

سوالات استخدامی : سنسور های ربات

۱.۷۱ نمره

۱- سنسور (Sensor) و ترانسادیوسر (Transducer) را تعریف کنید. طبقه بندی سنسورها را از نظر خارجی (extrinsic) و داخلی (intrinsic)، تماسی (contact) و غیرتماسی (noncontact)، و همچنین اکتیو (Active) و پسیو (Passive) با مثال توضیح دهید.

۱.۷۱ نمره

۲- چند نمونه از تقریب های استاندارد تابعی (functional Approximation) را نام برده و توضیح دهید که در صورتیکه که مدل ریاضی سنسور با هیچ یک از موارد استاندارد قابل تقریب نباشد چه روش هایی برای بدست آوردن تابع تبدیل و معکوس آن وجود دارد.

۱.۷۱ نمره

۳- شماتیک مدار تعقیب کننده ولتاژ (voltage follower) را ترسیم و ویژگی ها، نحوه عملکرد و کاربرد آن را توضیح دهید.

۱.۷۱ نمره

۴- نحوه عملکرد، ساختار، و کاربرد آشکارسازهای میکروویو (Microwave motion detector) را توضیح دهید. تشابه و تفاوت آن را با سنسور آلتراسونیک و رادار توضیح دهید. در این سنسورها به چه صورت از اثر داپلر بهره گرفته می شود.

۱.۷۱ نمره

۵- شماتیک، نحوه عملکرد و ساختار ترانسفورماتورهای متغیر خطی (LVDT) و دورانی (RVDT) را جهت اندازه گیری جابجایی توضیح دهید.

۱.۷۱ نمره

۶- نحوه کار سنسور کرنش سنج یا استرین گیج (strain Gauges) را برای اندازه گیری نیرو و فشار توضیح دهید.

۱.۷۴ نمره

۷- مفهوم، محدودیت ها و ویژگی های سنسورهای اندازه گیری فشار خلاء (Vacuum) را توضیح داده و 4 نوع از آن را نام ببرید.

<u>۱.۷۱ نمره</u>	۱- ص ۳-۴
<u>۱.۷۱ نمره</u>	۲- ص ۱۵-۱۷
<u>۱.۷۱ نمره</u>	۳- ص ۱۸۱-۱۸۲
<u>۱.۷۱ نمره</u>	۴- ص ۲۴۹-۲۵۴
<u>۱.۷۱ نمره</u>	۵- ص ۲۸۸-۲۸۹
<u>۱.۷۱ نمره</u>	۶- ص ۳۵۵-۳۵۶
<u>۱.۷۴ نمره</u>	۷- ص ۳۹۳-۳۹۵

- ۱- منظور از تابع تبدیل یک سنسور چیست؟ 3 نمونه از توابع تقریب رایج برای بدست آوردن مدل ریاضی یک سنسور را توضیح دهید.
- ۲- مشخصات کارایی استاتیکی سنسور را تعریف کرده و موارد زیر را توضیح دهید.
- خطای کالیبراسیون (Calibration Error)
 - قابلیت تکرارپذیری (Repeatability)
 - باند مرده (Dead Band)
 - درجه تفکیک (Resolution)
- ۳- اساس کار و مشخصات تقویت کننده های عملیاتی (Operational Amplifiers) بدون فیدبک و با فیدبک را با رسم شکل توضیح دهید.
- ۴- اساس کار سنسورهای حضور نوری (Optical presence sensors) برای آشکارسازهای حضور و حرکت را بیان کرده و چند نمونه کاربرد آن را توضیح دهید.
- ۵- اساس کار و کاربرد سنسورهای جریان گردابی (eddy current sensors) را در اندازه گیری فاصله توضیح دهید.
- ۶- مدل ریاضی شتاب سنج را به صورت معادله دیفرانسیل و تابع تبدیل بدست آورده و مشخصات آن را بیان کنید.
- ۷- اساس کار سنسورهای استرین گیج (Strain Gauges) و مشخصات آن را بیان کنید.

- ۱- تفاوت سنسور و ترانسدیوسر را با مثال توضیح دهید. منظور از فرمت سیگنال خروجی (output signal format) سنسور چیست؟
۱،۷۱ نمره
- ۲- کاربرد، اجزای تشکیل دهنده و اساس کار مبدل های نور به ولتاژ را توضیح دهید.
۱،۷۱ نمره
- ۳- نحوه عملکرد آشکارسازهای تریبوالکتریک (Trieboelectric) برای تشخیص حرکت را توضیح دهید.
۱،۷۱ نمره
- ۴- کاربرد، نحوه کار و ویژگی های سنسورهای خازنی برای اندازه گیری جابجایی و موقعیت را توضیح دهید.
۱،۷۱ نمره
- ۵- اساس کار و اجزای سنسورهای اندازه گیری شتاب پیزوالکتریک و پیزورزیستيو را توضیح داده و مقایسه نمایید.
۱،۷۱ نمره
- ۶- کاربردهای سنسورهای لمسی (Tactile sensors) برای اندازه گیری نیرو را مختصر توضیح دهید. 3 مورد از الزامات یا مشخصه های مطلوب در ساخت سنسور لمسی را بیان کرده و 3 نمونه از روش های طراحی آن را نام ببرید.
۱،۷۱ نمره
- ۷- اساس کار و نحوه عملکرد سنسور فشار رلوکتانس متغیر (VPR) را برای اندازه گیری فشار با ترسیم شکل آن توضیح دهید.
۱،۷۴ نمره

