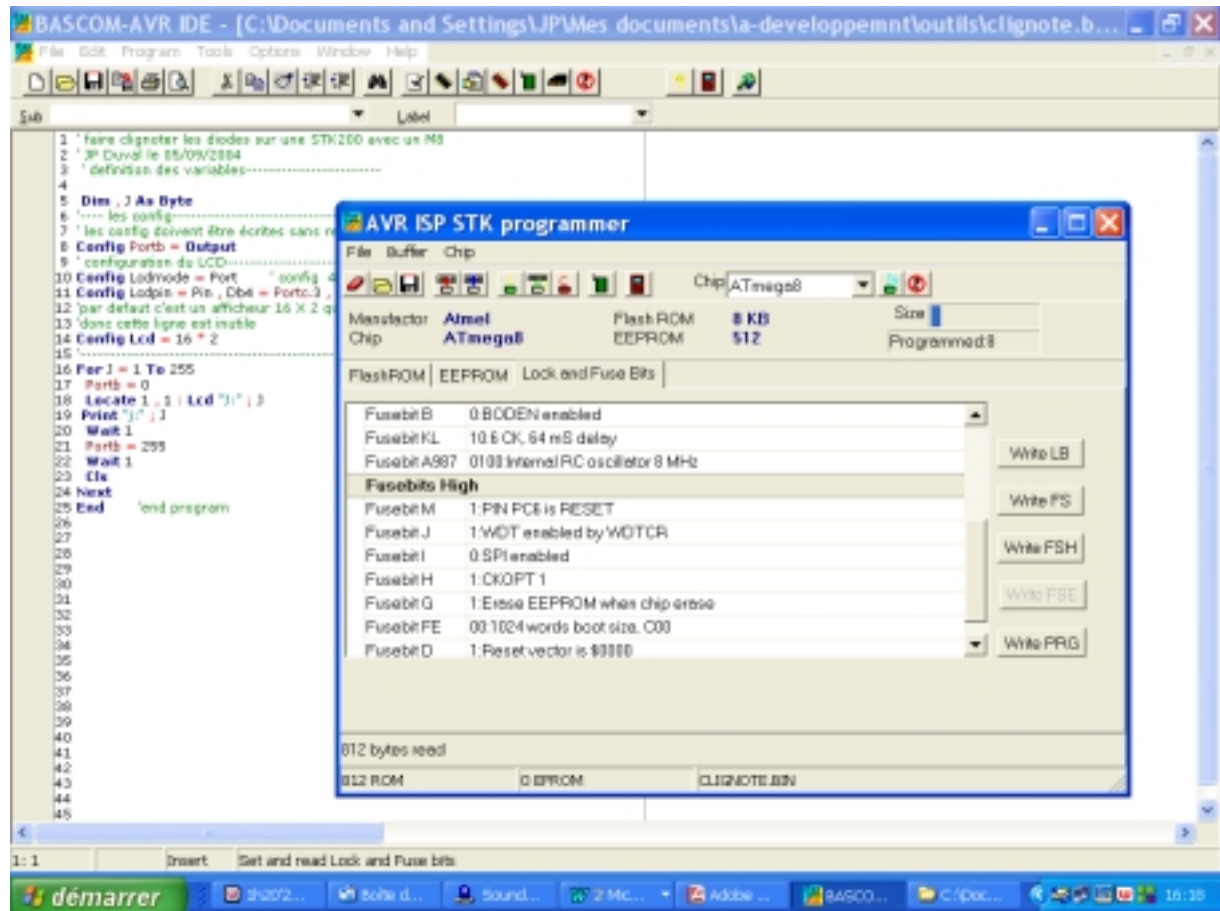
→ Fuse Bits High

! Attention ces fusibles sont très importants

I-0=OCDEN fuse programmed I-1=OCDEN fuse unprogrammed	Fonctionne avec le JTAG, comme le Basic-Bascom n'utilise pas le JTAG, ce fusible doit être non programmé.
H-0=JTAG enabled (portc.2-portc.5 not usable) H-1=JTAG disabled	Par défaut les AVR sont livrés JTAG enabled, il faut les désactiver.
Q-0=Serial programming enabled Q-1=Serial programming disabled	Laisser 0 sinon il n'est plus possible de programmer par le port SPI
P-0=osc. options programmed P-1=osc. options not programmed	Si CKOP est programmé, le µP consomme beaucoup plus en revanche il est moins sensible aux parasites (voir datasheet)
G-0=Preserve EEPROM when chip erase G-1=Erase EEPROM when chip erase	Selon votre choix.
FE-11=256 Words boot size FE-10=512 words boot size FE-01=1024 words boot size FE-00=2048 words boot size	Quantité de mémoire réservé au boot loader, Réduire au minimum si vous n'utilisez pas le boot loader et que la taille de votre programme est critique.
