

بہ نام خدا

مقدمہ ای بر

سیستم های مخابرات نوری

(۷) شنایی با نرم افزارهای

اُپتی فایبر و اُپتی سیستم)

مؤلفین

سجاد حشمتی - محمد جعفر پور جلالی

سرشناسه	: حشمتی، سجاد، ۱۳۴۲ -
عنوان و نام پدیدآور	: مقدمه‌ای بر سیستم‌های مخابرات نوری و آشنایی با اپتی فایبر و اپتی سیستم/مؤلفین سجاد حشمتی، محمدجعفر پورجلالی، تهران: ادبستان، ۱۳۹۳.
مشخصات نشر	: ۳۶۰ ص.: مصور (بخشی رنگی).
مشخصات ظاهری	: ۹۷۸-۶۰۰-۱۹۶-۰۶۰-۴
شابک	: ۹۷۸-۶۰۰-۱۹۶-۰۶۰-۴
وضعیت فهرست نویسی	: فیبا
موضوع	: ارتباطات نوری
موضوع	: الیاف نوری
موضوع	: نورشناسی الیاف
موضوع	: مخابرات - سیستم‌ها
شناسه افروده	: پورجلالی، محمدجعفر، ۱۳۵۸ -
رده بندی کنگره	: ۲۸۳۷/۶۲۱
رده بندی دیویی	: ۳۶۰۹۷۱۰
شماره کتابشناسی ملی	: ۳۶۰۹۷۱۰

نام کتاب	: مقدمه‌ای بر سیستم‌های مخابرات نوری
نویسنده	: سجاد حشمتی - محمدجعفر پورجلالی
ناشر	: ادبستان
لیتوگرافی	: ...
چاپ	: ...
نوبت چاپ	: ...
شمارگان	: ...
قیمت	: ۱۷۵۰۰

دفتر مرکزی کتاب آیلار

انقلاب - خیابان شهید منیری جاوید (اردیبهشت) - بابان شهدای ژاندارمری شرقی - شماره ۱۴۶
(ساختمان آیلار) تلفن: ۶۶۴۰۱۲۵۵ - دورنگار: ۴۳۱-۶۶۴۰۱۲۵۵

فروشگاه شماره ۱ (کتاب آیلار)

انقلاب - روبروی دبیرخانه دانشگاه تهران - بازارچه کتاب، تلفن ۳۳-۶۶۴۱۱۸۶۵

فروشگاه شماره ۲ (کتاب آیلار)

کریمنان زند - مابین ایرانشهر و خردمند جنوبی - شماره ۱۴۴، تلفن: ۱-۹۷۴۰-۲۰۰

فروشگاه شماره ۳ (کتاب آیلار)

انقلاب - روبروی دانشگاه تهران - پاساژ فروزنده - شماره ۳۲۱، تلفن: ۹۷-۶۶۹۶۳۵۹۶

ISBN:978-600-196-060-4

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۱۹۶-۰۶۰-۴

این اثر مشمول قانون حمایت از حقوق مؤلفان، مصنفان و هنرمندان مصوب ۱۳۴۸ است. هرکس تمام یا قسمتی از این اثر را بدون اجازه ناشر، نشر یا پخش یا عرضه کند، تحت پیگرد قانونی قرار خواهد گرفت.