<u>۱.۷۱</u> نمرد	۱- ص ۱-۳
<u>۱.۷۱</u> نمرد	۲- ص ۱۸۶
<u>۱.۷۱</u> نمرد	۳- ص ۲۵۸-۲۵۹
<u>۱.۷۱</u> نمرد	۴- ص ۲۸۴-۲۸۵
<u>۱.۷۱</u> نمرد	۵- ص ۳۳۴-۳۳۵
<u>۱.۷۱</u> نمرد	۶- ص ۳۵۷-۳۵۹
<u>۱.۷۴</u> نمرد	۷- ص ۳۸۸-۳۹۰

- ۱- در صورتیکه که تابع تبدیل سنسور با هیچ یک از توابع استاندارد قابل تقریب نباشد چه روش هایی برای بدست آوردن تابع تبدیل و معکوس آن وجود دارد؟ 2 نمونه را مختصر توضیح دهید.
- ۱۰۰ نمره
- ۲- منظور از امیدانس خروجی و فرمت خروجی سنسور چیست؟ اهمیت و نقش آن را توضیح دهید.
- ۱۰۰ نمره
- ۳- نحوه عملکرد، ساختار، و کاربرد آشکارسازهای میکروویو (Microwave motion detector) را توضیح دهید. تشابه و تفاوت آن را با سنسور آلتراسونیک و رادار توضیح دهید.
- ۲۰۰ نمره
- ۴- پدیده جریان ادی (Eddy Current) یا جریان فوکو و نحوه استفاده از آن در سنسورهای اندازه گیری مسافت و جابجایی را توضیح دهید.
- ۲۰۰ نمره
- ۵- اجزا، نحوه عملکرد و بازه اندازه گیری یک سنسور شتاب سنج خازنی را توضیح دهید.
- ۲۰۰ نمره
- ۶- اثر پیزو الکتریک و اساس کار سنسورهای نیروی مبتنی بر این اثر را توضیح دهید.
- ۲۰۰ نمره
- ۷- اساس کار و نحوه عملکرد سنسورهای اندازه گیری فشار بلوز (Bellows)، دیافراگمی (Membranes) و صفحه ای (Thin plates) را توضیح دهید.
- ۲۰۰ نمره

<u>۱.۰۰ نمره</u>	۱- ص ۱۶-۱۹
<u>۱.۰۰ نمره</u>	۲- ص ۴۰-۴۱
<u>۲.۰۰ نمره</u>	۳- ص ۲۴۹-۲۵۴
<u>۲.۰۰ نمره</u>	۴- ص ۲۹۰-۲۹۲
<u>۲.۰۰ نمره</u>	۵- ص ۳۳۲-۳۳۴
<u>۲.۰۰ نمره</u>	۶- ص ۳۷۰-۳۷۲
<u>۲.۰۰ نمره</u>	۷- ص ۳۷۹-۳۸۱

۱- اصطلاحات زیر را با ذکر یک مثال توضیح دهید:

· ترانسدیوسر (transducer)

· فرمت خروجی سنسور (output signal format)

· سنسور داخلی (internal sensor)

· سنسور فعال (active sensor)

۲,۰۰ نمره

۲,۰۰ نمره

۲- تفاوت بین مشخصات استاتیکی و دینامیکی سنسور در چیست؟ نحوه توصیف مشخصات دینامیکی سنسور را بصورت معادلات ریاضی توضیح دهید.

۲,۰۰ نمره

۳- تقویت کننده و مشخصات آن را بیان کرده و نقش فیدبک را در ساختار آن توضیح دهید. ساختار و نحوه عملکرد تقویت کننده ابزاری (Instrumentation Amplifier) را بیان کنید.

۲,۰۰ نمره

۴- عملکرد، مشخصات و ساختار سنسورهای خازنی و تریبوالکتریک را برای آشکارسازی حضور و حرکت مقایسه کنید.

۲,۰۰ نمره

۵- انواع، اصول عملکرد و ساختار سنسور هال را برای اندازه گیری موقعیت و جابجایی همراه با مثال توضیح دهید.

۲,۰۰ نمره

۶- نیرو، ماهیت، دسته بندی و واحدهای آن را توضیح داده و سه روش برای اندازه گیری آن را نام ببرید.

۲,۰۰ نمره

۷- نحوه عملکرد سنسورهای پیزو مقاومتی (پیزورزیستیو) را برای اندازه گیری فشار مختصر توضیح دهید.

<u>۲,۰۰ نمره</u>	۱- ص ۳-۷
<u>۲,۰۰ نمره</u>	۲- ص ۴۱-۴۳
<u>۲,۰۰ نمره</u>	۳- ص ۱۷۸-۱۸۲
<u>۲,۰۰ نمره</u>	۴- ص ۲۵۶-۲۶۰
<u>۲,۰۰ نمره</u>	۵- ص ۲۹۳-۲۹۷
<u>۲,۰۰ نمره</u>	۶- ص ۳۵۳-۳۵۵
<u>۲,۰۰ نمره</u>	۷- ص ۳۸۱-۳۸۷

