مقدمه و اهداف دوره

اهمیت و اهداف دوره:

اهمیت دوره :این دوره طراحی شده تا با مبانی الکترونیکی دستگاه‌های شنوایی، از جمله سمعک‌ها، ادیومترها و سایر تجهیزات تست شنوایی آشنا شویم. درک این اصول برای شنوایی‌شناسان آینده ضروری است تا بتوانند در تنظیم، تشخیص و رفع مشکلات اولیه دستگاه‌های شنوایی مؤثر و کارآمد عمل کنند.

اهداف دوره:

الف- **آموزش اصول پایه الکترونیک و چگونگی کارکرد دستگاه‌های شنوایی :**دانشجویان اصول اولیه مدارهای الکتریکی و الکترونیکی را یاد می‌گیرند و می آموزند که چگونه این اصول در ساختار و عملکرد دستگاه‌های شنوایی به کار می‌رود.

ب- **مهارت‌های عملی برای تعمیر و نگهداری دستگاه‌های شنوایی :**آموزش تعمیرات اولیه و نگهداری دستگاه‌های مورد استفاده در کلینیک‌های شنوایی به دانشجویان کمک می‌کند تا در مواجهه با مشکلات فنی مهارت پیدا کنند.

ج- **توانایی ارزیابی و انتخاب مناسب ترین تجهیزات برای کلینیک :**دانشجویان یاد می‌گیرند چگونه استانداردهای فنی و کیفیت دستگاه‌ها به آنها کمک می کند تا بر اساس نیازهای خاص بیماران، دستگاه مناسب را انتخاب کنند.

د- **درک بهتر نوآوری‌های فناوری در صنعت شنوایی :**با پیشرفت‌های تکنولوژیکی مداوم، دانشجویان به روز می‌شوند و می‌توانند به طور مؤثر از فناوری‌های نوین در محیطهای کلینیکی و تحقیقاتی استفاده کنند.

به علت ماهیت خاص انرژی صوت، اکثر دستگاه های مولد صوت در ادیومتری و نیز تقویت کننده های صوت، دستگاه های الکترونیکی می باشند. در نتیجه درک بهتر مفاهیم الکترونیک، الزامات استانداردی و نیز شناخت اصول کارکرد آنها می تواند در جهت کم کردن استهلاک تجهیزات و نیز تشخیص و رفع نواقص آنها مفید باشد.

مطالب ارائه شده در بخش الکترونیک از مراجع معتبر فیزیک الکتریسیته و نیز کتب الکترونیک عمومی و مطالب بخش تجهیزات و کالیبراسیون از مراجع تخصصی و نیز مقالات استانداردهای ادیومتری گردآوری شده است.

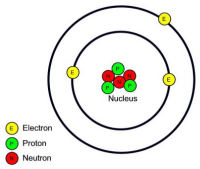
سعید سالک 1396/10

به روز رسانی شده 1404

بخش اول : یادآوری مفاهیم الکتریسیته

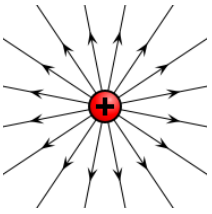
ساختمان اتم

اتم‌ها از ترکیب الکترون‌ها و پروتون‌ها تشکیل شده‌اند و هسته اتم‌ها نیز از پروتون‌های مثبت و نوترون‌های خنثی.

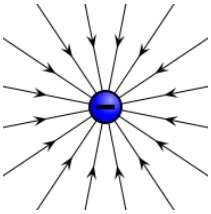


بار الکتریکی

بار الکتریکی یکی از خواص فیزیکی ماده است. مواد دارای دو نوع بار الکتریکی مثبت و منفی می باشند. بین دو ماده با بارهای هم نام نیروی رانش و ناهم نام ربایش ایجاد می شود.



میدان الکتریکی ایجاد شده توسط بار مثبت



میدان الکتریکی ایجاد شده توسط بار منفی

واحد بار الکتریکی کولمب Coulomb نامیده می شود و آن معادل بار الکتریکی 6/24×ده به توان18 الکترون است.

طبقه بندی اجسام

اجسام موجود در طبیعت از نظر بار الکتریکی به 3 دسته تقسیم می شوند:

- نارسانا Dielectric : اجسامی اند که در آنها الکترون آزاد وجود ندارد. مثل شیشه – چوب – میکا
- رسانا Conductor : دارای تعداد زیادی الکترون آزادند. مثل فلزات
- نیمه رسانا Semiconductor : اجسامی اند که از نظر الکتریکی بین رساناها و نیمه رساناها قرار دارند. مثل ژرمانیوم و سیلیسیوم

انرژی: توانائی انجام کار است و واحد آن ژول (J) است. $W=V.I.t$

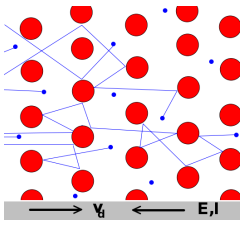
توان: مقدار انرژی مصرفی آن جسم در واحد زمان است. توان بر حسب وات سنجیده می شود. $P=V.I$

الکتریسیته جاری: اگر بار الکتریکی را در یک جسم به حرکت در آوریم تولید الکتریسیته جاری نموده ایم.

اختلاف پتانسیل: در صورت ایجاد اختلاف پتانسیل الکتریکی بین دو نقطه الکترون های آزاد در رساناها به حرکت در می آیند و جریان الکتریکی برقرار خواهد شد. واحد اختلاف پتانسیل ولت نامیده می شود و آن $V=J/C$ معادل کار انجام شده بر واحد بار است.

شدت جریان الکتریکی: مقدار بار جابجا شده در در واحد زمان است. $I=q/t$

مقاومت الکتریکی: همه اجسام در مقابل عبور جریان الکتریکی از خود مقاومت نشان می دهند حتی رساناها هم از نظر قابلیت هدایت جریان با یکدیگر فرق می کنند. الکترون های یک جسم در حین حرکت معمولا به اتم های ساکن در جسم برخورد می کنند و در اثر همین برخورد ها مسیر حرکت الکترون ها مستقیم نیست و در نتیجه مقداری از انرژی الکترون ها به صورت حرارت از بین می رود.



Microscopic origins of Ohm's law

میزان برخورد الکترون ها با اتم ها در همه اجسام به یک میزان نبوده و به همین علت مقاومت الکتریکی همه رساناها یکسان نمی باشد.

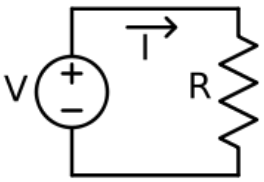
مقاومت الکتریکی غالبا یک پدیده ناخواسته است چون سبب افت انرژی در طی انتقال می شود.

ولتاژ: اختلاف پتانسیل در دو سر مولد را نیروی محرکه الکتریکی و اختلاف پتانسیل در دو سر بار الکتریکی (مصرف کننده) را ولتاژ می نامند.

قانون اهم: رابطه بین ولتاژ دو سر یک رسانا و جریان آن است.

$$I = \frac{V}{R} \quad \text{or} \quad V = IR \quad \text{or} \quad R = \frac{V}{I}.$$

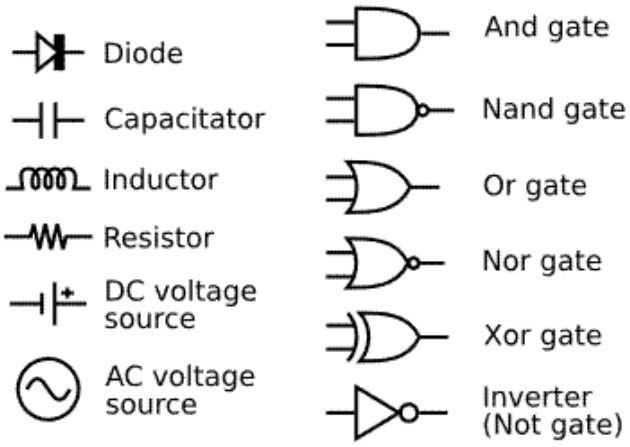
مدار الکتریکی: مسیر بسته ای است که امکان عبور جریان را فراهم نماید.



مثل اتوسکوپ: (+) ----- [Battery] ---- [Switch] ---- [LED] ----- (-)

سمبل مداری (Schematic)

معمولا چون ترسیم شکل واقعی قطعات آسان نیست برای هر قطعه یک سمبل مداری در نظر گرفته شده است. مانند:

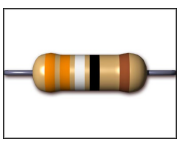


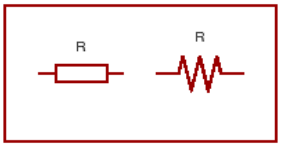
بخش دوم: یادآوری قطعات الکترونیک

مقاومت (Resistor)

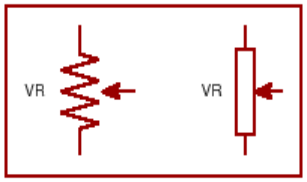
این قطعه در موارد مختلفی از قبیل محدود کردن جریان، تقسیم جریان ویا تقسیم ولتاژ استفاده می شود. قطعه مقاومت در اشکال بسیار متنوعی تولید می شود که با توجه به موقعیت قرارگیری در دستگاه و نیز کاربرد آن در مدار، یکی از انواع آن استفاده می گردد.

