Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen

Band: 69 (1978)

Heft: 12

Artikel: L'enseignement de l'électronique face à son évolution rapide

Autor: Dessoulavy, R.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-914906

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 15.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

L'enseignement de l'électronique face à son évolution rapide

Par R. Dessoulavy

378.6:621.38;

L'auteur met en évidence la nécessité d'une formation continue après les études. Suite à l'apparition des circuits intégrés, le centre de gravité des activités de l'ingénieur s'est déplacé vers la conception de systèmes. L'enseignement doit évoluer parallèlement aux tendances générales de l'électronique. Toutefois, l'auteur souligne l'importance d'une solide formation dans les disciplines fondamentales, qui restent la base des développements futurs.

Die Notwendigkeit der Weiterbildung nach dem Studium wird hervorgehoben. Durch die integrierten Schaltungen hat sich das Schwergewicht der Tätigkeiten des Ingenieurs in Richtung Entwurf von Systemen verlagert. Der Unterricht muss entsprechend den allgemeinen Tendenzen der Elektronik weiterentwickelt werden. Der Autor unterstreicht jedoch die Bedeutung einer soliden Ausbildung in den Grundlagenfächern, die die Basis auch der zukünftigen Entwicklungen bilden.

1. Décalage entre l'apprentissage et l'exercice du métier

La formation classique d'un ingénieur est identique à celle d'un apprenti apprenant son métier pendant une période de formation de 4 à 5 ans, ceci en vue de l'exercer par la suite pendant une période beaucoup plus longue, de 20 à 50 ans. Or, au cours de cette période active les techniques changent et l'ingénieur risque d'être rapidement dépassé s'il n'arrive pas à suivre l'évolution des techniques. Le problème est d'autant plus aigu que l'évolution est rapide. En un quart de siècle tout a pratiquement changé car l'électronique est certainement l'une des branches de l'ingénieur où la cadence des progrès est la plus grande. Le cycle d'apparition de nouvelles technologies est d'une dizaine d'années si l'on en juge par les exemples qui suivent.

L'ingénieur électricien diplômé en 1950 avait de bonnes notions sur les tubes à vide, mais ne pouvait pas soupçonner que le transistor, inventé deux ans plus tôt, était promu à un brillant avenir. Cette lacune est comblée pour le jeune ingénieur diplômé en 1960. Toutefois ce dernier s'est aperçu quelques années plus tard que les montages à transistors discrets, qu'il a appris à construire, sont avantageusement remplacés par les circuits intégrés. L'ingénieur de 1970 connaît tout des transistors et circuits intégrés, mais est d'une incompétence totale en matière de microprocesseur. Que dire de celui de 1980? Il maîtrisera les techniques actuelles: transistors bipolaires et MOS, circuits intégrés et microprocesseurs, mais que saura-t-il des techniques utilisées en 1990 ou en l'an 2000, voire même en 2020, s'il reste actif dans son métier jusqu'à l'âge de 65 ans?

Il est donc présomptueux de prétendre assumer une formation complète et définitive de l'ingénieur électronicien au cours des 4 à 5 années passées à l'EPFL. Que faut-il alors enseigner face à une période aussi éphémère de validité des techniques et face à l'incertitude de celles qui seront en vogue demain?

2. Nécessité d'une formation continue

De ce qui précède on tire une première conclusion: celle de la nécessité d'une formation continue. La période des études est, certes, nécessaire pour acquérir les connaissances de base et accéder à un niveau de compétence dans les techniques valables à l'époque du diplôme. La formation continue a pour but de maintenir, au cours des années, le degré de compétence de l'ingénieur en lui apportant les connaissances indispensables à la maîtrise des nouvelles techniques ou technologies.

Lorsque les techniques progressent de manière continue et lente, l'ingénieur peut pourvoir de manière autodidacte à sa post-formation, ceci grâce à la lecture de revues spécialisées et par l'exercice direct de son métier.

