

Théorie des Circuits

Notes de cours

Edition du 10/08/2005

Copyright © 2001-2005 Faculté Polytechnique de Mons



Thierry Dutoit – Bernard Gosselin
Faculté Polytechnique de Mons
TCTS Lab

Ave. Copernic Ph: +32 65 374774
Parc Initialis Fax: +32 65 374729
B-7000 Mons Thierry.Dutoit@fpms.ac.be
Belgium <http://tcts.fpms.ac.be/~dutoit>

Avant Propos

Historique

La théorie des circuits s'est développée à partir de 1850, avec l'arrivée du modèle de Kirchhoff, qui simplifiait considérablement les équations de Maxwell dans le cas des circuits à constantes concentrées (c'est-à-dire des circuits électriques dont les dimensions sont très petites par rapport à la longueur d'onde des phénomènes électromagnétiques en jeu).

A partir de 1920, elle a été un des éléments majeurs pour la mise au point de filtres électriques linéaires, et a débouché, dans les années 30, sur la théorie des systèmes linéaires et des systèmes asservis, qui a donné ensuite naissance à l'automatique.

L'arrivée de composants actifs (transistors, diodes), puis plus tard de composants intégrés (amplificateurs opérationnels et aujourd'hui systèmes complets) lui a donné un nouveau souffle entre 1940 et 1970.

Les recherches menées aujourd'hui touchent essentiellement les problèmes d'intégration, et sont plutôt du ressort de l'électronique.

De nombreux mathématiciens et ingénieurs ont contribué, par leur travail de recherche, à faire de la théorie des circuits ce qu'elle est aujourd'hui : une science aboutie. On retiendra, entre autres, les noms de Kirchhoff, Bode, Nyquist, Darlington, Cauer, et, en Belgique, ceux de Belevitch, Boite, Leich (tous deux professeurs de théorie des circuits à la FPMs), et Wellekens (qui enseigne actuellement à Eurecom, Sophia Antipolis).

Plan du cours

Le chapitre 1 est consacré à l'exposé du modèle de Kirchhoff (éléments et lois), en tant que modèle mathématique (s'appliquant par conséquent autant à l'électricité qu'à la mécanique ou l'acoustique).

Dans le chapitre 2, nous passons en revue les composants électriques de base (non intégrés) et montrons comment ces composants correspondent aux éléments du modèle.

Le chapitre 3 introduit la notion de circuit opérationnel, et étudie les lois de substitution entre circuits (associations d'éléments en série, parallèle, triangle, équivalents de Thevenin et Norton, circuits duaux). Ces lois sont essentielles ; elles permettent souvent de simplifier les circuits avant d'en calculer les propriétés.

Au chapitre 4, nous abordons le calcul opérationnel, basé sur un usage intensif de la transformée de Laplace (dont les propriétés importantes et les techniques de calcul sont elles-mêmes détaillées à l'annexe I). Ce chapitre introduit également les notions de base de la théorie des systèmes linéaires : réponse impulsionnelle, fonction de réponse opérationnelle, pôles, zéros, réponses libre et forcée, régime et transitoire.

Le cas particulier des circuits en fonctionnement de régime sinusoïdal (substitués complexes, courbes de Bode et courbes asymptotiques) est étudié au chapitre 5.

On y insiste plus particulièrement sur le cas des circuits du premier et second ordre.

Le chapitre 6 développe les méthodes systématiques de mise en équations des réseaux : la méthode des mailles et la méthode des nœuds. De nombreux exercices y sont consacrés.

Le chapitre 7 est plus particulièrement consacré à l'étude des propriétés des quadripôles, et de leurs lois d'association (matrices d'impédance, d'admittance, de chaîne, etc.).

Enfin, le chapitre 8 introduit la transformée de Fourier comme cas particulier de la transformée de Laplace, et montre son intérêt pour calculer simplement la réponse d'un circuit à des sources compliquées. On y aborde également le problème de l'échantillonnage, passage obligé vers le monde des signaux numériques.

Remerciements

Je tiens à remercier ici le prof. R. Boite, pour la qualité de son enseignement à travers l'ouvrage de référence « Théorie des Réseaux de Kirchhoff » (R. BOITE, J. NEYRINCK) publié aux Presses Polytechniques Universitaires Romandes (Lausanne).

Le prof. H. Leich, mon prédécesseur, a eu la bonne idée de me léguer une version électronique de son cours de théorie des circuits, qui m'a beaucoup aidé dans la rédaction des présentes notes de cours. Qu'il en soit ici remercié également.

Je voudrais également remercier le prof. D. Mlynek, qui a eu l'amabilité de me laisser utiliser certains des exemples et exercices de son cours de théorie des circuits à l'Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne.

Un grand merci pour terminer à mon assistance Dominique Wynsberghe, ainsi qu'à Melle Sophie Bourdon, étudiante en 3^e ELEC (2001-2002), qui ont passé la première version de mon cours au peigne fin et m'en ont sympathiquement signalé les erreurs (il en reste peut-être, avis aux amateurs...). Mme Wynsberghe a également corrigé la deuxième version.

Thierry Dutoit, Mons, le 10 août 2005

Bibliographie

Les ouvrages suivants ont été consultés lors de l'élaboration de ce cours :

BOITE, R., et J. NEYRINCK, 1996, *Théorie des Réseaux de Kirchhoff*, Presses Polytechniques Universitaires Romandes, Lausanne.

BUDAK, A., 1978, *Circuit Theory Fundamentals and Applications*, Prentice Hall.

CHI KONG TSE, 1998, *Linear Circuit Analysis*, Addison-Wesley.

DENBIGH, P., 1998, *System Analysis and Signal Processing*, Addison-Wesley.

LEICH, H., 2000, *Notes de cours de Théorie de Circuits*, Editions des étudiants de la FPMs.

MLYNEK, D. M., 1999, *Notes de cours d'Introduction à l'Electronique pour Ingénieurs Physiciens*, Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne.

STURM, R. D. and D.E. KIRK, 1994, *Contemporary Linear Systems Using MATLAB*, PWS Publishing Company.