Izrada razvojne pločice za ispitivanje poluvodičkih sklopnih komponenata

Pejić, Vlatka

Undergraduate thesis / Završni rad

2020

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:200:559969

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-05-07**

Repository / Repozitorij:

Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek

zir.nsk.hr

DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA I INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA

Sveučilišni studij

IZRADA RAZVOJNE PLOČICE ZA ISPITIVANJE POLUVODIČKIH SKLOPNIH KOMPONENATA

Završni rad

Vlatka Pejić

Osijek, 2020.

FERIT
FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA I INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA OSIJEK

Obrazac Z1P - Obrazac za ocjenu završnog rada na preddiplomskom sveučilišnom studiju

Osijek, 15.09.2020.

Odboru za završne i diplomske ispite

Prijedlog ocjene završnog rada na preddiplomskom sveučilišnom studiju

Ime i prezime studenta:	Vlatka Pejić
Studij, smjer:	Preddiplomski sveučilišni studij Elektrotehnika i informacijska tehnologija
Mat. br. studenta, godina upisa:	4162b, 17.09.2019.
OIB studenta:	54334705751
Mentor:	Prof. dr. sc. Denis Pelin
Sumentor:	Andrej Brandis
Sumentor iz tvrtke:	
Naslov završnog rada:	Izrada razvojne pločice za ispitivanje poluvodičkih sklopnih komponenata
Znanstvena grana rada:	**Elektrostrojarstvo (zn. polje elektrotehnika)**
Predložena ocjena završnog rada:	Izvrstan (5)
Kratko obrazloženje ocjene prema Kriterijima za ocjenjivanje završnih i diplomskih radova:	Primjena znanja stečenih na fakultetu: 3 bod/boda Postignuti rezultati u odnosu na složenost zadatka: 2 bod/boda Jasnoća pismenog izražavanja: 3 bod/boda Razina samostalnosti: 3 razina
Datum prijedloga ocjene mentora:	15.09.2020.
Datum potvrde ocjene Odbora:	

Potpis mentora za predaju konačne verzije rada u Studentsku službu pri završetku studija:	Potpis:
	Datum:

FERIT
FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA I INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA OSIJEK

IZJAVA O ORIGINALNOSTI RADA

Osijek, 22.09.2020.

Ime i prezime studenta:	Vlatka Pejić
Studij:	Preddiplomski sveučilišni studij Elektrotehnika i informacijska tehnologija
Mat. br. studenta, godina upisa:	4162b, 17.09.2019.
Turnitin podudaranje [%]:	4

Ovom izjavom izjavljujem da je rad pod nazivom**: Izrada razvojne pločice za ispitivanje poluvodičkih sklopnih komponenata**

izrađen pod vodstvom mentora Prof. dr. sc. Denis Pelin

i sumentora Andrej Brandis

moj vlastiti rad i prema mom najboljem znanju ne sadrži prethodno objavljene ili neobjavljene pisane materijale drugih osoba, osim onih koji su izričito priznati navođenjem literature i drugih izvora informacija.
Izjavljujem da je intelektualni sadržaj navedenog rada proizvod mog vlastitog rada, osim u onom dijelu za koji mi je bila potrebna pomoć mentora, sumentora i drugih osoba, a što je izričito navedeno u radu.

Potpis studenta:

Sadržaj

1. UVOD 1
1.1. Zadatak završnog rada 1
2. PREGLED PODRUČJA TEME 2
3. POSTOJEĆA PLOČICA 3
4. IZRADA I TESTIRANJE RAZVOJNE PLOČICE 4
4.1. Izrada razvojne pločice 5
4.2. Testiranje razvojne pločice 8
4.2.1. Snimanje karakteristike uklapanja MOSFET-a i IGBT-a 9
4.2.2. Određivanje gubitaka tranzistora u stanju vođenja 13
4.2.3. Snimanje upravljačkog i izlaznog napona tranzistora virtualnim osciloskopom 15
5. ZAKLJUČAK 25
LITERATURA 26
SAŽETAK 27
ABSTRACT 27
ŽIVOTOPIS 28
PRILOZI 29

1. UVOD

U svrhu ovog završnog rada izrađena je razvojna pločica za testiranje tranzistora koji rade u sklopnom načinu rada prema već postojećoj tiskanoj pločici za ispitivanje karakteristika pretvaračkih komponenata tvrtke Lucas-Nuelle.

Na pločici su vršena testiranja pet tranzistora. Tranzistor je vrsta pretvaračke komponente, odnosno poluvodičke sklopne komponente. Njegova glavna karakteristika je pretvorba snage na frekvenciji. U ovom radu izvršena su mjerenja s tri tranzistora s efektom polja i izoliranim geitom (u daljnjem tekstu MOSFET, eng. Metal-Oxide-Semiconductor Field-Effect Tranzistor) i dva bipolarna tranzistora s izoliranim geitom (u daljnjem tekstu IGBT, eng. Insulated Gate Bipolar Tranzistor). Mjerenja su raspoređena u tri pokusa: snimanje karakteristike MOSFET-a i IGBT-a, određivanje gubitaka u stanju vođenja kod tranzistora te snimanje upravljačkog i izlaznog napona tranzistora pomoću virtualne opreme, odnosno osciloskopa, unutar didaktičko-multimedijalne opreme Lucas-Nuelle.

1.1. Zadatak završnog rada

Zadatak ovog završnog rada je izrada razvojne pločice za ispitivanje tranzistora te analiza njezina rada. Pomoću didaktičko-multimedijalne opreme UniTrain, potrebno je snimiti karakteristike i odrediti gubitke za tri pokusa. Rezultate dobivene ispitivanjem različitih karakteristika više vrsta MOSFET-a i IGBT-a potrebno je usporediti.

2. PREGLED PODRUČJA TEME

Na mrežnoj stranici [1] stoji kako njemačka tvrta Lucas-Nuelle, čija je multimedijalna oprema korištena u svim pokusima u ovom radu, razvija i proizvodi sustave koji se koriste u elektrotehnici, elektronici, automatici, itd..

John G. Kassakian u svojoj knjizi [2] govori o tranzistorima kao potpuno upravljivim poluvodičkim komponentama. Pojašnjava vođenje struje kod MOSFET-a i bipolarnog tranzistora isključivo u jednom smjeru. Kada nisu u stanju vođenja, opterećene su s jednim polaritetom napona.

N. Mohan u svojoj knjizi [3] opisuje sličnost IGBT-a koji je nastao kombinacijom MOSFET-a i bipolarnog tranzistora. Konkretno, pojašnjava kako IGBT, poput MOSFET-a, ima visoku ulaznu impedanciju koja zahtijeva malu količinu energije kako bi uređaj bio pokrenut.

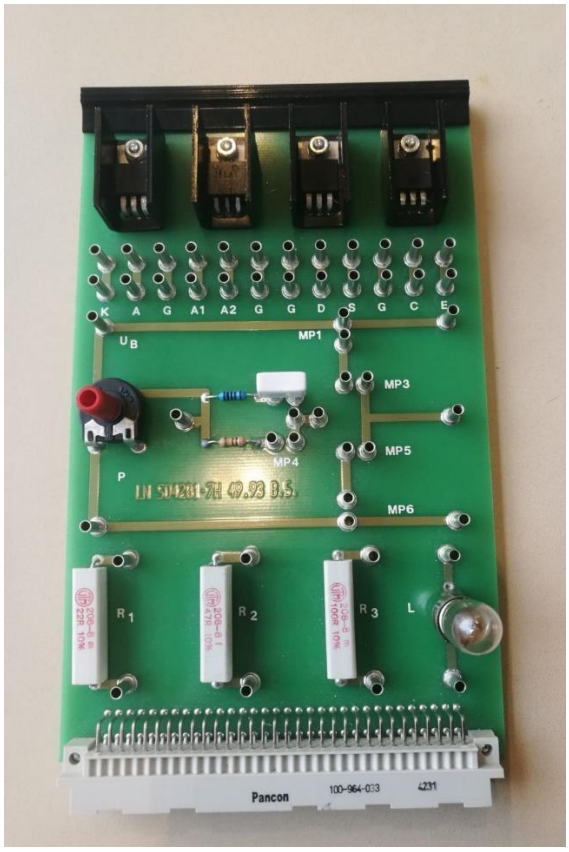
D. Kezić u svom radu [4] pojašnjava kako se rad tranzistora može shvatiti preko hidrauličke analogije. Odnosno, tok vode je reguliran pomoću zaklopke s oprugom koja je neprestano vraća u zatvoreno stanje. No kako bi zaklopka bila otvorena, potrebno je dovesti napon na ulaz, a kada se onemogući prolazak upravljačke struje, odnosno napona na ulaz, prestaje teći struja.

J. Tadić u svom radu [5] sagledava rad IGBT-a u naponskoj frekvencijskoj regulaciji, naglašava njihovu mogućnost isključivanja i uključivanja nekoliko tisuća puta u jednoj sekundi.

N. Kristić u radu [6] provodi pokuse mjerenja karakteristika poluvodičkih sklopnim komponenata te u svom radu dolazi do zaključka, uspoređujući jedan MOSFET i jedan IGBT, kako MOSFET ima oko 40 puta manje gubitke od IGBT-a.

3. POSTOJEĆA PLOČICA

Razvojna pločica SO4201-7H dio je asortimana didaktičko multimedijalne opreme UniTrain tvrtke Lucas Nuelle. Pločica je prikazana na slici 3.1.



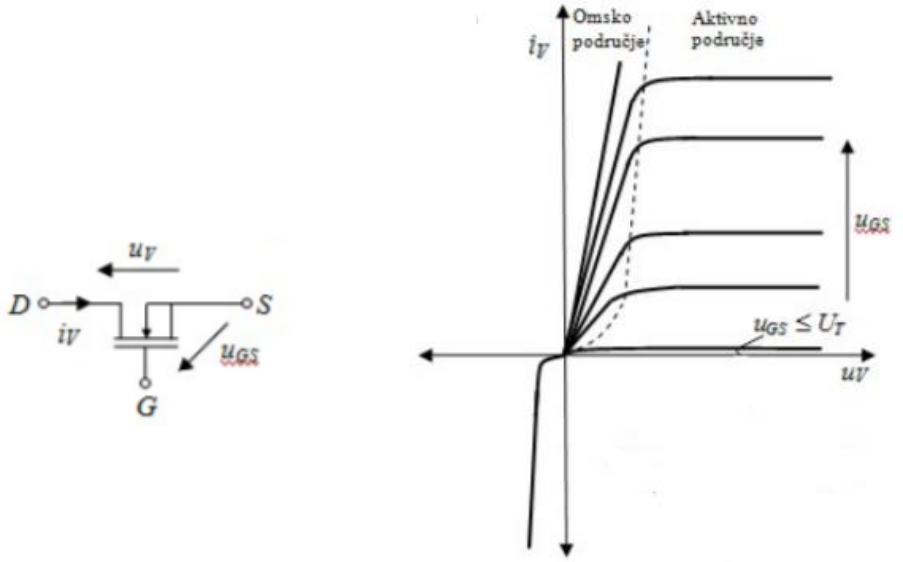
Slika 3.1. Razvojna pločica tvrtke Lucas Nuelle

Sadrži četiri pretvaračke komponente (MOSFET, IGBT, trijak i tiristor), potenciometar, tri otpornika i žarulju. Potenciometar služi za podešavanje napona koji određuje jačinu svjetlosti koju žarulja emitira. S obzirom da su na pločici tri otpornika različitih iznosa, moguće je raditi mjerenja s 22 Ω, 47 Ω ili 100 Ω. Konektori su postavljeni kako bi se komponente mogle pospajati. Pločica je predviđena za rad na laboratorijskoj vježbi iz kolegija Osnove energetske elektronike. Za rad s ovom pločicom potrebno je posjedovati sučelje CO4203-2A s napajanjem, CO4203-2A eksperimentator koji povezuje sučelje i tiskanu pločicu, pribor za spajanje, računalni program *Starter* tvrtke Lucas Nuelle te samu pločicu, kako je navedeno u [8].

4. IZRADA I TESTIRANJE RAZVOJNE PLOČICE

Ideja o izradi razvojne pločice proizašla je iz potrebe za dodatnim radnim mjestom na laboratorijskim vježbama iz kolegija Osnove energetske elektronike. U laboratorijskoj vježbi, za koju je pločica predviđena, cilj je upoznati studente s karateristikama MOSFET-a i IGBT-a u sklopnom načinu rada.

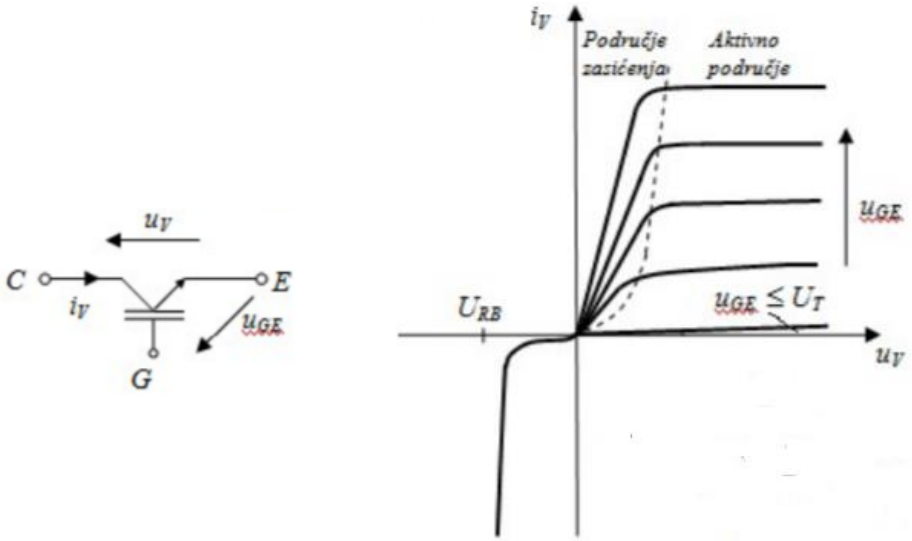
MOSFET i IGBT su tranzistori, odnosno poluvodička sklopne komponente s tri priključnice. MOSFET je tranzistor s efektom polja i izoliranim upravljačkim priključkom te je naponski upravljani tranzistor s tri osnovne priključnice: upravljačka priključnica (eng. Gate), odvod (eng. Drain) i dovod (eng. Source). Simbol i tipička *u-i* karakteristika MOSFET-a prikazani su na slici 4.1. preuzetoj iz [7] na kojoj je prikazan uvjet za stanje blokiranja, $u_{GS} \leq U_T$, napon praga veći ili jednak upravljačkom naponu.