- ۱- الف) تفاوت سنسور خارجی (extrinsic) و داخلی (intrinsic)، سنسور تماسی (contact) و غیرتماسی (noncontact)، و اکتیو (Active) و پسیو (Passive) را با چند مثال توضیح دهید.
ب) منظور از فرمت سیگنال خروجی (output signal format) سنسور چیست؟
- ۲- الف) مدل ریاضی سنسور و روش تقریب چندجمله ای (Polynomial Approximation) را برای بدست آوردن عملکرد سنسور توضیح دهید.
- ۳- الف) انتقال داده (Data Transmission) در مدارهای واسط را توضیح دهید.
ب) سه روش انتقال داده آنالوگ را نام برده و یکی از روش ها را توضیح دهید.
- ۴- الف) چهار نمونه از آشکارسازهای حضور و حرکت را نام ببرید.
ب) ساختار، نحوه عملکرد و کاربرد آشکارسازهای موقعیت خازنی (Capacitive Occupancy Detectors) را توضیح دهید.
- ۵- ساختار، نحوه کار (نحوه محاسبه مسافت و تولید سیگنال تحریک) و ویژگی های سنسورهای آلتراسونیک را برای محاسبه مسافت و جابجایی توضیح دهید.
- ۶- الف) نقش و اهمیت ژيروسکوپ را در ناوبری توضیح دهید.
ب) انواع ژيروسکوپ (Gyroscope) را نام برده و نحوه عملکرد و کاربرد یک مورد را مختصر توضیح دهید.
- ۷- الف) مفهوم، محدودیت ها و ویژگی های سنسورهای فشارسنج خلاء (Vacuum) را توضیح دهید.
ب) چهار نمونه از سنسورهای اندازه گیری فشار خلاء را نام ببرید.

<u>نمبر ۲،۳۳</u>	۱- صفحات ۳ تا ۸
<u>نمبر ۲،۳۳</u>	۲- صفحات ۲ تا ۳
<u>نمبر ۲،۳۳</u>	۳- صفحات ۲۲۰ تا ۲۲۲
<u>نمبر ۱،۱۷</u>	۴- صفحات ۲۵۴ تا ۲۵۶
<u>نمبر ۱،۱۷</u>	۵- صفحات ۳۱۴ تا ۳۱۵
<u>نمبر ۲،۳۳</u>	۶- صفحات ۳۳۹ تا ۳۴۶
<u>نمبر ۲،۳۴</u>	۷- صفحات ۳۹۳ تا ۳۹۵

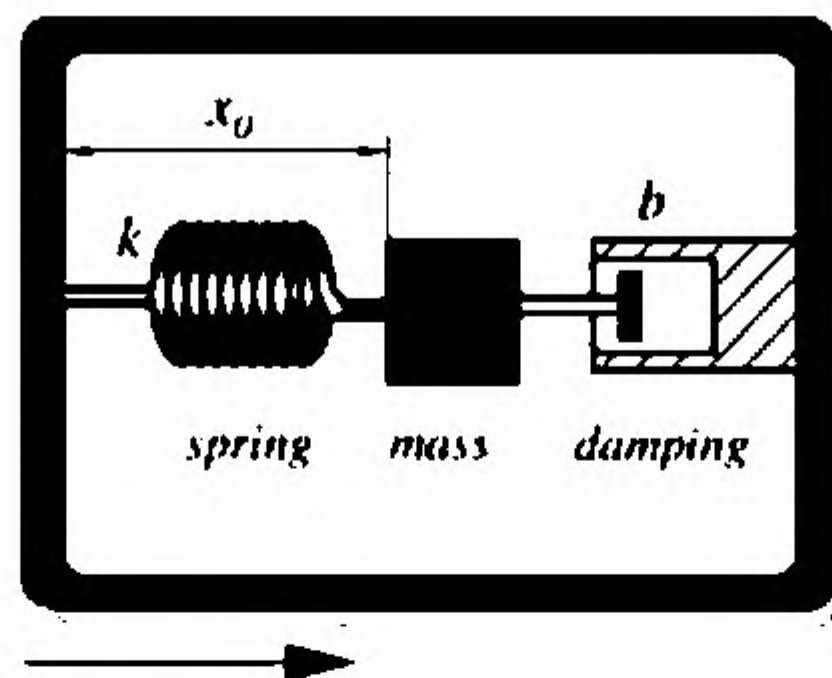
- ۱- الف) تفاوت سنسور و ترانسدیوسر را با مثال توضیح دهید.
ب) سنسور مستقیم (direct) و سنسور مرکب (complex) را تعریف کنید.
- ۲- چند نمونه از تقریب های استاندارد تابعی (functional Approximation) را نام برده و توضیح دهید در صورتی که تابع تبدیل سنسور با هیچ یک از موارد استاندارد قابل تقریب نباشد، چه روش هایی برای بدست آوردن تابع تبدیل و معکوس آن وجود دارد؟
- ۳- مدار تعقیب کننده ولتاژ (voltage follower) را ترسیم نموده و ویژگی ها، نحوه عملکرد و کاربرد آن را توضیح دهید.
- ۴- نحوه عملکرد آشکارسازهای تریبوالکتریک (Trieboelectric) برای تشخیص حرکت را توضیح دهید.
- ۵- کاربرد، نحوه کار و ویژگی های سنسورهای خازنی برای اندازه گیری جابجایی و موقعیت را توضیح دهید.
- ۶- سه نمونه از سنسورهای شتاب سنج را نام برده و عملکرد هر یک را به صورت مختصر توضیح دهید.
- ۷- مفهوم فشار و نحوه محاسبه آن در جامدات و سیالات، واحدهای اندازه گیری و اصول کارکرد سنسور فشار را مختصر توضیح دهید.