En revanche, lorsque surgissent de nouvelles technologies ou techniques, p. ex. le microprocesseur qui remplace la logique câblée, il est beaucoup plus difficile à l'ingénieur de «faire le saut» par lui-même. C'est alors l'occasion pour les institutions professionnelles et pour les Ecoles d'organiser des cours ad-hoc. Une autre solution adoptée à l'EPFL est de recommander aux ingénieurs de la pratique la fréquentation des cours de dernière année sur les sujets d'avant-garde.

3. Adaptation aux tendances

S'il est hasardeux de prédire les technologies futures, il est cependant possible de déterminer les tendances générales de l'évolution des réalisations électroniques. Citons comme exemples des tendances actuelles:

- l'augmentation des possibilités d'intégration à large échelle,
- le remplacement de circuits discrets par des circuits intégrés pour les produits de masse,
- le remplacement des logiques câblées par des logiques programmées,
- l'importance croissante de la part prise par le logiciel et son coût par rapport au matériel lors du développement d'un produit,
- la généralisation du traitement numérique de l'information supplantant le traitement analogique dans de nombreuses applications.

Par une adaptation du programme des cours, des exercices et des projets, la formation des jeunes ingénieurs doit largement tenir compte de ces tendances; on peut ainsi espérer leur apporter une préparation adaptée aux tâches qu'ils auront à remplir dans un proche avenir.

4. Conséquences de l'intégration

L'apparition des circuits intégrés a des conséquences si profondes dans le travail de l'ingénieur électricien qu'il vaut la peine de s'y arrêter quelque peu.

On peut distinguer grossièrement deux catégories d'ingénieurs: ceux qui conçoivent et réalisent les circuits intégrés, et ceux qui les utilisent. Les spécialistes de la première catégorie doivent se pencher sur le détail de chaque élément d'un circuit, en maîtriser le comportement physique et résoudre, parfois de

manière assez subtile, les problèmes liés à l'intégration. Leur travail, toutefois, est resté du même type que celui des ingénieurs concevant des circuits à éléments discrets, seul le cadre des contraintes d'intégration selon une technologie donnée a changé.

La deuxième catégorie, la plus nombreuse, réunit l'ensemble des utilisateurs de circuits intégrés. Pour ceux-là, le travail a considérablement changé: ils disposent de blocs fonctionnels, numériques ou analogiques, qu'ils doivent assembler pour «bâtir» leur système. Leur niveau d'intervention s'est donc déplacé vers celui de la conception de systèmes, tâche autrefois dévolue au chef de groupe coordonnant les efforts de ceux qui devaient étudier et réaliser les blocs fonctionnels. On a peut-être oublié que, pour réaliser la fonction d'un simple amplificateur opérationnel avant l'apparition des circuits intégrés, chacun développait à gros frais son propre «amplificateur à courant continu»; une telle étude requérait le travail d'un ingénieur pendant 2 à 6 mois! Le nombre des ingénieurs électroniciens a-t-il diminué d'autant? Non, car les possibilités ouvertes par les circuits intégrés ont largement étendu le champ de leurs applications. De plus, la complexité des ensembles réalisés a pu augmenter notablement, tout en conservant un volume et un prix acceptables. L'ingénieur électricien est devenu un ingénieur «systèmes».

Il faut reconnaître que la formation dans le domaine de la conception de systèmes est actuellement très fragmentée: on enseigne la théorie des systèmes digitaux, ou bien celle de la stabilité des systèmes analogiques. Mais aucune théorie ne nous permet de faire la synthèse de gros systèmes mixtes. On procède par essais successifs, par comparaison de diverses solutions. Le choix définitif fait souvent intervenir tant de facteurs qu'il est opportun de parler de l'«art» de l'ingénieur. C'est alors que se révèlent, chez ce dernier, des qualités de synthèse, d'imagination, de bon sens, qualités souvent négligées vis-à-vis des connaissances scientifiques. Comment préparer le futur ingénieur à cet aspect fascinant de son métier? La confrontation directe avec ce genre de problème apparaît essentiellement au cours des projets; la tâche de l'enseignant est alors de rendre l'étudiant conscient des nombreux choix à faire, qui dépassent souvent largement le problème de la réalisation technique.