Slika 4.1. Simbol i tipična u-i karakteristika MOSFET-a

Drugi tranzistor koji je obrađen u ovom radu je bipolarni tranzistor s izoliranim upravljačkim priključkom, odnosno IGBT. IGBT je nastao kao kombinacija najboljih svojstava MOSFET-a i bipolarnih tranzistora. Prema [7], IGBT ima tri priključka od kojih su dva, kolektor (eng. Collector) i emiter (eng. Emiter) energetski priključci dok je treći priključak, upravljački priključak (eng. Gate). Simbol IGBT-a i njegova tipična *u-i* karakteristika prikazani su na slici 4.2. preuzetoj iz [7] te je prikazan i uvjet za stanje blokiranja: $u_{GE} \leq U_T$, gdje u_{GE} predstavlja upravljački napon, a U_T napon praga. U_{RB} predstavlja maksimalnu naponsku opteretivost u zapornom smjeru. IGBT je, kao i MOSFET, naponski upravljan što im omogućava

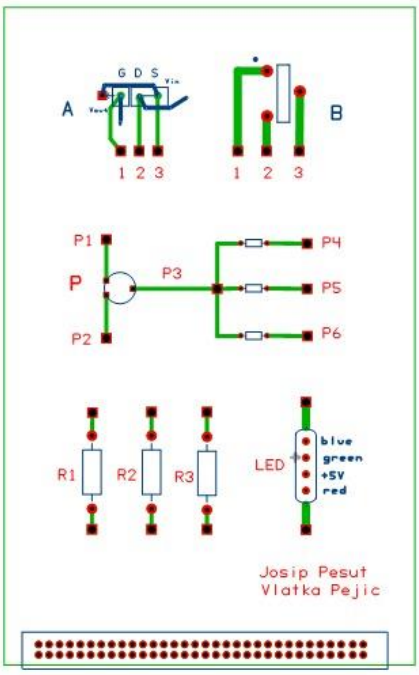
kontroliranje vremena vođenja pomoću napona dovedenog na upravljački priključak. U odnosu na MOSFET, IGBT dopušta veće strujno i naponsko opterećenje što rezultira prijenosom veće snage.



Slika 4.2. Simbol i tipična u-i karakteristika IGBT-a

4.1. Izrada razvojne pločice

Koristeći program ExpressPCB nacrtana je shema pločice prikazana na slici 4.3.

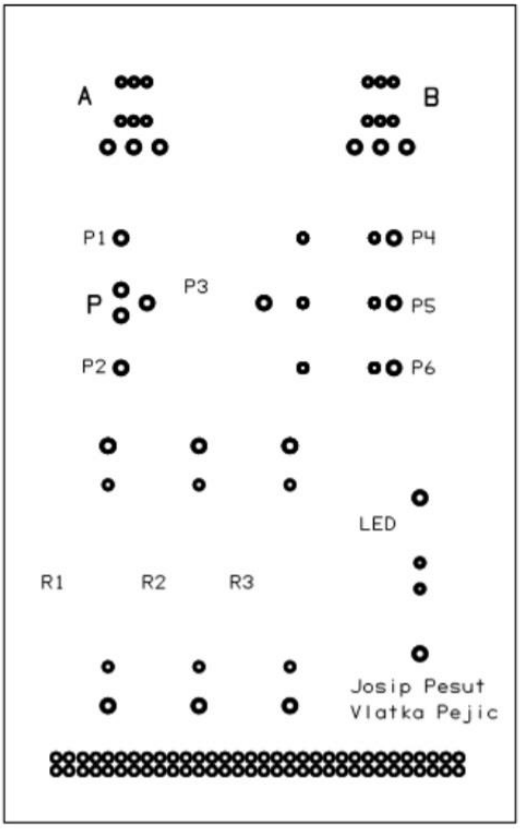


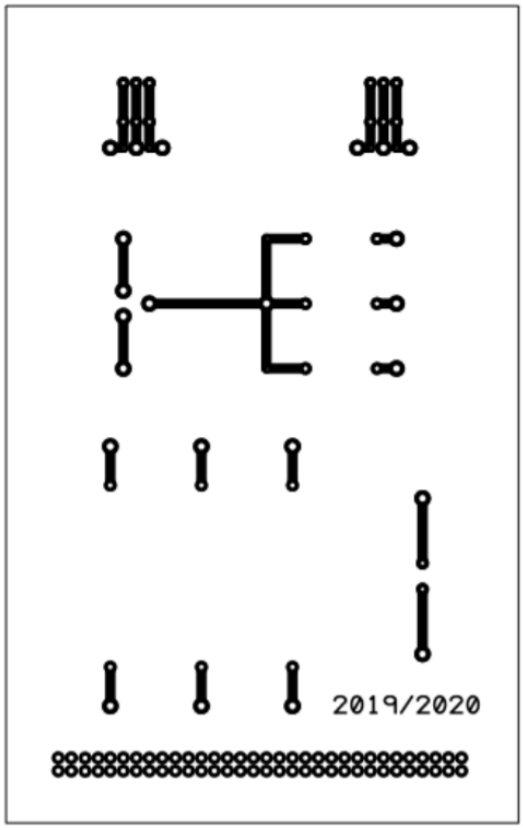
Slika 4.3. Shema prednje strane pločice

Nakon odabira rasporeda na razvojnoj pločici, potrebno je nabaviti komponente koje odgovaraju pločici. U tablici 4.1. nalazi se popis komponenata pločice sa specifikacijama. Prema podatkovnoj tablici (eng. data-sheet) poznate su vrste kućišta komponenata te je, prema njima, u daljnjem postupku napravljen raspored rupa za priključnice komponenata (eng. layout). Na slikama 4.4. a) i b) prikazane su prednja i stražnja strana pločice.

Tablica 4.1. Komponente za pločicu

Naziv komponente	Oznaka	Proizvođač	Karakteristike
Podnožja		MULTICOMP	6 contacts, DIP socket, 2.54mm
Hladnjaci		AAVID/BOYD	TO-200, 6.4A°C/W
Potenciometar		AMOHENOL	Vertical Adj, 10kOhm, 1 Turns
Keramički otpornik		VISHAY	22Ohm, 5W, axial leaded
Keramički otpornik		VISHAY	47Ohm, 5W, axial leaded
Keramički otpornik		VISHAY	100Ohm, 5W, axial leaded
Metal oxid otpornik			500Ohm
Metal oxid otpornik			1kOhm
Metal oxid otpornik			10kOhm
LED dioda			
Konektor		HARTING	DIN 41612, a+c, 64 contacts
Muški banana		HIRSCHMANN	6A, 60VDC, tin plated contacts
Pločica za tiskanje		CIF	100*160mm, epoxy

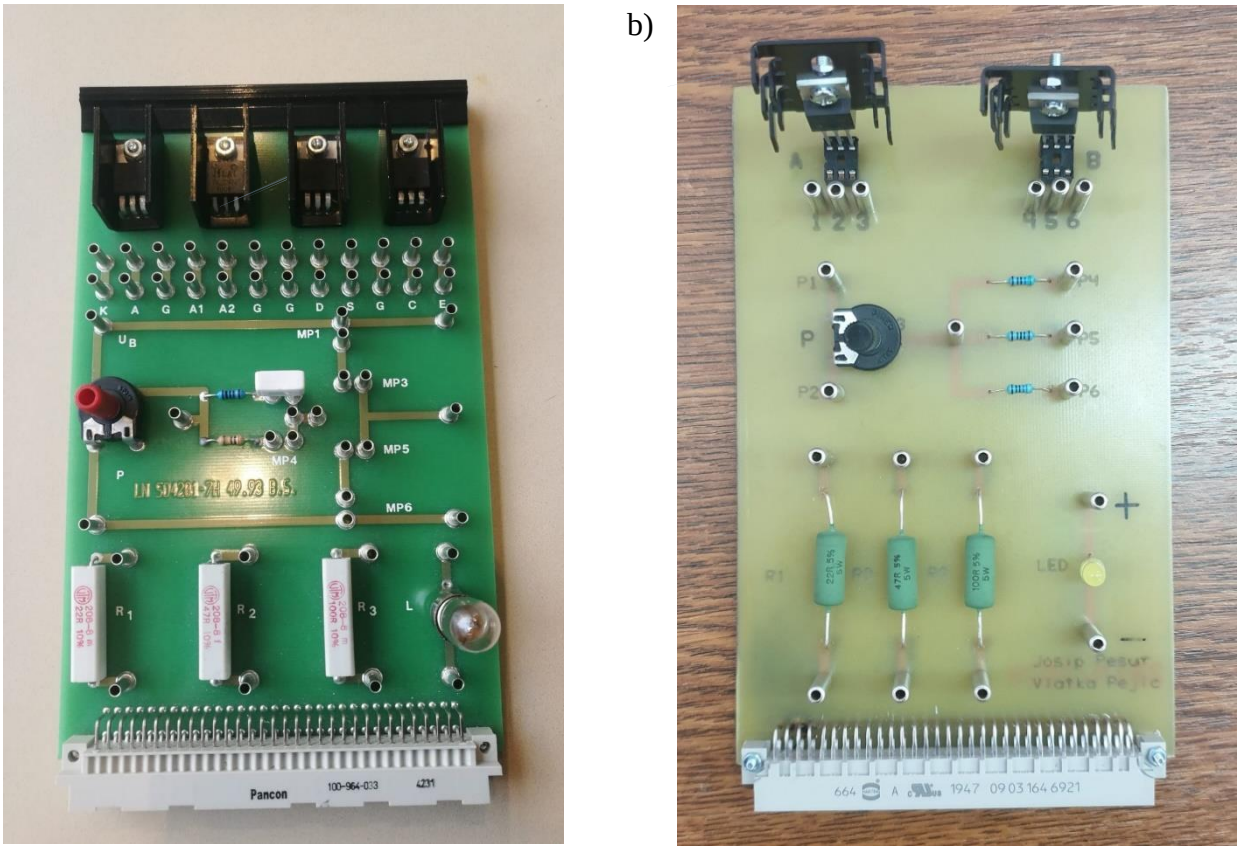




Slika 4.4. a) Prednja strana pločice *Slika 4.4. b) Stražnja strana pločice*

Nakon izrade predloška pločice, na redu je otiskivanje. Otiskivanje je rađeno ručno pomoću glačala koje je podešeno na nisku temperaturu kako se papir ne bi uništio. Potom slijedi jetkanje, odnosno proces uklanjanja svih nepotrebnih dijelova bakra s pločice. Jetkanje se radi pomoću kiseline koja nadgriza bakar, u ovom slučaju, kiselina je bila feriklorid ($FeCl_3$). Kada je pločica čista, slijedi bušenje rupa za nožice elemenata. Rupe malog promjera (0,8mm) bušene su strojno s obzirom na osjetljivost svrdla, dok su one veće (1mm i 1,3mm) bušene ručno. Kako bi elementi bili dobro pričvršeni na pločicu potrebno ih je zalemiti. Lemljenje je proces spajanja dvaju metalnih dijelova pri visokoj temperaturi. Rad s lemilicom zahtijeva preciznost kako ne bi došlo do spajanja lema, odnosno kratkog spoja. Na slici 4.5. a) i b) prikazane su Lucas Nuelle pločica i nova razvojna pločica za ispitivanje tranzistora.

a) b)



Slika 4.5. Prikaz pločica s poluvodičkim sklopnim komponentama: a) Lucas-Nuelle pločica, b) razvojna pločica

4.2. Testiranje razvojne pločice

Mjerenje je izvršeno u Laboratoriju za energetsku elektroniku uz didaktičku-multimedijalnu opremu UniTrain tvrtke Lucas Nuelle, odnosno sva tri pokusa obavljena su s CO4203-2B eksperimentatorom i CO4203-2A sučeljem spomenute tvrtke. Za obavljanje mjerenja upotrebljen je i programski paket *Starter* tvrtke Lucas Nuelle koji omogućava korištenje virtualnih instrumenata poput virtualnih ampermetra, voltmetra i osciloskopa.