پیشینه اختراع تلگراف

تلگراف استفاده از نور برای اهداف ارتباطی به روزگار باستان برمی گردد، اگر ما ارتباطات نوری را در یک سیستم وسیع به دنبال نمائیم درمی یابیم که در گذشته در بیشتر تمدن ها برای حمل سیگنال اطلاعات از یک سو به سوی سوایر آتش و غیره استفاده می شد. اساساً ایده یکسانی برای استفاده از لامپ، پرچم و دیگر ادوات برای ارسال و دریافت در پایان قرن ۱۸ استفاده شد. این ایده توسعه پیدا کرد تا در سال ۱۷۹۲ میلادی به پیشنهاد کلود چاپه^۱ بطور مکانیکی پیام های کدگذاری شده را در فاصله ۱۰۰ کیلومتر و با استفاده از ایستگاه های تأخیر میانی بعنوان تکرارکننده در زبان مدرن آنروز ارسال کردند. اولین تلگراف نوری بین دو شهر رانسوی پاریس و لیل با فاصله ۲۰۰ کیلومتر از یکدیگر در جولای ۱۷۹۴ اتفاق افتاد. این پیشرفت ها در زمینه ارتباطات و ارسال دیتا بصورت گام به گام به جلو حرکت کرده است.

از سال ۱۹۸۰ سیستم های ارتباطی فیبر نوری در سرتاسر جهان گسترش یافتند و بدرستی انقلابی در صنعت ارتباطات ایجاد کرده اند. در این نوع سیستم ها از نور و ادوات نوری برای ارسال اطلاعات استفاده می شود. این کتاب سیستم های ارتباطی فیبر نوری و مباحثات روش قابل فهم به منظور استفاده مهندسین و دانشجویان گرامی توضیح می دهد که در ۶ فصل بحث آورده شده است.

در فصل اول این کتاب بطور مختصر و مفید با ادوات نوری که در طراحی سیستم های مخابرات نوری استفاده می شوند آشنا خواهید شد. در فصل دوم نرم افزار کاربردی اپتی فایبر معرفی می شود که در این فصل، طراحی فیبرهای نوری تک مد و چندمد مورد بررسی قرار خواهند گرفت. در فصل سوم فیبرهای با پاشندگی شیفت یافته را طراحی خواهیم کرد. در فصل چهارم با نرم افزار اپتی

سیستم که در طراحی سیستم‌های مخابراتی استفاده می‌شود آشنا خواهید شد. در این فصل با محیط اولیه و طراحی چند سیستم مخابرات نوری آشنا شده و در فصل پنجم و ششم سیستم‌های مخابرات نوری با ادوات نوری مختلف طراحی می‌شوند.

در این کتاب سعی شده است تا اشکالات موجود در متن را به حداقل برسانیم. حال با تمام تلاشی که برای بی‌نقص شدن این اثر انجام داده‌ایم مطمئن هستیم که هنوز مشکلاتی وجود دارد که با راهنمایی شما عزیزان در نسخه‌های بعدی قابل رفع می‌باشد. لطفاً اشکالات احتمالی موجود را از طریق سیستم‌های الکترونیکی

Heshmati.sajad@yahoo.com

Mjp.jalali@yahoo.com

یا از طریق آدرس پستی این اثر اطلاع فرمائید.

www.ketab.ir

فهرست مطالب

۱۵	فصل اول.....
۱۷	۱-۱- مقدمه‌ای بر سیستم‌های مخابرات نوری.....
۱۸	۱-۲- فیبر نوری.....
۱۸	۱-۱-۱- تعریف فیبر نوری.....
۱۸	۱-۲-۱- ساختار فیبر نوری.....
۲۰	۱-۲-۳- مزایا و معایب فیبر نوری.....
۲۱	۳-۱- انواع فیبر نوری.....
۲۱	۱-۳-۱- فیبر نوری ساده و پلاستیک سازنده آن.....
۲۲	۱-۳-۲- فیبر نوری بر اساس روش هدایت.....
۲۴	۱-۳-۳- فیبر نوری بر اساس شکست.....
۲۹	۴-۱- طیف الکترومغناطیس.....
۳۲	۵-۱- عملکرد و نحوه انتشار نور در داخل فیبر نوری.....
۳۷	۶-۱- فیبر با پاشندگی شیفته یافته.....
۳۸	۷-۱- اتصال فیبر نوری.....
۴۰	۸-۱- تضعیف در فیبر نوری.....
۴۰	۱-۸-۱- تضعیف (Attenuation).....
۴۱	۲-۸-۱- جذب (Absorption).....
۴۱	۳-۸-۱- پراکندگی (Scattering).....
۴۲	۴-۸-۱- جذب کلی.....
۴۲	۹-۱- تلفات خمش.....
۴۲	۱-۹-۱- ریز خمش.....
۴۳	۲-۹-۱- بزرگ خمش.....

