

بسم الله الرحمن الرحيم

مروزی بر

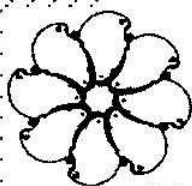
مهندسی ابزار دقیق

گردآوری و تالیف:

دکتر محمد مراد شیخی

جواد شهبازی کرمی

نازنین کفایی کاوشیان



انتشارات شهبازی

[illegible]

شماره: ۹۷۸-۶۰۰-۹۵۷۳۷-۲-۱

کوچه نوروز، بلاک ۵۱، واحد ۱، تلفن: ۶۶۴۱۹۵۶۷-۶۶۹۶۰۷۷۳ تلفکس: ۶۶۹۶۰۷۷۲

توجه: کلیه حقوق مادی و معنوی چاپ و نشر، طرح روی جلد و عنوان کتاب با توجه به قانون حمایت حقوق مؤلفان، مصنفان و هنرمندان، مصوب سال ۱۳۴۸ برای انتشارات شهبازی محفوظ است. هرگونه استفاده بدون مجوز کتبی از ناشر تخلف بوده و بر اساس بند (۵) ماده ۲۳ قانون، قابل پیگیری در محاکم قضایی می باشد.

به جرات می توان گفت اکثر سامانه های پیشرفته امروزی، سامانه های مکترونیکی محسوب می گردند. بدین معنا که این سامانه ها با تلفیق بخش های مکانیکی و الکترونیکی و بعضاً هوش مصنوعی طراحی و ساخته می شوند. تلفیق دو حوزه مکانیک و الکترونیک اختصاصاً در حوزه علم ابزار دقیق قرار می گیرد. سیستم های الکترونیکی و هوش سامانه باید بتواند درک و اطلاعات صحیح از بخش های مکانیکی داشته باشد تا بتواند به درستی تصمیم گیری کرده و سیستم های مکانیکی را هدایت کنند. برای کسب چنین درکی انواع مختلف حسگرها طریقی ساخته شده اند که پارامترهای مکانیکی را به سیگنالهای الکتریکی تبدیل می کنند. از طرفی برای اینکه کسرها و تصمیمات گرفته شده توسط بخش الکترونیکی سیستم بتوانند به صورت مکانیکی اعمال گردند، نیاز به عملگرهایی داریم که سیگنالهای الکتریکی را به اعمال مکانیکی تبدیل کنند. در این کتاب به طور گسترده و جامع انواع، اصول کاری، نحوه و شرایط استفاده، نحوه ساخت، مزایا و معایب، قیمت و تولید کنندگان تمامی حسگرها و مدلهای موجود پرداخته شده و دایره المعارفی کامل در این رابطه فراهم آمده است. بدیهی است در طراحی و ساخت هرگونه سیستم مکترونیکی از جمله تمامی سامانه های پیشرفته امروزی، وجود چنین منبعی اطلاعاتی کامل و جامع در اختیار طراحان مهندسان قرار می دهد تا با در نظر گرفتن تمامی جنبه های فنی، درصد موفقیت سامانه ساخته شده به حداکثر برسند. برخورد لازم میدانیم از آقایان مهندس حسینی و عیدی به جهت هادارن گردآوری مطالب کتاب کمال تشکر و امتنان را داشته باشیم.

این کتاب مرجع مروری در زمینه ابزار دقیق می باشد که در صنایع، مراکز تحقیقاتی و محققین کمک کرده و در دانشگاه های کشور به عنوان مرجع مناسب درسی قابلیت تدریس را دارد. با آرزوی موفقیت برای تمامی دانشجویان و محققین ایران اسلامی.