1-مقاومت ثابت: که مقدار آن را سازنده تعیین نموده و قابل تغییر نخواهد بود، که به فراوانی در مدارات الکترونیکی از آن استفاده می گردد. اشکال واقعی و شماتیک آن :

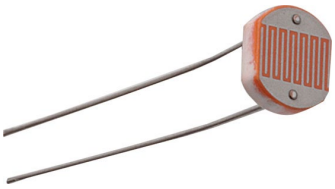
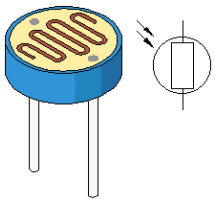




2-مقاومت قابل تنظیم:مقدار اهمی آن بین صفر و مقداری حداکثر ولی تعریف شده توسط کاربر قابل تغییر خواهد بود.مثل ولوم مورد استفاده بر روی دستگاه های صوتی ویا ادیومترها



3-مقاومت متغیر: مقدار اهمی این قطعه وابسته به یکی از مولفه های محیطی می باشد. مثل داشتن وابستگی به حرارت و یا نور که در نور سنج ها استفاده می گردد.

مشخصات مقاومت

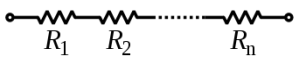
مقاومت ها نیز مانند هر قطعه دیگری دارای مشخصات تعریف شده ای هستند که کارخانه سازنده برای آن تعیین می نماید. بسیاری از این مشخصه ها به صورت کدهایی بر روی این قطعات درج شده اند.

به طور مثال این مشخصه ها عبارتند از : مقدار اهمی که مهمترین مشخصه مقاومت است و بر حسب اهم سنجیده می شود – توان مجاز حداکثر توانی است که مقاومت به طور دائم می تواند در خود تلف نماید و رابطه مستقیم با ابعاد مقاومت دارد - تولرانس یا ضریب خطا تفاوت میان مقدار اهمی واقعی با مقدار اسمی می باشد که به صورت درصد مشخص می شود – ضریب حرارتی برابر است با در صد تغییرات مقداری قطعه به ازاء تغییرات دما - و ..... .

آگاهی داشتن از این مشخصات برای طراحان مدارات الکترونیکی الزامی است تا بتوانند مطلوب ترین قطعه را برای آن کاربرد خاص انتخاب نمایند.

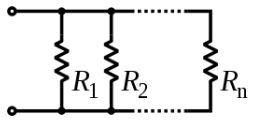
همانطور که به خاطر دارید مقاومت ها به دو صورت کلی به یکدیگر متصل می شوند.

سری یا متوالی: که در این صورت مقدار اهمی معادل برابر با جمع مقدار اهمی همه مقاومت ها است و نیز ولتاژ دو سر مدار معادل جمع ولتاژ دو سر هر مقاومت بوده و جریان در طول شاخه یکسان خواهد بود.



$$R_{eq} = R_1 + R_2 + \cdots + R_n$$

اتصال موازی: که در این صورت مقدار اهمی معادل برابر است با نسبت حاصل ضرب مقدار اهمی تمام مقاومت ها به حاصل جمع آنها و جریان معادل برابر جمع جریان عبوری از هر یک از مقاومت ها در طول شاخه و ولتاژ نیز در دو سر همه مقاومت ها برابر خواهد بود.



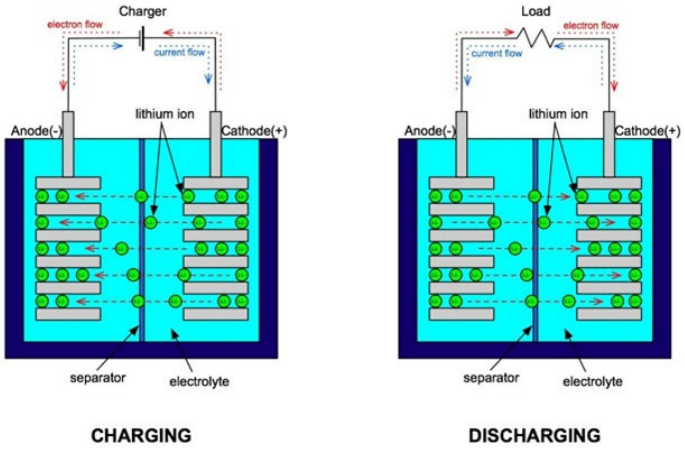
$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \cdots + \frac{1}{R_n}$$

باتری (Battery)

به طور کلی هر باتری از 3 بخش اصلی الکترود مثبت، الکترود منفی و الکترولیت تشکیل شده است. در باتری‌های لیتیم-یون، الکترود مثبت از یک ترکیب لیتیم مانند لیتیم کبالت اکسید و الکترود منفی از کربن ساخته شده و یک لایه جدا کننده در بین آن‌ها قرار دارد.

باتری‌های لیتیم-یون دارای بالاترین چگالی انرژی در میان باتری ها می باشند، بطوری که تقریبا معادل 2برابر انرژی حاصل از باتریهای نیکل- کادمیم را فراهم می نمایند و نیز در مقایسه دارای وزن و حجم 3 تا 5 برابر کمتری هستند. باتری گوشی تلفن همراه و لپ تاپ ها از این نوع می باشند.

باتری ها به دو دسته کلی قابل شارژ و غیر قابل شارژ تقسیم بندی می شوند. با توجه به ساختار شیمیایی که باتری ها دارا می باشند می توان انتظار داشت که دمای محیط بر روی سرعت واکنش تاثیر خواهد گذاشت.



ظرفیت باتری ها به این صورت تعریف شده است: مقدار انرژیی که یک باتری می تواند در زمان تعریف شده تحویل دهد. مثلا باتری1/5ولتی با ظرفیت 400 میلی آمپر ساعت.

نکاتی در مورد باتری ها:

اطمینان از قرارگیری صحیح :باید مطمئن شویم که باتری‌ها به درستی در دستگاه قرار گرفته‌اند. رعایت قطب‌های مثبت (+) و منفی (-) باتری بسیار مهم است.

تمیزی اتصالات :اطمینان حاصل کنیم که محل اتصال باتری و دستگاه تمیز است. هرگونه خوردگی یا زنگ‌زدگی می‌تواند باعث کاهش کارایی باتری شود.

تست باتری‌ها:

ولتاژسنجی :با استفاده از یک مولتی‌متر می‌توانیم ولتاژ باتری را اندازه‌گیری کنیم. این کار به ما کمک می‌کند تا از سلامت و قدرت باتری مطمئن شویم. برای باتری‌های قلمی، ولتاژ معمولاً باید حدود ۱.۵ ولت باشد.

بارگذاری و تست زیر بار :باتری‌ها باید تحت شرایط باری که دستگاه ایجاد می‌کند تست شوند. این تست مشخص می‌کند که آیا باتری قادر به تأمین برق مورد نیاز دستگاه است یا خیر.

مشاهده عملکرد دستگاه :اگر دستگاه به درستی کار نمی‌کند، ممکن است باتری دچار مشکل شده باشد. در این صورت، تعویض باتری را آزمایش کنید.

تست دستگاه‌های ویژه :برخی دستگاه‌های تست باتری به طور ویژه برای اندازه‌گیری ظرفیت باتری و عمر باقیمانده آنها طراحی شده‌اند. استفاده از این دستگاه‌ها می‌تواند اطلاعات دقیقی در مورد باتری ارائه دهد.

ایمنی :باید نکات ایمنی مرتبط با باتری‌ها را بدانیم. از جمله دوری از تماس مستقیم با باتری‌های لیک کرده و روش‌های صحیح دفع باتری‌های مصرف شده.

باتری‌های قلمی(Cylinder Batteries)

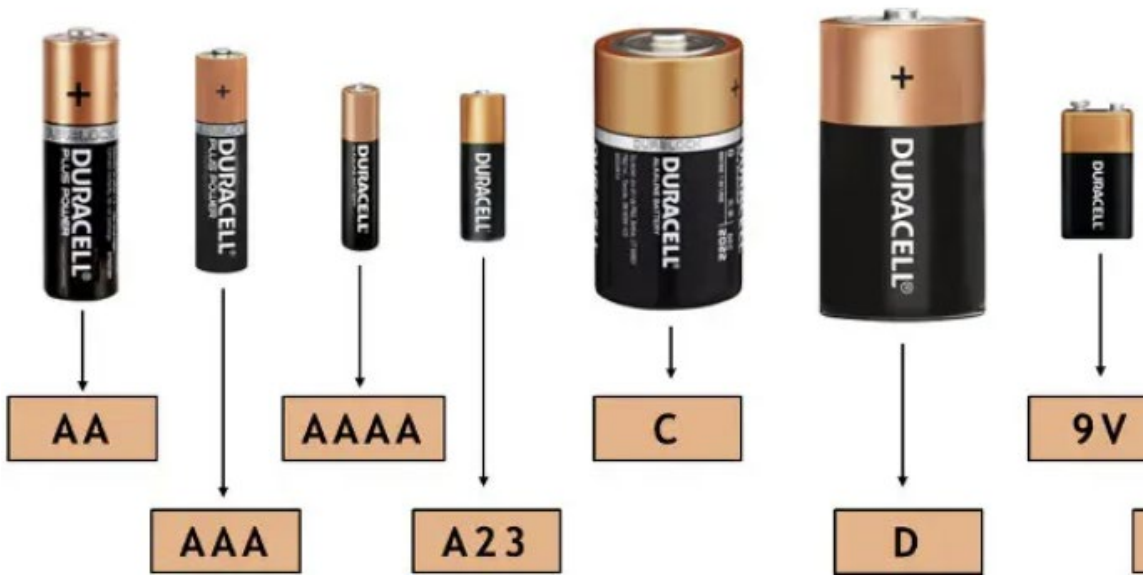
بطور نمونه میتوان به یکی از پر کاربردترین آنها اشاره کرد:

باتری AA قلمی:

ظرفیت حدود 1800 تا 3000 میلی‌آمپرساعت(mAh)

جریان دهی مداوم 50 تا 1000 میلی‌آمپر و جریان دهی اوج تا 2 آمپر

کاربردها :یکی از رایج‌ترین سایزهای باتری که در دستگاه‌های الکترونیکی کوچک مانند کنترل تلویزیون، چراغ‌قوه و اسباب‌بازی‌ها استفاده می‌شود.