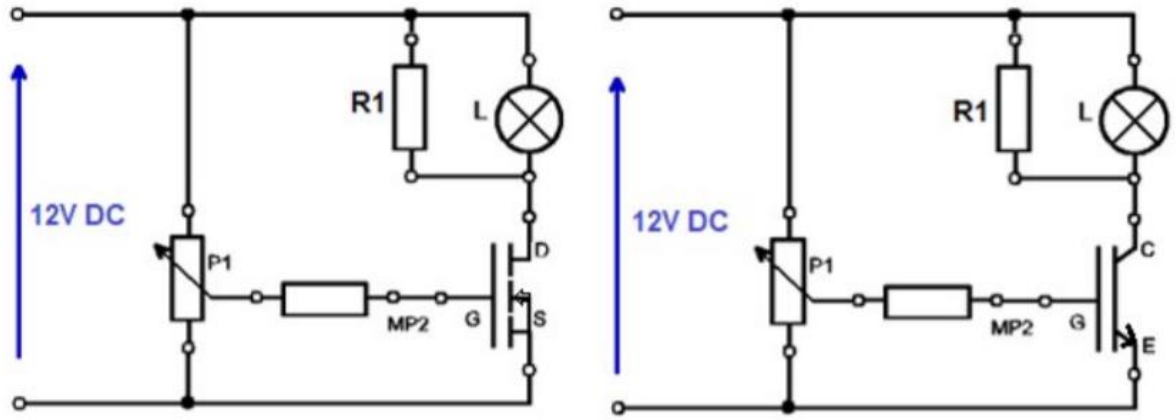
U svim pokusima ispitano je po pet tranzistora, odnosno tri MOSFET-a i dva IGBT-a. U tablici 4.2. prikazani su svi korišteni tranzistori, njihovi proizvođači i specifikacije.

Tablica 4.2. Tranzistori korišteni u pokusima, njihovi proizvođači i modeli

Tranzistor	Proizvođač	Model
MOSFET	VISHAY	IRF720
MOSFET	VISHAY	IRF820
MOSFET	VISHAY	IRF840A
IGBT	FAIRCHILD	FGP5N60LS
IGBT	INFINEON	IRG4PC30FDPBF

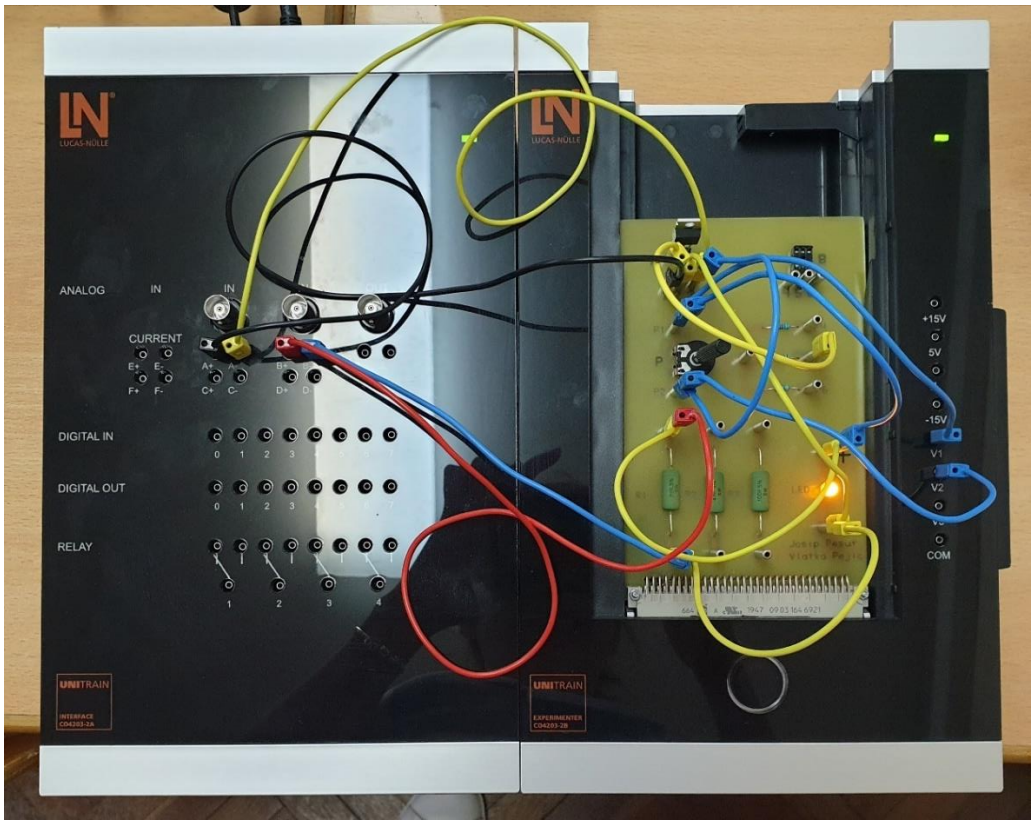
4.2.1. Snimanje karakteristike uklapanja MOSFET-a i IGBT-a

Prema shematskom prikazu načina spajanja prikazanom na slici 4.6. preuzetoj iz [7], ekperimentalna pločica je povezana s UniTrain sučeljem. Nadalje, u programskom paketu *Starter* podešeni su parametri: istosmjerni izvor napajanja iznosi 12 V, domet virtualnog voltmetra pomoću kojeg je mjeren upravljački napon na kanalu A iznosi 20 V te je domet virtualnog ampermetra, kojim je mjerena struja trošila na kanalu B, 455 mA. Virtualni ampermetar mjeri struju preko pada napona na otporniku stoga ga je potrebno spojiti s otpornikom iznosa 22 Ω koji se nalazi na eksperimentalnoj pločici.



Slika 4.6. Shema načina spajanja pokusa za snimanje uklapanja tranzistora

Za unaprijed definirane iznose upravljačkog napona potrebno je odrediti struju trošila te pri kojem iznosu napona pojedini tranzistor uklapa. Upravljački napon je podešen pomoću potenciometra. Na slici 4.7. prikazano je radno mjesto sa svim potrebnim spojevima.



Slika 4.7. Radno mjesto pri ispitivanjima tranzistora

U prvom pokusu u kojem je cilj dobiti karakteristiku uklapanja MOSFET-a i IGBT-a, dodatni zadatak je odrediti i struju pri pojedinim iznosima upravljačkog napona te zabilježiti pri kojem iznosu napona tranzistori uklapaju, odnosno odrediti napon praga U_T. Određivanje napona praga je važno jer je ključan uvjet za prelazak MOSFET-a i IGBT-a iz stanja blokiranja u stanje vođenja da upravljački napon U_{GS} bude veći od napona praga U_T stoga je napon praga prikazan u svakoj podatkovnoj tablici tranzistora. Podatkovne tablice tranzistora daju podatak u kojem rasponu napona će tranzistor uklopiti. Tako je tipični napon praga MOSFET-a između 3 i 6 V dok kod IGBT-a on iznosi između 5 i 7 V. Mjerenja se, prema tome, vrše za različite iznose upravljačkog napona u promatranom rasponu.

Tablica 4.3. Rezultati mjerenja uklapanja tranzistora

	u_{GS} $[V]$	3	3,2	3,4	3,6	3,8	4	4,2	4,4	4,6	4,8	5	5,2	6
MOSFET IRF720	i_D $[mA]$	0	1	4	8	30	**49**	118	175	272	371	385	389	392
MOSFET IRF820	i_D $[mA]$	0	0	1	6	11	33	58	**167**	260	356	363	365	380
MOSFET IRF840A	i_D $[mA]$	1	3	10	25	70	**138**	227	352	393	399	403	404	406
	u_{GE} [V]	5	5,2	5,4	5,6	5,8	6	6,2	6,4	6,6	6,8	7	7,2	8
IGBT FGP5N60LS	i_C $[mA]$	384	384	384	385	385	385	385	385	385	385	385	385	385
IGBT IRG4PC30FDPBF	i_C $[mA]$	15	46	**121**	377	380	382	382	382	383	383	383	383	383

IGBT FGP-tipa izuzet je iz razmatranja u ovom pokusu jer, u području uklapanja IGBT-a IRG-tipa, FGP je cijelo vrijeme u stanju vođenja. Rezultati mjerenja prikazani su u tablici 4.3.. Iz dobivenih podataka izračunata je promjena struje po naponu pri sklapanju MOSFET-a prema formuli (4-1) i IGBT-a prema formuli (4-2). Rezultat je dobiven kao količnik razlike izlazne struje u točki A i B, gdje točka A predstavlja nižu, a točka B višu vrijednost i razlike upravljačkog napona u točki A i B.

$$\frac{i_D(B) - i_D\,(A)}{u_{GS}\,(B) - u_{GS}\,(A)} \tag{4-1}$$

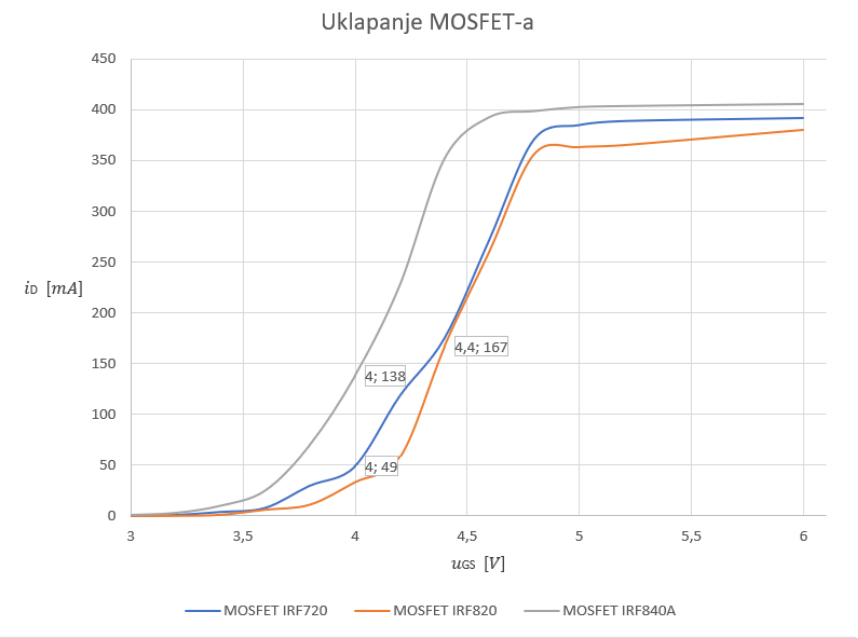
MOSFET IRF720 $$\frac{i_D(B) - i_D\,(A)}{u_{GS}\,(B) - u_{GS}\,(A)} = \frac{272 - 1}{4{,}6 - 3{,}2} = 193{,}57\ \mathrm{mA/V}$$

MOSFET IRF820 $$\frac{i_D(B) - i_D\,(A)}{u_{GS}\,(B) - u_{GS}\,(A)} = \frac{260 - 1}{4{,}6 - 3{,}4} = 215{,}83\ \mathrm{mA/V}$$

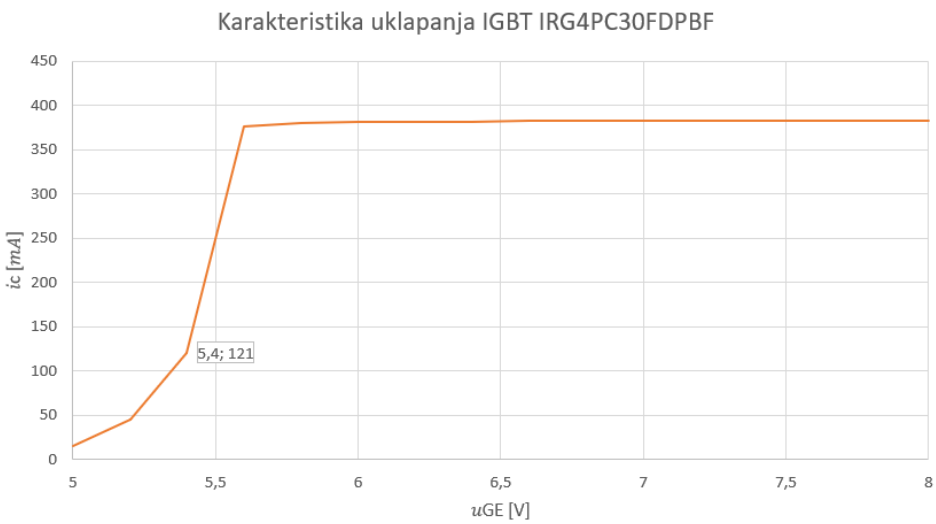
MOSFET IRF840A $$\frac{i_D(B) - i_D\,(A)}{u_{GS}\,(B) - u_{GS}\,(A)} = \frac{227 - 1}{4{,}2 - 3} = 188{,}33\ \mathrm{mA/V}$$

$$\frac{i_C\,(B) - i_C\,(A)}{u_{GE}\,(B) - u_{GE}\,(A)} \tag{4-2}$$

IGBT IRG4PC30F0PBF $$\frac{i_C\,(B) - i_C\,(A)}{u_{GE}\,(B) - u_{GE}\,(A)} = \frac{377 - 15}{5{,}6 - 5} = 603{,}33\ \mathrm{mA/V}$$



Slika 4.8. Dijagram ovisnosti izlazne struje MOSFET-a o upravljačkom naponu $i_D = f(u_{GS})$



Slika 4.9. Dijagram ovisnosti izlazne struje IGBT IRG-tipa o upravljačkom naponu $i_C = f(u_{GE})$

Tablica 4.4. Napon praga određen pokusom u usporedbi s onim iz podatkovne tablice

Tranzistori	MOSFET IRF720	MOSFET IRF820	MOSFET IRF840A	IGBT IRG4PC30F0PBF
Napon praga određen pokusom	*4 V*	*4,4 V*	*4 V*	*5,4 V*
Napon praga iz podatkovne tablice	*2 – 4 V*	*2 – 4 V*	*2 - 4 V*	*3 – 6 V*

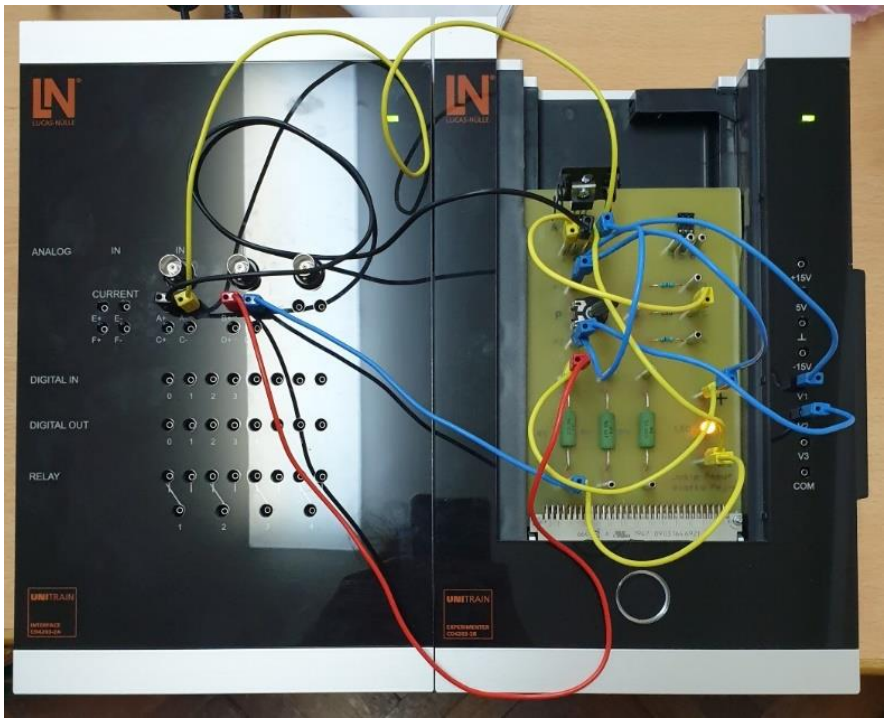
U podatkovnoj tablici IGBT FGP-tipa naveden je tipični napon praga 3,9 V, dok je minimalni napon praga 2,7 V, a maksimalni 4,5 V. Zbog njegovog ranijeg uklapanja, izračunata je promjena struje za IGBT IRG-tipa i sve MOSFET-e.

