شبیه‌سازی مدارهای تقویت‌کنندۀ ترانزیستور اثر ساحه (JFET) توسط نرم‌افزار Multisim

پوهنیار محمدشریف سلطانی[۱]، پوهنیار شیرالله حیات[۲]
[۲،۱] دیپارتمنت فزیک، پوهنځی تعلیم و تربیه، مؤسسۀ تحصیلات عالی لوگر.
ایمیل آدرس: qonaq.takht1@gmail.com

خلاصه

در این مطالعه یکی از کاربردهای ترانزیستور اثر ساحه(JFET)، که همانا مدارهای تقویت‌کنندۀ سیگنال ورودی متناوب(AC) است موردمطالعه قرارگرفته و هدف آن مقایسه بین مدارهای تقویت‌کننده و شبیه سازی آن‌ها تو سط نرم‌افزارMultisim ا ست تا تو سط آزمایش تئوری مربوطه را راستی آزمایی نماید. در این تحقیق اطلاعات به روش تحلیل اسنادی گردآوری‌شده و در قدم اول سعی شده تا مدارهای تقویت‌کننده به صورت تئوری برر سی و ذریعه فورمول های ریا ضی تو صیف شوند، در گام دوم مدارهای تقویت‌کننده ترانزیستورJFET توسط نرم‌افزارMultisim شبیه‌سازی‌شده‌اند. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که با ترانزیستورJFET می‌توان سه نوع مدار به‌منظور تقویت و کنترول سیگنال‌های ورودی طراحی کرد که عبارت‌اند از: مدار «سو رس» مشترک، مدار «گیت» مشترک و مدار «درن» مشترک. مدار «سو رس» مشترک به‌منظور تقویت ولتاژ و از مدار تقویت‌کنندۀ «گیت» مشترک به هدف کنترول ولتاژ و جریان ورودی استفاده می‌شود و همچنان از مدار تقویت‌کنندۀ «درن» مشترک برای پایین آوردن جریان ورودی ا ستفاده می شود. د ست آورد این مطالعه در قدم اول برر سی تئوریکی مدارهای تقویت‌کننده ا ست و در قدم دوم شبیه سازی مدارهای تقویت‌کننده توسط نرم‌افزار Multisim است که به‌خوبی می‌تواند میان مباحث تئوریک و جنبه‌های عملی آن رابطه برقرار کند، تجربۀ تئوری دارهای تقویت‌کنندۀ درواقع همان لابراتوار مجازی است که به محصلان کمک می‌کند تا آن‌ها بتوانند به مباحث تئوریک جنبه عملی و عینی ببخشند.

کلمات کلیدی: تقویت‌کنندۀ «سورس» مشترک، تقویت‌کنندۀ «گیت» مشترک و تقویت‌کنندۀ «درن» مشترک.

مقدمه

ترانزیستور پیوندی اثر ساحه (JFET) یک ترانزیستور تک‌قطبی است که فقط با استفاده از حامل‌های اکثریت کار می‌کند، این ترانزیستور نیز از نیمه‌هادی نوع N و P ساخته‌شده و دارای پایه‌های چون »سو رس» «درِن» و «گیت» می‌باشد، ولتاژ و جریان با توجه به تعداد پایه‌های این ترانزیستور به سه نوع می‌با شند، این ترانزیستور در مدارهای الکترونیکی به حیث تقویت‌کننده و کنترول کنندۀ سیگنال‌های

