ชื่อเรื่องวิทยานิพนธ์	การออกแบบวงจรกรองอนาลอกแบบอัตโนมัติโดยใช้เจนเนติกอัลกอริทึม
ชื่อผู้เขียน	นาย ธานินทร์ เอื้อรักสกุล
วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต	สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า
คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์	รศ. ขจรศักดิ์ คันธพนิต ประธานกรรมการ ผศ. ดร. สุทธิชัย เปรมฤดีปรีชาชาญ กรรมการ ดร. เสริมศักดิ์ เอื้อตรงจิตต์ กรรมการ

บทคัดย่อ

การออกแบบวงจรกรองอนาลอกโดยทั่วไปจะใช้การประมาณฟังก์ชันส่งทอดที่เหมาะสมกับข้อกำหนดในการออกแบบ จากนั้นจึงสังเคราะห์วงจรในรูปแบบขั้นบันไดจากฟังก์ชันส่งทอดเมื่อนำผลที่ได้มาสร้างวงจรจริง ในบางครั้งอาจจะไม่สามารถเลือกอุปกรณ์ให้ตรงกับค่าของอุปกรณ์ที่มีอยู่จริงได้ จึงต้องเลือกค่าอุปกรณ์ให้มีค่าใกล้เคียงกับค่าที่ออกแบบได้ทำให้ผลตอบสนอง ณ บางความถี่ผิดเพี้ยนจากที่กำหนดไว้ เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าวจึงมีการนำเจนเนติกอัลกอริทึมมาใช้ในการออกแบบวงจรกรองอนาลอก โดยจากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าเจนเนติกอัลกอริทึมสามารถค้นหาวงจรกรองแบบผ่านต่ำที่มีรูปแบบแปลกใหม่แตกต่างไปจากโครงสร้างเดิมแบบขั้นบันไดได้ และสามารถนำไปใช้ในการออกแบบวงจรอนาลอกประเภทอื่นอีกมากมาย แต่ปัญหาที่สำคัญอย่างยิ่งของงานวิจัยเหล่านี้ คือ ต้องใช้เครื่องคำนวณที่มีความสามารถในการประมวลผลสูงมาก ซึ่งมีสาเหตุจากการใช้จำนวนประชากรในแต่ละรุ่นของเจนเนติกอัลกอริทึมจำนวนมากเพราะขอบเขตในการค้นหาคำตอบมีขนาดใหญ่มากนั่นเอง

เพื่อเป็นลดขอบเขตของปัญหาลง ในงานวิจัยนี้จึงได้ใช้เจนเนติกอัลกอริทึมเพื่อออกแบบวงจรกรองอนาลอกที่มีโครงสร้างคล้ายกับการเชื่อมต่อแบบขั้นบันได เนื่องจากการเชื่อมต่อแบบนี้เป็นโครงสร้างที่มีความไวต่อความผิดพลาดของค่าอุปกรณ์ต่ำที่สุดและโครงสร้างของวงจรที่ต้องมีรูปร่างที่แน่นอน โดยจะกำหนดให้มีการออกแบบในด้านค่า ชนิด และจำนวนอุปกรณ์ที่ใช้ในแต่ละโครโมโซม ซึ่งใช้เป็นค่าที่มีอยู่จริงเพื่อกำจัดปัญหาความผิดพลาดที่จะเกิดขึ้นในการประมาณค่าในการออกแบบ แต่ล้ำพังแต่เพียงการใช้เจนเนติกอัลกอริทึมในการค้นหาคำตอบนั้นไม่สามารถทำได้

อย่างมีประสิทธิภาพนัก ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้ใช้เทคนิคต่างๆเพิ่มเติม ได้แก่ การปรับค่าของอุปกรณ์ การเพิ่มจำนวนอันดับให้กับประชากรในรุ่นที่ไม่สามารถพัฒนาให้มีค่าความผิดพลาดที่ต่ำลงได้ และเทคนิคการป้องกันการสูญหายของโครโมโซมที่ดีที่สุดในการทำงานรุ่นถัดไป