- ۴۳..... ۱۰-۱- پاشندگی در فیبر نوری
- ۴۴..... ۱-۱۰-۱- پاشندگی مدی
- ۴۴..... ۲-۱۰-۱- پاشندگی چندرنگ
- ۴۶..... ۳-۱۰-۱- پاشندگی مد پلاریزه شده
- ۴۸..... ۱۱-۱- جبران‌سازی پاشندگی در فیبر نوری
- ۴۸..... ۱-۱۱-۱- استفاده از DCF
- ۴۹..... ۱-۲- استفاده از CFBG
- ۴۹..... ۲-۱- اثرات غیر خطی در فیبر نوری
- ۵۰..... ۱-۱۲-۱- مسام و طول موثر
- ۵۱..... ۱-۱۲-۲- پاشندگی را با تحریک شده
- ۵۲..... ۱-۱۲-۳- پراکندگی برآیند تحریک شده
- ۵۲..... ۱-۱۲-۴- ترکیب چهار
- ۵۳..... ۱-۱۲-۵- مدولاسیون خود فوری
- ۵۳..... ۱۳-۱- منابع نوری
- ۷۱..... ۱۴-۱- کانکتورها
- ۷۳..... ۱۵-۱- کوپلرها
- ۸۰..... ۱۶-۱- ایزولاتور و انتشاردهنده
- ۸۲..... ۱۷-۱- تضعیف‌کننده توان نوری
- ۸۲..... ۱۸-۱- جداکننده پرتو نور
- ۸۴..... ۱۹-۱- فیلترهای نوری
- ۸۵..... ۱-۱۹-۱- فیلتر فبری پروت
- ۸۵..... ۲-۱۹-۱- فیلتر فبری پروت تنظیم‌پذیر
- ۸۷..... ۳-۱۹-۱- فیلترهای شبکه براگ داخل فیبر
- ۸۸..... ۴-۱۹-۱- فیلترهای دی‌الکتریک برای تسهیم و تقسیم WDM
- ۸۹..... ۵-۱۹-۱- تداخل‌سنج‌های ماخ زندر

- ۱-۱۹-۶- شبکه‌های موجبر آرایه‌ای ۹۱
- ۱-۱۹-۷- فیلترهای تنظیم‌پذیر صوتی-نوری ۹۱
- ۱-۲۰-۲- مالتی‌پلکسر و دی‌مالتی‌پلکسر نوری ۹۲
- ۱-۲۱-۱- تسهیم‌کننده فزون و فرود نوری ۱۰۰
- ۱-۲۲-۲- تقویت‌کننده‌های نوری ۱۰۲
- ۱-۲۲-۱- تقویت‌کننده فیبر دوپت شده با اریبوم (EDFA) ۱۰۳
- ۱-۲۲-۲- تقویت‌کننده‌های نوری نیمه‌هادی (SOA) ۱۰۳
- ۱-۲۱-۳- تقویت‌کننده رامان ۱۰۴
- ۱-۲۳-۱- آشکارها و پهنای باند فیبر نوری ۱۰۵
- ۱-۲۴-۱- مدولاتورهای نوری ۱۰۸
- ۱-۲۵-۱- سوئیچ‌های نوری ۱۱۲
- ۱-۲۶-۱- نرخ خطای بیت ۱۱۸
- ۱-۲۷-۱- اعوجاج‌های ناخواسته (Jitter) ۱۱۹
- ۱-۲۸-۱- دیاگرام چشمی (Eye Diagram) ۱۱۹