ورودی و همچنان به‌عنوان به حیث منابع جریان و «ســوی چنگ»، از جایگاه قابل‌ملاحظهٔ برخورد اســت(Yan, Zhao, and Liu 2022). در این مقاله کارکردهای مداری تقویت‌کننده و کنترول کنندهٔ سـیگنال‌های متناوب ورودی موردمطالعه قرارگرفته و توسـط نرم‌افزار Multisim، آزمایش گردیده‌اند. آزمایش‌های مدارهای تقویت‌کننده و کنترول کنندهٔ ســیگنال‌های ورودی به‌عنوان لابراتوار مجازی در عدم موجودیت لابراتوار مجهز حقیقی در نهادهای تحصـیلات عالی به محققان و دانشـجویان کمک می‌کند تا میان مباحث تئوریک و عملی رابطه برقرار کنند، ازاین‌رو از اهمیت خاص برخوردار بوده و نهادینه‌ســازی مدلین کامپیوتری در علوم ســاینســی از اولویت‌ها شــمرده می‌شــود. ســوادکوهی و همکارانش کتاب تحت عنوان " دانش فنی پایه" را در سال ۱۴۰۰ تألیف نموده‌اند که مخصوص وزارت آموزش جمهوری اســلامی ایران اســت، در این کتاب، جایگاه ترانزیســتورها در صــنعت الکترونیک موردبررســی قرارگرفته و مدارهای الکترونیکی توســط نرم‌افزارهای کامپیوتری ازجملهMultisim شبیه‌سازی‌شده‌اند، محتوای این کتاب به‌خوبی توضیح می‌دهد که چگونه از ترانزیستورها در مدارهای الکترونیکی به مقاصــد مختلف اســتفاده نمایم(ســوادکوهی و همکاران، ۱۴۰۰: ۱۴۴، ۱۵۸). مقاله که تــحــت عــنــوان Experiment teaching of digital electronic technology using Multisim 12.0 توسط Qiu-xia Liu در سال ۲۰۱٤ منتشرشده شبیه سازی‌های مربوط به کاربرد ترانزیستورها را انجام داده، نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که از ترانزیستورها به‌خوبی می‌توان به‌عنوان تقویت‌کننده‌های ولتاژ و جریان در مدارهای الکترونیک اسـتفاده کرد(Liu.Qi,2014:38). این تحقیق به این به‌منظور انجام‌شــده اســت تا کاربردهای مهم ترانزیســتور اثر ســاحه(JFET)، ازجمله مدارهای تقویت‌کننده و کنترول کنندهٔ سیگنال‌های متناوب ورودی توسط نرم‌افزار Multisim آزمایش شوند تا ازیک‌طرف نقش آن‌ها در صنعت الکترونیک از هم تفکیک‌شده و از طرف دیگر توسط شبیه‌سازی مدارها، مباحث تئوری آن در معرض آزمون قرار گیرد.

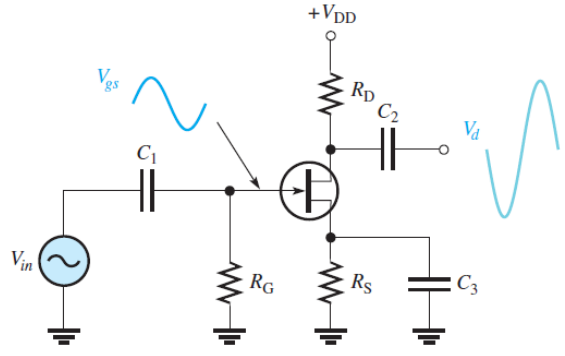
مواد و روش کار

تحقیق هذا ازنظر هدف کاربردی و ازنظر جمع‌آوری اطلاعات بررســی اســنادی اســت. در این تحقیق اطلاعات به روش تحلیل اســنادی گردآوری و ســپس خصــوصــیات مدارهای ترانزیســتوری به کمک فورمول‌های ریاضـی به‌صـورت مقایسـه‌ی بررسـی‌شـده‌اند، در ادامه به‌منظور آزمایش مباحث تئوری، مدارهای ترانزیستورJFET توسط نرم‌افزارMultisim شبیه سازی شده‌اند و داده‌های به‌دست‌آمده از شبیه‌سازی باهم مقایسه شده‌اند.

مدار تقویت‌کنندهٔ «سو رس» مشترک(Common source-CS)

یک مدار تقویت‌کنندهJFET « سورس» مشترک(CS) با کانالN با بایاس سرخود(خود تغذیه) با منبع جریان AC که به‌صورت خازنی به گیت ترانزیستور کوپل شده در شکل(۱) نشان داده‌شده است(شبانی و همکاران، ۱۴۰۰۱۲۱:). در این مدار مقاومت R_G به هدف اینکه گیت ترانزیســتور را تقریباً در $0V$

ولتاژ DC نگه دارد (زیرا I_{GSS} بسیار کوچک است)، I_{GSS} جریان معکوس گیت ترانزیستور JFET است وقت اندازه‌گیری می شود که ترانزیستور در بایاس معکوس قرار داشته باشد، ولتاژ بایاس با افت R_S ایجاد می‌شـود، خازن بای پاس C_3، مقاومت R_S را در سـیگنال(AC) بای‌پاس می‌کند، و خازن‌های C_1 و C_2 تقویت‌کننده را ازنظر ولتاژ DC از طبقه‌های دیگر جدا می‌سازند(Amlani et al. 2006).



شکل(۱) مدار تقویت‌کنندۀ سو رس مشترک(Thomas L. Buchla. 2014) .