Iz dobivenih rezultata mjerenja promjene struje po naponu vidljiva je tri puta veća promjena struje po naponu kod IGBT-a IRG-tipa nego što je to slučaj kod MOSFET-a. Na slici 4.8. prikazan je dijagram ovisnosti izlazne struje o upravljačkom naponu $i_D = f(u_{GS})$ kod MOSFET-a te su naznačene vrijednosti struje pri kojoj tranzistor uklapa. Na slici 4.9. prikazan je dijagram ovisnosti izlazne struje IGBT-a IRG4PC30F0PBF o upravljačkom naponu $i_C = f(u_{GE})$ jer se na jednom grafu ne mogu precizno prikazati karakteristike uklapanja oba IGBT-a s obzirom da IGBT FGP-tipa uklapa prije negoli dosegne vrijednost od 5 V. U tablici 4.4. prikazani su naponi praga dobiveni pokusom, kao i oni naponi praga iz podatkovnih tablica. Vidljivo je kako svi tranzistori uklapaju u okviru predviđenog napona praga, osim u slučaju MOSFET-a IRF820 kod kojeg odstupanje iznosi 0,4V. IGBT IRG-tipa uklapa na vrijednosti 5,4 V što odgovara karakterističnom naponu praga za IGBT, dok je IGBT FGP-tipa izuzet iz ovog mjerenja zbog ranijeg uklapanja.

4.2.2. Određivanje gubitaka tranzistora u stanju vođenja

U ovom pokusu cilj je odrediti gubitke tranzistora u stanju vođenja. Kako bi gubici tranzistora mogli biti određeni, potrebno je izmjeriti izlazni napon i izlaznu struju. Spajanje eksperimentalne pločice sa sučeljem i eksperimentatorom radi se na isti način kao i u prošlom pokusu, odnosno prema slici 4.6., no uz određene promjene. Promjene u odnosu na prvi pokus su spajanje na priključnicu sučelja A+ MOSFET priključnici D (eng. Drain) umjesto G (eng. Gate) dok je IGBT potrebno spojiti na C (eng. Collector) umjesto G (eng. Gate). Kompletan spoj i radno mjesto pokusa prikazan je na slici 4.10.

Potrebno je podesiti određene parametre, napon na 12 V, domet virtualnog voltmetra za MOSFET je 100 mV dok je za IGBT 2 V. Posljednji parametar koji je potrebno podesiti je domet virtaulnog ampermetra koji mjeri struju trošila na 455 mA. Kao i u prošlom pokusu, struja trošila se mjeri preko pada napona na otporniku iznosa 22 Ω.



Slika 4.10. Radno mjesto za pokus sa svim potrebnim prespajanjima

Nakon provedenih mjerenja izlazne struje i napona, iz dobivenih podataka izračunati su gubici te su u tablici 4.5. upisane dobivene vrijednosti za pojedine tranzistore. Gubici su izračunati prema sljedećim formulama za MOSFET i IGBT:

$$p_{MOSFET} = u_{DS} \cdot i_D \tag{4-3}$$

$$p_{IGBT} = u_{CE} \cdot i_C \tag{4-4}$$

U formuli (4-3) p_{MOSFET} predstavlja trenutnu snagu gubitaka MOSFET-a, čiji iznos se dobiva umnoškom izlaznog napona u_{DS} te izlazne struje i_D. U formuli (4-4) p_{IGBT} predstavlja trenutnu snagu gubitaka IGBT-a koja je dobivena kao umnožak izlaznog napona u_{CE} i izlazne struje i_C.

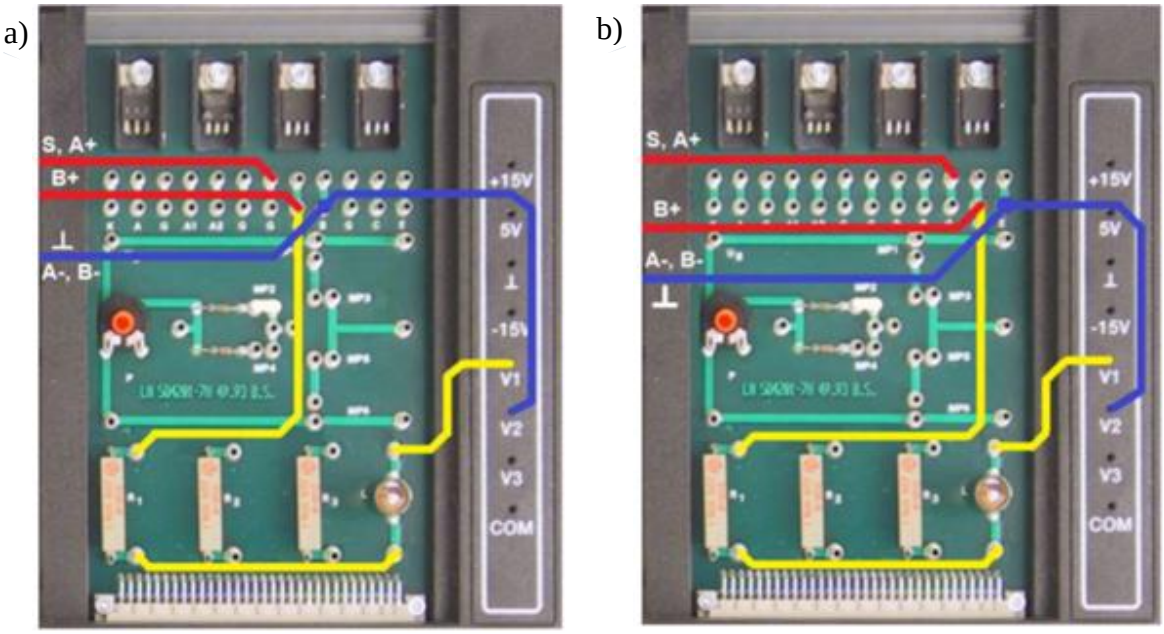
Tablica 4.5. Rezultati mjerenja za pokus određivanja gubitaka u stanju vođenja

MOSFET IRF720		MOSFET IRF820		MOSFET IRF840		IGBT FGP5N60LS		IGBT IRG4PC30FDPBF	
u_{DS} [V]	7,5	u_{DS} [V]	8,8	u_{DS} [V]	6,5	u_{CE} $[V]$	0,89	u_{CE} [V]	1,66
i_D [mA]	169	i_D [mA]	124	i_D [mA]	205	i_C $[mA]$	382	i_C [mA]	351
p_{MOSFET} [W]	1,268	p_{MOSFET} [W]	1,091	p_{MOSFET} [W]	1,333	p_{IGBT} [W]	0,340	p_{IGBT} [W]	0,583

Iz tablice 4.5. vidljivo je kako IGBT, posebno IGBT FGP-tipa, ima značajno manje gubitke od MOSFET-a – gotovo četiri puta manje. IGBT ima manji izlazni napon od MOSFET-a. Ukoliko se u obzir uzme podatkovna tablica, rezultati su očekivani. Počevši od izlaznog napona, preko maksimalne disipacije snage do napona praga.

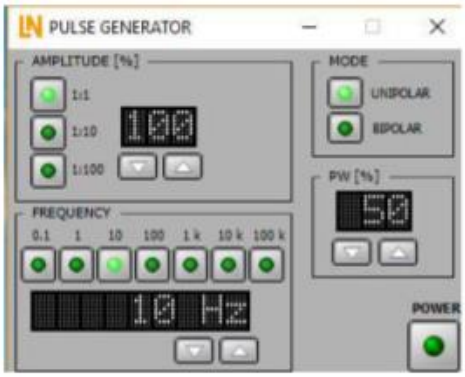
4.2.3. Snimanje upravljačkog i izlaznog napona tranzistora virtualnim osciloskopom

U trećem pokusu cilj je snimiti valne oblike upravljačkog i izlaznog napona svih tranzistora virtualnim osciloskopom. Slika 4.11. preuzeta je iz [8] i prikazuje shemu spoja za ovaj pokus.

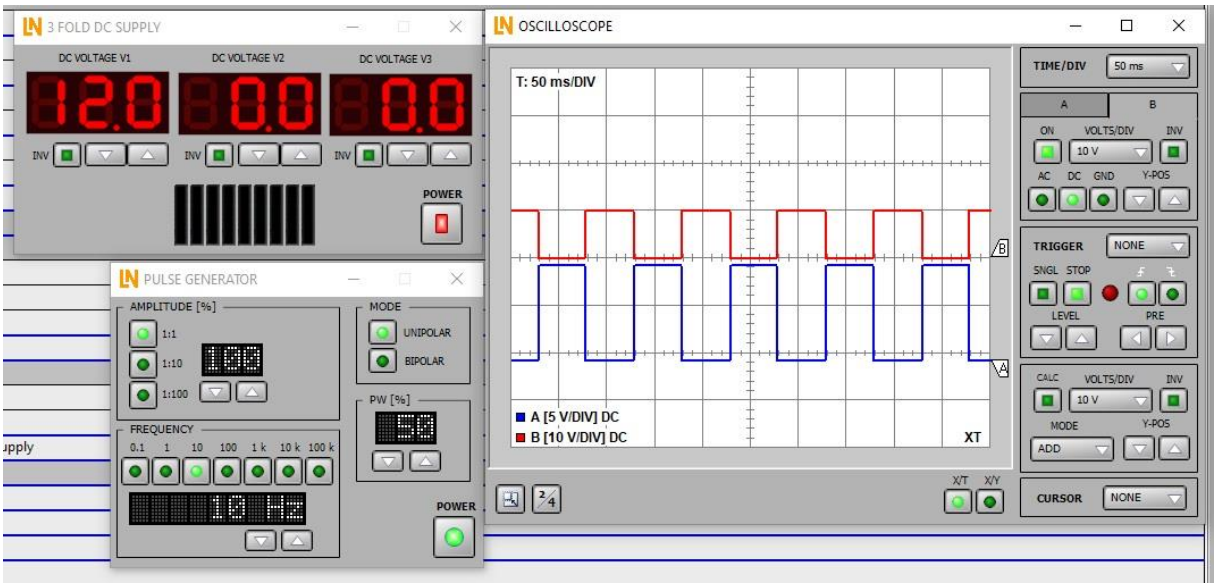


Slika 4.11. Shema spoja kartice u eksperimentatoru sa sučeljem, a) za MOSFET, b) za IGBT

U programskom paketu *Starter* potrebno je podesiti određene parametre: istosmjerni napon izvora na 12 V te su na slici 4.12. preuzetoj iz [8] prikazani podešeni parametri za generator impulsa. Pomoću generatora impulsa mijenja se frekvencija.

