

21. 10. 2013

Oponentský posudek disertační práce Ing. Zdeňka KINCLA

METHODS FOR TESTING OF ANALOG CIRCUITS (METODY PRO TESTOVÁNÍ ANALOGOVÝCH OBVODŮ)

Předložená disertační práce je zaměřena na výzkum metod pro testování lineárních analogových obvodů v kmítočtové oblasti s automatickým generováním testovacího plánu. Vzhledem ke stále větší rozmanitosti analogových integrovaných obvodů z hlediska zpracovávaného signálu a jejich složitosti, jsou otázky spolehlivosti a jejího zajištění během provozu velmi důležité. Testování analogových obvodů, umožňující automatickou detekci poruch a jejich predikce, založené na jejich charakteristických odezvěch je trvale aktuální, neboť umožňuje zkrácení a zlevnění celého procesu. Z tohoto důvodu je práce orientována zejména na metody multifrekvenční diagnostiky lineárních integrovaných obvodů.

Práce spadá do oboru Elektronika a sdělovací technika a přináší nová řešení v návrhu a realizaci testovacích procesů, ověřených statistickými metodami s využitím programu MATLAB. Je psána v anglickém jazyce a obsahuje veškeré náležitosti zavedené struktury disertační práce na celkem 150 stranách uspořádaných do šesti kapitol a jedné přílohy.

Po stručné úvodní části se disertant v první kapitole zabývá metodami testování analogových integrovaných obvodů a současným stavem v této oblasti s odkazy na prostudovanou literaturu. U jednodušších obvodů vycházejí práce z modelování jednotlivých komponentů (tranzistorů), což s rostoucí složitostí obvodů v současné době přináší řadu omezení. Jsou uvedeny typické postupy testování elektronických obvodů, křivky intenzity poruch a je provedena klasifikace technik pro diagnostiku poruch. Pozornost je věnována zejména multifrekvenční parametrické diagnostice. Proces se skládá ze dvou nezávislých fází – analýzy testovatelnosti a odhadu skutečných hodnot všech parametrů testovaného obvodu a používá jeden soubor frekvencí pro měření všech obvodových funkcí. Jejich výběr nebyl zatím zcela optimalizován a bude předmětem řešení v dalších částech.

Ve druhé kapitole si disertant stanovil cíle práce a to v oblastech metod výběru testovacích frekvencí, statistických metod procesu diagnostiky poruch a speciálních metod řešení poruchových rovnic.

Třetí kapitola je věnována metodám výběru testovacích frekvencí. Nejprve byla zvolena metoda symbolické analýzy, která řeší obvodové funkce. Problémem může být stabilita řešení vzhledem ke značnému rozsahu hodnot obvodových součástí a je proto potřeba obvodové parametry normovat. Dále je rozebírán problém testovatelnosti a její efektivity a jsou vyšetřovány modulové a fázové citlivosti. Stěžejní částí této kapitoly je výběr testovacích frekvencí pro pásmové filtry, stanovení odstavu testovací a střední frekvence vzhledem k činiteli jakosti filtru a ověření metody pomocí pásmové propusti 2. řádu. Byla odvozena normovaná matice testovatelnosti odpovídající obvodovým parametrům.

Čtvrtá kapitola se zabývá statistickým modelováním diagnostiky poruchy. Je uvedeno použití metody Monte-Carlo, generování obvodových parametrů, rozbor nejistot měření, testování správnosti výběru testovacích frekvencí a demonstrování na příkladech.

V páté kapitole jsou řešeny speciální metody pro řešení poruchových rovnic. Jejich účelem je urychlit proces diagnostiky a snížit počet měření. Vzhledem k narušení procesu chybami je potřeba teoreticky stanovený minimální počet měření zvýšit. Je zde použita metoda nejmenších čtverců, založená na předdimenzování počtu rovnic, který je větší než celkový počet odhadovaných parametrů. Pro řešení je využito zobecněné pseudoinverzní Moore- Penroseovy matice. Nové řešení je založeno na penalizační funkci regulárnosti, která ověřuje změny jednotlivých testovacích frekvencí vzhledem k příslušným regulárně distribuovaným referenčním frekvencím v uvažovaném intervalu. Metoda byla ověřena na příkladech a publikována na mezinárodní konferenci. Další zrychlení procesu testování přináší metoda přibližné symbolické analýzy, založené na citlivostech, kde jsou neznámé parametry testovány v samostatném frekvenčním pásmu. Metoda byla ověřena na EMI filtru, určeného k potlačení elektromagnetických interferencí na silových vedeních, a byla rovněž publikována na konferenci.

Závěrečná kapitola shrnuje dosažené výsledky a přínosy v jednotlivých oblastech, které jsou jednak v teoretickém řešení a nových přístupech k testování a v praktických realizacích prezentovaných metod na reálných elektronických obvodech.

Předložená disertační práce je napsána v anglickém jazyce srozumitelnou formou, formální úprava odpovídá požadavkům. V práci jsem nenalezl žádné chyby, grafické zpracování je na výborné úrovni. Zvolené metody zpracování disertace odpovídají požadavkům. Cíle práce byly splněny.

Výsledky uvedené v práci byly publikovány v 9 příspěvcích na konferencích a v 1 článku v časopise s IF, ve kterých je disertant spoluautorem. Kromě toho je autorem nebo spoluautorem dalších 9 článků s obdobnou problematikou ve sbornících konferencí a seminářů, 1 v tuzemském časopise a podílel se na realizaci 7 projektů. Uvedené výsledky byly podle mého názoru podrobeny dostatečné diskusi a jejich přijetí svědčí o náležité úrovni jejich obsahu a zpracování.

K disertantovi mám následující dotaz:

Jaká je souvislost uvedených metod testování poruch s používanými programy pro řešení elektronických obvodů (např. SNAP, Microcap)?

Závěrem konstatuji, že předložená disertační práce Ing. Zdeňka KINCLA odpovídá mezinárodně uznávaným požadavkům řízení k udělení akademického titulu doktor v oboru Elektronika a sdělovací technika a proto ji doporučuji k obhajobě.