٢,٠٠٠ نمبره	١- صفحات 3 الى 4
٢,٠٠٠ نمبره	٢- صفحات 16 الى 17
٢,٠٠٠ نمبره	٣- صفحات 181 الى 182
٢,٠٠٠ نمبره	٤- صفحه 258
٢,٠٠٠ نمبره	٥- صفحات 284 تا 285
٢,٠٠٠ نمبره	٦- صفحات 332 الى 335
٢,٠٠٠ نمبره	٧- صفحات 375 الى 377

- ۱- الف) سنسور (sensor) را تعریف کرده و تفاوت ماهیت سنسورهای ساخت بشر را با حسگرهای طبیعی توضیح دهید؟
ب) منظور از فرمت سیگنال خروجی (output signal format) سنسور چیست؟
- ۲- در مورد هر یک از مشخصه های کارائی استاتیکی سنسور که در زیر آورده شده اند، توضیح مختصری ارائه دهید.
الف - اسپن (Span)
ب - دقت (Accuracy)
ج - هیستریزیس (Hysteresis)
د - غیرخطی بودن (Nonlinearity)
- ۳- سه مورد از انواع مبدل های آنالوگ به دیجیتال (ADC) را نام برده و نحوه کارکرد یکی از آنها را توضیح دهید.
- ۴- نحوه عملکرد آشکارسازهای حرکت اپتوالکترونیک (Optoelectronic) اکتیو و پسیو در طول موج های مختلف را توضیح دهید.
- ۵- برای اندازه گیری موقعیت و جابجایی:
الف) نحوه کار و ویژگی های سنسورهای خازنی را توضیح دهید.
ب) کاربرد سنسورهای خازنی را عنوان کنید.
- ۶- الف) قانون کلی برای محاسبه موقعیت، سرعت و شتاب اجسام را بیان کنید.
ب) مدل ریاضی شتاب سنج و مشخصات کارائی آن را توضیح دهید.
- ۷- الف) نحوه کار سنسورهای لمسی (Tactile sensors) را توضیح دهید.
ب) انواع سنسورهای لمسی (Tactile Sensors) را برای اندازه گیری نیرو نام برده و توضیح دهید.

۲,۰۰ نمره	۱- صفحات ۲ تا ۳
۲,۰۰ نمره	۲- صفحات ۳۰ تا ۳۶
۲,۰۰ نمره	۳- صفحات ۱۹۶ تا ۲۰۸
۲,۰۰ نمره	۴- صفحات ۲۶۰ تا ۲۶۱
۲,۰۰ نمره	۵- صفحات ۲۸۴ تا ۲۸۷
۲,۰۰ نمره	۶- صفحات ۳۲۹ تا ۳۳۱
۲,۰۰ نمره	۷- صفحات ۳۵۷ تا ۳۵۸

- ۱- سنسور (Sensor) و ترانسدیوسر (Transducer) را تعریف کنید. طبقه بندی سنسورها را از نظر خارجی (extrinsic) و داخلی (intrinsic)، تماسی (contact) و غیرتماسی (noncontact)، و همچنین اکتیو (Active) و پسیو (Passive) با مثال توضیح دهید.
- ۲- اپ امپ حلقه باز و حلقه بسته را توضیح دهید. علت استفاده از فیدبک منفی چیست؟ نمودار کلی لگاریتمی بهره - فرکانس آنها را رسم و مختصر توضیح دهید.
- ۳- نحوه عملکرد، ساختار، و کاربرد آشکارسازهای میکروویو (Microwave motion detector) را توضیح دهید. تشابه و تفاوت آن را با سنسور آلتراسونیک و رادار توضیح دهید. در این سنسورها به چه صورت از اثر داپلر بهره گرفته می شود.
- ۴- انواع سنسورهای سلفی و مغناطیسی را نام برده و نحوه کار آنها را مختصر توضیح دهید. کاربرد، نحوه عملکرد و ساختار ترانسفورماتورهای متغیر خطی (LVDT) و دورانی (RVDT) را توضیح دهید.
- ۵- قانون کلی برای محاسبه موقعیت، سرعت و شتاب اجسام را بیان کنید. مدل ریاضی شتاب سنج (فهر - جرم - دمپر) را بیان و توضیح دهید.



- ۶- نحوه کار سنسور کرنش سنج یا استرین گیج (strain Gauges) و کاربرد آن را توضیح دهید.
- ۷- مفهوم فشار و نحوه محاسبه آن در جامدات و سیالات، واحدهای اندازه گیری و اصول کارکرد سنسور فشار را مختصر توضیح دهید. ۳ نمونه از سنسورهایی که برای اندازه گیری جابجایی ناشی از فشار مورد استفاده قرار می گیرند را نام ببرید.

پاسخ سوال ۱

سنسور ابزاری است که یک تحریک را دریافت کرده و با سیگنال الکتریکی به آن پاسخ می دهد یا مبدل یک کمیت غیرالکتریکی به الکتریکی می باشد یا مبدل انرژی است. ترانسدیوسر یک تبدیل از هر یک نوع انرژی را به دیگری است، در حالی که سنسور تبدیل هر نوع انرژی را به انرژی الکتریکی. نمونه ای از یک مبدل از یک بلندگو که یک سیگنال الکتریکی را به یک میدان مغناطیسی متغیر و در نتیجه، به امواج صوتی تبدیل می کند.