باتری‌های سکه‌ای(Button Cells)

به یکی از پر کاربردترین آنها در مصارف عمومی اشاره می نماییم:

باتری:CR2032

ظرفیت حدود 200 تا 240 میلی‌آمپرساعت(mAh)

جریان دهی مداوم 1 تا 2 میلی‌آمپر و جریان دهی اوج تا 10 میلی‌آمپر

کاربردها :رایج‌ترین باتری سکه‌ای که در دستگاه‌های الکترونیکی مانند ساعت‌ها، ریموت‌ها، و برخی اسباب‌بازی‌ها استفاده می‌شود.

باتری سمعک:

باتری سمعک نیز معمولا جزو باتری‌های سکه‌ای(Button Cells) قرار می گیرد

این باتری‌ها اندازه کوچک و توان بالایی دارند که برای دستگاه‌های کوچک و مصرف پایین مانند سمعک‌ها مناسب است. باتری‌های سمعک معمولاً از مواد زیر تولید می‌شوند:

روی-هوا (Zinc-Air) : این نوع باتری‌ها از اکسیژن هوا برای تولید انرژی استفاده می‌کنند. هنگامی که برچسب محافظ روی باتری را برمی‌دارید، اکسیژن وارد باتری می‌شود و فرآیند شیمیایی شروع می‌شود.

چند نوع باتری رایج سمعک‌ها عبارتند از:

1. باتری‌های سایز 10 (زرد):

ظرفیت حدود 100 میلی‌آمپرساعت(mAh)

جریان دهی مداوم معمولاً حدود 1 میلی‌آمپر

کاربردها :سمعک‌های پشت گوش (BTE) و درون گوش (ITE) کوچک

2. باتری‌های سایز 312 (قهوه‌ای):

ظرفیت حدود 180 میلی‌آمپرساعت (mAh)

جریان دهی مداوم معمولاً حدود 1.2 میلی‌آمپر

کاربردها :سمعک‌های داخل گوش و برخی از سمعک‌های پشت گوش

3. باتری‌های سایز 13 (نارنجی):

ظرفیت حدود 310 میلی‌آمپرساعت(mAh)

جریان دهی مداوم معمولاً حدود 1.4 میلی‌آمپر

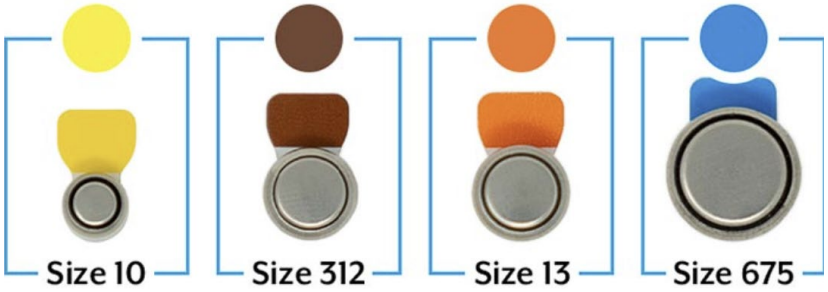
کاربردها :سمعک‌های پشت گوش بزرگ‌تر و برخی سمعک‌های داخل گوش

4. باتری‌های سایز 675 (آبی):

ظرفیت حدود 600 میلی‌آمپرساعت(mAh)

جریان دهی مداوم معمولاً حدود 1.6 میلی‌آمپر

کاربردها :سمعک‌های پشت گوش با قدرت بالا و کاشت حلزون



برای استفاده صحیح و ایمن از باتری‌های سمعک، نکات زیر را باید رعایت کنیم:

1. **نگهداری در محل خشک و خنک** :باتری‌ها باید در محیط خشک و خنک نگهداری شوند. دمای بالا و رطوبت می‌تواند عمر باتری را کاهش دهد.
2. **استفاده از باتری‌های تازه** :باتری‌های سمعک معمولاً دارای تاریخ انقضا هستند. بهتر است همیشه باتری‌های تازه و با تاریخ مصرف معتبر استفاده کنید.
3. **تمیزی محل قرارگیری باتری** :محل قرارگیری باتری در سمعک باید تمیز باشد. وجود گرد و غبار و آلودگی‌ها می‌تواند عملکرد باتری و سمعک را تحت تأثیر قرار دهد.
4. **خاموش کردن سمعک در زمان عدم استفاده** :هنگامی که از سمعک استفاده نمی‌کنید، آن را خاموش کنید تا از مصرف غیرضروری باتری جلوگیری شود.
5. **باز کردن نوار پلاستیکی قبل از استفاده** :باتری‌های سمعک معمولاً با نوار پلاستیکی پوشانده شده‌اند. این نوار را فقط هنگامی که قصد استفاده از باتری را دارید، باز کنید. باتری‌ها به محض باز شدن نوار، فعال می‌شوند.
6. **دور انداختن صحیح باتری‌های مصرف شده** :باتری‌های مصرف شده را به درستی دفع کنید. برخی از باتری‌ها ممکن است دارای مواد شیمیایی خطرناکی باشند که نیاز به دفع خاص دارند.
7. **بررسی وضعیت باتری** :به طور منظم وضعیت باتری سمعک را بررسی کنید. برخی از سمعک‌ها دارای نشانگرهای وضعیت باتری هستند که می‌توانند به شما اطلاع دهند که باتری به تعویض نیاز دارد.
8. **استفاده از ابزار مخصوص تعویض باتری** :در صورت نیاز به تعویض باتری، از ابزارهای مخصوصی که برای این کار طراحی شده‌اند استفاده کنید تا به سمعک آسیب نرسد.

باتری‌های خاص(Specialty Batteries)

1. باتری 9V

ظرفیت حدود 400 تا 600 میلی‌آمپرساعت(mAh)

جریان دهی مداوم 15 تا 50 میلی‌آمپر و جریان دهی اوج تا 400 میلی‌آمپر

کاربردها :معمولاً در دستگاه‌های خاص مانند دستگاه‌های هشدار دهنده و مولتی‌مترها استفاده می‌شود.

2. باتری‌های لپتاپ و گوشی:

ظرفیت متغیر، از 2000 میلی‌آمپرساعت تا چندین هزار میلی‌آمپرساعت بسته به نوع و طراحی باتری

جریان دهی مداوم 500 میلی‌آمپر تا چندین آمپر

جریان دهی اوج می‌تواند تا 10 آمپر و بیشتر برسد (بسته به نوع و طراحی باتری)

کاربردها :سایزها و اشکال مختلفی دارند و برای دستگاه‌های خاصی مانند لپتاپ‌ها و گوشی‌های هوشمند طراحی شده‌اند.

باتری‌های قابل شارژ(Rechargeable Batteries)

1. باتری‌های لیتیوم یون(Li-ion)

ظرفیت متغیر، از 1000 میلی‌آمپرساعت تا چندین هزار میلی‌آمپرساعت

جریان دهی مداوم 500 میلی‌آمپر تا چندین آمپر و جریان دهی اوج می‌تواند تا 20 آمپر و بیشتر برسد (بسته به نوع و طراحی باتری)

کاربردها :پرکاربرد در دستگاه‌های الکترونیکی همراه مانند گوشی‌های هوشمند، تبلت‌ها و لپتاپ‌ها.

2. باتری‌های نیکل-هیدرید فلز:(NiMH)

ظرفیت متغیر از 600 میلی‌آمپرساعت تا چندین هزار میلی‌آمپرساعت

جریان دهی مداوم 100 میلی‌آمپر تا 1 آمپر و جریان دهی اوج معمولاً تا 5 آمپر

کاربردها :قابل استفاده در دستگاه‌های مختلف و به طور معمول در اندازه‌های AA و AAA موجود است.

تنظیم و تست باتری‌ها:

1. تنظیم باتری‌ها:

اطمینان از قرارگیری صحیح :باتری‌ها باید به درستی در دستگاه قرار گیرند و رعایت قطب‌های مثبت (+) و منفی (-) بسیار مهم است.

تمیزی اتصالات :محل اتصال باتری و دستگاه باید تمیز باشد تا کارایی باتری کاهش نیابد.

2. تست باتری‌ها:

ولتاژسنجی :با استفاده از مولتی‌متر می‌توان ولتاژ باتری را اندازه‌گیری کرد. برای باتری‌های قلمی، ولتاژ معمولاً باید حدود ۱.۵ ولت باشد.

بارگذاری و تست زیر بار :باتری‌ها باید تحت شرایط باری که دستگاه ایجاد می‌کند، تست شوند.

مشاهده عملکرد دستگاه :اگر دستگاه به درستی کار نمی‌کند، تعویض باتری را آزمایش کنید.

تست دستگاه‌های ویژه :استفاده از دستگاه‌های تست باتری می‌تواند اطلاعات دقیقی در مورد باتری ارائه دهد.