محمّد شهبازی کرمی-کفالی

پاییز ۱۳۹۴

فهرست مطالب

۱۷	فصل اول: حسگرها
۱۷	حسگرهای خطی و دورانی
۱۷	تماس
۱۹	مادون قرمز
۲۱	انکودر ها - توری
۲۴	مقاومتی
۲۶	کج شدن (جاذبه)
۲۷	خازنی
۲۷	القائی جریان متغير (V.I.T)
۲۸	تفکیک کننده ها
۲۸	مغناطیسی جریان مستقیم
۲۸	سویچ های اثر هال
۳۰	سنسور اثر هال آنالوگ
۳۱	حسگرهای بر پایه نوار
۳۱	فراصوت
۳۱	زمان طی Magnetostriuctive
۳۲	اینترفرومتری لیزری (تداخل لیزری)
۳۳	حسگرهای شتاب
۳۳	بررسی انواع شتاب سنج ها
۳۴	دینامیک و مشخصات شتاب سنج ها
۳۶	ارتعاشات
۳۷	ارتعاشات پریودیک یا دوره ای
۳۸	ارتعاشات اتفاقی ایستا
۳۸	ارتعاشات اتفاقی غیر پایا
۳۸	شوکه ها و ارتعاشات گذرا
۳۸	منابع معمول خطا و مدل سازی خطا
۳۹	حساسیت شتاب سنج
۳۹	بازه فرکانسی
۴۰	جرم شتاب سنج و بازه دینامیکی
۴۱	شتاب سنج های اینرسیایی
۴۵	حسگرهای شتاب سنج جرم آویزان، تیر و نوع پاندولی

۴۶	تاب سنج های الکترومکانیکی
۴۷	شتاب سنج سیم پیچ و مغناطیس
۴۷	شتاب سنج های القایی
۴۸	شتاب سنج های پیزوالکتریک
۵۰	شتاب سنج های پیزورزیستو (مقاومت پیزو)
۵۲	شتاب سنج های گنج تنش
۵۳	شتاب سنج الکترواستاتیک
۵۶	شتاب سنج تفاضل خاصیت خازنی
۵۷	میکرو شتاب سنج ها
۶۰	بایاسینگ و پردازش سیگنال
۶۰	شتاب سنج های نیرو الکتریک
۶۲	آشکار سازهای پیزومترمتی
۶۲	میکرو شتاب سنج ها
۶۳	شتاب سنج ها بازخورد
۶۳	اندازه گیری نیرو
۶۳	ملاحظات کلی
۶۴	قانون هوک
۶۶	روش های اساسی اندازه گیری نیرو
۶۶	سنسورهای نیرو
۶۸	کرنش سنج ها
۶۹	سلول بار نوع حلقه
۷۰	روش های پیزوالکتریک
۷۳	سلول بار نوع میله ای
۷۳	روش مقاومتی
۷۴	روش القایی
۷۴	روش پیزوترانزیستور
۷۵	دینامومتر چندگانه با استفاده از کریستال های کوارتز به عنوان المان های سنسوری
۷۵	اثر پیزوالکتریک در کوارتز
۷۵	طرح دینامومتر چند گانه کوارتزی
۷۶	سیگنال های اندازه گیری منتقل شده توسط مسافت سنج
۷۷	اندازه گیری نیروهای دینامیکی
۷۷	مبدل نیروی خازنی
۷۸	مقاومت های سنجش نیرو (رساناهای پلیمری)

۷۹	.....	Magnetresistive	سنسورهای نیروی
۷۹	.....	Magnetoelastic	سنسور نیروی
۸۰	.....		سنسورهای لمسی
۸۱	.....		نیازمندی های سنسور های لمسی
۸۱	.....		سنسور آرایه‌ای لمسی
۸۴	.....		اندازه‌گیری گشتاور و انرژی
۸۴	.....		مفاهیم اساسی
۸۴	.....		جابجایی، سرعت و شتاب زاویه‌ای
۸۵	.....		نیروی گشتاور و تعادل
۸۶	.....		تنش، صلیبت و کرنش
۸۷	.....		توان، انرژی و کار
۸۸	.....		تنظیمات دستگاه‌های اندازه‌گیری توان و گشتاور
۹۰	.....		فناوری های تبدیل گشتاور
۹۰	.....		کشش سطح
۹۰	.....		زاویه پیچش
۹۱	.....		تنش
۹۲	.....		کاربردها، عملکرد و ساخت مبدل های گشتاور
۹۲	.....		ملاحظات مکانیکی
۹۳	.....		ملاحظات الکتریکی
۹۴	.....		هزینه ها و انتخاب ها
۹۴	.....		دستگاههای اندازه گیری توان
۹۵	.....		دینامومترهای جذبی
۹۷	.....		دینامومترهای عمومی و هدایت شونده
۹۸	.....		دقت اندازه گیری
۹۸	.....		اندازه گیری جریان
۹۸	.....		پیشگفتار
۹۹	.....		واژگان
۹۹	.....		مشخصات جریان
۱۰۱	.....		طبقه بندی جریان سنج ها
۱۰۲	.....		جریان سنج های فشار تفاضل
۱۰۴	.....		جریان سنج های مساحت متغیر
۱۰۵	.....		جریان سنج های جابه جایی مثبت
۱۰۶	.....		جریان سنج های توربینی
۱۰۷	.....		جریان سنج های محفظه گردآبی

