

## Avant-propos

La rédaction de cet ouvrage est le fruit de plus de 25 ans d'expérience d'enseignement à l'Institut national de sciences appliquées (INSA) de Toulouse au sein du département de génie électrique et informatique.

Il traite d'informatique embarquée et d'architecture matérielle. Ce domaine se situe à l'interface de deux autres domaines que sont l'électronique et l'informatique. Il concerne une quantité impressionnante d'objets utiles, bien plus nombreux que les ordinateurs et les Smartphones que nous manipulons chaque jour. Des plus petits robots ménagers qui peuplent nos cuisines, aux avions qui sillonnent nos cieux, l'informatique embarquée se rencontre partout dans nos quotidiens, tant à nos domiciles que dans nos univers professionnels. Mal maîtriser les techniques employées en informatique embarquée peut engendrer de petits agacements de l'utilisateur comme de grandes catastrophes.

Il existe plusieurs approches pour programmer un  $\mu$ contrôleur. L'une d'elles, proposée par exemple par Arduino<sup>®</sup>, consiste à travailler avec des circuits grand public, soutenus par une très grande communauté, mettant à disposition des bibliothèques « sur étagère » qui permettent de développer très vite une application particulière. Cette première approche est complètement adaptée pour des applications personnelles peu exigeantes en termes de performances.

Ces solutions sont conçues pour masquer au maximum la complexité des réalités matérielles de bas niveau en fournissant des bibliothèques logicielles. Cependant, ces bibliothèques n'exploitent pas nécessairement toutes les performances des unités périphériques d'un  $\mu$ contrôleur (ADC, PWM, etc.).

L'approche que nous proposons dans cet ouvrage s'inscrit dans une autre démarche qui vise à acquérir le plus grand spectre possible de compétences relatives à ce domaine. Cela nécessite donc d'avoir des connaissances en électronique numérique pour

maîtriser les concepts matériels qui permettent une exploitation optimale des circuits périphériques. Cela concerne aussi l'informatique dite « de bas niveau » (c'est-à-dire proche du matériel) en langage C pour tendre vers une programmation sobre et efficace. Cette programmation sera également abordée avec une structuration logicielle adéquate pour pouvoir envisager la notion de portabilité et de réutilisation.

À l'heure de l'intelligence artificielle et du codage automatique, nous considérons donc comme essentiel que les futurs ingénieurs que nous formons soient en mesure de savoir ce qu'il se « passe dans la boîte ». Nous rentrons dans le cœur des circuits et des  $\mu$ contrôleurs pour que nos étudiants comprennent les mécanismes fondamentaux qui font qu'un programme informatique parvienne à réaliser correctement la tâche pour laquelle il a été prévu.

Cette expérience d'enseignement, et l'ouvrage que nous vous proposons, sont basés sur une famille de  $\mu$ contrôleurs fabriquée par STmicro<sup>®</sup>. Notre expérience s'est cependant construite au fil des années sur d'autres architectures (Intel, Motorola, Infineon, etc.). Ce livre est donc évidemment ciblé en termes de mise en œuvre de programme mais a été pensé pour rester, autant que faire se peut, générique sur la description des différentes composantes (matérielles et logicielles) qui se rencontrent dans le monde des systèmes embarqués.

Enfin et surtout, cet ouvrage est la concrétisation d'un immense travail collectif. Nous sommes trois à en cosigner la rédaction mais de nombreux collègues ont largement contribué à enrichir notre connaissance. Nous ne pouvons évidemment pas les citer tous mais nous tenons à remercier particulièrement Sébastien Di Mercurio, Pascal Acco, Pierre-Emmanuel Hladik et Jean-Louis Noullet pour la qualité de leur travail et la richesse de nos échanges. Au moment de poser la plume, nous n'oublions pas que Michel Castan, Pascal Chargé, Michel Bonnet et Didier Le Botlan ont su eux aussi apporter leur part nécessaire d'encre.