سیگنال ولتاژ باعث می شود ولتاژ «گیت- سورس» به بالا و پایین از نقطه کار (Q) خود نو سان کند و باعث نوسـان در جریان «درن» شـود، با افزایش جریان «درن» افت ولتاژ در مقاومت R_D نیز افزایش می‌یابد که باعث کاهش ولتاژ «درن» (نسـبت به زمین) می‌شـود. جریان «درن» هم‌فاز با ولتاژ «گیت- سـور» در بالا و پایین مقدار نقطه Q خود نوسـان می‌کند، همان‌طور که در شـکل(۱) نشـان داده‌شـده اسـت، اما ولتاژ «درن – سـورس» با تفاوت فاز ۱۸۰ درجه در بالا و پایین مقدار نقطه Q خود خارج از فاز با ولتاژ «گیت- سـورس» تغییر می‌کند(Thomas L. Buchla,2014) ، بهره جریان تقویت‌کننده سورس مشترک به‌صورت زیر است:

$$A_v = \frac{V_{out}}{V_{in}} \qquad (1)$$

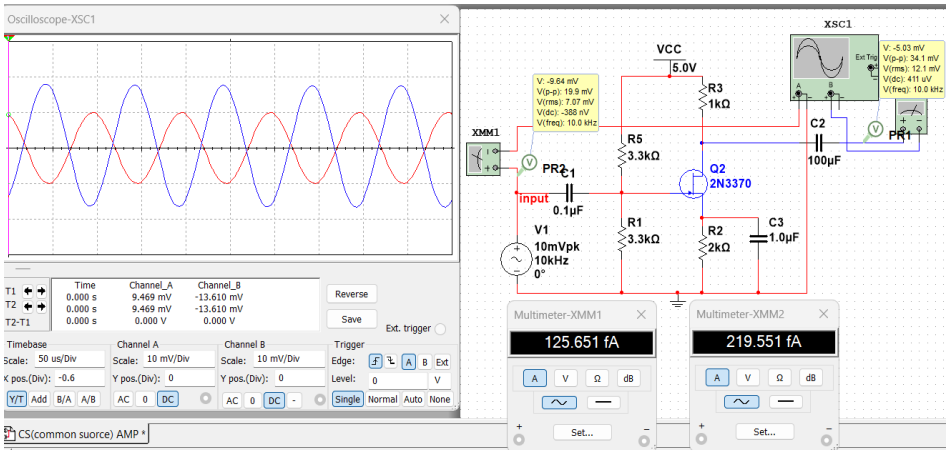
آزمایش مدار تقویت‌کننده سو رس مشترک توسط Multisim

به‌منظور آزمایش مدار، اول محیط Multisim را آماده نموده و در ضـمن قطعات موردنیاز را از کتابخانۀ مربوطه در محیط کاری Multisim فراخوانی می‌کنیم(Aung, Lwin, and Tun 2015). طبق تئوری قطعات موردنیاز در این آزمایش در جدول زیر درج گردیده‌اند:

جدول (۱) مشخصات قطعات موردنیاز در شبیه‌سازی مدار تقویت‌کنندۀ سورس مشترک

شماره	نام قطعه	مشخصات قطعه	تعداد
۱	ترانزیستور FET	با کانالN	۱
۲	اسیلوسکوپ	Oscilloscope	۱
۳	خازن	Virtual Capacitor	۳
۴	منبع سیگنال متناوب	AC_VOLTAGE	۱
۵	مقاومت	Virtual Resistor	۴
۶	منبع ولتاژ	TTL Suplly(VCC)	۱
۷	ملتی متر	Multimeter	۲
۹	اتصال به زمین	Ground	۱

طبق تئوری بعد ازونش قطعات در مدار، برنامه اجرا می‌کنیم داده‌های مورد مشـــاهده ســـیگنال‌های ورودی و خروجی ازنظر دامنه و فاز، مقادیر ولتاژ مؤثر (V_{rms}) و جریان(I)، در ورودی و خروجی می‌باشند.

