

University of Mosul
College of Science



**Design and Simulation Three Circuits of
Transimpedance Amplifiers Using Short-Channel
MOSFET (45 nm, 90 nm, 130 nm) for Optical Fibers
Systems**

Asmaa Zaidan Younus Ali Al-Kawaz

Ph. D. Thesis in

Physics Science / Solid State Physics

Supervised by

Asst. Prof.

Dr. Muhammed Subhi Hameed Alsheikhjader

1446 A.H

2024 A.D

ABSTRACT

In this thesis, three different designs of transimpedance amplifiers (TIA) topology design are proposed for pre-amplification stage of optical receivers for different channel lengths (45 nm, 90 nm, 130 nm) operating at (1.0 Volt) supply voltage. A comprehensive analysis of each circuit is presented separately with the aim of improving and developing the TIA amplifiers in general and obtaining the least reduction in power consumption and the noise current indicated by the input in particular. To design TIAs with the required characteristics, mathematical equations were used to describe the TIA operation and determine the optimal balance between gain, bandwidth, input noise, power consumption and supply voltage and verify the overall system behavior and theoretical expressions using simulation software (LTspice XVII 17.1). The three proposed circuits consist of two fundamentally different stages. In the first stage, the following techniques were used: Feedforward for the first circuit, Regulated Cascode for the second circuit, and Shunt-Shunt Feedback for the third circuit. As for the second stage, it was installed for the three circuits using a Common Gate-Common Source (CG-CS) configuration. This work has successfully improved the performance of optical receivers, including transimpedance amplifiers, as the proposed structures have proven effective in reducing power consumption and input referred noise current, especially as the channel length increases. Compared to the first and third circuits, the second circuit has showed superior performance among the three circuits in terms of power consumption of (0.173 mW) followed by the input referred noise current of ($10.60 \text{ pA}/\sqrt{\text{Hz}}$) at a channel length of (130 nm), while the highest bandwidth was (1.80 GHz) at a channel length of (45 nm) for the same circuit, followed by the first circuit with low power consumption (0.175 mW) with the best result of input referred noise reduction ($9.40 \text{ pA}/\sqrt{\text{Hz}}$) and the highest gain of (47.94 dB Ω) at a channel length of (130 nm) respectively compared to the other two circuits. Finally, the third circuit has showed different results from the first and second circuits, as it is characterized by a somewhat higher power

consumption than the first and second circuits and a higher input referred noise current, while the TIA gain is close to the gain of the second circuit for the three scales (45 nm, 90 nm, 130 nm).

المستخلص

في هذه الأطروحة، تم اقتراح ثلاث تصاميم مختلفة لتصميم شبكة مكبرات الممانعة البينية (TIA) المستخدمة في مرحلة المكبر الأولي للمستقبلات البصرية لأطوال قناة مختلفة (45 نانومتر، 90 نانومتر، 130 نانومتر) تعمل بجهد إمداد قدره (1.0 فولت). حيث تم تقديم تحليل شامل لكل دائرة على حده بهدف تحسين وتطوير مكبرات TIAs بشكل عام والحصول على أقل تخفيض في استهلاك الطاقة وتيار الضوضاء المشار إليه بالدخل بشكل خاص.

لتصميم TIAs بالخصائص المطلوبة، تم استخدام المعادلات الرياضية لوصف تشغيل TIA وتحديد التوازن الأمثل بين الربح، عرض النطاق الترددي، ضوضاء الدخل، استهلاك الطاقة وجهد الإمداد والتحقق من سلوك النظام العام والتعبيرات النظرية باستخدام برنامج المحاكاة (LTspice XVII 17.1). تتكون الدوائر الثلاث المقترحة من مرحلتين مختلفتين جذريا. في المرحلة الأولى، تم استخدام التقنيات التالية: التغذية الأمامية (Feedforward) للدائرة الأولى، كاسكود المنظم (Regulated Cascode) للدائرة الثانية، والتغذية الاسترجاعية تحويلية-تحويلية (Shunt-Shunt Feedback) للدائرة الثالثة. أما بالنسبة إلى المرحلة الثانية فقد تم تثبيتها للدوائر الثلاث باستخدام تكوين بوابة مشتركة-مصدر مشترك (CG-CS). نجح هذا العمل في تحسين أداء أجهزة الاستقبال البصرية، بما في ذلك مكبرات الممانعة البينية حيث اثبتت الهياكل المقترحة فعاليتها في تخفيض استهلاك الطاقة وتيار الضوضاء المشار إليه بالدخل، خاصة مع زيادة طول القناة. بالمقارنة مع الدائرتين الأولى والثالثة، أظهرت الدائرة الثانية أداءً متفوقاً بين الدوائر الثلاث من حيث استهلاك الطاقة البالغ (0.173 ملي واط) متبوعة بتيار الضوضاء المشار إليه بالدخل يبلغ (10.60 بيكو أمبير لكل جذر هيرتز) عند طول قناة (130 نانومتر)، بينما تم الحصول على عرض نطاق كان (1.80 كيكا هرتز) عند طول قناة (45 نانومتر) لنفس الدائرة، تليها الدائرة الأولى ذات استهلاك منخفض للطاقة (0.175 ملي واط) مع أفضل نتيجة لخفض الضوضاء المشار إليه بالدخل (9.40 بيكو أمبير لكل جذر هيرتز) وبأعلى ربح قدره (47.94 ديسيبل أوم) عند طول القناة (130 نانومتر) على التوالي مقارنة بالدائرتين الأخريين. أخيراً" الدائرة الثالثة أظهرت نتائج مختلفة عن الدائرتين الأولى والثانية حيث تميزت باستهلاك طاقة أعلى إلى حد ما من الدائرتين الأولى والثانية وارتفاع في تيار الضوضاء المشار إليه بالدخل بينما ربح TIA قريب من ربح الدائرة الثانية وللمقاييس الثلاثة (45 نانومتر، 90 نانومتر، 130 نانومتر).



جامعة الموصل
كلية العلوم

تصميم ومحاكاة ثلاث دوائر مكبرات الممانعة البينية باستخدام
MOSFET ذوي القناة القصيرة (45 نانومتر، 90 نانومتر، 130
نانومتر) لأنظمة الألياف البصرية

أسماء زيدان يونس علي الكواز

اطروحة دكتوراه

علوم الفيزياء / فيزياء الحالة صلبة

بإشراف

الأستاذ المساعد

الدكتور محمد صبحي حميد آل شيخ جادر