فصل دوم

- ۱-۲-۱- مقدمه ۱۲۷
- ۲-۲-۱- ایجاد مدل و آشنایی با برنامه اپتی‌فایبر (Optifiber) ۱۲۷
- ۳-۲-۱- فضای کاری برنامه اپتی‌فایبر ۱۲۸
- ۱-۳-۲-۱- نوار ابزار استاندارد (Standard) ۱۲۸
- ۲-۳-۲-۱- نوار ابزار گراف (Graph Tools) ۱۲۸
- ۳-۳-۲- پنجره هدایتگر (Navigator Pane) ۱۲۹
- ۴-۳-۲-۱- نوار ابزار نمایش (View) ۱۳۰
- ۴-۲-۱- مدیریت مدل در اپتی‌فایبر ۱۳۰
- ۵-۲-۱- طراحی فیبر نوری با ضریب شکست پله‌ای ۱۳۱

- ۲-۵-۱- طراحی فیبر نوری تک مد با ضریب شکست پله‌ای با استفاده از پروفایل ضریب شکست ۱۳۱
- ۲-۵-۲- طراحی فیبر نوری چندمد با ضریب شکست پله‌ای با استفاده از پروفایل ضریب شکست ۱۴۹
- ۲-۵-۳- طراحی فیبر نوری چندمد با ضریب شکست تدریجی با استفاده از پروفایل ضریب شکست ۱۵۸
- ۲-۴- طراحی فیبر نوری چندمد با ضریب شکست پله‌ای با استفاده از پروفایل توزیع غلظت ناخالصی ۱۶۰
- ۲-۵-۵- طراحی فیبر نوری چندمد با ضریب شکست تدریجی با استفاده از پروفایل توزیع غلظت ناخالصی ۱۶۳
- ۲-۶- استفاده از ابزار (Using Graph Tools) ۱۶۷
- ۲-۶-۱- ابزار اتصال (Joints) ۱۶۷
- ۲-۶-۲- ابزار بزرگ‌نمایی (Zoom) ۱۶۸
- ۲-۶-۳- ابزار اندازه‌گیری (Measure) ۱۶۹
- ۲-۶-۴- ابزار مسیریابی (Tracking) ۱۷۰
- ۲-۶-۵- ابزار فهرست علائم (Legend) ۱۷۱

فصل سوم

- ۳-۱- طراحی فیبرهای با پاشندگی شیف‌ت یافته ۱۷۵
- ۳-۱-۱- طراحی فیبر (Design Fiber): نامناسب برای کاربردهای TDM ۱۷۵
- ۳-۱-۱-۱- محاسبه تعداد مد (Calculate Modes) ۱۷۹
- ۳-۱-۱-۲- محاسبه مشخصات مد اساسی (Scan Fundamental Mode) ۱۷۹
- ۳-۱-۲- طراحی فیبر (Design Fiber): مناسب برای کاربردهای DWDM ۱۸۰
- ۳-۱-۲-۱- محاسبه تعداد مد (Calculate Modes) ۱۸۳
- ۳-۱-۲-۲- محاسبه مشخصات مد اساسی (Scan Fundamental Mode) ۱۸۹

- ۳-۱-۳- طراحی فیبرهای با پاشندگی مسطح و یکنواخت ۱۹۰
- ۳-۱-۳-۱- طراحی فیبر (Design Fiber) ۱۹۰
- ۳-۳-۱- محاسبه تعداد مد (Calculate Modes) ۱۹۴
- ۳-۳-۱- محاسبه مشخصات مد اساسی (Scan Fundamental Mode) ۱۹۵