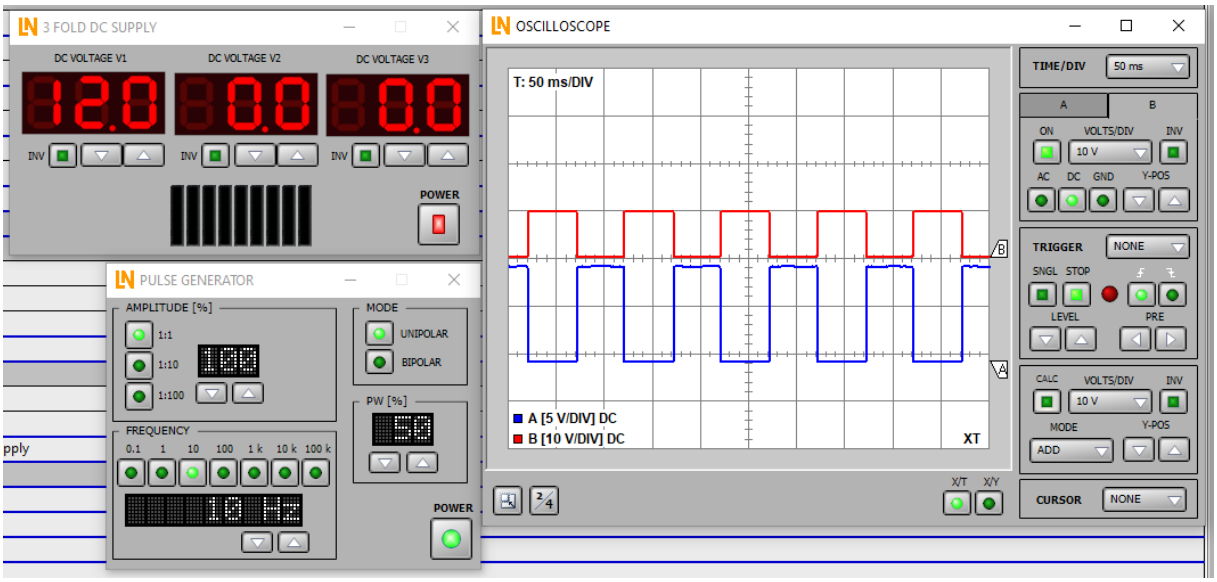


Slika 4.12. Prikaz podešenih parametara za generator impulsa



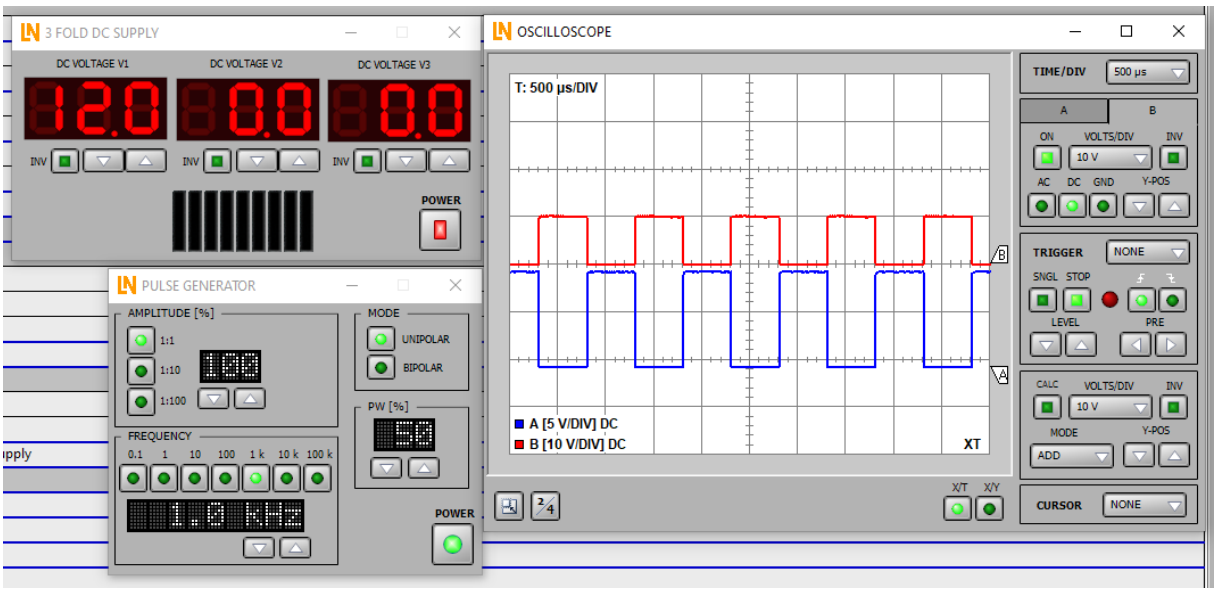
Slika 4.13. Upravljački (plavo) i izlazni (crveni) napon IRF820 za f=10 Hz

Prvo mjerenje započinje s frekvencijom od 10 Hz. Vremenska baza iznosi 50 ms po podioku skale. Na slici 4.13. prikazan je upravljački i izlazni napon za MOSFET IRF820 te se na njoj može uočiti periodični način rada MOSFET-a. Izlazni napon doseže maksimalnu vrijednost kada upravljački padne na minimalnu, što je karakteristično za rad MOSFET-a. Jednak valni oblik dobiven je i za druga dva MOSFET-a - IRF720 i IRF840.

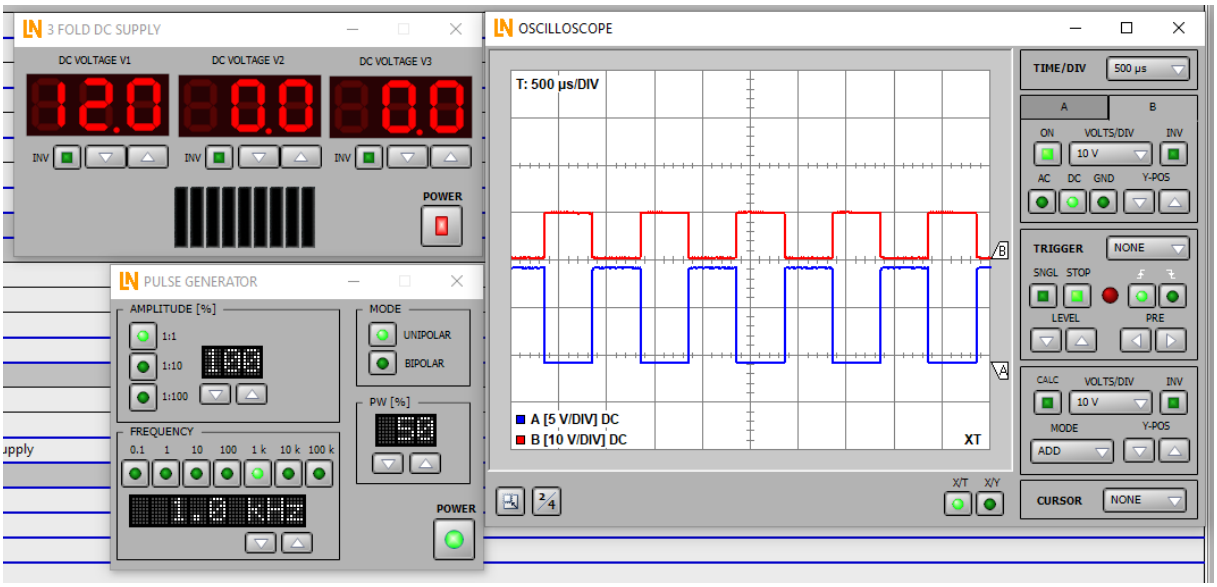


Slika 4.14. Upravljački (plavo) i izlazni (crveno) napon FGP-tipa IGBT-a za f=10 Hz

Kao i kod MOSFET-a, na mjerenju IGBT-a vremenska baza postavljena je na 50 ms po podioku skale te izlazni napon doseže maksimalnu vrijednost kada upravljački napon padne na minimum. No, suprotno MOSFET-u, kod IGBT-a su uočene male oscilacije pri frekvenciji od 10 Hz. Rezultat mjerenja za IGBT FGP5N60LS je prikazan na slici 4.14. Oscilacije su primijećene na valnom obliku upravljačkog napona. Sličan valni oblik dobiven je i za IGBT IRG-tipa.

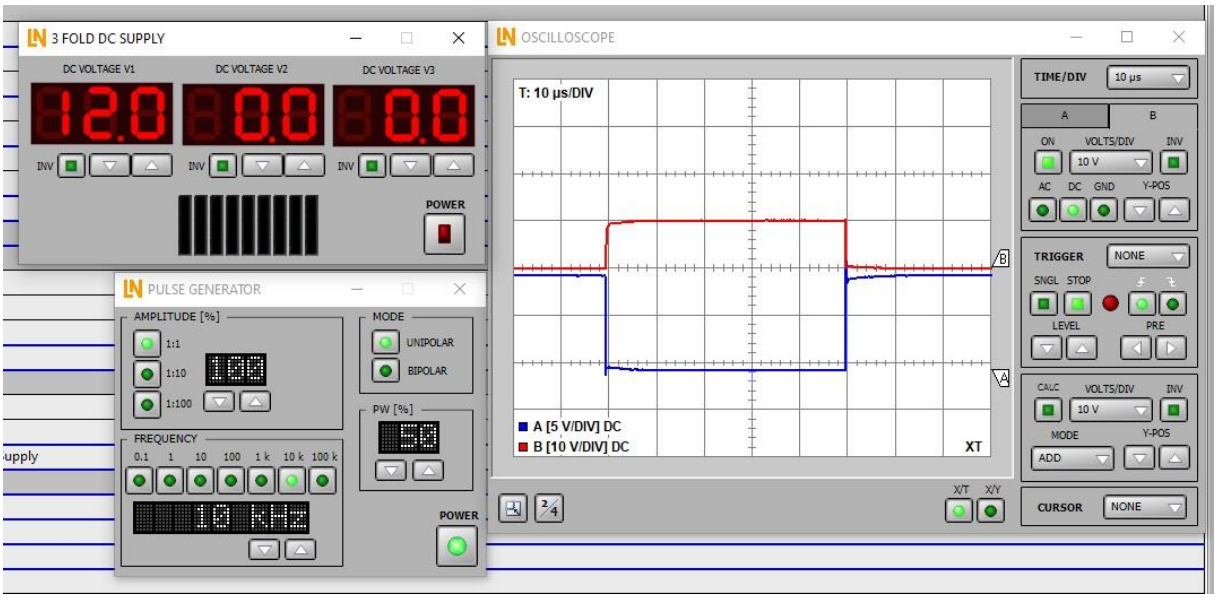


Slika 4.15. Upravljački (plavo) i izlazni (crveni) napon IRF820 za f=1 kHz

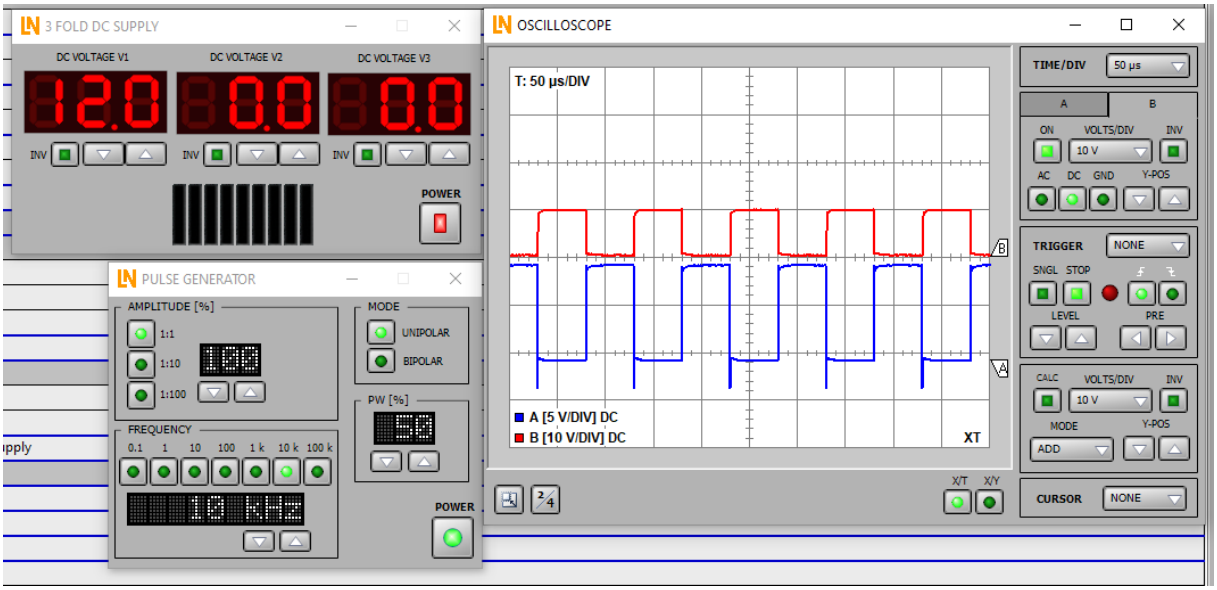


Slika 4.16. Upravljački (plavo) i izlazni (crveni) napon IGBT IRG-tipa za f=1 kHz

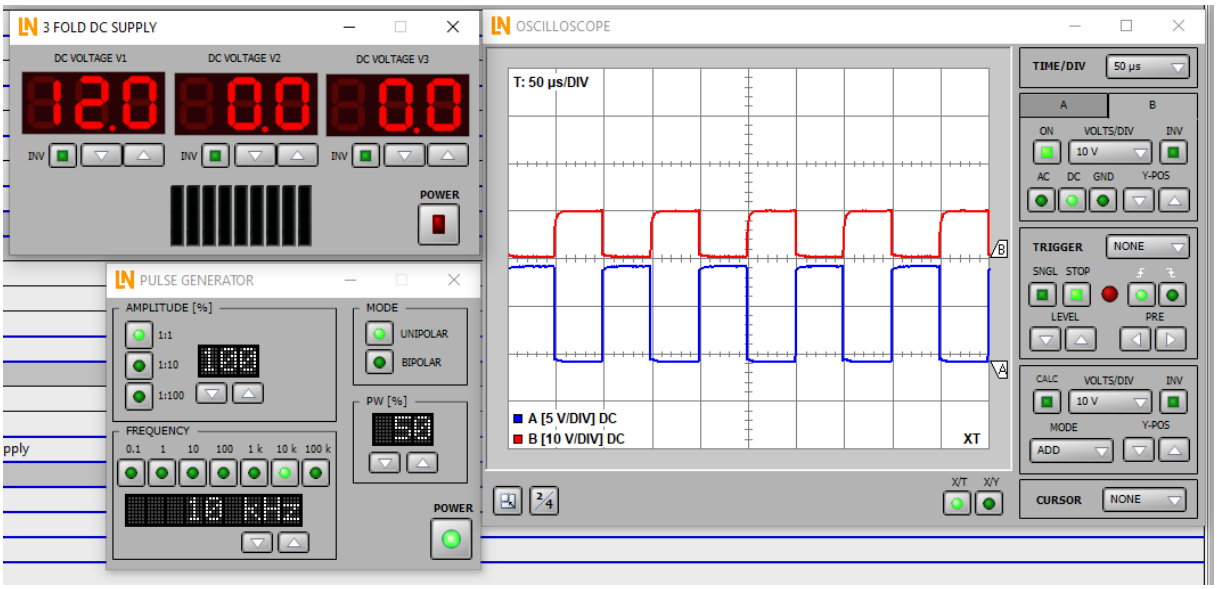
Na idućem mjerenju, frekvencija je povećana pomoću impulsog generatora na 1 kHz te je vremenska baza postavljena na 500 µs po podioku skale. Mjerenje započinje s testiranjem MOSFET-a. Na slici 4.15. prikazan je valni oblik dobiven za MOSFET IRF820. U ovom slučaju, primjetne su sitne oscilacije na upravljačkom i izlaznom naponu. Jednak valni oblik dobiven je i u testiranjima MOSFET-a IRF720 i IRF840. Mjerenje se nastavlja s testiranjem IGBT IRG-tipa. Valni oblik dobiven mjerenjem prikazan je na slici 4.16. te se podudara s dobivenim valnim oblikom za IGBT FGP. Oscilacije koje IGBT ima na valnom obliku slične su oscilacijama dobivenim na MOSFET-u pri istoj frekvenciji.