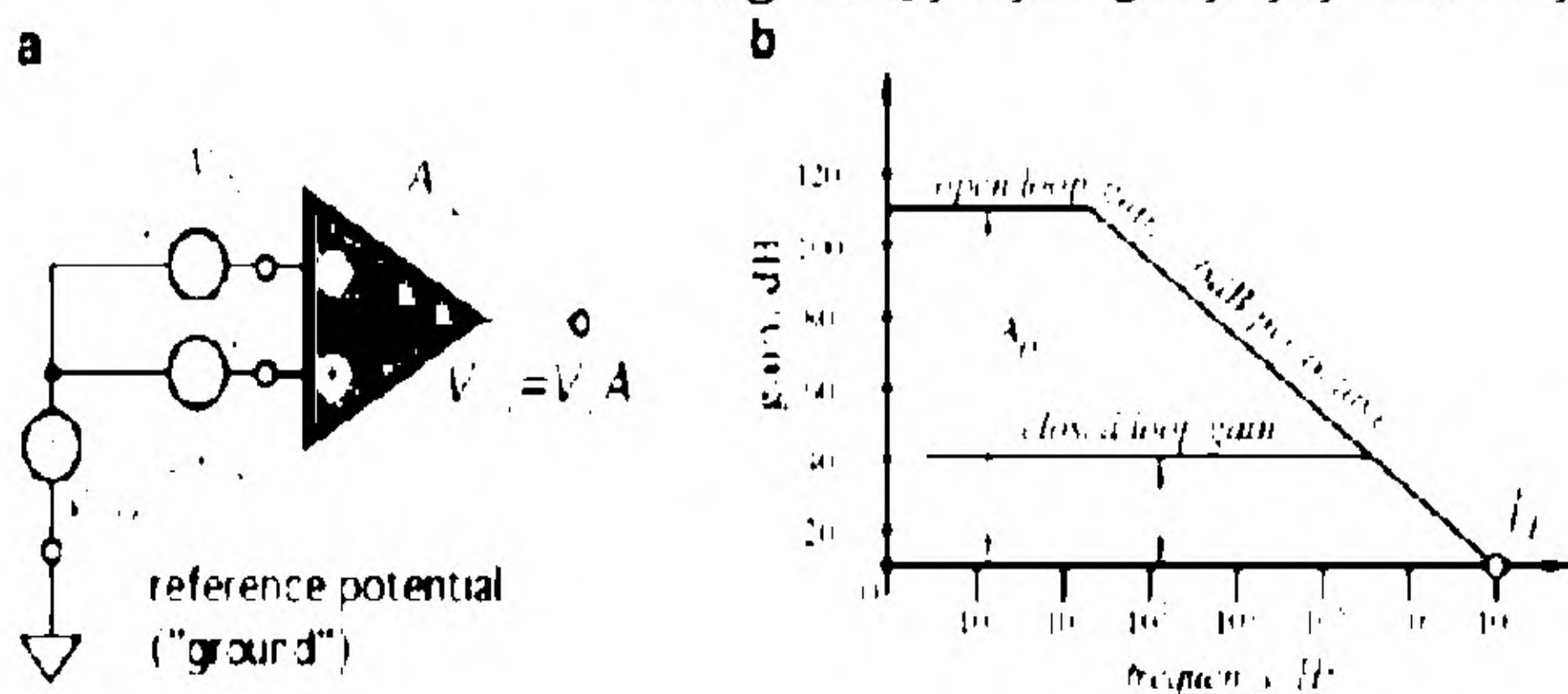
جای سنسور در یک دستگاه می تواند داخلی یا خارجی باشد. سنسور ممکن است در ورودی یک دستگاه برای دریافت اثرات خارجی محیط و پاسخ به تغییرات در محرک های خارجی قرار گیرد مانند سنسور فشار. همچنین، ممکن است سنسور در یک بخش داخلی دستگاه برای نظارت بر حالت خود دستگاه برای عملکرد مناسب مورد استفاده قرار گیرد مانند سنسور جابجایی مفصل ربات.

سنسورهای فعال و غیر فعال: تمام سنسور ممکن است از دو نوع باشد. سنسور منفعل هیچ منبع انرژی اضافی نیاز ندارد و به طور مستقیم تولید یک سیگنال الکتریکی در پاسخ به یک محرک خارجی را انجام می دهند. عبارت دیگر، انرژی محرک ورودی توسط سنسور به سیگنال خروجی تبدیل می شود، مانند ترموکوپل، یک دیود حساس به نور (photodiode) و سنسور پیزوالکتریک. بسیاری از سنسورهای غیر فعال سنسور مستقیم می باشند.

سنسور فعال نیاز به منبع تغذیه خارجی برای عملیات خود دارد که یک سیگنال تحریک نامیده می شود. این سیگنال توسط سنسور برای تولید سیگنال خروجی به محیط ارسال می گردد مانند سنسور ماکروویو یا آلتراسونیک.

پاسخ سوال ۲

بهره حلقه باز، AOL، یک OP AMP همیشه مشخص است اما یک پارامتر بسیار پایدار نیست. نمودار آن تابع فرکانس است که بطور تقریبی در شکل زیر نمایش داده شده است. بهره بامقاومت بار، دما و نوسانات منبع تغذیه تغییر می کند. بسیاری از تقویت کننده ها یک ضریب دمای بهره حلقه باز ۰.۲ تا ۱٪/C و ضریب حساسیت به منبع تغذیه ۱٪ دارند. بنابراین اپ امپ به ندرت بصورت حلقه باز (بدون قطعات بازخورد) استفاده میشود زیرا بهره بالا حلقه باز ممکن است موجب بی ثباتی مدار، رانندگی نسبت به دما، نویز، و غیره شود. مدار حلقه بسته در بازه فرکانس گسترده تری ثابت می باشد.



اصول عملکرد یک آشکارساز میکروویو بر اساس تابش امواج فرکانس رادیویی الکترومغناطیسی (RF) به سمت منطقه حفاظت شده است. امواج الکترومغناطیسی بازگشتی (منعکس) از اجسامی که اندازه آنها از طول موج سیگنال تحریک بزرگتر می باشد دریافت شده، تقویت و تجزیه و تحلیل می شوند. تاخیر زمانی بین ارسال سیگنال و دریافت بازتاب سیگنال برای اندازه گیری فاصله از شی استفاده می شود، در حالی که شیفتر فرکانس برای اندازه گیری سرعت حرکت جسم استفاده می شود.