۱۰۸	جریان سنج های الکترومغناطیسی
۱۰۹	جریان سنج های اولتراسونیک
۱۱۱	جریان سنج های کوریولیس
۱۱۲	نصب جریان سنج ها
۱۱۲	انتخاب جریان سنج
۱۱۳	اندازه گیری ها
۱۱۳	پیشگفتار
۱۱۵	ترمومترهایی که بر اصل ضرایب انبساط دمایی استوارند
۱۱۵	گاز مقابل جامد
۱۱۵	مد مقابل مایع
۱۱۶	گاز مایع و جامد
۱۱۷	جامد بر مایع جامد
۱۱۷	دماسنج های که بر اساس تغییر حالت ماده کار می کنند
۱۱۷	مایع به گاز
۱۱۸	دماسنج های تغییر فاز قابل باقی ماندن
۱۱۸	نشانگرهای دمایی ثابت
۱۱۹	دماسنج ها و میدل های دمایی اکثریت
۱۱۹	ترموکوپل
۱۲۲	ادوات دمایی مقاومتی
۱۲۴	ترمیستورها
۱۲۵	حسگرهای مدار مجتمع
۱۲۶	دماسنج های بدون تماس
۱۲۶	دماسنج های تابش مادون قرمز
۱۲۷	اندازه گیری شدت تابش
۱۲۸	دماسنج های ابعاد میکرو
۱۲۸	اسکن دمایی میکروسکوپی
۱۲۹	تکنیک بازتاب دمایی انتقالی
۱۳۰	حسگر های فاصله و نزدیکی
۱۳۰	حسگر های فاصله
۱۳۰	حسگر اندازه گیری فاصله غیر تماسی
۱۳۱	فاصله یابی توسط زمان سیر
۱۳۳	سرعت انتشار
۱۳۳	عدم قطعیت تشخیص
۱۳۴	ملاحظات زمان بندی

۱۳۵	عکس العمل سطح
۱۳۵	سامانه های زمان سیر اولتراوسونیک
۱۳۷	سامانه های زمان سیر مبتنی بر لیزر
۱۳۸	حسگرهای فاصله مایکروویو
۱۳۹	اندازه گیری فاز
۱۴۲	سیستم های اندازه گیری فاصله گسترده با اندازه گیری فاز
۱۴۳	مدولاسیون فرکانس
۱۴۵	فاصله یابی لشی
۱۴۶	نابری ستریو
۱۵۰	مثلث بندی پویا
۱۵۱	استریوسکوپي
۱۵۲	نور ساختار یافته
۱۵۴	سامانه های اندازه گیری کیفیت سطحی
۱۵۶	دیگر روشهای فاصله یابی
۱۵۶	Odometry
۱۵۷	انکودرهای زاویه ای نوری
۱۵۷	انکودرهای آنالوگ نوری افزایشی
۱۵۸	انکودرهای زاویه ای نوری مطلق
۱۵۸	انکودرهای نوری خطی
۱۵۹	پتانومترها
۱۶۰	ترنسفرمرهای تفاضلی با تغییرات خطی
۱۶۰	حسگرهای همجواری
۱۶۱	حسگرهای همجواری مغناطیسی
۱۶۳	حسگر مجاورتی القایی
۱۶۵	حسگر مجاورتی خازنی
۱۶۶	حسگرهای مجاورتی اولتراسونیک
۱۶۷	حسگرهای مجاورتی ماکروویو
۱۶۷	حسگر مجاورتی نوری
۱۷۰	سامانه های تشخیص نور، عکس و دید
۱۷۰	پیشگفتار
۱۷۰	رادیومتری پایه
۱۷۳	منابع نور
۱۷۴	آشکار سازهای نور