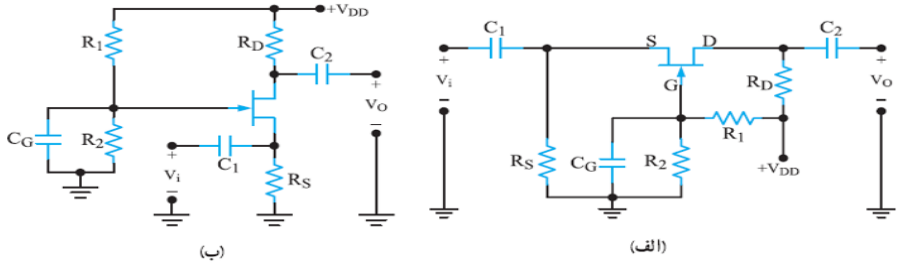


شکل(۲) آزمایش مدار تقویت‌کنندۀ «سورس» مشترک ترانزیستورJFET توسط Multisim

در شـکل(۲) روی اسـکرین اوسـولیسـکوپ(XSC1)، موج به رنگ آبی سـیگنال خروجی و موج به رنگ سرخ سیگنال ورودی می‌باشند که از هم به‌اندازه ۱۸۰ تفاوت فاز دارند، در این شبیه‌سازی مقدار خروجی ولتاژ V_{rms} برابر به mV۱۲/۱ و مقدار آن در ورودی آن mV۷/۰۷ اند و همچنان جریان ورودی توســط امپیرمتر(XMM1) به مقدار fA۱۲۵/۶۵۱ و در خروجی توســط امپیرمتر(XMM2) به‌اندازه fA۲۱۹/۵۵۱ نشان داده‌شده است.

تقویت‌کننده «گیت» مشترک(Common gate=CG)

تقویت‌کننده «گیت» مشترک یکی از سه حالت تقویت‌کننده ترانزیستور (JFET) یک مرحله‌ای است که معمولاً به‌عنوان کنترول کننده ولتاژ و جریان استفاده می‌شود. در مدار، ترمینال «سورس» ترانزیستور به‌عنوان ورودی عمل، «درن» به‌عنوان خروجی عمل کرده و گیت به زمین وصل می‌شود، سیگنال ورودی به «سورس» اعمال می‌شود، سیگنال خروجی از «درن» گرفته می‌شود، سیگنال ورودی و خروجی هم‌فاز نیستند، بهره جریان نزدیک به واحد است(Devoret and Schoelkopf 2000).



شکل(۳) مدار تقویت‌کننده گیت مشترک (شبانی و همکاران، ۱۴۰۰).

شکل (۳) الف- یک مدار تقویت‌کننده گیت مشترک را نشان می‌دهد، برای اینکه این نوع تقویت‌کننده را به‌خوبی درک کرده باشیم آن‌ها دوباره در شکل(۳) ب- نشان می‌دهیم، اگر دقت شود محل هیچ‌یک از اجزای مدار محل ورودی و خروجی آن در این شکل تغییر نکرده است(شبانی و همکاران، ۱۴۰۰).

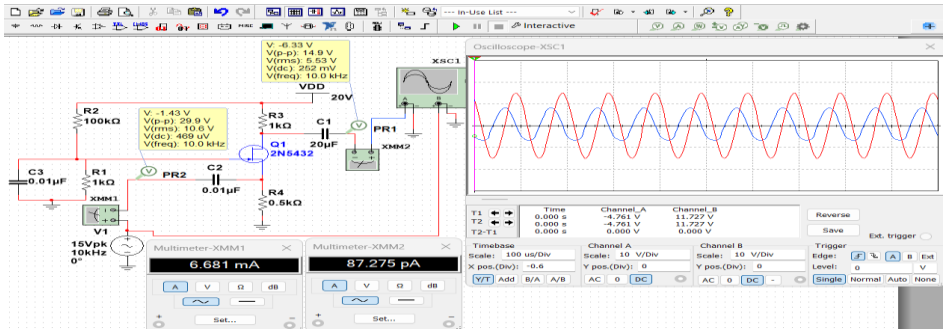
آزمایش مدار تقویت‌کننده «گیت» مشترک توسط Multisim

این تجربه را نیز مانند آزمایش مدار تقویت‌کنندهٔ «سورس» مشترک، اول باید محیط Multisim را آماده نموده و بعداً قطعات موردنیاز را از کتابخانهٔ مربوطه در محیط کاری Multisim فراخوانی می‌کنیم و بعد از تهیه مدار، با اجرا کردن برنامه داده‌های موردنظر بین ورودی و خروجی را مشاهده می‌کنیم، قطعات موردنیاز در این آزمایش در جدول زیر ذکر گردیده‌اند:

جدول(۲) مشخصات قطعات موردنیاز در شبیه‌سازی مدار تقویت‌کنندهٔ «گیت» مشترک

شماره	نام قطعه	مشخصات قطعه	تعداد
۱	ترانزیستور FET	با کانالN	۱
۲	اسیلوسکوپ	Oscilloscope	۱
۳	خازن	Virtual Capacitor	۳
۴	منبع سیگنال متناوب	AC_VOLTAGE	۱
۵	مقاومت	Virtual Resistor	۴

شکل (۴) محیط را نشان می‌دهد که در آن مدار تقویت‌کنندۀ «گیت» مشترک شبیه‌سازی‌شده است.