بخش میکروویو آشکارساز متشکل از یک اسیلاتور کان، آنتن و یک دیود میکسر است. نوسان ساز گان یک دیود است که در یک حفره کوچک دقیق نصب شده است، که، برحسب میزان قدرت، در فرکانس های میکروویو نوسان می کند. نوسان ساز امواج الکترومغناطیسی (فرکانس f_0) ایجاد می کند که بخشی از آن از طریق عنبر به یک هدایت کننده موج و آنتن برای تمرکز منتقل می شود که پرتو به سمت جسم را هدایت می کند. ویژگی های تمرکز آنتن توسط مورد کاربرد تعیین می شود. به عنوان یک قاعده کلی، هرچه قدر دیاگرام هدایت آنتن باریک تر باشد، بهره آن بیشتر و حساس تر خواهد بود. یکی قانون کلی دیگر این است. قدرت تابش معمولی از فرستنده ۱۰-۲۰ مگاوات است. یک اسیلاتور گان به ثبات ولتاژ DC حساس می باشد و بنابراین، باید توسط یک تنظیم کننده ولتاژ با کیفیت خوب تامین شود. نوسان ساز ممکن است به طور مداوم و یا بصورت پالسی عمل کند، که باعث کاهش مصرف برق از منبع تغذیه می شود.

بخش کمتری از نوسانات میکروویو با دیود میکسر شاتکی متصل شده و به عنوان یک سیگنال مرجع عمل می کند. در بسیاری از موارد، فرستنده و گیرنده در یک ماژول موجود می باشند. جسم هدف اثرات برخی از امواج را به سمت آنتن بازتاب می کند، که آنتن آنها را به سمت دیود میکسر هدایت می کند که جریان آن شامل یک هارمونیک با اختلاف فاز بین امواج ارسالی و دریافتی است. اختلاف فاز در ارتباط مستقیم فاصله تا هدف است. آشکارساز حساس به فاز عمدتاً مفید برای تشخیص فاصله از هدف است. با این حال، در یک سنسور حرکت، جنبش و نه فاصله، باید تشخیص داده شود. بنابراین، برای آشکارساز اشغال و حرکت، اثر داپلر اساس کار برای عملکرد آشکارسازهای میکروویو و مافوق صوت است. لازم به ذکر است که دستگاه مبتنی بر اثر داپلر یک آشکارساز حرکت درست است زیرا پاسخگو تنها به اهداف در حال حرکت می باشد.

آنتن یک فرکانس f_0 ارسال می کند که با طول موج λ_0 تعیین می شود.

$$f_0 = \frac{c_0}{\lambda_0}$$

c_0 سرعت نور در هوا است. هنگامیکه هدف به آنتن نزدیک یا دور می شود، فرکانس برگشتی تغییر می کند. بنابراین اگر جسم با سرعت v از آنتن دور شود، فرکانس برگشتی کاهش یافته با نزدیک شدن جسم افزایش می یابد.

فرکانس امواج الکترو مغناطیسی بازگشتی از رابطه نسبیت انشتین بدست می آید:

$$f_r = f_0 \sqrt{\frac{1 - \left(\frac{v}{c_0}\right)^2}{1 + \frac{v}{c_0}}}$$

زمانیکه جسم با سرعت کمی حرکت می کند مقدار $(v/c_0)^2$ در مقایسه با ۱ بسیار کم است و قابل چشم پوشی می باشد. در نتیجه معادله برای فرکانس برگشتی مشابه امواج صوتی می شود:

$$f_r = f_0 \frac{1}{1 + \frac{v}{c}}$$

در نتیجه دیود میکسر از فرکانس مرجع و بازگشتی یک جریان تولید می کند که شامل چندین هارمونیک می باشد:

$$i = i_0 + \sum_{k=1}^n a_k (U_1 \cos 2\pi f_0 t + U_2 \cos 2\pi f_r t)^k.$$

پاسخ سوال ۴

- سنسور LVDT و RVDT
- سنسور جریان گردابی (Eddy Current Sensors)
- سنسور القای عرضی (Inverse Inductive SensorTra)
- سنسور اثر هال (Hall Effect Sensors)
- سنسورهای مگنتورزیستيو (Magnetoiresistive)
- سنسورهای مگنتواسترئیکتو (Magnetostrictive)

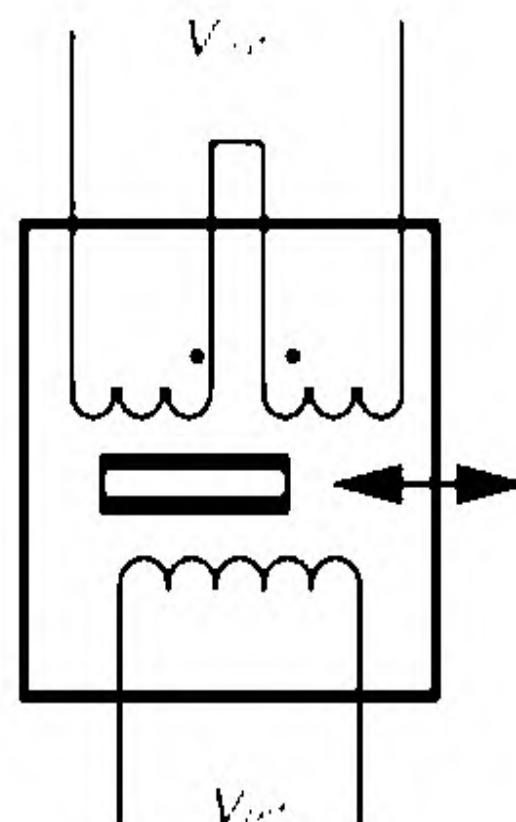
ترانسفورماتورهای تفاضلی بر دو نوع می باشند:

الف- LVDT

ب- RVDT

از مزایای مهم LVDT و RVDT نسبت به پتانسیومتر، عمر تقریباً بی نهایت آن می باشد و علت آن هم عدم وجود اصطکاک بین هسته و بدنه می باشد و این مسئله کاربرد آن را در صنعت و بخصوص کارهایی که قابلیت اطمینان بالا را نیاز دارد مثل هواپیما و ... بسیار زیاد کرده است.