D-0=Reset vector is boot loader reset D-1=Reset vector is \$0000	Démarrage du programme soit au boot loader soit à \$0000 (par défaut)

ATmega8

Un microcontrôleur à tout faire, 28 broches mais seulement 8Ko, vivement le 168 !



Nous avons affiché ici les fusibles High, car ils sont sensiblement différents .

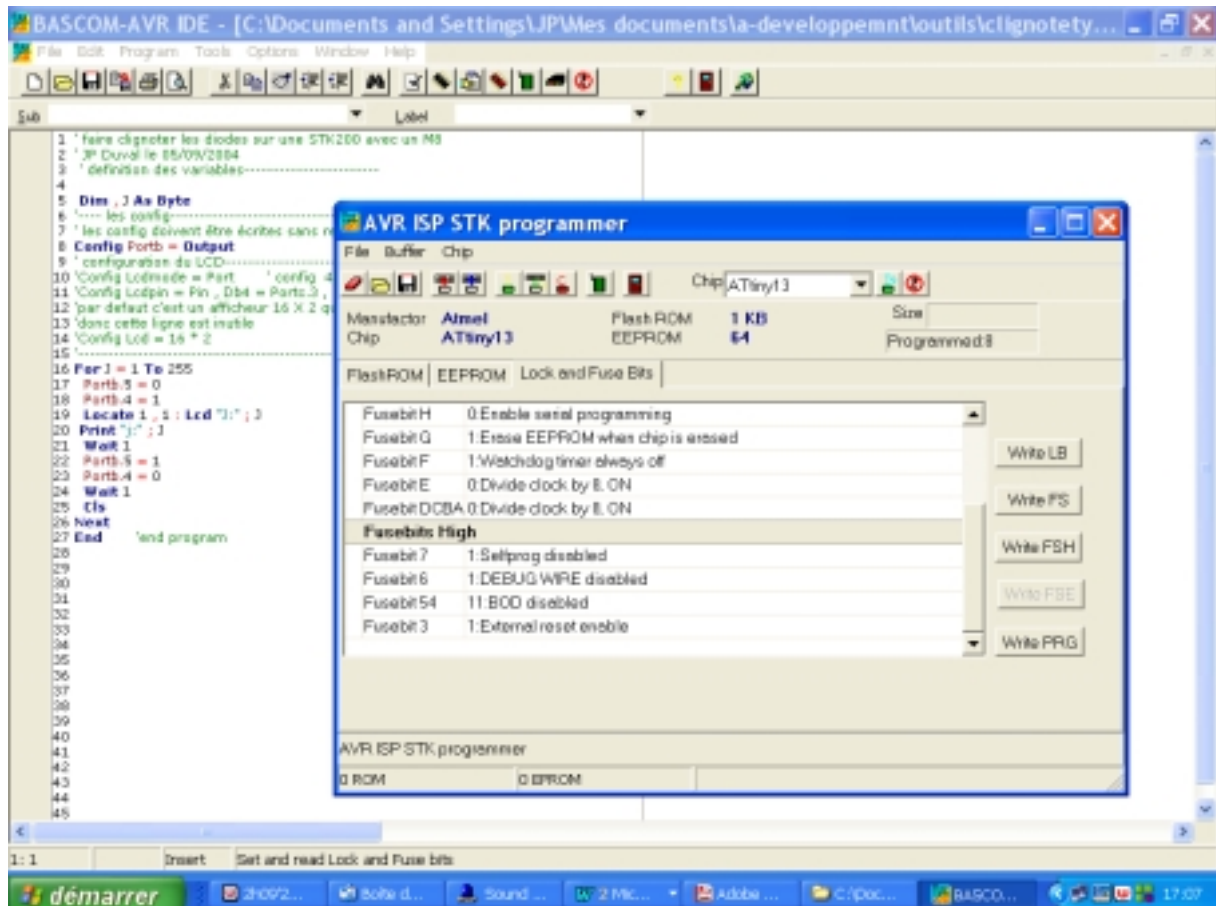
M-0=PIN PC6 is IO pin M-1=PIN PC6 is RESET	Attention cette option n'est pas réversible ! Si PC6 est reset il reste reset !
J-0=WDT always on J-1=WDT enabled by WDTCR	Bascom AVR utilise l'instruction Config Watchdog, laisser 1
I-0=SPI enabled I-1=SPI disabled	Laisser 0 sinon il n'est plus possible de programmer par le port SPI
H-0=CKOPT 0 H-1=CKOPT 1	Idem ATmega32 pour le fusible P
G-0=Preserve EEPROM when chip erase G-1=Erase EEPROM when chip erase	Idem ATmega32 pour le fusible G
FE-11=128 Words boot size , F80 FE-10=256 words boot size , F00 FE-01=512 words boot size , E00 FE-00=1024 words boot size, C00	Idem ATmega32 pour le fusible FE
D-0=Reset vector is boot loader reset D-1=Reset vector is \$0000	Idem ATmega32 pour le fusible D