Slika 4.17. Upravljački (plavo) i izlazni (crveni) napon IRF820 za f=10 kHz.

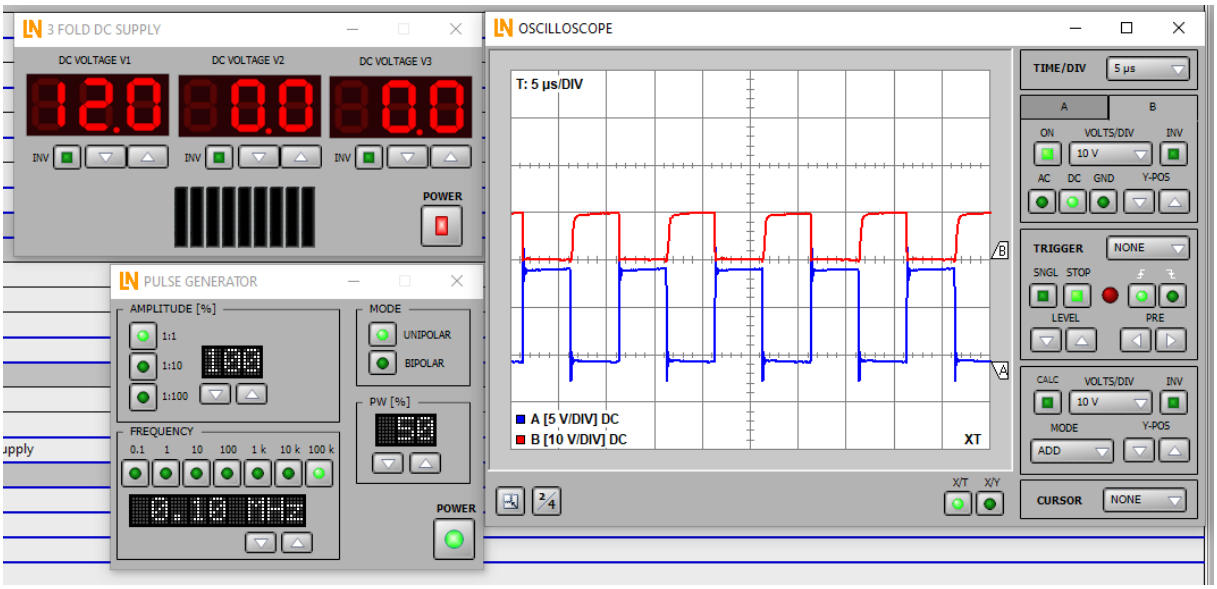


Slika 4.18. Upravljački (plavo) i izlazni (crveni) napon IGBT IRG-tipa za f=10 kHz

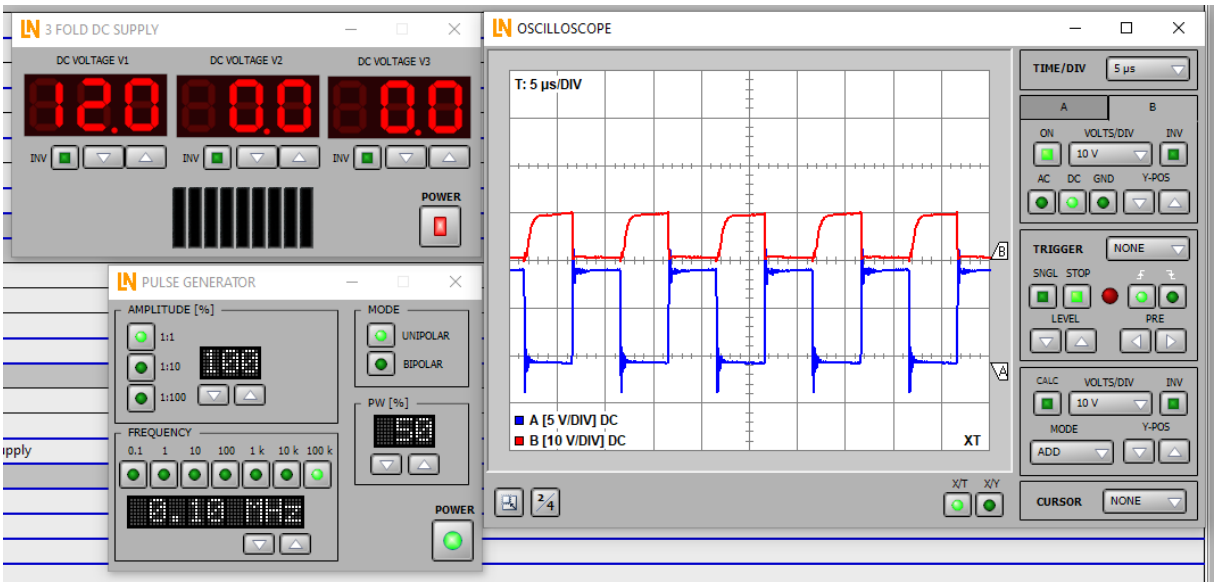


Slika 4.19. Upravljački (plavo) i izlazni (crveni) napon FGP-tipa IGBT-a za f=10 kHz

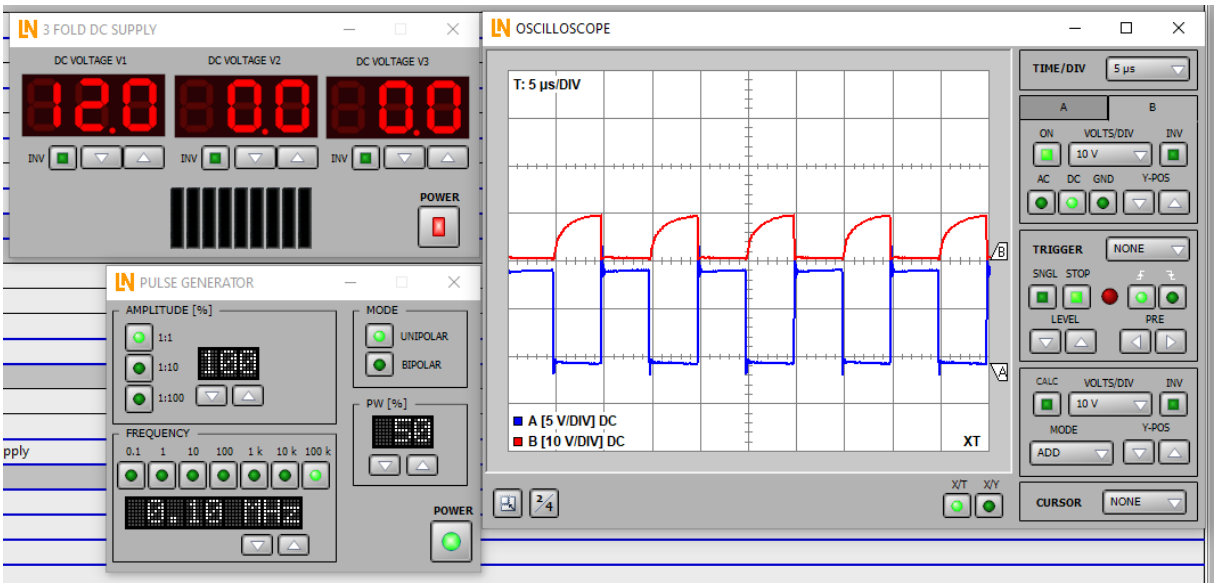
Ponovno mjerenje započinje testiranjem MOSFET-a IRF820 pri povećanoj frekvenciji od 10 kHz te je vrijeme postavljeno na 10 µs. Rezultati mjerenja osciloskopom prikazani su na slici 4.17., a slični valni oblici dobiveni su za druga dva MOSFET-a. Na prikazu osciloskopa vidljivo je da izlazni napon pri prelasku tranzistora iz stanja nevođenja u stanje vođenja ne doseže maksimalno vrijednost trenutno nego se postupno povećava te se zadržava na maksimumu. Isti slučaj je i s upravljačkim naponom koji također pri prelasku iz stanja vođenja u stanje nevođenja ima oscilacije u trajanju kraćem od jednog podioka skale, odnosno kraće od 10 µs. Mjerenje je nastavljeno s IGBT IRG-tipa čiji je rezultat prikazan na slici 4.18. Kod njega su primijećene veće početne oscilacije na upravljačkom naponu, otprilike 3 V po podioku, pri prelasku u stanje nevođenja te valovitost izlaznog napona u stanju nevođenja. Kod mjerenja karakteristike IGBT FGP-tipa, prikazane na slici 4.19., ne postoje početne oscilacije upravljačkog napona pri prelasku u stanje nevođenja te su oscilacije na izlaznom naponu u stanju nevođenja zanemarive.



Slika 4.20. Upravljački (plavo) i izlazni (crveni) napon IRF820 za f=100 kHz.



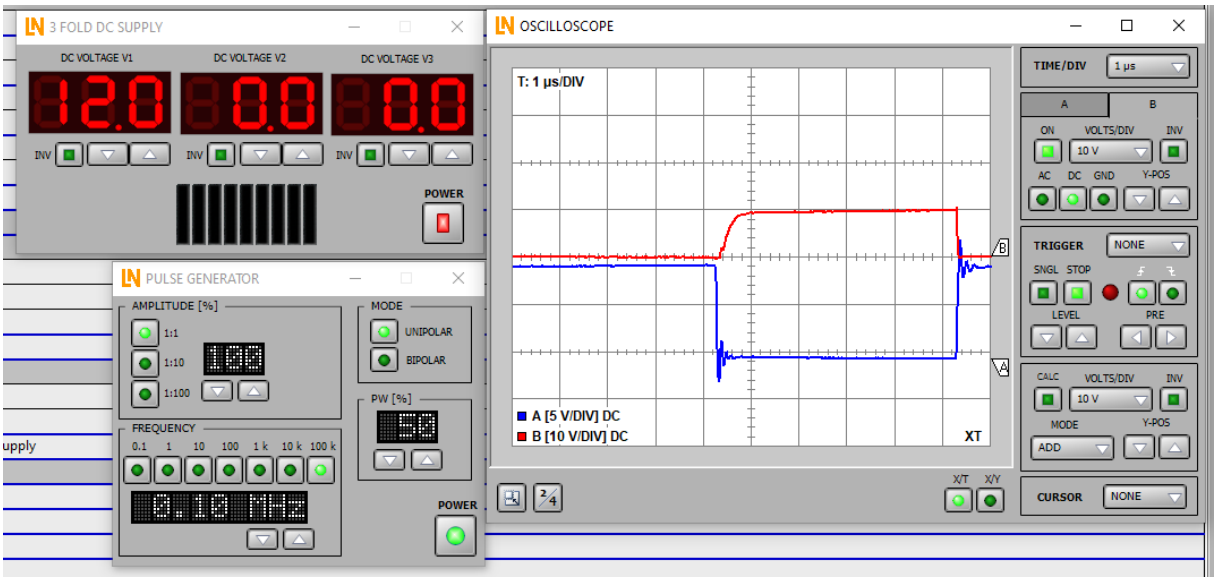
Slika 4.21. Upravljački (plavo) i izlazni (crveni) napon IRG-tipa IGBT-a za f=100 kHz.