LVDT - این حس کننده در اصل یک ترانسفورماتور با یک سیم پیچ اولیه و دو سیم پیچ ثانویه کاملاً مشابه می باشد. سیم پیچ اولیه معمولاً توسط یک ولتاژ سینوسی با دامنه بین ۳ تا ۱۵ ولت (RMS) و فرکانس ۶۰ هرتز الی ۲۰ کیلو هرتز تحریک می گردد. ولتاژهای القایی در سیم پیچ های ثانویه تابعی از موقعیت هسته می باشد. در صورتیکه هر دو ثانویه به صورت سری و در جهت مخالف هم بسته شوند، در موقعیت میانی هسته دامنه ولتاژ خروجی صفر می باشد. جا به جایی هسته از این نقطه باعث افزایش ضریب القای متقابل بین اولیه و یکی از ثانویه ها و همچنین کاهش این ضریب بین اولیه و ثانویه دیگر می گردد. بدین ترتیب خروجی تابعی تقریباً خطی نسبت به تغییر مکان X می باشد.



RVDT - این وسیله از نظر عملکرد کاملاً شبیه LVDT میباشد، با این تفاوت که حرکت هسته به صورت چرخشی حول یک محور می باشد و لذا برای اندازه گیری موقعیت زاویه ای به کار می رود. RVDT قادر به چرخش کامل می باشد ولی بسیاری از آنها تا محدوده $\pm 40^\circ$ درجه تغییرات زاویه ای را بصورت خطی اندازه گیری می کنند. در این محدوده خطی بودن حدود $\pm 1\%$ می باشد. در صورتی که حدود اندازه گیری کمتر از این مقدار باشد خطی بودن به میزان قابل توجهی کاهش می یابد.

پاسخ سوال ۵

شتاب یک ویژگی دینامیکی از یک شی است، زیرا با توجه به قانون دوم نیوتن اساساً نیاز به استفاده از یک نیروی دارد. یک موقعیت ثابت نیازی به استفاده از یک نیروی ندارد. تغییر در یک موقعیت با سرعت مرتبط است و نیازی به یک نیروی ندارد، اگر یک نیروی مخالف، مانند اصطکاک وجود نداشته باشد. بنابراین شتاب همواره نیاز به اعمال یک نیرو دارد. در واقع، موقعیت، سرعت و شتاب همه با هم مرتبط می باشند. سرعت مشتق اول موقعیت و شتاب مشتق دوم آن است. با این حال، در یک محیط پر از اغتشاشات، استفاده از مشتقات ممکن است باعث خطا بسیار بالا شود، حتی اگر مدارات آماده سازی سیگنال پیچیده نیز به کار گرفته شوند. بنابراین، سرعت و شتاب از آشکارسازهای موقعیت محاسبه نمی شوند، بلکه توسط سنسورهای خاصی اندازه گیری می شوند. بعنوان یک قاعده کلی، در کاربردهای با فرکانس پایین (دارای یک پهنای باند از ۰ تا ۱۰ هرتز)، اندازه گیری موقعیت و جابجایی دقت خوب را ارائه می کند. در کاربردهای با فرکانس متوسط (کمتر از ۱ کیلو هرتز)، اندازه گیری سرعت معمولاً مناسب تر است. در کاربردهای با فرکانس بالا با سطح نویز قابل ملاحظه اندازه گیری شتاب ارجح است. با استفاده از قانون دوم نیوتن برای حرکت داریم

$$Mf = -kx - b \frac{dx}{dt}.$$

با معرفی پارامترهای $\omega_0 = \sqrt{k/M}$ و $2\xi\omega_0 = b/M$ داریم

$$X(s) = - \frac{A(s)}{s^2 + 2\xi\omega_0 s + \omega_0^2}.$$

که در آن ω_0 - فرکانس طبیعی نامیرا و ξ ضریب میرایی نرمالیزه است. بنابراین تابع تبدیل برابر است با

$$G(s) = - \frac{1}{s^2 + 2\xi\omega_0 s + \omega_0^2}.$$

که حل آن با تبدیل معکوس لاپلاس بدست می آید:

یک شتاب سنج به درستی طراحی، نصب و کالیبره شده باید به وضوح دارای فرکانس (طبیعی) رزونانس و پاسخ فرکانسی مسطح (پهنای باند) باشد که در آن دقیق ترین اندازه گیری را می توان انجام داد داشته باشد. در این ناحیه با شیب صفر، هنگامیکه فرکانس ارتعاشی تغییر می کند، خروجی سنسور به درستی تغییر را بدون ضرب سیگنال در هر گونه تغییرات در مشخصه فرکانسی شتاب سنج منعکس می کند. در بسیاری از شتاب سنج ها به منظور بهبود محدوده فرکانس با محدود کردن اثرات رزونانس از میرایی ویسکوز (روغن سیلیکون) استفاده می شود.

استرین گیج (یا کرنش سنج) وسیله ای برای اندازه گیری کرنش است. کرنش یک کمیت مکانیکی است و تعریف آن به این شکل است: تغییرات طول یک جسم تقسیم بر طول اولیه آن یا به عبارت دیگر تغییرات نسبی طول. برای مثال اگر یک میله فلزی یک متری را بکشیم طوری که ۱۰۰ میکرو متر افزایش طول بدهد، کرنش ایجاد شده در آن برابر با ۱۰۰ میکرو متر بر متر خواهد شد.