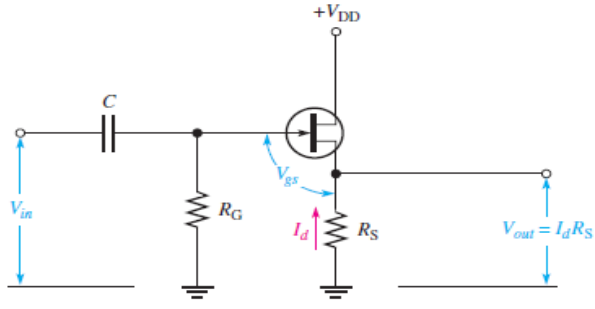


شکل (۴) مدار تقویت‌کنندۀ «گیت» مشترک که توسط نرم‌افزار Multisim شبیه‌سازی‌شده است.

در شکل (۴) روی اسکرین اوسیلیسکوپ (XSC1)، موج به رنگ آبی، سیگنال خروجی و موج سرخ‌رنگ سیگنال ورودی می‌باشند که باهم دیگر تفاوت فاز دارند، در این آزمایش مقدار خروجی ولتاژ V_{rms} برابر به mV۵,۵۳ و مقدار آن در ورودی آن mv۱۰,۶ است. همچنان جریان ورودی مدار در امپیرمتر (XMM1) به مقدار mA۶,۶۸۱ و جریان خروجی توسط امپیرمتر (XMM2) به‌اندازه pA۸۷,۲۷۵ نشان داده‌شده‌اند.

تقویت‌کننده «درن» مشترک Common drain(CD)

مدار تقویت‌کننده «درن» مشترک (CD) در شکل (۵) نشان داده‌شده است، در این مدار از بایاس سرخود ا ستفاده شده ا ست، سیگنال ورودی از طریق یک خازن کو پلاژ به «گیت» اعمال می شود و سیگنال خروجی از پایۀ «سورس» گرفته می شود، در این مدار پایۀ «درن» در مقابل سیگنال AC زمین می‌شود (Djalal and HR 2019).



شکل (۵) مدار تقویت‌کننده درن مشترک (Thomas L. Buchla,2014).

بهره ولتاژ Voltage Gain

بهره ولتاژ در این مدار تقویت‌کننده مانند تمام تقویت‌کننده‌ها، عبارت از $A_v = \frac{V_{out}}{V_{in}}$ است، برای تقویت‌کنندۀ «درن» مشترک ولتاژ خروجی توسط رابطۀ $V_{out} = I_d R_S$ به‌دست‌آمده و همچنان ولتاژ ورودی به‌صورت $V_{in} = V_{gs} + I_d R_S$ است، ازاین‌رو بهره ولتاژ «گیت» به «سورس» بواسطۀ رابطه $I_d R_S / (V_{gs} + I_d R_S)$ داده می‌شود، باجا بجای $I_d = g_m V_{gs}$ در رابطۀ فوق بهره ولتاژ بصورت رابطه زیر است:

$$A_v = \frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{g_m V_{gs} R_S}{V_{gs} + g_m V_{gs} R_S} \quad A_v = \frac{g_m R_S}{1 + g_m R_S} \qquad (2)$$

در اینجا توجه کنید که بهره ولتاژ همیشه کمتر از ۱ است. اگر $1 \ll g_m R_S$ باشد، یک تقریب خوب $A_v \cong 1$ است زیرا ولتاژ خروجی در «سورس» بوده و با ولتاژ گیت (ورودی) هم فاز است(Thomas L. Buchla,2014:805). از تقویت‌کننده درن مشترک در وضعیت ایدئال آن می‌توان به‌عنوان مدار بافر استفاده نمود، در عمل به علت محدود بودن g_m در ترانزیستور JFET و عدم امکان انتخاب R_S بزرگ، شرط $1 \ll g_m R_S$ تأمین نمی‌شود، راه‌حل عملی برای رسیدن به A_v نزدیک بیک این است که به‌جای R_S از یک منبع جریان استفاده نماییم، منبع جریان ضمن تأمین جریان I_D نقطۀ کار، ازنظر سیگنال دارای مقاومت بی‌نهایت(حالت ایدئال) است(میر عشقی،۱۳۹۷). در رابطۀ فوق g_m هدایت یا رسانایی ترانزیستور JFET را نشان می‌دهد، در این نوع ترانزیستور ولتاژ «گیت» جریان «درن» را کنترول می‌کند، این‌رو g_m یکی از پارامترهای مهم JFET بشمار رفته و به‌صورت زیر تعریف می‌شود:

$$g_m = \frac{I_d}{V_{gs}} \qquad (3)$$

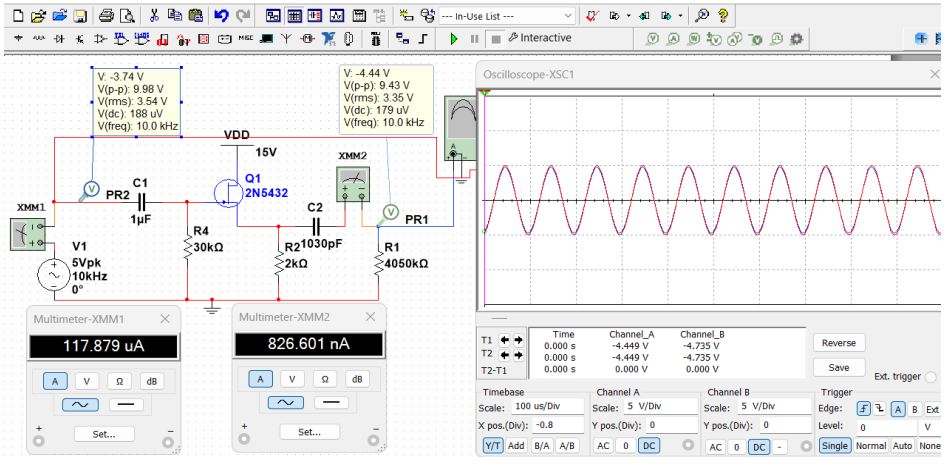
آزمایش مدار تقویت‌کننده «درن» مشترک توسط Multisim

در این شبیه‌سازی نیز مانند شبیه‌سازی مدارهای تقویت‌کنندۀ «سورس» مشترک و «گیت» مشترک اول باید محیط Multisim را آماده نموده و بعداً قطعات موردنیاز را از کتابخانۀ مربوطه در محیط کاری Multisim فراخوانی کنیم و بعد از راه‌اندازی مدار، مشاهده می‌کنیم که پارامترهای از قبیل: سیگنال‌های ورودی و خروجی، جریان‌های ورودی و خروجی و همچنان ولتاژ V_{rms} در خروجی و ورودی مدار چقدر تفاوت دارند(Guide n.d. 2018)، قطعات موردنیاز در این شبیه‌سازی در جدول زیر ذکر گردیده‌اند:

جدول(۳) مشخصات قطعات موردنیاز در شبیه‌سازی مدار تقویت‌کنندۀ درن مشترک

شماره	نام قطعه	مشخصات قطعه	تعداد
۱	ترانزیستور FET باکانال N	N5432۲	۱
۲	اسیلوسکوپ	Oscilloscope	۱
۳	خازن	Virtual Capacitor	۲
۴	منبع سیگنال متناوب	AC_VOLTAGE	۱
۵	مقاومت	Virtual Resistor	۳
۶	ملتی متر	Multimeter	۲
۷	منبع ولتاژ	CMOS Suplly(VDD)	۱
۸	منبع زمین	Ground	۱

در شکل(٦) روی اسکرین اوسیلیسکوپ(XSC1)، موج آبی‌رنگ، سیگنال خروجی و موج سرخ‌رنگ، سیگنال ورودی می‌باشد که باهم دیگر هم‌فازند، در این آزمایش مقدار خروجی ولتاژ V_{rms} برابر به ۳٫۳۵V و مقدار آن در ورودی ۳٫۵۴V است و همچنان جریان ورودی مدار را امپیر متر(XMM1) به مقدار ۱۱۷٫۸۷۹uA و جریان خروجی مدار توسط امپیرمتر(XMM2) به‌اندازه ۸۲۶٫۶۰۱nA نشان داده‌شده است.



شکل(٦) مدار تقویت‌کنندۀ «درن» مشترک را نشان می‌دهدکه توسط Multisim شبیه‌سازی‌شده است.