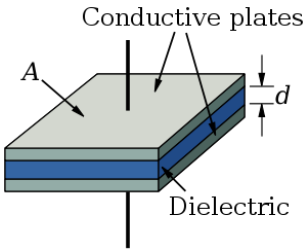
Capacitor خازن

خازن یا کاپاسیتور یکی از اجزای الکترونیکی است که انرژی الکتریکی را به صورت بار الکتریکی در خود ذخیره می‌کند. خازن‌ها نقش مهمی در بسیاری از مدارهای الکترونیکی ایفا می‌کنند و برای کاربردهای مختلفی استفاده می‌شوند.

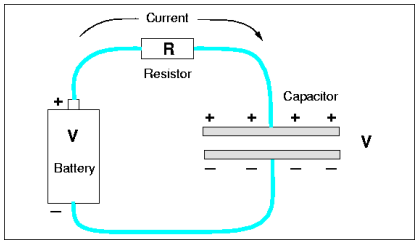
اجزای اصلی خازن:

صفحات رسانا :خازن از دو صفحه رسانا که به یکدیگر بسیار نزدیک هستند تشکیل شده است. این صفحات معمولاً از فلزاتی مانند آلومینیوم یا طلا ساخته می‌شوند.

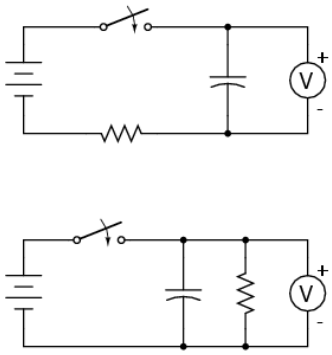
عایق یا دی‌الکتریک :بین این دو صفحه، یک ماده عایق یا دی‌الکتریک قرار دارد. این ماده می‌تواند از هوا، کاغذ، پلاستیک، سرامیک یا مواد دیگر باشد. وظیفه این ماده جلوگیری از تماس مستقیم صفحات رسانا و ذخیره انرژی الکتریکی است.

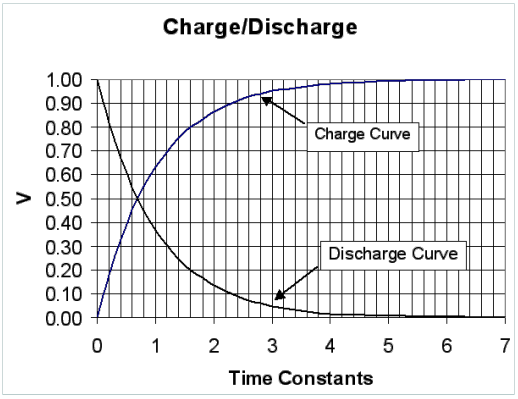


یکی از خواص اصلی این قطعه ذخیره بار الکتریکی است. به این ترتیب که اگر به منبع ولتاژی متصل گردند الکترون ها از یک جوشن جذب قطب مثبت منبع (باتری) شده و همان تعداد الکترون از قطب منفی خارج و بر روی جوشن دیگر قرار می گیرند.

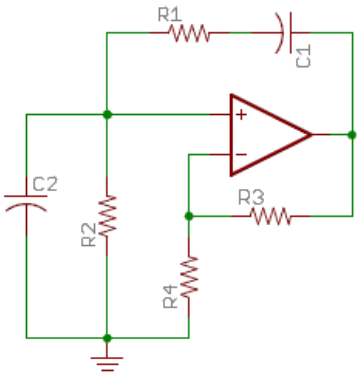


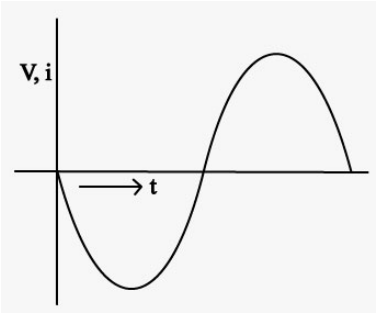
این عمل در خازن ها را شارژ و تخلیه بار الکتریکی را دشارژ نام گذاری می کنند. عمل دشارژ توسط یک مصرف کننده مانند قطعه مقاومت انجام می پذیرد.





این خصوصیت اساس کار اکثر نوسان سازها ویا همان اسیلاتورها می باشد.هر چه قدر سرعت این عمل بیشتر باشد فرکانس های بالاتری تولید خواهد شد.

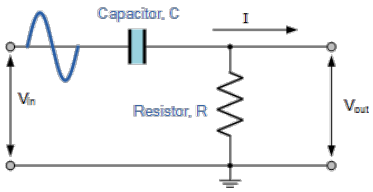




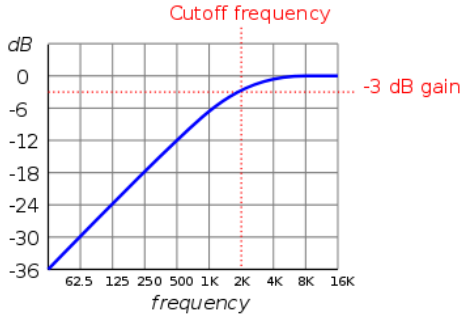
دیگر کاربرد بسیار مهم این قطعه در فیلتراسیون سیگنال های متناوب می باشد.

فیلتر بالا گذر

High-pass filter: HPF= **low-cut filter** or **bass-cut filter**



$$f_c = \frac{1}{2\pi\tau} = \frac{1}{2\pi RC},$$



2 kHz, 6dB per octave, High-pass filter.

یک فیلتر بالاگذر با استفاده از خازن و مقاومت (RC) سیگنال‌های فرکانس بالا را عبور می‌دهد و سیگنال‌های فرکانس پایین را تضعیف می‌کند.

نحوه عملکرد: در یک مدار RC بالاگذر، خازن (C) و مقاومت (R) به‌صورت سری متصل شده‌اند و خروجی از روی مقاومت گرفته می‌شود.

در فرکانس‌های پایین، خازن مانند یک مدار باز عمل می‌کند و مانع عبور سیگنال می‌شود وکاملا برعکس، در فرکانس‌های بالا، راکتانس خازن کم می‌شود و سیگنال به‌راحتی عبور می‌کند.

فرکانس قطع: فرکانس قطع Fc که در آن سیگنال ۳ dB افت می‌کند.

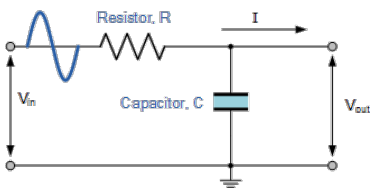
به‌عبارت‌دیگر، هرچه مقدار Rو Cکمتر باشد، فیلتر فرکانس‌های بالاتری را عبور می‌دهد.

شیب فیلتر: نشان‌دهنده میزان تضعیف سیگنال‌های خارج از باند عبور فیلتر است و بر حسب دسی‌بل بر دهه (dB/decade) یا دسی‌بل بر اکتاو (dB/octave) بیان می‌شود.

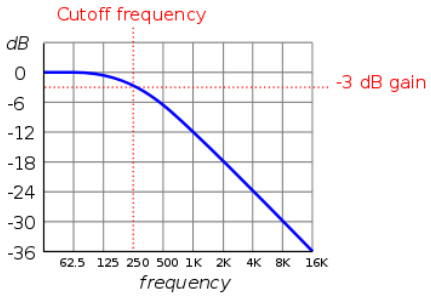
کاربردها :در پردازش صوت، تقویت‌کننده‌ها، حذف نویز DC و سیستم‌های مخابراتی استفاده می‌شود.

فیلتر پایین گذر

low -pass filters: LPF= **high-cut filter**, or **treble cut filter**



$$f_c = \frac{1}{2\pi\tau} = \frac{1}{2\pi RC},$$



250 Hz, 6dB per octave, Low pass filter.

یک فیلتر پایین‌گذر با استفاده از مقاومت (R) و خازن(C) ، سیگنال‌های فرکانس پایین را عبور می‌دهد و فرکانس‌های بالا را تضعیف می‌کند.

نحوه عملکرد: در یک مدار RC پایین‌گذر، مقاومت (R) و خازن (C) به‌صورت سری قرار گرفته‌اند و خروجی از روی خازن گرفته می‌شود.

در فرکانس‌های پایین، خازن تقریباً مانند مدار باز عمل می‌کند و سیگنال به خروجی منتقل می‌شود.

در فرکانس‌های بالا، خازن مانند اتصال کوتاه رفتار کرده و سیگنال به زمین هدایت می‌شود، در نتیجه خروجی کاهش می‌یابد.

فرکانس قطع: فرکانس قطع Fc که در آن سیگنال ۳ dB افت می‌کند. هرچه مقدار Rو Cبزرگ‌تر باشد، فیلتر فرکانس‌های پایین‌تری را عبور می‌دهد.

شیب فیلتر: در فیلتر مرتبه اول (یک خازن و یک مقاومت)، شیب تضعیف 20 dB/decade یا 6dB/octave است. در فیلترهای مرتبه بالاتر، این مقدار بیشتر می‌شود.

کاربردها:

- حذف نویز فرکانس بالا
- فیلتر کردن سیگنال‌های آنالوگ
- هموارسازی خروجی منابع تغذیه

نتیجه کلی:

ظرفیت خازن بطور مستقیم روی فرکانس گذردهی تأثیر می‌گذارد، تغییر مقدار آن می‌تواند تعیین کند که کدام فرکانس‌ها از فیلتر عبور کنند و کدام‌یک تضعیف شوند.