فصل چهارم

- ۴-۱- معرفی ۲۰۱
- ۴-۲- شبیه سازی با استفاده از اپتی سیستم (Optisystem) ۲۰۱
- ۴-۳- معرفی کتابخانه (Component Library) ۲۰۲
- ۴-۴- شبیه سازی سیستم های خبرات نوری ۲۰۵
- ۴-۴-۱- اتصال اتوماسیون و شبیه سازی ۲۰۵
- ۴-۴-۲- زیرسیستم ها- شبیه سازی و سلسله مراتبی ۲۰۷
- ۴-۴-۳- تولید پالس نوری ۲۱۷
- ۴-۴-۱- مؤلفه های مورد نیاز ۲۱۷
- ۴-۴-۲- شبیه سازی و اجرای برنامه ۲۱۷
- ۴-۴-۴- دستیابی به جعبه ابزار نمودار ۲۲۱
- ۴-۴-۴-۱- زوم کردن نمودار ۲۲۱
- ۴-۴-۴-۲- حرکت دادن افقی شکل ۲۲۱
- ۴-۴-۴-۳- مسیریابی شکل ۲۲۱
- ۴-۴-۴-۴- ذخیره کردن شکل ها ۲۲۲
- ۴-۴-۵- مدوله کردن سیگنال نوری ۲۲۳
- ۴-۴-۵-۱- مدوله کردن پالس نوری با مدولاتور مایخ زندر ۲۲۳
- ۴-۴-۵-۲- مدوله کردن پالس با مدولاتور الکترو-جذبی ۲۲۸

فصل پنجم

- ۱-۵ سیستم‌های نوری- طراحی تسهیم‌کننده تقسیم طول موج ۲۳۳
- ۱-۵-۱- پارامترهای کلی ۲۳۳
- ۱-۵-۲- مؤلفه‌های مورد نیاز در طراحی سیستم WDM با ۴ کانال ورودی ۲۳۴
- ۱-۵-۳- گروه‌های پارامتر ۲۳۶
- ۱-۵-۴- اجرای برنامه ۲۳۸
- ۵-۵- طراحی فیبر و تقویت‌کننده فیبر تزریق شده با اریوم ۲۳۹
- ۱-۵-۶- کنترل حلقه ۲۴۲
- ۱-۵-۷- شاهد خروجی‌ها بعد از دی‌مالتی پلکسر ۲۴۴
- ۱-۵-۸- مشاهده نرخ خطای بیت ۲۴۶
- ۱-۵-۹- مشخصات تبدیل کننده نرخ خطای بیت ۲۴۹
- ۱-۵-۱۰- نمودار نرخ بیت به نسبت سه بعدی ۲۵۲
- ۱-۵-۱۰-۱- تنظیمات اولیه ۲۵۲
- ۱-۵-۱۰-۲- مشاهده نمودار ۲۵۳
- ۲-۵ سیستم‌های نوری- طراحی تسهیم‌کننده تقسیم طول موج با استفاده از فرستنده‌های ۲۵۴
- ۳-۵ پارامتر روبش-توان ورودی نرخ خطای بیت ۲۵۸
- ۳-۵-۱- تکرار پارامتر توان برای مؤلفه لیزر با موج پیوسته ۲۵۸
- ۳-۵-۲- انتخاب پارامتر توان برای تکرار کردن با استفاده از روش ۲۵۸
- ۳-۵-۳- تغییر تعداد تکرارهای روبش ۲۵۹
- ۳-۵-۴- تغییر مقادیر تکرارهای روبش ۲۶۰
- ۳-۵-۵- بدست آوردن نتایج با استفاده از صفحه گزارش ۲۶۱
- ۳-۵-۶- تکرارهای روبش پارامتر مرورگر ۲۶۳
- ۳-۵-۷- ترکیب کردن شکل‌ها از تکرارهای روبش ۲۶۶
- ۴-۵ تقویت‌کننده‌های نوری - طراحی تقویت‌کننده‌ها و لیزرهای فیبر نوری ۲۶۷
- ۴-۵-۱- طراحی مدار ۲۶۷