5. Invariants de l'apprentissage

Au chapitre premier, la question était soulevée de savoir quelles techniques enseigner aux étudiants ingénieurs, étant donné le caractère fugitif de ces techniques. En fait, la situation n'est pas aussi dramatique qu'elle paraît de prime abord. Quel que soit le support technologique utilisé, l'étude de l'électronique se fait en deux temps: une première phase comporte l'analyse du fonctionnement de dispositifs élémentaires et de circuits fondamentaux utilisant ces dispositifs. La deuxième phase est celle de la synthèse, dans laquelle l'étudiant apprend à choisir et à utiliser au mieux les éléments et circuits analysés.

Lors de la première phase, celle de l'analyse, il s'agit de comprendre un processus physique donné. En 1940, c'était le transport d'électrons de la cathode à l'anode d'un tube à vide; en 1970, c'est le transport d'électrons ou de trous dans le cristal de silicium d'un transistor. Si différents que soient ces dispositifs, c'est la même loi de Poisson qui en régit le potentiel électrique. Une solide formation en physique s'avère donc indispensable à la base. Cette formation ne doit pas être axée uniquement sur les besoins actuels, notamment la physique des semiconducteurs, mais couvrir également un spectre assez large pour servir de base aux technologies futures.

Un aspect primordial de l'analyse d'un dispositif est le développement d'un modèle traduisant sous une forme plus ou moins simplifiée la réalité. Le modèle du tube ou du transistor aboutit au même résultat: représenter un élément relativement complexe par un circuit électrique équivalent. L'étape suivante, celle de l'étude de circuits élémentaires est ainsi ramenée à celle d'un circuit électrique. Le problème n'a pas changé, que l'on ait un tube ou un transistor. Ce qui a évolué, c'est la possibilité d'analyse de circuits très complexes par l'ordinateur. Toutefois, l'ordinateur ne dispense pas l'ingénieur de connaître et de maîtriser la théorie des circuits et des systèmes, pas plus qu'il ne le dispense d'apprendre les mathématiques.

En ce qui concerne la deuxième phase de l'apprentissage de l'électronique, celle conduisant à la synthèse de circuits ou de systèmes, l'influence d'une technologie changeante est marginale. Les contraintes sont modifiées, mais le processus de développement d'un équipement ou système électronique fait appel aux mêmes facultés de création, de synthèse et de jugement.

Il a été relevé plus haut la part prédominante prise par la conception de systèmes, notamment de systèmes digitaux, dans les tâches de l'ingénieur. Comment préparer l'étudiant à faire un choix judicieux entre une «logique câblée» ou une «logique programmée»? Ce thème a été traité de manière approfondie par *B. S. Walker* [1] à l'occasion de Journées d'information et de discussion organisées en mars 1977 à l'EPFL. Sa conception est de mettre l'accent sur les principes de base, soit le concept de *von Neumann,* la programmation en langage machine et la théorie des automates finis.

Il apparaît donc judicieux de vouer une attention particulière à l'enseignement des disciplines de base sur lesquelles reposent les développements de l'électronique.

6. Conclusions

Face à l'évolution rapide de l'électronique, la formation des ingénieurs doir faciliter leur adaptation future aux nouvelles technologies. A cet effet, l'accent doit être porté sur une parfaite assimilation des disciplines de base:

- mathématiques
- physique
- traitement de signaux
- circuits et systèmes
- systèmes logiques
- informatique

Le développement de modèles doit être considéré comme une méthode générale permettant de faire le «pont» entre un dispositif et une théorie plus générale. L'observation des tendances générales doit avoir des répercussions sur le programme des cours, exercices et projets, notamment sur ceux concernant les applications de l'électronique.

Apprendre à apprendre, tel pourrait être l'objectif d'une formation durable au delà de la période des études.

Bibliographie

[1] *B. S. Walker:* Wired logic or programmable logic. The problem for the teacher. Logique câblée ou logique programmée. Journées des 22 et 23 mars 1977 à l'Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne. Zurich, ASE, 1977; p. 65...68.

Adresse de l'auteur

Prof. *Roger Dessoulavy,* Directeur du Laboratoire d'électronique générale, EPFL, 16, chemin de Bellerive, 1007 Lausanne.