جریان مستقیم و متناوب

در **جریان مستقیم**، الکترون‌ها همیشه در یک جهت ثابت حرکت می‌کنند .یعنی ولتاژ در طول زمان مقدار ثابتی دارد.

ویژگی‌ها: جهت ثابت و بدون تغییر. معمولاً از باتری‌ها، سلول‌های خورشیدی و منابع تغذیه DC تأمین می‌شود. در مدارهای الکترونیکی، میکروکنترلرها و سیستم‌های دیجیتالی استفاده می‌شود

نمونه‌ها: باتری‌های قلمی و لیتیومی - شارژرهای گوشی - مدارهای الکترونیکی و رایانه‌ها

در **جریان متناوب**، جهت جریان به‌صورت دوره‌ای تغییر می‌کند .یعنی ولتاژ به‌طور سینوسی نوسان دارد و مقدار آن بین مثبت و منفی تغییر می‌کند.

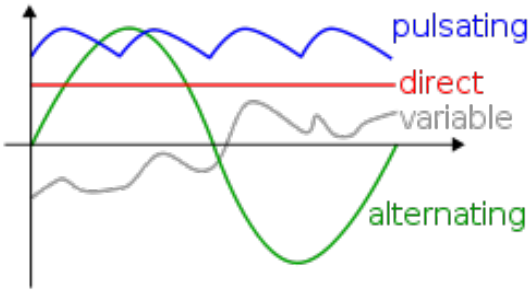
ویژگی‌ها : تغییر جهت ۵۰ یا ۶۰ بار در ثانیه بر حسب هرتز، وابسته به کشور- قابلیت انتقال در مسافت‌های طولانی با افت توان کم - توسط ژنراتورها و نیروگاه‌های برق تولید می‌شود

نمونه‌ها: برق شهری (۲۲۰ ولت در ایران، ۱۱۰ ولت در آمریکا) - موتورهای الکتریکی (یخچال، کولر، ماشین لباسشویی) - ترانسفورماتورها و شبکه‌های توزیع برق

پس جریان مستقیم بر روی محور زمان دارای هیچگونه تغییر و یا نوسان در میزان جریان نخواهد بود ولی جریان متناوب در واحد زمان دارای تغییرات مقداری و سوئی می باشد.

و در کل DCبیشتر در مدارهای الکترونیکی و دستگاه‌های کوچک استفاده می‌شود، در حالی که ACبرای انتقال توان در شبکه‌های بزرگ و تغذیه وسایل برقی مناسب‌تر است.

Direct current (DC) & Alternating current (AC)



قوانین ولتاژ متناوب

همان طور که می دانید هرگاه یک سیم هادی خطوط قوای مغناطیسی را قطع نماید در این سیم جریانی ایجاد خواهد شد که میزان آن در هر لحظه به تعداد خطوط قطع شده در آن لحظه بستگی خواهد داشت. که به این عملکرد عمل ژنراتوری گفته می شود.

به دنبال پریودیک بودن این حرکت ولتاژ سینوسی حاصل خواهد شد.

این قانون اساس کار همه ژنراتورهای جریان متناوب و نیز میکروفون های دینامیکی است.

ولتاژ هاي متناوب AC با مقدار دامنه موثرشان معرفي مي گردند. زمانيكه مي گوييم برق شهر 220 ولت است يعني مقدار موثر آن V220 مي باشد ولي در تمامي طول سيكل ولتاژ كمتر از مقدار بيشينه آن است پس

مقدار موثر يا همان RMS ولتاژي مي باشد كه واقعا اعمال مي گردد و مقدار آن جذر متوسط مربع ولتاژ ميباشد و ولتاژ پیک اغلب اوقات از RMS بزرگتر می باشد. root mean square (RMS)

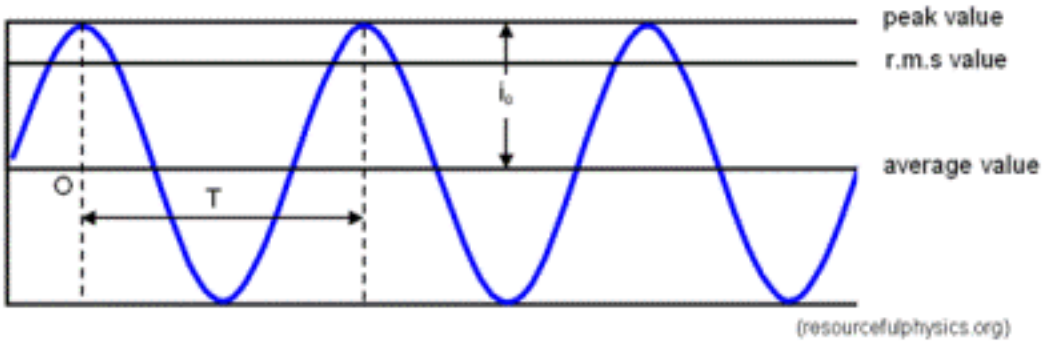
مقدار پیک :مقدار ماکزیمم موج است که به قله مثبت و یا منفی اطلاق می شود.

مقدار پیک به پیک: فاصله پیک مثبت به منفی می باشد.

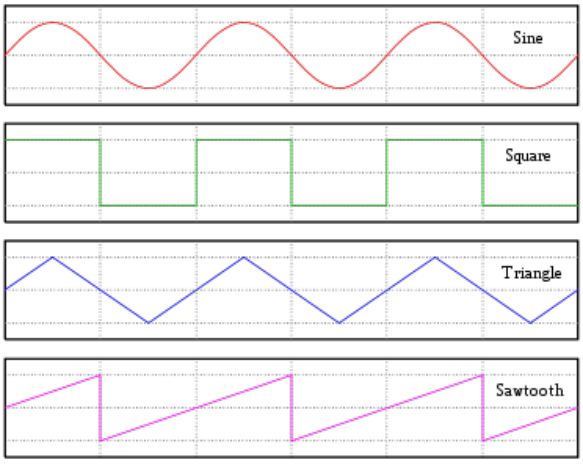
مقدار متوسط: مقدار متوسط جبری کلیه مقادیر یک موج در یک نیم سیکل کامل است. (1)

مقدار موثر: برابر 0.707مقدار پیک است. (2)

Peak – Peak to Peak – Average - (1) $V_{av} = 0.637 * V_{peak}$ - (2) $V_{rms} = 0.707 * V_{peak}$



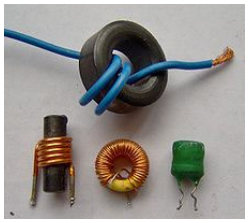
یکی از مشخصه های امواج متناوب پریودیک بودن آنها می باشد. دارای انواعی می باشند مثل سینوسی - مربعی – پالسی - مثلثی و .....

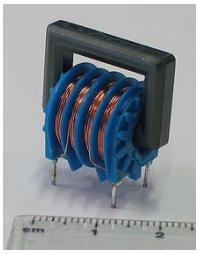


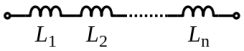
سیم پیچ Inductor

یک سیم رسانای معمولی وقتی حول محوری پیچانده شود سیم پیچ را تشکیل می دهد. توجه داشته باشید که سیم بکار رفته در سیم پیچ ها می بایست روکش دار باشد.

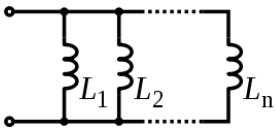
شماتیک :





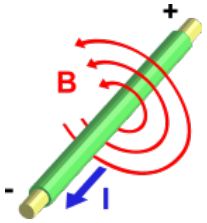


$$L_{eq} = L_1 + L_2 + \cdots + L_n$$



$$\frac{1}{L_{eq}} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \cdots + \frac{1}{L_n}$$

همان طور که به خاطر داریم اگر جریانی از سیم پیچ عبور نماید اطراف آن میدان مغناطیسی ایجاد می گردد



Magnetic field circles around a current

حال اگر این جریان متناوب باشد میدان ایجاد شده نیز متناوب خواهد بود به این معنی که باز و جمع شونده خواهد بود. به همین علت این قطعه در برابر عبور جریان مستقیم و متناوب از خود عکس العمل متفاوتی نشان می دهد. یعنی در برابر عبور جریان متناوب از خود مقاومت نشان خواهد داد.

در جریان متناوب، سیم‌پیچ به دلیل خاصیت القایی خود، به‌طور فعال در برابر تغییرات سریع جریان مقاومت می‌کند و باعث ایجاد امپدانس القایی می‌شود.

این امپدانس با افزایش فرکانس افزایش می‌یابد و در نتیجه جریان کمتری از سیم‌پیچ عبور می‌کند.

یکی از موارد استفاده این قطعه در فیلترها است. به طور مثال فیلتر بالا گذر و پایین گذر:

فیلتر بالاگذر RL سلف و مقاومت **High-pass filter:** HPF= **low-cut filter** or **bass-cut filter**

یک فیلتر بالاگذر RL از سیم‌پیچ (L) و مقاومت (R) تشکیل شده است و سیگنال‌های فرکانس بالا را عبور می‌دهد و فرکانس‌های پایین را تضعیف می‌کند. $Fc= 2\pi RL$

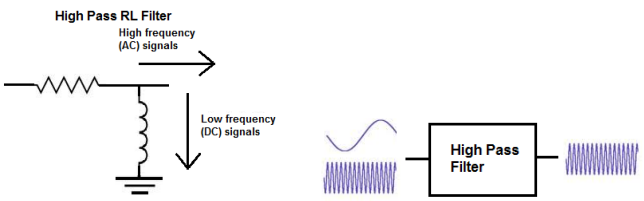
نحوه عملکرد: سیم‌پیچ (L) و مقاومت (R) به‌صورت سری متصل هستند و خروجی از روی مقاومت گرفته می‌شود.