ในงานวิจัยนี้ได้ทดสอบการออกแบบวงจรกรองอนาลอก 4 ชนิดคือ วงจรกรองอนาลอกแบบผ่านต่ำ แบบผ่านสูง แบบผ่านแถบ และแบบกำจัดแถบ ซึ่งจากผลการทดสอบพบว่า เจนเนติกอัลกอริทึมสามารถออกแบบวงจรกรองอนาลอกได้ทั้ง 4 ชนิด โดยใช้จำนวนอุปกรณ์ที่เชื่อมต่อน้อยกว่าออกแบบโดยใช้วิธีการประมาณค่าแบบบัตเตอร์เวอร์ตทั้งหมด โดยเฉพาะในการทดสอบการออกแบบขั้นพื้นฐาน การออกแบบที่มีช่วงความถี่ที่กำลังเปลี่ยนแปลงระดับแรงดันของสัญญาณแคบมาก การออกแบบวงจรกรองอนาลอกแบบผ่านแถบที่มีอัตราการลดทอนของสัญญาณในช่วงความถี่ที่ไม่ยอมให้สัญญาณผ่านได้ทั้งสองด้านไม่เท่ากัน และการออกแบบวงจรกรองอนาลอกแบบกำจัดแถบที่มีอัตราการกระเพื่อมของสัญญาณในช่วงความถี่ที่ยอมให้สัญญาณผ่านได้ทั้งสองด้านไม่เท่ากัน ซึ่งการออกแบบดังกล่าวใช้จำนวนอุปกรณ์ในการเชื่อมต่อวงจรน้อยกว่าการออกแบบโดยใช้วิธีบัตเตอร์เวอร์ตมากอย่างเห็นได้ชัด โดยเวลาที่ใช้ในการค้นหาคำตอบโดยปกติแล้วจะอยู่ระหว่าง 5 นาที ถึง 3 ชั่วโมงสำหรับเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล ทั้งนี้จะขึ้นอยู่กับความยากง่ายของข้อกำหนดในการออกแบบที่ใช้

Thesis Title	Automated Analog Filter Design Using Genetic Algorithm
Author	Mr. Tanin Uaraksakul
M.Eng.	Electrical Engineering

Examining Committee		
	Assoc. Prof. Kajornsak Kantapanit	Chairman
	Asst. Prof. Dr. Suttichai Preamrudeeprechachan	Member
	Dr. Sermsak Uatrongjit	Member

ABSTRACT

The conventional approach to analog filter design is performed by selecting one of the standard polynomial transfer functions which satisfies the filter specification and then followed by realization of the transfer function to the standard circuit topology. In the circuit realization process, however, the magnitude of each filter component has to be adjusted to match the available value. This may sometimes caused the synthesis circuit violate the design specification. In order to solve this component selection problem, in this thesis a novel design method based on Genetic Algorithm (GA) is proposed.

Analog filter design can be reformulated as a kind of optimization problem. GA is applied to evolve the filter topology and component's value to satisfy the specification. Using this approach the component selection problem is avoided by selecting each filter component from a predefined available component values. It is known that GA technique requires high performance computing power due to the very large solution space to be explored by GA. Fortunately, from circuit theory it is known that ladder topology has low sensitivity to component value, thus the filter structure in this research is restricted to ladder topology. Moreover, special techniques to speed up computation time of GA are also included in the proposed design method, for examples, the local search technique called sliding program for gradually adjusting component's value, the adding segment technique for adaptively increasing circuit's order and chromosome injection technique for preventing feasible solutions' loss.

Four analog filter design examples by MATLAB implementation, including low-pass, high-pass, band-pass, and band-eliminate filters are performed. The experimental results indicate that the proposed design method can generate analog filters which have lower number of components than those obtained by classical technique such as butterworth approximation, especially in the following cases; narrow transition-band, the different attenuation (K_s) in both stop-band sides of band-pass filter, and the different ripple (K_p) in both pass-band of band-eliminate filter. The design time varies in the order of minutes to hours depending on the type of personal computer used and the design specification.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University