۱۷۵	آشکارسازهای پایروالکترونیک
۱۷۶	آشکارسازهای فوتونی
۱۷۷	فوتورزیستورها
۱۷۸	آشکارسازهای پیوند
۱۸۱	تشکیل تصویر
۱۸۴	حسگرهای تصویر
۱۸۴	دستگاههای شارژ-جفت شده (CCD)
۱۸۷	ادوات شارژ کوپل شده خطی
۱۸۸	ادوات شارژ-کوپل شده سطحی
۱۸۹	حسگرهای CMOS
۱۹۲	سامانه های بینایی
۱۹۴	میکرو حسگرها: مجتمع
۱۹۴	پیشگفتار
۱۹۴	تعریف میکرو حسگرهای مجتمع
۱۹۴	نانو حسگرها
۱۹۵	مراحل ساخت حسگرهای میکرومجموعه
۱۹۶	منابع مربوط به حسگرها
۱۹۶	مفاهیم پایه ای حس کردن
۱۹۷	حسگرهای الکترواستاتیک
۱۹۷	حسگرهای پیزورزیستو
۱۹۸	حسگرهای پیزوالکتریک
۱۹۹	حسگرهای دما
۱۹۹	حسگرهای فشار
۲۰۰	حسگرهای فشار میکروماشین کاری شده حجمی
۲۰۴	حسگر فشار میکروماشین کاری شده سطحی
۲۰۵	حسگرها فشار ساخته شده از مواد غیر سیلیکونی
۲۰۶	شتاب سنج ها
۲۰۶	شتاب سنج های ماشین کاری حجمی
۲۰۷	شتاب سنج های میکروماشین کاری شده سطحی
۲۱۰	حسگرهای لامسه
۲۱۳	حسگرهای جریان
۲۱۳	حسگرهای جریان بر اساس اصل تبادل دمایی
۲۱۳	حسگرهای جریان بر اساس اصل انتقال مومنتوم
۲۱۴	روند تولیدات آتی

نتیجه گیری	۲۱۵
فصل دوم: انکودرها	۲۱۷
رمزگذارهای خطی ودورانی	۲۱۷
مقدمه	۲۱۷
تاریخچه	۲۱۸
رمزگذارهای دورانی	۲۲۰
انکودرها	۲۲۰
انکودرهای مکانیکی	۲۲۱
انکودرهای نوری	۲۲۲
اجزای اصلی یک انکودر نوری	۲۲۲
دسته بندی انکودرها	۲۲۳
انکودرهای نوری پرحل	۲۲۳
انکودرهای نوری افزایشی	۲۲۴
چگونگی محاسبه حرکت توسط یک انکودر	۲۲۷
انکودرهای نوری مطلق	۲۲۸
روشهای اسکن صفحات مدرج	۲۳۰
روش Imaging Scanning	۲۳۱
روش Interferential Scanning	۲۳۲
نحوه ارتباط انکودر با گذرگاه	۲۳۲
ریزالورها (برطرف کننده ها) Resolvers	۲۳۲
انکودرهای مغناطیسی	۲۳۳
ویژگی های عمومی	۲۳۳
مقایسه انکودرهای نوری و مغناطیسی	۲۳۴
دیسکهای انکودر	۲۳۵
تولید دیسک کد شده توسط فرآیند الکتروفرمینگ	۲۳۶
تولید دیسک کد شده بروش ماشینکاری نوری شیمیایی	۲۳۷
اندازه گیری مستقیم	۲۳۸
اندازه گیری غیر مستقیم	۲۳۸
انتخاب انکودر مناسب در کاربردهای کنترل حرکت	۲۳۸
رمز گذارهای خطی	۲۴۳
انکودرهای نوری خطی یا خط کشهای دیجیتال	۲۴۳
خطکش های نوری افزایشی	۲۴۴
خطکشهای نوری مطلق	۲۴۵