Sinon la programmation des autres fusibles est identique.

ATtiny 13

Un petit 8 pattes plein de possibilité et d'avenir !

Il est tout récent et nous devons avouer que nous n'avons pas encore exploré toutes les possibilités à l'heure de la rédaction.



→ Lock bits

Il n'y en a que 2 les bits 2 et 1 (21) pour la protection contre la copie.

→ Fuse Bits

Fusibles E et DCBA, permettent d'augmenté la vitesse du μP , celui-ci est d'origine réglé à : $9.6\text{MHz}/8=1.2\text{ MHz}$

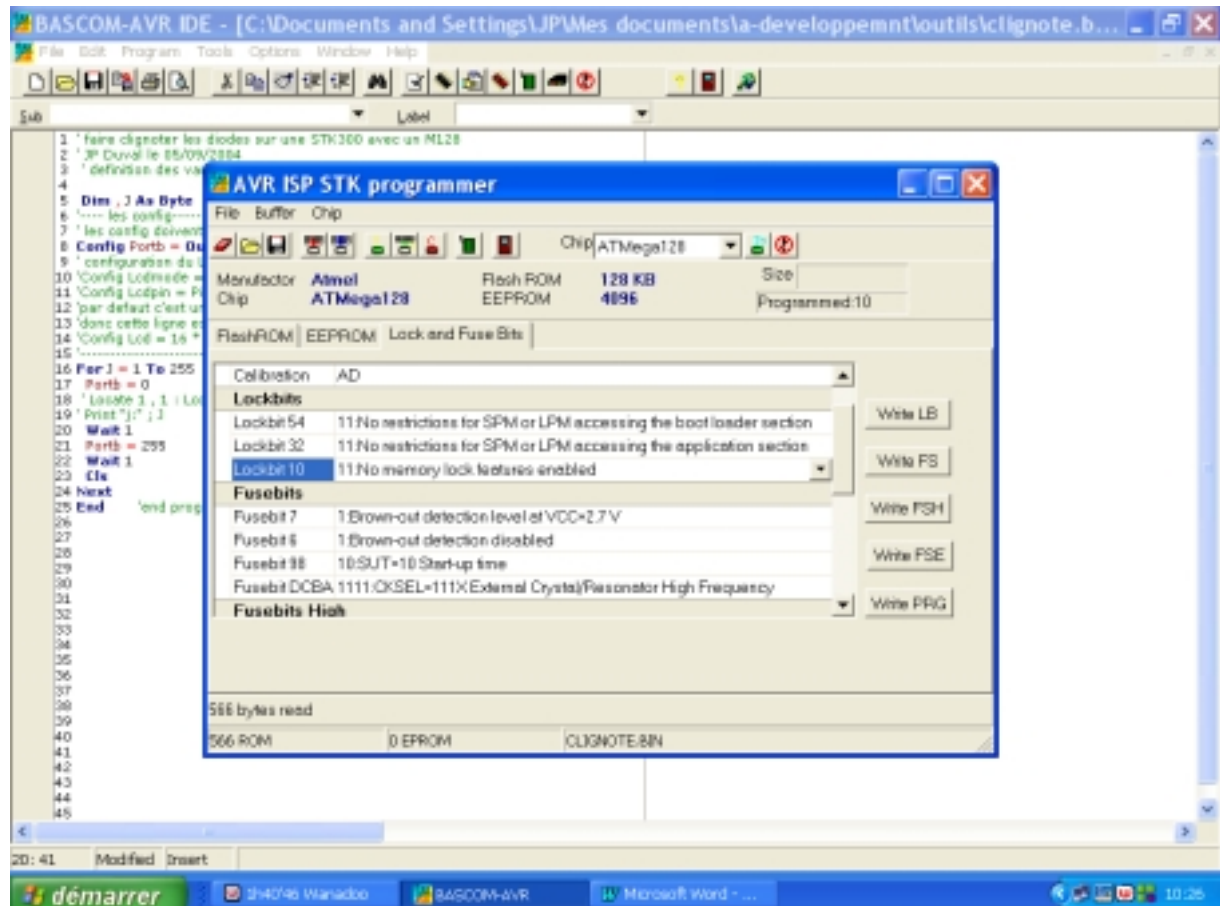
→ Fusebits High

Un nouveau venu, le Debug wire, permet de faire des points d'arrêt. (pas utilisé par Basic Bascom pour le moment (voir instructions Wait, stop...))

ATmega128

Les possibilités de ce microcontrôleur sont tellement importantes que là encore, nous ne les avons pas toutes explorées. Nous conseillons à nos lecteurs débutants de ne pas commencer par ce pur-sang, non pas qu'il soit plus difficile à programmer mais c'est souvent un marteau-pilon pour écraser une mouche. Remplir les 32Ko d'un Atmega 32 représente environ 3000 lignes de programme et ce n'est pas rien !

En revanche il peut être préférable pour ces nombreux ports (6X8 +5broches sur le port G)



→ Lock Bits

Identiques à l'Atmega32.