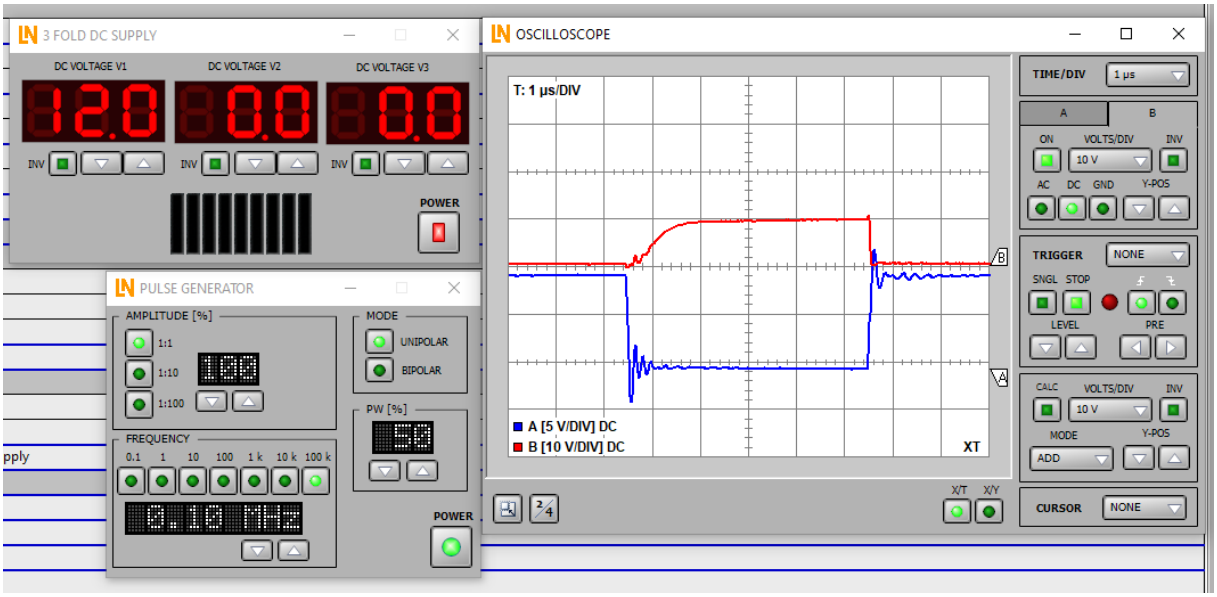
Slika 4.22. Upravljački (plavo) i izlazni (crveni) napon IGBT FGP-tipa za f=100 kHz.

Iduće mjerenje započinje s frekvencijom od 100 kHz i vremenskom bazom u trajanju od 5 µs po podioku skale. Prvi na redu je MOSFET IRF820 čija je karakteristika prikazana na slici 4.20. gdje je vidljivo kako izlazni napon zahtijeva postupni prelazak do maksimuma u stanju vođenja negoli na manjim frekvencijama dok je upravljački napon pri prelasku u oba stanja karakteriziran oscilacijama veličine polovice podioka, odnosno otprilike 2,5 V. Druga dva MOSFET-a upotrebljena u pokusu dali su slične rezultate.

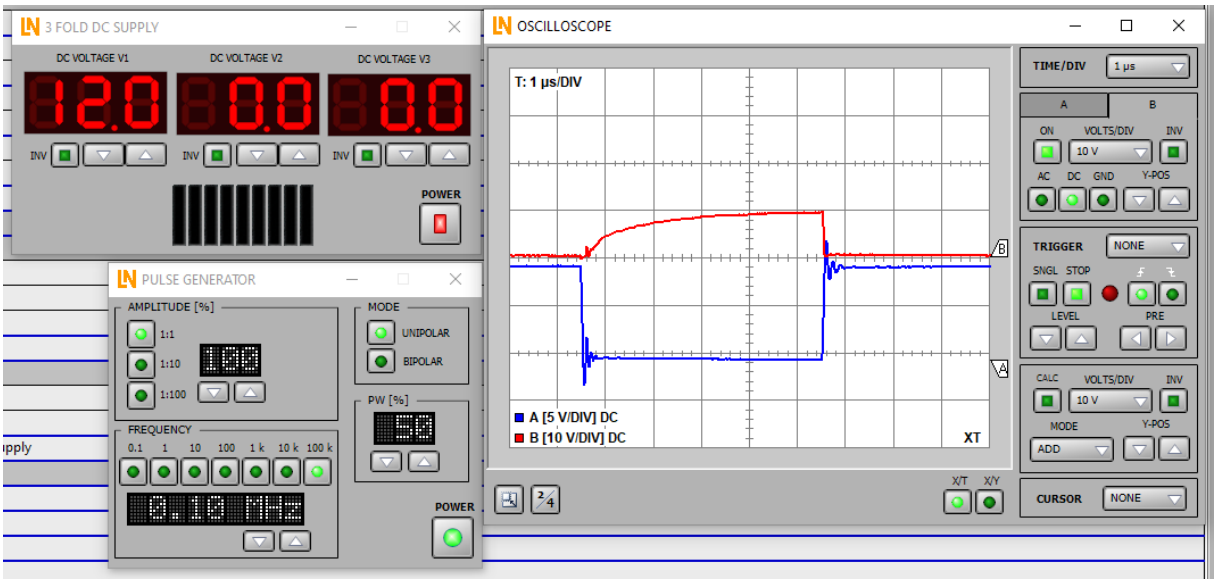
Kod IGBT IRG-tipa, čiji rezultati su prikazani na slici 4.21., oscilacije na upravljačkom naponu znatno su veće nego do sada. Traju duže, skoro pola podioka po skali, te su im iznosi veći. Izlazni napon dostiže svoju maksimalnu vrijednost tek pri kraju trajanja stanja vođenja. Na slici 4.22. prikazan je valni oblik za IGBT FGP-tipa. Izlazni napon ima gotovo logaritamski rast u stanju vođenja dok su oscilacije kod upravljačkog napona nešto manje nego kod IGBT IRG-tipa.



Slika 4.23. Upravljački (plavo) i izlazni (crveni) napon IRF820 za f=100kHz i vremenskoj bazi od 1µs



Slika 4.24. Upravljački (plavo) i izlazni (crveno) napon IGBT IRG-tipa za f=100kHz i vremenskoj bazi od 1µs



Slika 4.25. Upravljački (plavo) i izlazni (crveno) napon FGP-tipa IGBT-a za f=100kHz i vremenskoj bazi od 1µs

Na slici 4.23. prikazano je posljednje mjerenje MOSFET IRF820 pri frekvenciji od 100 kHz, no s podešenjem vremenske baze na 1 µs. Pri podešenju vremenske baze na kraće vrijeme bolje se uočavaju oscilacije. Kod upravljačkog napona, pri prelasku u oba stanja, pojavljuju se oscilacije, a izlaznom naponu potrebno je duže vrijeme kako bi postigao maksimalnu vrijednost. Druga dva MOSFET-a ponovno imaju slično dinamičko ponašanje. Na slici 4.24. prikazano je mjerenje za IGBT IRG-tipa na kojem je uočeno duže trajanje stabilizacije nego kod MOSFET-a, dok je izlaznom naponu potrebno duže vrijeme nego MOSFET-u da postigne maksimalnu vrijednost. Kod IGBT FGP-tipa, prikazanog na slici 4.25., do stabilizacije upravljačkog napona dolazi u kraćem vremenu.

Iz svih prethodnih pokusa da se zaključiti da su valni oblici izlaznog napona bitno različiti pri porastu frekvencije u kilo-hercnom području. Odnosno, što je frekvencija veća, do izražaja dolaze tzv. parazitska svojstva MOSFET-a i IGBT-a. Parazitska svojstva podrazumijevaju parazitski induktivitet i parazitski kapacitet tranzistora. Zbog navedenih svojstava dolazi do oscilacija u valnim oblicima, a takve oscilacije su tipične pri analizi slobodnog odziva RLC kruga, tzv. pseudoperiodični odziv [9].

5. ZAKLJUČAK

U završnom radu izrađena je razvojna pločica za ispitivanje karakteristika tranzistora pri sklopnom načinu rada. Ispitane su karakteristike pet tranzistora: tri MOSFET-a i dva IGBT-a različitih oznaka. IGBT znatno brže sklapa nego što je to slučaj kod MOSFET-a. Najveću brzinu promjene struje po upravljačkom naponu ima IGBT IRG-tipa i ona iznosi 603,33 mA/V. To je za tri puta više nego što je prikazano za ostale MOSFET-e gdje je pokazano da brzina promjene struje iznosi između 188,33 i 215,83 mA/V.

U pokusu određivanja gubitaka MOSFET-a i IGBT-a pokazano je da MOSFET, za istu strujnu klasu, ima otprilike tri puta veće gubitke. Gubici MOSFET-a iznose između 1,091 i 1,333 W dok su gubici IGBT-a između 0,340 i 0,583 W.

U trećem pokusu snimanja valnih oblika upravljačkog i izlaznog napona zaključeno je kako valni oblici oba napona kod svih tranzistora korištenih u pokusu pri niskim frekvencijama imaju pravilan pravokutni oblik te se postepeno, povećavanjem frekvencije, pojavljuju sve veće oscilacije koje produljuju stabilizaciju napona, kako na samom tranzistoru, tako i na trošilu koje je, u pravilu, serijski povezano s tranzistorom. Razlog oscilacijama u valnom obliku pripisuje se parazitskom kapacitetu i induktivitetu tranzistora koji do izražaja dolaze u kilo-hercnom području.

Izradom razvojne pločice za ispitivanje karakteristika tranzistora otvoreno je novo radno mjesto na laboratorijskim vježbama te su provjerena teorijska znanja. Problemi s kojima se izvršitelj susreo tijekom izrade pločice pomogli su mu u shvaćanju principa rada poluvodičkih sklopnih komponenata.

LITERATURA

[1] www.lucas-nuelle.de (pristup ostvaren 11.09.2020.)

[2] J. G. Kassakian, Martin F. Schlecht, George C. Verghese, Osnove energetske elektronike: Topologije i funkcije pretvarača, dio 1, Graphis, Zagreb, 2000.

[3] N. Mohan, Power Electronics, A first course, John Wiley & Sons, Inc., USA, 1989.

[4] D. Kezić, Energetska elektronika, https://vdocuments.mx/danko-kezic-energetska-elektronika-skripta-565dd1f1e7177.html (pristup ostvaren 11.09.2020.)

[5] Završni rad, J. Tadić, Naponsko frekvencijska regulacija i primjene, Osijek, 2017.

[6] Završni rad. N. Kristić, Mjerenje karakteristika poluvodičkih sklopnih komponenata, Osijek, 2018.

[7] I. Flegar, Elektronički energetski pretvarači, Kigen, Zagreb, 2010.

[8] D. Pelin, A. Brandis, Karakteristike MOSFET-a i IGBT-a pri sklopnom načinu rada, u postupku izdavanja

[9] I. Flegar, Teorija mreža, Sveučilište u Osijeku, Osijek, 2001.

SAŽETAK

U završnom radu izrađena je razvojna pločica za ispitivanje karakteristika tranzistora. Opisane su karakteristike MOSFET-a i IGBT-a te izrada same pločice. Također su obavljena i mjerenja u laboratoriju kako bi se snimile karakteristike uklapanja raznih vrsta tranzistora, izmjerila snaga gubitaka te snimili valni oblici upravljačkog i izlaznog napona pet tranzistora. Iznesene su usporedbe i zaključci na temelju obavljenih mjerenja.

Ključne riječi: IGBT, Lucas Nuelle, MOSFET, napon, razvojna pločica, struja, tranzistor

TITLE: Design of a development board for testing semiconductor switching components

ABSTRACT

In this work it is developed design board for examination characteristics of transistors. Characteristics of MOSFETs and IGBTs are described and it is described making of development board. Measurements are done in laboratory - recording the characteristics of many transistors, measuring the power dissipation and recording waveforms of control and output voltage of five transistors. Comparision and conclusions are obtained based on measurements.

Key words: current, development board, IGBT, Lucas Nuelle, MOSFET, voltage, transistor

ŽIVOTOPIS

Vlatka Pejić rođena je 09.04.1997. u Vinkovcima, odrasla je u Županji. Osnovnu školu Mate Lovraka pohađala je u Županji te ju je završila s odličnim uspjehom. Potom upisuje Prirodoslovno-matematičku gimnaziju u Županji. Nakon završetka srednje škole, 2016. godine upisuje Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija, preddiplomski studij smjer elektrotehnika. Na drugoj godini studija opredijeljuje se za smjer elektroenergetika. Vrlo dobro se služi engleskim jezikom. Služi se računalom te je informatički pismena.

PRILOZI

Prilog 1. Prva stranica podatkovne tablice tranzistora MOSFET IRF720

Prilog 2. Prva stranica podatkovne tablice tranzistora MOSFET IRF820

Prilog 3. Prva stranica podatkovne tablice tranzistora MOSFET IRF840A

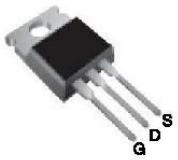
Prilog 4. Prva stranica podatkovne tablice tranzistora IGBT FGP5N60LS

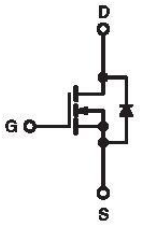
Prilog 5. Prva stranica podatkovne tablice tranzistora IGBT IRG4PC30FDA3F

Power MOSFET

PRODUCT SUMMARY		
V_{DS} (V)	400 V	
$R_{DS(on)}$ (Ω)	V_{GS} = 10 V	1.8
Q_g (Max.) (nC)	20	
Q_{gs} (nC)	3.3	
Q_{gd} (nC)	11	
Configuration	Single	

TO-220AB





N-Channel MOSFET

FEATURES

- Dynamic dV/dt rating
- Repetitive avalanche rated
- Fast switching
- Ease of paralleling
- Simple drive requirements
- Material categorization: for definitions of compliance please see www.vishay.com/doc?99912

Pb Available
RoHS* COMPLIANT

Note

* This datasheet provides information about parts that are RoHS-compliant and/or parts that are non-RoHS-compliant. For example, parts with lead (Pb) terminations are not RoHS-compliant. Please see the information/tables in this datasheet for details.

DESCRIPTION

Third generation power MOSFETs from Vishay provide the designer with the best combination of fast switching, ruggedized device design, low on-resistance and cost-effectiveness.

The TO-220AB package is universally preferred for all commercial-industrial applications at power dissipation levels to approximately 50 W. The low thermal resistance and low package cost of the TO-220AB contribute to its wide acceptance throughout the industry.