۲۴۷	خط کشهای مغناطیسی
۲۴۹	فصل سوم: سنسورها در تولید
۲۴۹	مقدمه
۲۵۰	مجموعه‌ای مبدل تغییرات فیزیکی
۲۵۰	سیستم چند سنسوری
۲۵۱	سنسورهای فعال و غیر فعال
۲۵۱	ویژگیهای مطلوب یک سنسور
۲۵۲	روشهای اندازه‌گیری یک متغیر
۲۵۲	ثبت کردن متغیرهای مکانیکی
۲۵۴	مراکز مورد نیاز برای انتخاب سنسور
۲۵۶	سنسورهای ثبت و ثبت تماسی
۲۵۷	سنسورهای ثبت موقعیت غیر تماسی
۲۵۸	سنسورهای القایی (inductive sensor)
۲۵۹	اساس کار و ساختمان سنسورهای القایی
۲۶۱	سنسورهای خازنی (capacitive sensor)
۲۶۲	سنسور اندازه‌گیری سطح مایعات
۲۶۴	سنسورهای اثر هال
۲۶۵	تئوری اثر هال
۲۶۷	سنسورهای مغناطیسی
۲۶۸	سنسورهای مغنتورزیستو
۲۶۹	سنسورهای Anisotropic magneto resistive (AMR)
۲۷۰	سنسورهای Giant magneto resistive (GMR)
۲۷۱	سنسورهای Colossal magneto resistive (CMR)
۲۷۱	سنسورهای تشخیص موقعیت آکوستیک (صوتی)
۲۷۲	سنسورهای تشخیص موقعیت اپتو الکترونیک (نوری)
۲۷۴	Through-beam sensor
۲۷۴	Retro – reflective sensor
۲۷۴	Reflex light sensor
۲۷۴	Transmission light sensor
۲۷۴	Multi-beam light barrier system
۲۷۵	Reflex light sensor with fiber optic cable
۲۷۵	Through-beam sensor with fiber optic cable
۲۷۷	تشخیص سطح مایعات با استفاده از سنسورهای نوری

۲۷۷	سنسورهای تشخیص رنگ
۲۷۹	سنسورهای لیزری
۲۸۰	سنسورهای ثبت موقعیت ماکروویو
۲۸۰	اصول عملکرد
۲۸۲	رأدارهای ماکرو ویو
۲۸۳	سنسورهای اندازه گیری نیرو و گشتاور
۲۸۴	گرنش سنجها
۲۸۶	سنسورهای اندازه گیری گشتاور
۲۸۸	سنسورهای شتاب سنج
۲۸۸	سنسورهای اندازه گیری وزن
۲۸۹	اندازه گیری وزن به کمک لود سل (Load Cell)
۲۹۰	سنسورهای اندازه گیری دما
۲۹۱	سنسورهای اندازه گیری دما
۲۹۲	سنسورهای اندازه گیری تشعشع دما پیروتری
۲۹۲	پیرومترهای تشعشعی
۲۹۷	فصل چهارم: کاربرد سنسورها در خودرو
۲۹۷	سنسورها
۲۹۷	کاربردها در خودرو
۲۹۹	سنسورهای دما
۲۹۹	سنسور دمای موتور
۲۹۹	سنسور دمای هوا
۲۹۹	سنسور دمای روغن موتور
۲۹۹	سنسور دمای سوخت
۲۹۹	سنسور دمای گازهای خروجی
۳۰۰	سنسورهای فشار میکرومکانیکی
۳۰۰	سنسور فشار توربو شارژ یا فشار مانی فولد
۳۰۱	سنسور فشار اتمسفر (هوای محیط)
۳۰۱	سنسور فشار سوخت و روغن
۳۰۱	نوعی از سنسور میکرو مکانیکی فشار با مرجع خلاء روی ناحیه اجزاء ترکیب دهنده
۳۰۳	روش کارکرد
۳۰۴	سنسور فشار میکرومکانیکی با مرجع خلاء در محفظه مخصوص
۳۰۵	اصول کارکرد
۳۰۶	سنسورهای فشار بالا