۲۷۰	۵-۴-۲- پارامترهای کلی
۲۷۱	۵-۴-۳- اجرا کردن شبیه‌سازی
۲۷۲	۵-۴-۴- دیدن گین برحسب طول موج
۲۷۸	۵-۵- سیستم‌های نوری- کار کردن با مؤلفه‌های چندمد
۲۷۸	۵-۵-۱- پارامترهای کلی
۲۷۹	۵-۵-۲- طراحی سیستم
۲۸۰	۵-۵-۳- اثرات فضایی (Spatial Effects Tab) در مؤلفه تولیدکننده چندمد
۲۸۱	۵-۵-۴- اجرا کردن شبیه‌سازی و دیدن نتایج
۲۸۵	۵-۶- اتصال دهنده (کتور) فضایی
۲۸۹	۵-۷- لنز باریک: برای متمرکز کردن پرتو نوری
۲۹۲	۵-۸- روزنه فضایی: محدوده گین نوری
۲۹۲	۵-۸-۱- مؤلفه مورد نیاز
۲۹۲	۵-۸-۲- طراحی سیستم
۲۹۳	۵-۸-۳- مشاهده نتایج
۲۹۴	۵-۹- گیرنده‌های چندمد (Multimode Receivers)
۲۹۸	۵-۱۰- فیبرهای چندمد (Multimode Fibers)
۲۹۸	۵-۱۰-۱- طراحی سیستم
۲۹۸	۵-۱۰-۲- محاسبه مشخصات فیبر
۳۰۰	۵-۱۰-۳- مشاهده نمودارهای مشخصات فیبر
۳۰۱	۵-۱۰-۴- مشاهده مدهای فیبر چندمد با ضریب شکست سهموی
۳۰۲	۵-۱۱- پاسخ مدولاسیون دیود انتشاردهنده نور (LED Modulation Response)

فصل ششم

۳۰۹	۶-۱- بهینه‌سازی فیلترهای مسطح‌کننده گین
۳۰۹	۶-۱-۱- مؤلفه‌های مورد نیاز برای طراحی سیستم

۳۱۰	۶-۱-۲- طراحی سیستم
۳۱۰	۶-۱-۳- تغییر مشخصات مؤلفه‌ها
۳۱۱	۶-۱-۴- اجرا کردن برنامه
۳۱۲	۶-۲- آشنایی با پاشندگی (Dispersion)
۳۱۷	۶-۳- جبران‌سازی پاشندگی (Compensation Dispersion)
۳۱۷	۶-۳-۱- جبران‌سازی با استفاده از FBG
۳۲۰	۶-۳-۲- جبران‌سازی با استفاده از فیبر با پاشندگی منفی
۳۲۳	۶-۳-۳- جبران‌سازی با استفاده از شبکه‌های نوری
۳۲۵	۶-۴- تسهیم‌کننده‌ها: نزون و فرود نوری
۳۲۵	۶-۴-۱- تسهیم‌کننده نزون نوری
۳۲۸	۶-۴-۲- تسهیم‌کننده فرود نوری
۳۳۱	۶-۴-۳- تسهیم‌کننده نزون و فرود نوری
۳۳۴	۶-۵- کوپلر (Coupler)
۳۳۸	۶-۶- تضعیف سیگنال نوری توسط فیبر نوری
۳۴۱	۶-۷- تضعیف‌کننده سیگنال نوری (Optical Attenuator)
۳۴۳	۶-۸- جداکننده توان نوری (Power Splitters)
۳۴۵	۶-۹- تقویت‌کننده نوری (EDFA)
۳۴۷	۶-۱۰- سوئیچ‌های نوری (Optical Switches)
۳۵۰	۶-۱۱- فیلترهای نوری (Optical Filters)
۳۵۴	۶-۱۲- ایزولاتور (Isolator)
۳۵۶	۶-۱۳- کانکتور (Connector)
۳۵۸	۶-۱۴- انشعاب (Fork)