یافته‌های تحقیق

در تحقیق هذا مدارهای تقویت‌کنندۀ ترانزیستور اثر ساحه(JFET)، موردمطالعه قرار گرفتند تا چگونگی کاربرد آن ها در مدارهای الکترونیکی مشخص و از هم تفکیک شوند، داده های به‌دست‌آمده بعد از انجام آزمایش نشان می‌دهد که مدار تقویت‌کنندۀ «سورس» مشترک نسبت به مدارهای «درن» مشترک و «گیت» مشترک، برای تقویت ولتاژ و جریان ورودی بهتر است و همچنان

مدار «گیت» مشترک برای کنترول ولتاژ و جریان ورودی نسبت به مدارهای دیگر بهتر است، تفاوت داده‌های به‌دست‌آمده را می‌توان در جدل(۴) دید.

جدول(۴) داده‌های به‌دست‌آمده از آزمایش در مدارهای تقویت‌کنندهٔ ترانزیستور JFET

نوعیت مدار	ولتاژ ورودی	ولتاژ خروجی	جریان ورودی	جریان خروجی	تفاوت فاز سیگنال‌های ورودی وخروجی
«سورس» مشترک	mV۷/۰۷	mV۱۲/۱	fA۱۲۵/۶۵۱	fA۲۱۹/۵۵۱	به اندازه ۱۸۰ درجه تفاوت فاز دارند
«گیت» مشترک	mv۱۰/۶	mV۵/۵۳	mA۶/۶۸۱	pA۸۷/۲۷۵	تفاوت فاز دارند
«درن» مشترک	V۳/۳۵	V۳/۵۴	uA۱۱۷/۸۷۹	nA۸۲۶/۶۰۱	همفاز اند

مناقشه

با توجه به پایه‌های ترانزیستور اثر ساحه(JFET)، می‌توان از آن مدارهای تقویت‌کنندهٔ «سورس» مشترک، «گیت» و «درن» مشترک را ساخت، به این مدارها سیگنال ولتاژ متناوب به حیث دادهٔ ورودی داده می‌شود و از آن سیگنال ولتاژ متناوب تقویت/تضعیف‌شده به‌عنوان خروجی گرفته می‌شود. همان‌گونه که از داده‌های آزمایش مشاهده می‌شود مدار تقویت‌کنندهٔ «سورس» مشترک مقادیر ولتاژ و جریان خروجی را بزرگ‌تر از مقادیر ولتاژ و جریان ورودی نشان می‌دهد، درحالی‌که مقادیر ولتاژ و جریان در مدار «گیت» مشترک کمتر از مقادیر ورودی هستند، از سوی دیگر در مدار «درن» مشترک مقادیر ولتاژ در ورودی تقریباً باهم مساوی هستند و جریان ورودی خیلی بزرگ‌تر از جریان خروجی است. با در نظر داشت شکل سیگنال‌های ورودی و خروجی در سه مدار تقویت‌کننده، سیگنال ورودی و خروجی ازنظر فاز نیز از هم متفاوت بوده و در سه حالت قرار دارند، در مدار تقویت‌کنندهٔ «سورس» مشترک سیگنال‌های ورودی و خروجی باهم دیگر به‌اندازهٔ ۱۸۰ درجه تفاوت فاز دارند؛ درحالی‌که در مدار تقویت‌کنندهٔ «درن» مشترک سیگنال‌های ورودی و خروجی هم‌فازند و در مدار تقویت‌کنندهٔ «گیت» مشترک تفاوت فاز میان سیگنال ورودی و خروجی موجود است؛ اما نه به‌اندازهٔ ۱۸۰ درجه و نه هم صفر. از عمده‌ترین دست آورد این تحقیق توجه به داده‌های خروجی است که با داده‌های ورودی مقایسه شده‌اند تا ثابت شود که کدام‌یکی از مدارهای تقویت‌کنندهٔ ترانزیستور JFET در صنعت الکترونیک به حیث تقویت‌کنندهٔ سیگنال‌های ورودی و کدام‌یکی برای کنترول ولتاژ و جریان در مدارهای الکترونیکی استفاده می‌شوند، درحالی‌که سایر منابع این تحقیق فقط مدارهای تقویت‌کنندهٔ ترانزیستور JFTET را ازنظر تئوریک بیشتر موردبحث قرار داده‌اند، حتی خیلی از منابع را به‌صورت عملی آزمایش نکرده‌اند. نتایج این تحقیق در گام نخست به محصلان رشته‌های برق و الکترونیک کمک می‌کند تا با مشاهدهٔ نتایج آزمایش بین مباحث تئوریک و عملی رابطه برقرار کنند و گام دوم به محققان کمک می‌کند تا از این تحقیق در غنامندی منابع تحقیقات شان استفاده نمایند.