ORDERING INFORMATION	
Package	TO-220AB
Lead (Pb)-free	IRF720PbF
	SIHF720-E3
SnPb	IRF720
	SIHF720

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS (T_C = 25 °C, unless otherwise noted)

PARAMETER			SYMBOL	LIMIT	UNIT
Drain-Source Voltage			V_{DS}	400	V
Gate-Source Voltage			V_{GS}	± 20	V
Continuous Drain Current	V_{GS} at 10 V	T_C = 25 °C	I_D	3.3	A
		T_C = 100 °C		2.1	
Pulsed Drain Current[a]			I_{DM}	13	
Linear Derating Factor				0.40	W/°C
Single Pulse Avalanche Energy[b]			E_{AS}	190	mJ
Repetitive Avalanche Current[a]			I_{AR}	3.3	A
Repetitive Avalanche Energy[a]			E_{AR}	5.0	mJ
Maximum Power Dissipation	T_C = 25 °C		P_D	50	W
Peak Diode Recovery dV/dt[c]			dV/dt	4.0	V/ns
Operating Junction and Storage Temperature Range			T_J, T_{stg}	-55 to +150	°C
Soldering Recommendations (Peak Temperature)[d]	for 10 s			300	
Mounting Torque	6-32 or M3 screw			10	lbf · in
				1.1	N · m

Notes

a. Repetitive rating; pulse width limited by maximum junction temperature (see fig. 11).
b. V_{DD} = 50 V, starting T_J = 25 °C, L = 30 mH, R_g = 25 Ω, I_{AS} = 3.3 A (see fig. 12).
c. $I_{SD} \leq 3.3$ A, dI/dt ≤ 65 A/μs, $V_{DD} \leq V_{DS}$, $T_J \leq 150$ °C.
d. 1.6 mm from case.

For technical questions, contact: hvm@vishay.com
THIS DOCUMENT IS SUBJECT TO CHANGE WITHOUT NOTICE. THE PRODUCTS DESCRIBED HEREIN AND THIS DOCUMENT ARE SUBJECT TO SPECIFIC DISCLAIMERS, SET FORTH AT www.vishay.com/doc?91000

Power MOSFET

PRODUCT SUMMARY		
V_{DS} (V)	500	
$R_{DS(on)}$ (Ω)	V_{GS} = 10 V	3.0
Q_g (Max.) (nC)	24	
Q_{gs} (nC)	3.3	
Q_{gd} (nC)	13	
Configuration	Single	

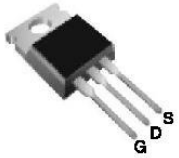
FEATURES

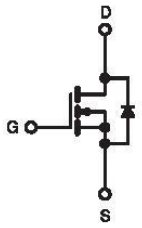
- Dynamic dV/dt Rating
- Repetitive Avalanche Rated
- Fast Switching
- Ease of Paralleling
- Simple Drive Requirements
- Compliant to RoHS Directive 2002/95/EC

Pb Available

RoHS* COMPLIANT

TO-220AB





N-Channel MOSFET

DESCRIPTION

Third generation Power MOSFETs from Vishay provide the designer with the best combination of fast switching, ruggedized device design, low on-resistance and cost-effectiveness.

The TO-220AB package is universally preferred for commercial-industrial applications at power dissipation levels to approximately 50 W. The low thermal resistance and low package cost of the TO-220AB contribute to its wide acceptance throughout the industry.

ORDERING INFORMATION	
Package	TO-220AB
Lead (Pb)-free	IRF820PbF
	SiHF820-E3
SnPb	IRF820
	SiHF820

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS (T_C = 25 °C, unless otherwise noted)

PARAMETER			SYMBOL	LIMIT	UNIT
Drain-Source Voltage			V_{DS}	500	V
Gate-Source Voltage			V_{GS}	± 20	
Continuous Drain Current	V_{GS} at 10 V	T_C = 25 °C	I_D	2.5	A
		T_C = 100 °C		1.6	
Pulsed Drain Current[a]			I_{DM}	8.0	
Linear Derating Factor				0.40	W/°C
Single Pulse Avalanche Energy[b]			E_{AS}	210	mJ
Repetitive Avalanche Current[a]			I_{AR}	2.5	A
Repetitive Avalanche Energy[a]			E_{AR}	5.0	mJ
Maximum Power Dissipation	T_C = 25 °C		P_D	50	W
Peak Diode Recovery dV/dt[c]			dV/dt	3.5	V/ns
Operating Junction and Storage Temperature Range			T_J, T_{stg}	- 55 to + 150	°C
Soldering Recommendations (Peak Temperature)	for 10 s			300[d]	
Mounting Torque	6-32 or M3 screw			10	lbf · in
				1.1	N · m

Notes

a. Repetitive rating; pulse width limited by maximum junction temperature (see fig. 11).
b. V_{DD} = 50 V, starting T_J = 25 °C, L = 60 mH, R_g = 25 Ω, I_{AS} = 2.5 A (see fig. 12).
c. $I_{SD} \leq 2.5$ A, dI/dt ≤ 50 A/μs, $V_{DD} \leq V_{DS}$, $T_J \leq 150$ °C.
d. 1.6 mm from case.

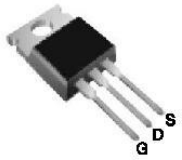
* Pb containing terminations are not RoHS compliant, exemptions may apply

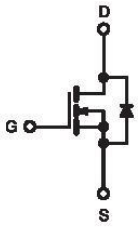
This datasheet is subject to change without notice.
THE PRODUCT DESCRIBED HEREIN AND THIS DATASHEET ARE SUBJECT TO SPECIFIC DISCLAIMERS, SET FORTH AT www.vishay.com/doc?91000

Power MOSFET

PRODUCT SUMMARY		
V_{DS} (V)	500	
$R_{DS(on)}$ (Ω)	V_{GS} = 10 V	0.85
Q_g (Max.) (nC)	38	
Q_{gs} (nC)	9.0	
Q_{gd} (nC)	18	
Configuration	Single	

TO-220AB





N-Channel MOSFET

FEATURES

- Low Gate Charge Q_g Results In Simple Drive Requirement
- Improved Gate, Avalanche and Dynamic dV/dt Ruggedness
- Fully Characterized Capacitance and Avalanche Voltage and Current
- Effective C_{oss} Specified
- Compliant to RoHS Directive 2002/95/EC

Pb Available

RoHS* COMPLIANT

APPLICATIONS

- Switch Mode Power Supply (SMPS)
- Uninterruptable Power Supply
- High Speed Power Switching

TYPICAL SMPS TOPOLOGIES

- Two Transistor Forward
- Half Bridge
- Full Bridge

ORDERING INFORMATION	
Package	TO-220AB
Lead (Pb)-free	IRF840APbF
	SiHF840A-E3
SnPb	IRF840A
	SiHF840A

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS (T_C = 25 °C, unless otherwise noted)

PARAMETER			SYMBOL	LIMIT	UNIT
Drain-Source Voltage			V_{DS}	500	V
Gate-Source Voltage			V_{GS}	± 30	
Continuous Drain Current	V_{GS} at 10 V	T_C = 25 °C	I_D	8.0	A
		T_C = 100 °C		5.1	
Pulsed Drain Current[a]			I_{DM}	32	
Linear Derating Factor				1.0	W/°C
Single Pulse Avalanche Energy[b]			E_{AS}	510	mJ
Repetitive Avalanche Current[a]			I_{AR}	8.0	A
Repetitive Avalanche Energy[a]			E_{AR}	13	mJ
Maximum Power Dissipation	T_C = 25 °C		P_D	125	W
Peak Diode Recovery dV/dt[c]			dV/dt	5.0	V/ns
Operating Junction and Storage Temperature Range			T_J, T_{stg}	- 55 to + 150	°C
Soldering Recommendations (Peak Temperature)	for 10 s			300[d]	
Mounting Torque	6-32 or M3 screw			10	lbf · in
				1.1	N · m

Notes

a. Repetitive rating; pulse width limited by maximum junction temperature (see fig. 11).

b. V_{DD} = 50 V, starting T_J = 25 °C, L = 16 mH, R_g = 25 Ω, I_{AS} = 8.0 A (see fig. 12).

c. $I_{SD} \leq$ 8.0 A, dI/dt ≤ 100 A/μs, $V_{DD} \leq V_{DS}$, $T_J \leq$ 150 °C.

d. 1.6 mm from case.

* Pb containing terminations are not RoHS compliant, exemptions may apply

This datasheet is subject to change without notice.
THE PRODUCT DESCRIBED HEREIN AND THIS DATASHEET ARE SUBJECT TO SPECIFIC DISCLAIMERS, SET FORTH AT www.vishay.com/doc?91000

FAIRCHILD SEMICONDUCTOR®

February 2010

FGP5N60LS
600V, 5A Field Stop IGBT

Features

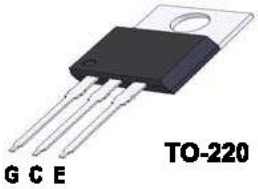
- High Current Capability
- Low Saturation Voltage: $V_{CE(sat)}$ =1.7V @ I_C = 5A
- High Input Impedance
- RoHS Compliant

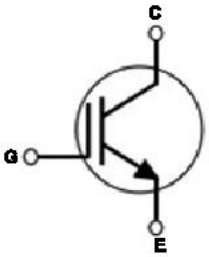
Applications

- HID ballast and Wall dimmer

General Description

Using novel Field Stop IGBT Technology, Fairchild's new series of Field Stop IGBTs offer the optimum performance for HID ballast where low conduction losses are essential.





Absolute Maximum Ratings

Symbol	Description		Ratings	Units
V_{CES}	Collector to Emitter Voltage		600	V
V_{GES}	Gate to Emitter Voltage		±20	V
I_C	Collector Current	@ T_C = 25°C	10	A
	Collector Current	@ T_C = 100°C	5	A
I_{CM} (1)	Pulsed Collector Current	@ T_C = 25°C	36	A
P_D	Maximum Power Dissipation	@ T_C = 25°C	83	W
	Maximum Power Dissipation	@ T_C = 100°C	33	W
T_J	Operating Junction Temperature		-55 to +150	°C
T_{stg}	Storage Temperature Range		-55 to +150	°C
T_L	Maximum Lead Temp. for soldering Purposes, 1/8" from case for 5 seconds		300	°C

Notes:
1: Repetitive test , Pulse width=100usec , Duty=0.2, V_{GE}=13.5V

Thermal Characteristics

Symbol	Parameter	Typ.	Max.	Units
$R_{\theta JC}$	Thermal Resistance, Junction to Case	-	1.5	°C/W
$R_{\theta JA}$	Thermal Resistance, Junction to Ambient	-	62.5	°C/W

PD - 95556

International
IOR Rectifier

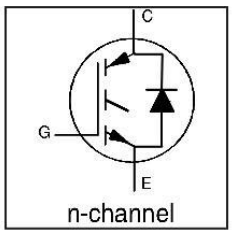
IRG4PC30FDPbF

INSULATED GATE BIPOLAR TRANSISTOR WITH ULTRAFAST SOFT RECOVERY DIODE

Fast CoPack IGBT

Features

- Fast: Optimized for medium operating frequencies (1-5 kHz in hard switching, >20 kHz in resonant mode).
- Generation 4 IGBT design provides tighter parameter distribution and higher efficiency than Generation 3
- IGBT co-packaged with HEXFRED™ ultrafast, ultra-soft-recovery anti-parallel diodes for use in bridge configurations
- Industry standard TO-247AC package
- Lead-Free



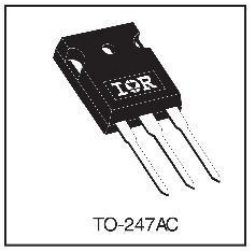
V_{CES} = 600V

$V_{CE(on)\,typ.}$ = 1.59V

@V_{GE} = 15V, I_C = 17A

Benefits

- Generation -4 IGBT's offer highest efficiencies available
- IGBT's optimized for specific application conditions
- HEXFRED diodes optimized for performance with IGBT's . Minimized recovery characteristics require less/no snubbing
- Designed to be a "drop-in" replacement for equivalent industry-standard Generation 3 IR IGBT's



TO-247AC

Absolute Maximum Ratings

	Parameter	Max.	Units
V_{CES}	Collector-to-Emitter Voltage	600	V
I_C @ T_C = 25°C	Continuous Collector Current	31	A
I_C @ T_C = 100°C	Continuous Collector Current	17	
I_{CM}	Pulsed Collector Current ①	120	
I_{LM}	Clamped Inductive Load Current ②	120	
I_F @ T_C = 100°C	Diode Continuous Forward Current	12	
I_{FM}	Diode Maximum Forward Current	120	
V_{GE}	Gate-to-Emitter Voltage	± 20	V
P_D @ T_C = 25°C	Maximum Power Dissipation	100	W
P_D @ T_C = 100°C	Maximum Power Dissipation	42	
T_J	Operating Junction and	-55 to +150	°C
T_{STG}	Storage Temperature Range		
	Soldering Temperature, for 10 sec.	300 (0.063 in. (1.6mm) from case)	
	Mounting Torque, 6-32 or M3 Screw.	10 lbf•in (1.1 N•m)	

Thermal Resistance

	Parameter	Typ.	Max.	Units
$R_{\theta JC}$	Junction-to-Case - IGBT	–––	1.2	°C/W
$R_{\theta JC}$	Junction-to-Case - Diode	–––	2.5	
$R_{\theta CS}$	Case-to-Sink, Flat, Greased Surface	0.24	–––	
$R_{\theta JA}$	Junction-to-Ambient, typical socket mount	–––	40	
Wt	Weight	6 (0.21)	–––	g (oz)

7/26/04