

RESUMO

'*Síntese, análise e realização de filtros passivos*' é uma dissertação sobre a filtragem para baixa frequência e tem como objectos de estudo os filtros passivos e suas realizações activas. Os dois objectivos principais são 1) o desenvolvimento de um conjunto de rotinas para 'MATLAB', para o projecto de filtros passivos e 2) a realização prática de um filtro fazendo uso dos conceitos e ferramentas desenvolvidas. O trabalho está organizado de acordo com a sequência lógica de tarefas no projecto de um filtro. São essas tarefas a *aproximação*, a *síntese*, a *verificação da solução* e a *realização*.

São abordados os dois tipos de *aproximação*: de *magnitude* e de *fase*. É estudada a geração matemática de treze tipos de filtros e, para cada um destes, foi desenvolvida a respectiva rotina em MATLAB para o cálculo dos zeros, polos e ganho da função de transferência. Relativamente aos filtros elípticos, e devido à sua importância, é feito um estudo aprofundado, partindo das funções elípticas Jacobianas até à geração dos filtros elípticos tipo B e C. É ainda apresentada uma nova classe de filtros, baseados na modificação por rampa das funções de aproximação e caracterizados por apresentarem ondulação variável.

No capítulo da *síntese*, são demonstrados os processos segundo os quais se obtém um diporto passivo com resistências terminais que descreva determinada função de transferência. A nível de MATLAB, é introduzido um modelo original para representação de filtros passivos em estrutura '*ladder*' (ideais e reais). Com base neste modelo, são desenvolvidas as rotinas para a síntese de filtros protótipos, partindo directamente das especificações de filtragem. É feita ainda a introdução à síntese de filtros reais, conseguida pela pré-distorção da função de transferência e pós-equalização dos factores de qualidade dos componentes.

A *verificação* é, principalmente, o estudo e interpretação das sensibilidades do filtro, quer as de parâmetros simples, quer as de multi-parâmetro calculadas pelo método de Monte Carlo. Para o efeito, é desenvolvido e implementado em MATLAB um método original e rápido para análise de estruturas '*ladder*', designado por *método dos divisores sucessivos*.

Para a *realização* activa de filtros passivos, são apresentados três métodos baseados no circuito GIC, estudo esse completado pela análise dos GIC's não ideais.

Descreve-se a construção de um filtro '*anti-aliasing*' para a gama de áudio, elíptico de nona ordem e implementado com FDNR's e giradores de entrada e saída. O desempenho global do filtro é muito bom e esta configuração mostra ser de fácil ajuste. No entanto, a análise das sensibilidades do filtro revela que esta configuração apresenta maior variabilidade da função de transferência, relativamente à análoga RLC. A análise estabelece ainda um limite inferior para atenuação na banda passante, face à tolerância dos componentes disponíveis. No caso particular esse limite ultrapassa o valor especificado, mesmo com os melhores componentes usados. Este facto foi ainda estudado e justificado.

SUMMARY

'*Synthesis, analysis and implementation of passive filters*' is a dissertation about low frequency filtering and its study objects are the passive filters and their active implementations. The main goals of this work are 1) to develop a set of 'MATLAB' routines for computer-aided projects of passive filters and 2) the practical implementation of a filter by making use of the developed concepts and tools. The work is organized according to the logical sequences of tasks involved in a project of a filter. These tasks are the *approximation*, the *synthesis*, the *validation* and the *implementation*.

Both *magnitude* and *phase approximation* are covered. The mathematical derivation of thirteen types of filters is presented and, for each one of them, a MATLAB routine was made to perform the calculations of the poles, zeros and gain of the relating transfer function. As for the elliptic filters, and due to their essentialness, a more detailed study is carried out, ranging from the Jacobian elliptic functions to the derivation of the B and C types. A new class of filters is described based on a ramping procedure upon the approximation functions and, thus, showing crescent ripple.

In the *synthesis* chapter, it is shown how to obtain a double-terminated lossless network that meets a prescribed transfer function. An original model for the MATLAB representation of passive filters (both lossless and lossy) implemented in ladder structures is introduced. Based on this model, a set of routines for the prototype filters synthesis has been created according to the filtering specification. Also, the synthesis of lossy filters is introduced. This is achieved by performing the transfer function pre-distorsion and post-equalization of the components's quality factor.

The *validation* is mainly the study and interpretation of filter sensitivities, both the simple and multi-parameter, this last one being evaluated by the Monte Carlo method. To perform these sensitivity calculations, an original and fast procedure for the analysis of *ladder* structures has been developed and implemented on MATLAB, designated as *method of successive dividers*.

For the active implementation of passive filters, three methods based on the GIC circuit are studied, as well as the relating analysis on the non-ideal GIC.

An anti-aliasing filter for audio purposes has been built. This ninth order elliptic filter is implemented with FDNR's and input/output gyrators. The overall performance of the filter is very good and this configuration has been proven to be easily adjusted. However, the sensitivity analysis performed on this filter points out that this type of configuration shows higher transfer function variability than the RLC equivalent. The sensitivity analysis also sets the lower limit for the bandpass attenuation by taking the components' tolerance into account. In this particular case, this limit did not meet the specified value, even with the best componentes in use. This fact was also studied and justified.