۳۰۶.....	سنسور فشار ریل سوخت موتورهای بنزینی
۳۰۶.....	سنسور فشار روغن ترمز
۳۰۷.....	طرح و اصول عملکرد
۳۰۸.....	سنسورهای دور (سرعت) موتور از نوع القایی
۳۰۸.....	طرح و اصول عملکرد
۳۱۰.....	سنسورهای سرعت دورانی (RPM) و سنسورهای دورانی زاویه ای افزایشی
۳۱۰.....	طرح و اصول کارکرد
۳۱۲.....	سنسورهای حالت (موقعیت) اثر هال
۳۱۲.....	طرح اصول کارکرد
۳۱۴.....	سنسورهای میله ای اثر هال تفاضلی (اختلافی)
۳۱۵.....	سنسورهای پدال گاز
۳۱۶.....	سنسور پدال گاز نوع آنالوگ
۳۱۷.....	سنسورهای دورانی زاویه ای اثر هال
۳۱۹.....	اندازه گیر جرم هوای فیلم نازک (هات فیلم) HFMS
۳۲۳.....	سنسور اکسیژن لاند
۳۲۶.....	سنسورهای نیمه اختلافی مدار حلقه بسته
۳۲۶.....	طرح و اصول کارکرد
۳۲۸.....	سنسور نشان دهنده سطح سوخت
۳۲۸.....	اصول عملکرد

۳۳۱.....	فصل پنجم: سنسورهای نوین
۳۳۱.....	تعریف حسگر
۳۳۲.....	حسگر گاز
۳۳۲.....	پارامترهای حسگری
۳۳۲.....	پاسخ دهی
۳۳۲.....	زمان پاسخ
۳۳۳.....	زمان بازیابی
۳۳۳.....	گزینش پذیری
۳۳۳.....	تکرار پذیری
۳۳۴.....	روش های انجام آزمون حسگری
۳۳۴.....	روش عبور جریان
۳۳۴.....	روش محیط استاتیک
۳۳۵.....	اجزای حسگر گازی
۳۳۵.....	انواع مختلف حسگرهای گازی

۳۳۶	طبقه بندی حسگرهای گازی بر اساس ماده حسگر
۳۳۷	حسگرهای اکسید فلزی نیمه هادی (MOS)
۳۳۷	حسگرهای گازی نیمه هادی حالت جامد
۳۳۸	حسگرهای گازی حالت جامد
۳۳۹	حسگرهای الکتروشیمیایی
۳۴۰	حسگرهای گاز بر پایه احتراق کاتالیستی
۳۴۱	حسگرهای مقاومتی ساخته شده از اکسیدهای فلزی نیمه هادی
۳۴۳	حسگرهای گازی نانومتری
۳۴۴	بررسی اثر پارامترهای ساختاری اکسیدهای فلزی بر خواص حسگرهای گازی
۳۴۵	نوع الکترودهای حسگر، استفاده در حسگر گاز
۳۴۵	مکانیزم اثر افزایش دما بر کاتالیستی بر خواص حسگری اکسیدهای فلزی
۳۴۶	روش های ساخت حسگرهای اکسید فلزی
۳۴۷	روش غوطه وری
۳۴۸	چاپ سیلک
۳۴۸	روش سل ژل
۳۵۳	حسگرهای گاز ساخته شده از اکسید لیتیم
۳۵۳	حسگرهای گاز ساخته شده از اکسید تنگستن
۳۵۴	کاربرد حسگرهای گازی
۳۵۵	آشکارسازی نشت هیدروژن
۳۵۵	کنترل تابش
۳۵۸	نانوسنسورها
۳۵۹	نقاط کوانتومی
۳۶۰	نانو لوله های کربنی
۳۶۱	نانوسنسور فیزیکی
۳۶۱	نمونه های کاربردی از نانوسنسورها
۳۶۲	نانولوله های کربنی به عنوان سنسورهای شیمیایی
۳۶۴	ساخت نانو سنسور شیمیایی حساس به IR با نانو لوله کربنی
۳۶۷	استفاده از نانوذرات کربن جهت ساخت سنسور شیمیایی
۳۶۹	منابع و مراجع