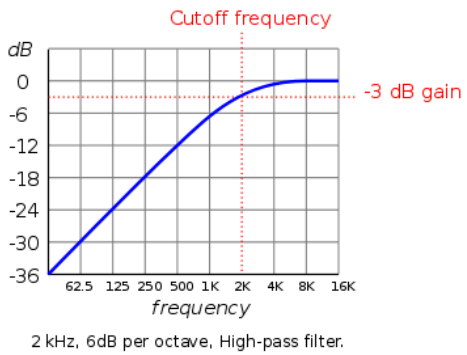
در فرکانس‌های پایین، سلف مانند یک مدار کوتاه با امپدانس کم عمل می‌کند، بنابراین بیشتر ولتاژ روی سلف افت می‌کند و سیگنال به خروجی نمی‌رسد.

در فرکانس‌های بالا، امپدانس سلف افزایش می‌یابد و سیگنال از طریق مقاومت عبور می‌کند.

شیب فیلتر: در یک فیلتر RLمرتبه اول، نرخ تضعیف فرکانس‌های پایین6 dB/octave است.

کاربردها: حذف نویز فرکانس پایین - پردازش سیگنال‌های آنالوگ - تقویت‌کننده‌های صوتی و رادیویی

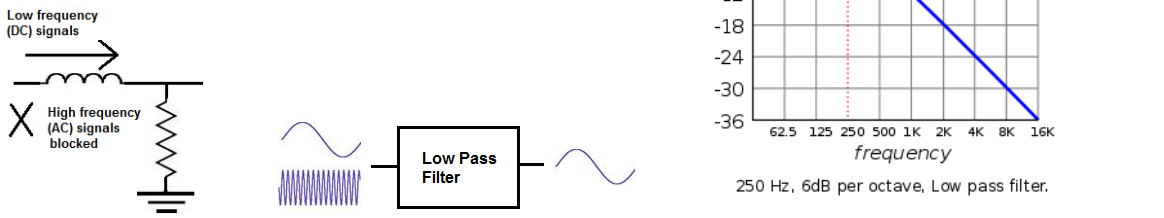




2 kHz, 6dB per octave, High-pass filter.

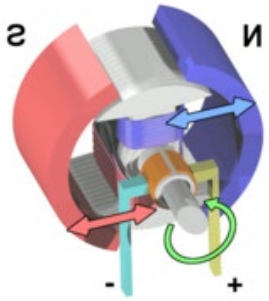
Low -pass filters:

LPF= **high-cut filter**, or **treble cut filter** Fc= 2πRL



با توجه به دانسته های قبلی اگر یک سیم حامل جریان را در میدان مغناطیسی خارجی قرار دهیم دو میدان بر هم نیرو وارد می نمایند تا به حالت تعادل برسند. به این عملکرد عمل موتوری می گویند.

Permanent-magnet motors



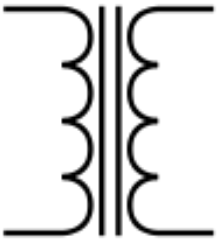
این پدیده اساس کار همه موتورهای الکتریکی و نیز بلندگوهای دینامیکی می باشد.

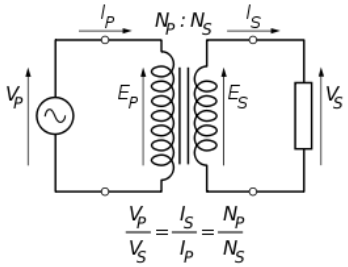
القاء متقابل

هرگاه از یک سیم پیچ جریان متناوبی عبور نماید خطوط قوای مغناطیسی متغیری اطراف آن ایجاد خواهد شد.در این شرایط می تواند در سیم پیچ دیگری که در محدوده آن باشد ولتاژی القاء نماید که به آن ولتاژ القائی گفته می شود.

کلیه ترانسفورماتورها از این اصل پیروی می نمایند.

Transformator





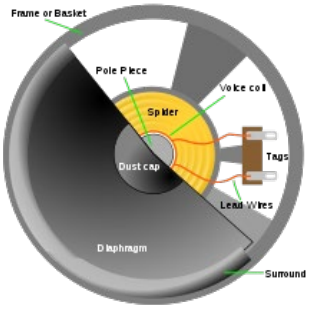
هر ترانس حداقل از دو سیم پیچ مستقل از هم تشکیل شده اند که دارای القاء متقابل هستند.ولتاژ متناوب ورودی به یک سیم پیچ که به آن اولیه می گویند اعمال و ولتاژ خروجی از سیم پیچ دیگر که به آن ثانویه می گویند گرفته می شود.

Types

یکی از کاربردهای خاص القاء متقابل در سیستم لوپ و تلفن کویل سمعک می باشد.

بلندگوها Loudspeaker

یک بلندگو و یا گوشی دینامیکی تشکیل شده است از یک سیم پیچ که به مخروط مقوائی و یا کاغذی و یا هر جنس قابل ارتعاش دیگری متصل شده است و یک آهنربا که ایجاد میدان مغناطیسی دائمی را به عهده دارد. هرگاه جریان متناوبی به سیم پیچ گوشی اعمال گردد اطراف آن میدان مغناطیسی متغیری با توجه به جهت جریان اعمال شده ایجاد خواهد شد که با میدان آهنربای دائم مرتبا در حال مخالفت و یا موافقت خواهد بود و از آنجا که سیم پیچ فقط در محور مشخصی امکان حرکت دارد به ازاء هر جذب و دفع .مخروط مقوائی را به جلو و یا عقب خواهد راند و درنتیجه تولید صوت می نماید.



Driver design

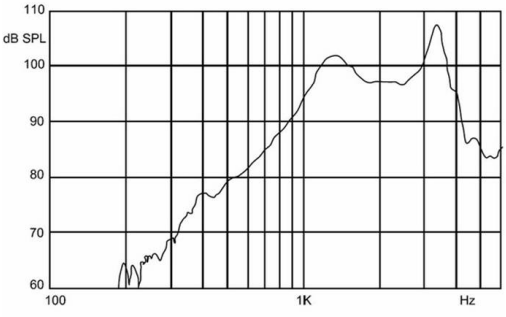
بلندگوها ویا گوشی ها دارای 3 مشخصه مهم می باشند:

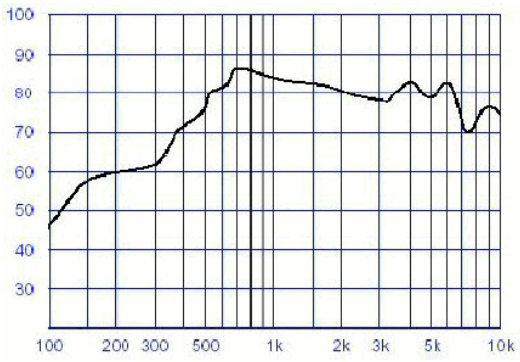
1-توان مجاز که بر حسب وات مشخص می گردد.

2-امپدانس که بر حسب اهم مشخص می گردد و تطبیق آن با خروجی مدار مولد سیگنال توصیه می شود.

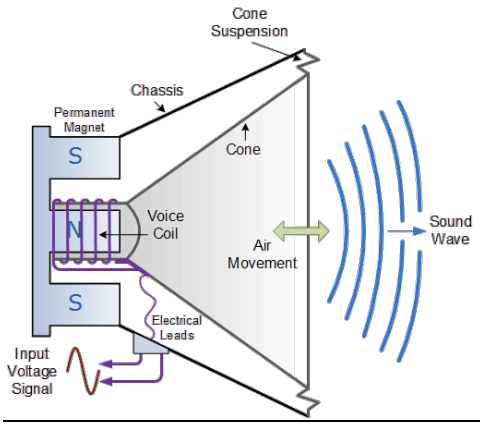
3-پاسخ فرکانسی نیز از مولفه های بسیار مهمی است که در کاربردهای خاص صوتی بایستی به درستی انتخاب گردد.لازم به توضیح است که گوشی ها و یا بلندگوها در محدوده فرکانسی مشخصی دارای بالاترین سطح شدت خروجی می باشند و در فرکانس های جانبی آن محدوده دارای پاسخ نامناسبی خواهند بود. بلندگو ها را جهت داشتن راندمان بالاتر گاهی داخل جعبه ای قرار می دهند تا تغییرات فشار هوا در جلوی بلندگو توسط هوای پشت آن خنثی نگردد.