خود کرنش سنج یک مقاومت فلزی است که جنس آن معمولاً کنستانتان است و خاصیت آن این است که تغییرات مقاومتی آن نسبت به تغییر طول آن خطی است که به این اثر پیزورزیستو (piezoresistive effect) می گویند و شیب این رابطه با فاکتور گیج (Gauge factor) بیان می شود و برای کنستانتان حدوداً برابر ۲ است.

$$\frac{dR}{R} = S_e \epsilon.$$

برای تغییرات کوچک در مقاومت، کمتر از ۲ درصد، مقاومت سیم فلزی را می توان با یک معادله خطی تقریب زد:

$$R = R_0(1 + \nu).$$

کرنش سنجهای نیمه هادی هم وجود دارند که زیاد خطی نیستند و به حرارت هم حساسند بنابراین برای کارهای دقیق زیاد مناسب نیستند اما فاکتور گیج آنها بسیار بیشتر از کرنش سنجهای فلزی و در حدود چند صد است

کاربردهای کرنش سنج زیاد است. اولین کاربرد آن اندازه گیری تنش یا Stress می باشد. یک زمینه وسیع از کاربردهای کرنش سنج استفاده از اون در ساخت سنسورهاست. اکثر لودسلها با کرنش سنج ساخته میشوند. دسته ای از فشارسنجها هم همینطور. در این سنسورها، کمیتی که قرار است اندازه گیری شود (مانند نیرو در لودسل و فشار در فشارسنج)، باعث ایجاد کرنش در یک قسمت سنسور میشود، طوری که کرنش ایجاد شده با کمیت فیزیکی رابطه خطی دارد، سپس کرنش توسط کرنش سنج اندازه گیری میشود..

پاسخ سوال ۷

به طور کلی، ماده را می توان به مواد جامد و سیال طبقه بندی نمود. سیال توانایی جریان یافتن ماده را توصیف می کند. این شامل مایعات و گازها می شود. تمایز بین مایعات و گازها بطور کامل تعریف شده نیست. با تغییر فشار، می توان مایع را به گاز و برعکس تبدیل کرد. اعمال فشار به یک سیال در هر جهت ممکن نیست و فقط عمود بر سطح فشار اعمال می شود. در هر زاویه ای، به جز ۹۰ درجه، سیال جریان پیدا می کند. بنابراین، فشار اعمال شده در مرزها عمود بر سطح است. برای سیال در حالت تعادل، فشار را می تواند بصورت نیروی F عمود بر روی یک واحد مساحت از سطح مرزی تعریف کرد

$$p = \frac{dF}{dA}.$$

فشار است اساسا یک مفهوم مکانیکی است که می توان آن را به طور کامل در واحدهای اصلی جرم، طول، و زمان توصیف کرد. این یک واقعیت است که فشار به شدت تحت تاثیر موقعیت در محدوده سیال می باشد. تغییرات فشار نسبت به ارتفاع و وزن مخصوص از رابطه زیر بدست می آید:

$$dp = - w dh.$$

که در آن W وزن مخصوص سیال، و h ارتفاع است. فشار به شکل ظرف بستگی ندارد. بنابراین بنابراین، انواع زیادی از سنسور فشار را می توان بدون نگرانی از شکل و ابعاد طراحی نمود. اگر فشار به یکی از دو طرف سطح احاطه کننده سیال یا گاز وارد شود، فشار به تمام سطح بدون کاهش مقدار آن منتقل می شود. تئوری جنبشی گازها بیان می کند که فشار را می توان به عنوان کل انرژی جنبشی مولکولهای "حمله کننده" به سطح در نظر گرفت.

$$p = \frac{2}{3} \frac{KE}{V} = \frac{1}{3} \rho C^2 = NRT,$$

که در آن KE انرژی جنبشی، V-حجم، C میانگین مربعات سرعت های مولکولی، ρ چگالی، N تعداد مولکول ها در واحد حجم، R- ثابت مخصوص گاز، و T دمای مطلق است. معادله بالا نشان می دهد که فشار و چگالی یک سیال تراکم پذیر (گازها) به صورت خطی مرتبط می باشند. افزایش فشار منجر به افزایش تراکم و چگالی می شود، به عنوان مثال، در دمای صفر درجه سانتیگراد و ۱ اتمسفر فشار هوا دارای چگالی ۱.۳ kg/m³، در حالی که در همان دما و فشار ۵۰ اتمسفر، چگالی آن ۶۵ kg/m³ است که ۵۰ برابر بیشتر است. در مقابل، برای مایعات، بخاطر تراکم پذیر نبودن آنها، چگالی بسیار کم در محدوده گسترده ای از فشار و دما تغییر می کند. به عنوان مثال، آب در دمای ۰ درجه سانتیگراد و ۱ اتمسفر، دارای چگالی ۱۰۰۰ kg/m³ است، در حالی که در همان دما و فشار ۵۰ اتمسفر چگالی آن ۱۰۰۲ kg/m³ است، و در دمای ۱۰۰ درجه و فشار ۱ اتمسفر چگالی آن ۹۵۸ kg/m³ است

هرگاه نیرویی بطور یکنواخت بر واحد سطح وارد شود، خارج قسمت این نیرو بر واحد سطح را فشار گویند. واحد آن (N/m²) است و طبق تعریف داریم:

$$P = \frac{F}{A}$$

واحدهای فشار (Units of Pressure)

$$1 \text{ Pascal} = 1 \text{ N/m}^2$$

$$1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$$

$$1 \text{ PSI} = 1 \text{ pound / square inch} [1 \text{ in}^2]$$

$$1 \text{ pascal} = 0.000145037738 \text{ psi}$$

- سنسورهای رایج برای اندازه گیری جابجایی ناشی از اعمال فشار عبارتند از
- ? گيج‌های کشش پیزو رزیستور
 - ? خازنی
 - ? الکترومغناطیسی