نتیجه‌گیری

بعدازآن مطالعهٔ یافته‌ها و مناقشهٔ تحقیق هذا نتیجه‌گیری را می‌توان این‌گونه برشمرد:

- از ترانزیستور اثر ساحهٔ (JFET) می‌توان سه نوع مدار تقویت‌کنندهٔ سیگنال ورودی ساخت.
- از مدار تقویت‌کنندهٔ «گیت» مشترک می‌توان به حیث کنترول کننده و پایین آورندهٔ ولتاژ و جریان ورودی استفاده کرد.
- از مدار تقویت‌کنندهٔ «سورس» مشترک می‌توان به حیث تقویت‌کنندهٔ ولتاژ و جریان ورودی استفاده کرد.

از عمده‌ترین مانع در این تحقیق عدم موجودیت امکانات عملی رشته الکترونیک است می‌بایست در دسترس محقق قرار داشت، به خوانندگان و محققان صمیمانه پیشنهاد می‌گردد تا در ارتباط به خصوصیات منحنی مشخصهٔ خروجی و انتقالی ترانزیستور اثر ساحه(JFET)، و همچنان ویژه‌ی کار ترانزیستور در نواحی متخلف منحنی مشخصهٔ خروجی این ترانزیستور کارنمایند.

منابع

جولایی، ظریفیان و همکاران.(۱۴۰۰). عرضه تخصصی قطعات الکتریکی و الکترونیکی، شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران.

بانی، محمود و همکاران.(۱۴۰۰). دانش فنی تخصصی، شرکت چاپ ونشر کتاب‌های درسی ایران، تهران.

ذولفقاری، سهیلا و همکاران.(۱۴۰۰). کتاب همراه، هنرجو رشته الکترونیک، شرکت چاپ ونشر کتاب‌های درسی ایران«سهامی خاص».

Amlani, Islamshah et al. (2006). "First Demonstration of AC Gain from a Single-Walled Carbon Nanotube Common-Source Amplifier." *Technical Digest - International Electron Devices Meeting, IEDM* 1: 3–6.

Aung, Shune Lei, Kyaw Soe Lwin, and Hla Myo Tun. (2015). "Design And Construction Of 300W Audio Power Amplifier For Classroom." *International Journal of Scientific & Technology Research* 4(7): 63–67.

Devoret, Michel H., and Robert J. Schoelkopf. (2000). "Amplifying Quantum Signals with the Single-Electron Transistor." *Nature* 406(6799): 1039–46.

Djalal, Muhammad Ruswandi, and Herman HR. (2019). "Characteristic Test Of Transistor Based Multisim Software." *PROtek : Jurnal Ilmiah Teknik Elektro* 6(2): 63–68.

Guide, Education User. "Simulation & Capture".

Li, Hui et al. "Chemical and Biomolecule Sensing with Organic Field-Effect Transistors." : 1–87.

Yan, Yongkun, Yan Zhao, and Yunqi Liu. (2022). "Recent Progress in Organic Field-Effect Transistor-Based Integrated Circuits." *Journal of Polymer Science* 60(3): 311–27.

Simulation of field effect transistor (JFET) amplifier circuits by Multisim software

Mohammad Sharif Sultani[1] & Shabirullah Hayat[2]

[1,2] Physics Department, Faculty Education Logar Higher Education Institute.
Email: qonaq.takht1@gmail.com

Abstract

In this study, one of the field effect transistor (JFET) Application, which are AC input signal amplifier circuits, has been studied, and its purpose is to compare the amplifier circuits and simulate them by Multisim software rather than by testing the relevant theory. to test In this research, information has been collected by document analysis method and in the first step, amplifier circuits have been tried to be investigated theoretically and described by means of mathematical formulas, in the second step, JFET transistor amplifier circuits have been simulated by Multisim software .The results of this study show that three types of circuits can be designed with the JFET transistor in order to amplify and control input signals, which are: common "source" circuit, common "gate" circuit and common "drain" circuit. The common "source" circuit is used to amplify the voltage, and the common "gate" amplifier circuit is used to control the input voltage and current, and the common "drain" amplifier circuit is also used to lower the input current. The achievement of this study in the first step is the theoretical investigation of the amplifier circuits and in the second step is the simulation of the amplifier circuits by Multisim software, which can well establish a relationship between the theoretical topics and its practical aspects, the experience of the amplifier theorists in fact. It is the virtual laboratory that helps students to give practical and objective aspects to theoretical topics.

Keywords: common source amplifier, common gate amplifier and common drain amplifier.