Frequency Response Curve :

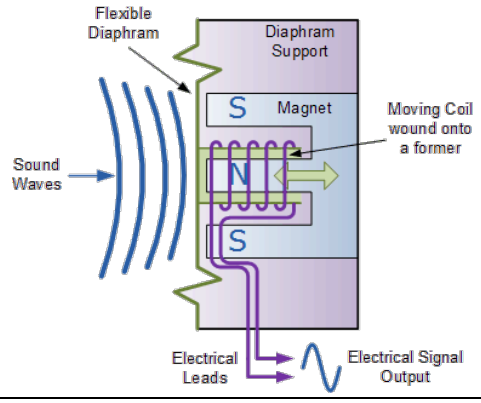




Moving Coil Loudspeaker



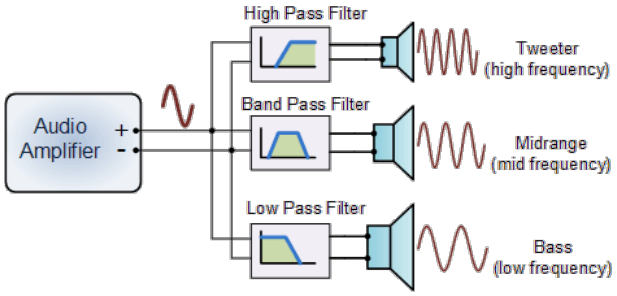
Dynamic Moving-coil Microphone Sound Transducer



Generalised Frequency Ranges:

Descriptive Unit	Frequency Range
Sub-Woofer	10Hz to 100Hz
Bass	20Hz to 3kHz
Mid-Range	1kHz to 10kHz
Tweeter	3kHz to 30kHz

Multi-speaker (Hi-Fi) Design:



نیمه‌رسانا (نیمه‌هادی)

عنصر یا ماده‌ای است که در حالت عادی عایق باشد ولی با افزودن مقداری ناخالصی قابلیّت هدایت الکتریکی را پیدا می‌کند (منظور از ناخالصی عنصر یا عناصر دیگری است غیر از عنصر اصلی یا پایه؛ بر فرض مثال، اگر عنصر پایه سلیسیوم باشد ناخالصی می‌تواند آلومنیوم یا فسفر باشد.) نیمه‌رساناها در لایه ظرفیت خود چهار الکترون دارند. مقاومت الکتریکی نیمه‌رساناها بین رساناها و نارساناها می‌باشد.

نیمه رساناها به دو نوع تقسیم بندی می‌شوند.

1. نیمه‌رسانای ذاتی 2. نیمه رسانای غیرذاتی

در نیمه‌رسانای ذاتی تعداد حفره و الکترون برابر است ولی با درآمیختن نیمه‌رسانای چهار ظرفیتی با یک عنصر سه یا پنج ظرفیتی نیمه رسانای غیر ذاتی پدید میاید.در نیمه رسانای غیر ذاتی تعداد حفره و الکترون با هم برابر نیستند.نیمه رسانای غیر ذاتی به دو دسته تقسیم میشوند.

1. نوع P یا Positive یا گیرنده الکترون (پذیرنده)که در آن تعداد حفره ها بیشتر است.

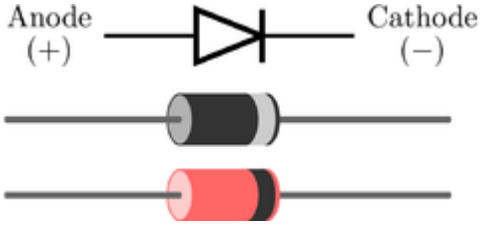
2.نوع N یا Negative یا دارنده الکترون آزاد (دهنده) که در آن تعداد الکترون ها بیشتر است.

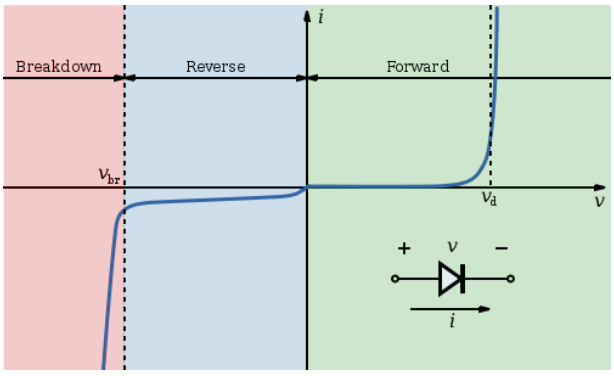
از پیوند نیمه رسانای نوع **ان** با نوع **پی**، عنصری به نام دیود بدست می‌آید که خاصیت یکسو سازی آن بیشترین کاربرد را در الکترونیک دارد. در دیود هیچ تفاوتی بین اینکه نوع **ان** را با نوع **پی** پیوند دهیم یا نوع **پی** را با نوع **ان** پیوند دهیم، وجود ندارد و در هر صورت عنصر بدست آمده دیود خواهد بود.

یکسو سازی

عمل یکسو سازی به وسیله ساده ترین قطعه نیمه هادی یعنی دیود ها انجام می پذیرد. این قطعه اجازه عبور سیگنال را از یک سمت به سمت دیگر می دهد و در جهت دیگر مسیر را مسدود می نماید. ولی برای همه دیودها سطح ولتاژ معکوس مشخص بوده و به آن ولتاژ شکست می گویند.

Semiconductor diodes



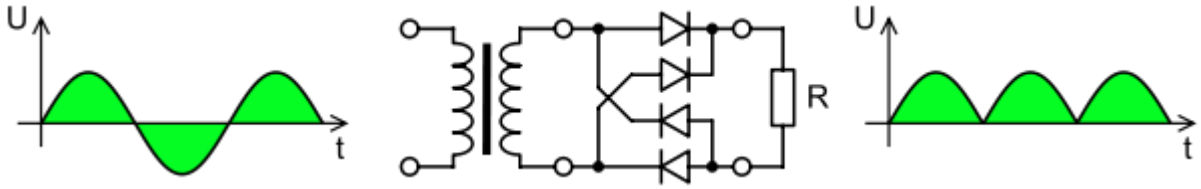


به علت مقرون به صرفه بودن تولید و انتقال جریان متناوب سعی بر این است که از ولتاژ برق شهر که به آسانی در دسترس است برای تامین ولتاژ همه دستگاه ها استفاده شود.

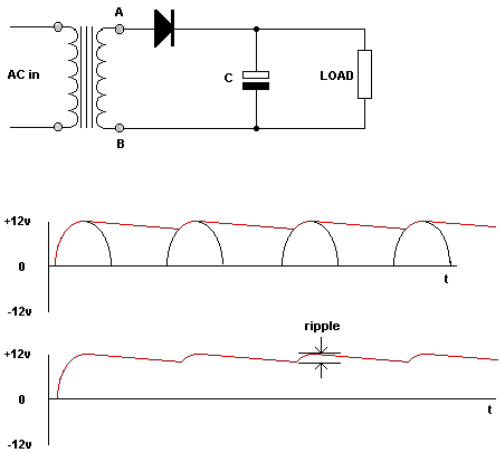
ولی از آنجائی که می دانیم کلیه مدارات الکترونیکی جهت تغذیه نیاز به ولتاژ با جهت ثابت و بدون تغییر دارند بایستی این ولتاژ به گونه ای یکسو سازی شود.

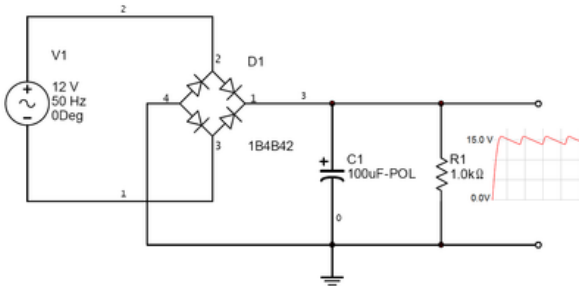
روش های مختلفی جهت انجام این عمل پیشنهاد می شود که یکی از این روش ها در قالب شماتیک در زیر آورده شده است.

Rectifier



پس از هدایت نیم سیکل به یک سمت محور جهت از بین بردن نوسانات باقیمانده از خازن های با ظرفیت بالا استفاده می شود. تا در قله ها شارژ شود و در زمان افت ولتاژ به عنوان جبران کننده ولتاژ عمل نماید.



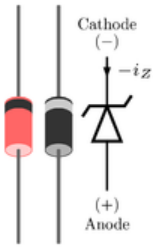


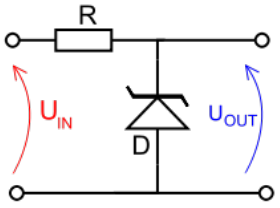
منابع تغذیه نقش بسیار مهمی در دستگاه های الکترونیکی به عهده دارند.هرگونه ناصافی در ولتاژ خروجی منبع بر روی عملکرد مدارات تاثیر سوء می گذارد . به طور مثال در دستگاه ادیومتر این مشکل می تواند به صورت بروز نویز در خروجی خود را نشان دهد.

در چنین دستگاه هائی که سطح خروجی بایستی از پایداری مطلوبی برخوردار باشد خروجی یکسو شده مدار تغذیه وارد مدار دیگری با نام رگولاتور یا تثبیت کننده خواهد شد تا کنترل دقیق سطح ولتاژ را در شرایط تغییرات سطح ولتاژ برق شهر به عهده گیرد. این مدارات از قطعات نیمه هادی مجتمع و یا همان آی سی ها تشکیل شده اند.

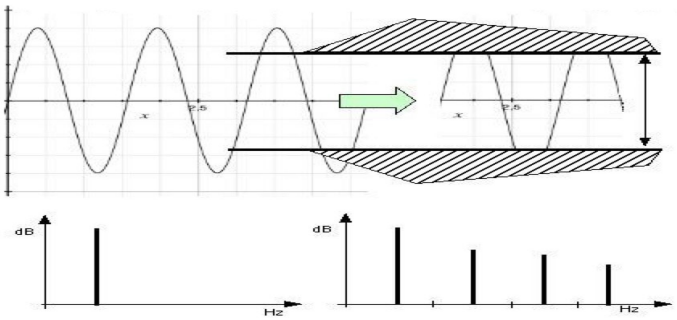
یکی دیگر از انواع دیود ها، دیود زینر می باشد که بر خلاف دیود های معمولی در جهت معکوس دارای ولتاژشکست مشخص و قابل برگشتی می باشد. از این قطعه نیز به طور ساده جهت تثبیت سطح ولتاژ و یا سیگنال استفاده می شود.