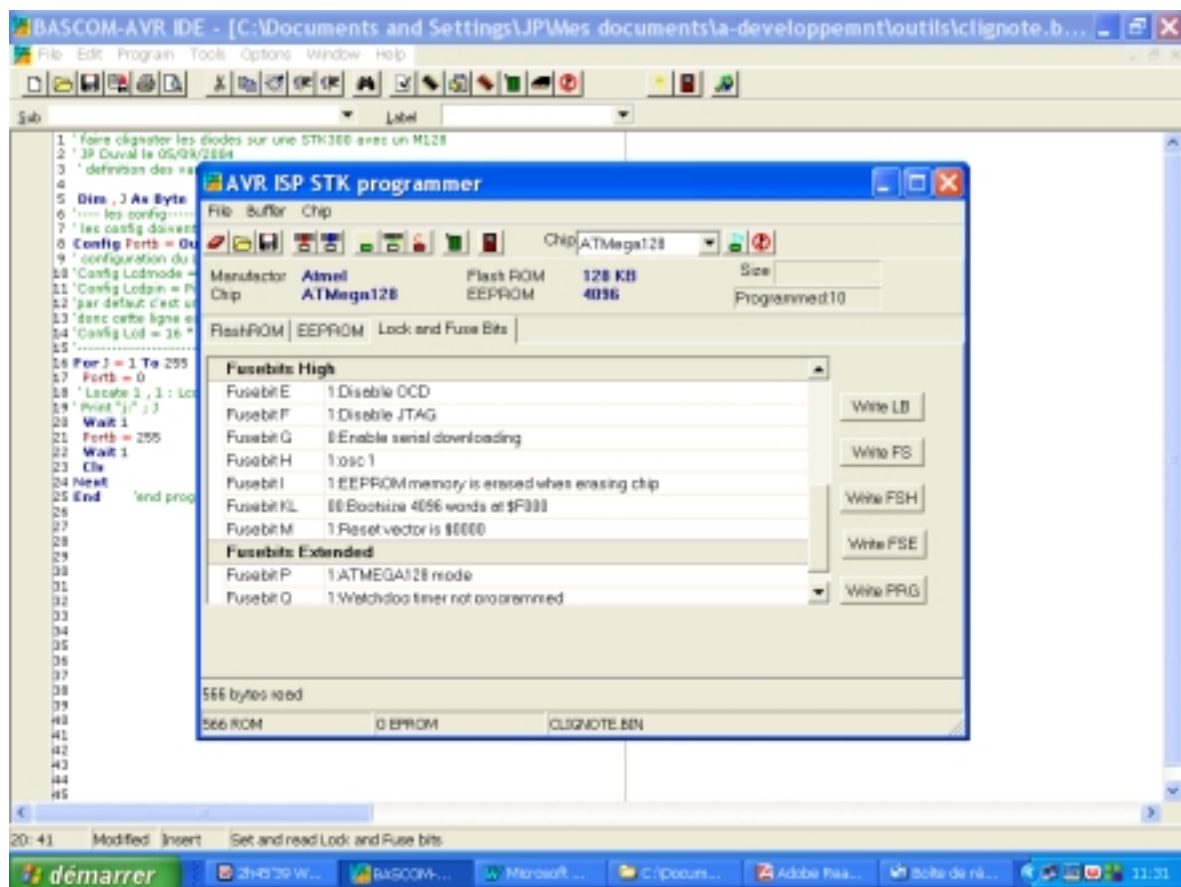
→ Fuse Bits

On retrouve les mêmes fusibles sous une autre dénomination, **7 et 6** concerne le Brown out detector.

98 concerne le SUT (Start Up Time) le temps d'attente avant démarrage du programme après une reset. Ce temps est maximum par défaut.

DCBA concerne l'horloge. On retrouve quasiment les mêmes réglages que pour l'Atmega32 sous un d'autres noms de fusibles.

→ Fuse Bits High et Fuse bits extended



E-0=OCDEN fuse programmed E-1=OCDEN fuse unprogrammed	Fonctionne avec le JTAG, comme le Basic-Bascom n'utilise pas le JTAG ce fusible doit être non programmé.
F-0=JTAG enabled (portc.2-portc.5 not usable) F-1=JTAG disabled	Par défaut les AVR sont livrés JTAG enabled, il faut les désactiver.
G-0=Serial programming enabled G-1=Serial programming disabled	Enabled conseillé (par défaut)
H-0=osc. Options programmed H-1=osc. Options not programmed	Si CKOP est programmé, le µP consomme beaucoup plus en revanche il est moins sensible aux parasites (voir datasheet)
I-0=Preserve EEPROM when chip erase I-1=Erase EEPROM when chip erase	Selon votre choix.
KL-11=512 Words boot size KL-10=1024 words boot size KL-01=2048 words boot size KL-00=4096 words boot size	Quantité de mémoire réservée au boot loader, Réduire au minimum si vous n'utilisez pas le boot loader et que la taille de votre programme est critique.
D-0=Reset vector is boot loader reset D-1=Reset vector is \$0000	Démarrage du programme soit au boot loader soit à \$0000 (par défaut)
Fuse bits extended	
P-0=Atmega103 compatibility programmed P-1=Atmega128 Mode	0 est la valeur par défaut, donc il faut changer ce bit avant toute programmation !
Q=0 Watchdog timer programmed Q=1 Watchdog timer unprogrammed	Bascom AVR utilise l'instruction Config Watchdog, laisser 1

LIENS

En France :

Lextronic : www.lextronic.fr distribue Bascom, les cartes STK200 et STK300

Conrad : www.Conrad.fr distribue quelques microcontrôleurs

Selectronic www.selectronic.fr idem

En Angleterre : www.kanda.com fabriquant des cartes STK200,STK300 et distribue les principaux Microcontrôleurs. Avec un bon rapport/qualité prix même avec le port.

En Hollande : www.mcselec.com le créateur du Basic Bascom-AVR

Aux USA www.futurlec.com distribue quelques microcontrôleurs

Autres liens www.arrow.com distributeur officiel mondial des µP Atmel

www.radiospares.com gros distributeurs industriels utilisable par les particuliers avec un minimum de commande.

www.atmel.com bien sûr !

Mon adresse <http://perso.wanadoo.fr/bils-instruments/>