Zener diode

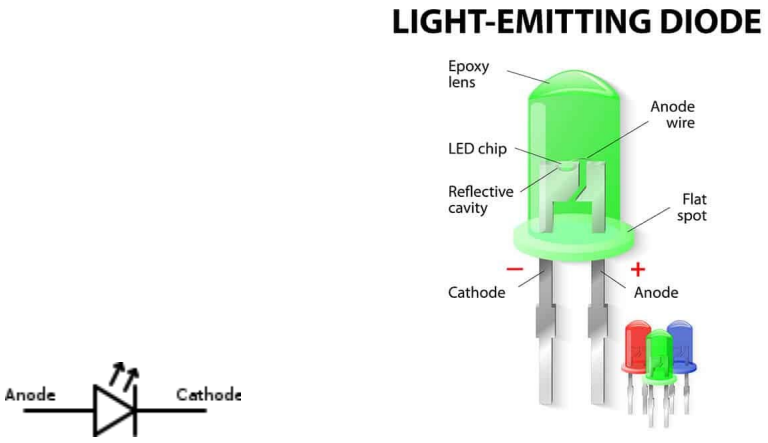




یکی از کاربردهای این قطعه در تثبت سطح سیگنال خروجی در سمعک ها می باشد که با عمل برش قله ها در شرایطی که سطح سیگنال بالاتر از سطح مجاز باشد ماکزیمم خروجی سمعک را کنترل می نماید.



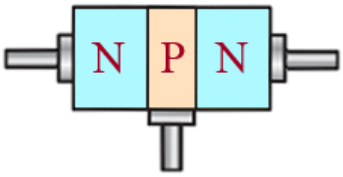
یکی دیگر از انواع دیود که استفاده عمومی پیدا کرده است دیود نوری می باشد. این نوع دیود در صورت قرارگیری در گرایش مستقیم از خود نور منتشر خواهد کرد. ولتاژ کارکرد بسیار پائین و نیز مصرف جریان بسیار کم در کنار طول عمر بسیار بالا سبب استفاده گسترده از آن شده است.



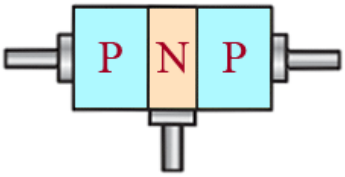
ترانزیستور

ترانزیستور یکی از پرکاربردترین قطعات در صنعت الکترونیک است که با اختراع آن در سال 1947 میلادی تحولی عظیم در صنعت الکترونیک به وقوع پیوست . ترانزیستور معمولی ، یک المان سه قطبی معمولی است که از سه عدد نیمه هادی نوع N و P تشکیل شده است. (این نیمه هادی ها به دو شکل می توانند در کنار هم قرار گیرند .

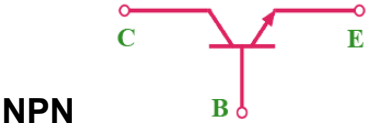
الف) دو نیمه هادی نوع N در دو طرف و یک نیمه هادی نوع P در وسط قرار می گیرند که در این حالت ترانزیستور را NPN می نامند . در شکل نمایی از ساختمان این نوع ترانزیستور نمایش داده شده است.



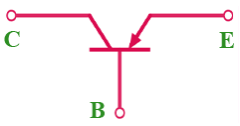
ب) دو نیمه هادی نوع P در دو طرف و یک نیمه هادی نوع N در وسط قرار می گیرند که در این حالت ترانزیستور را PNP می نامند . در شکل نمایی از ساختمان این نوع ترانزیستور نمایش داده شده است.



در مدارها برای نشان دادن ترانزیستور از علامت اختصاری آنها استفاده می کنند. در شکل علامت اختصاری ترانزیستور PNP و ترانزیستور NPN نمایش داده شده است . جهت فلش در علامت اختصاری ترانزیستور، نشان دهنده جهت قراردادی جریان در پیوند بیس – امیتر است.

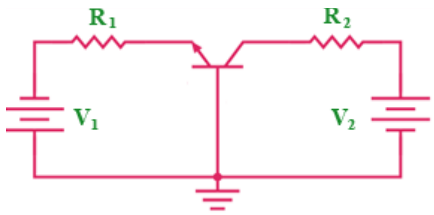


NPN



PNP

بایاسینگ ترانزیستور : به منظور فعال کردن ترانزیستور در مدار ، ابتدا باید ترانزیستور را از نظر ولتاژ DCتغذیه کرد . عمل تغذیه ولتاژ پایه های ترانزیستور را بایاسینگ ترانزیستور می گویند . برای اینکه ترانزیستور عمل تقویت جریان و یا تقویت ولتاژ را به درستی انجام دهد باید اتصال بیس – امیتر در بایاس مستقیم و اتصال بیس – کلکتور در بایاس معکوس باشد . در شکل این نوع بایاسینگ برای یک ترانزیستور NPNنمایش داده شده است.



ترانزیستور هم در مدارات الکترونیک آنالوگ و هم در مدارات الکترونیک دیجیتال کاربردهای بسیار وسیعی دارد. در مدارات آنالوگ ترانزیستور در حالت فعال کار می‌کند و می‌توان از آن به عنوان تقویت کننده یا تنظیم کننده ولتاژ (رگولاتور) و... استفاده کرد. و در مدارات دیجیتال، ترانزیستور در دو ناحیه قطع و اشباع فعالیت می‌کند که می‌توان از این حالت ترانزیستور در پیاده سازی مدار منطقی، حافظه، سوئیچ کردن و... استفاده کرد.

دو دسته مهم از ترانزیستورها: ترانزیستور دوقطبی پیوندی (Bipolar Junction Transistors) (BJT) و ترانزیستور اثر میدان (Field Effect Transistors) (FET) میباشد.

پس بطور کلی ترانزیستور به‌عنوان اجزای اصلی الکترونیک مدرن، یک قطعه الکترونیکی فعال است که به‌عنوان تقویت‌کننده یا سوئیچ در مدارهای الکترونیکی استفاده می‌شود. این قطعه می‌تواند جریان الکتریکی را کنترل کرده و یا تقویت کند. جریان ضعیفی که از Baseعبور می‌کند، می‌تواند جریان بزرگی که از Collectorبه Emitterعبور می‌کند را کنترل کند. این ویژگی به ترانزیستور این امکان را می‌دهد که به‌عنوان تقویت‌کننده عمل کند.

مدارات مجتمع

آی‌سی (IC - Integrated Circuit) یا مدار مجتمع یک قطعه الکترونیکی است که شامل تعداد زیادی از اجزای الکترونیکی مانند ترانزیستورها، دیودها، مقاومت‌ها، و خازن‌ها است که به‌صورت مجتمع روی یک ویفر سیلیکونی (یا ماده نیمه‌رسانای دیگر) ساخته شده‌اند. هدف از این طراحی، کاهش اندازه و هزینه دستگاه‌های الکترونیکی است.

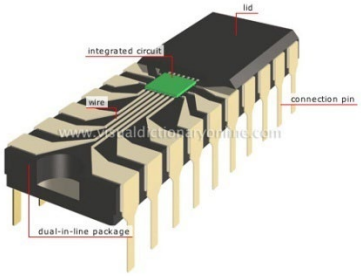
ویژگی‌های اصلی آی‌سی‌ها: ابعاد کوچک - قابلیت اطمینان بالا - کاهش هزینه - سرعت بالاتر

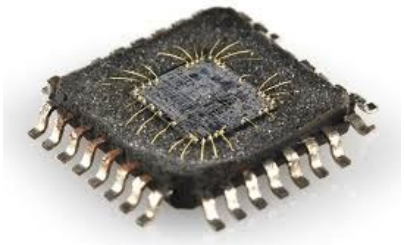
انواع آی‌سی‌ها:

1. آی‌سی آنالوگ :برای پردازش سیگنال‌های آنالوگ مانند تقویت‌کننده‌ها، فیلترها، و منابع قدرت.
2. آی‌سی دیجیتال :برای پردازش داده‌های دیجیتال، شامل میکروپروسسورها، حافظه‌ها، و مدارهای منطقی.
3. آی‌سی ترکیبی :ترکیبی از قطعات آنالوگ و دیجیتال، مانند DSP ها که در کاربردهای مختلف استفاده می‌شود.

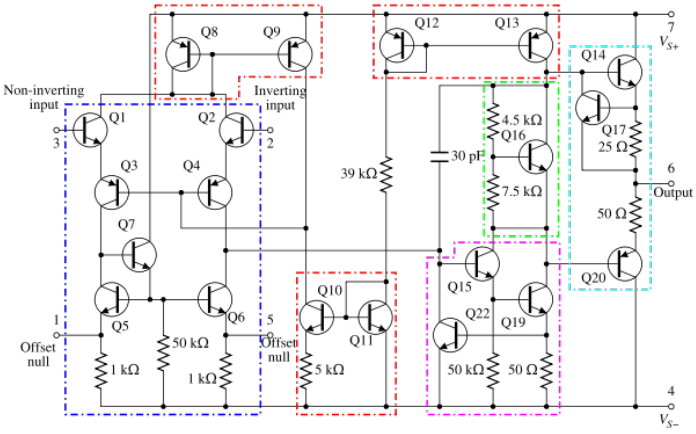
پس بطور کلی آی‌سی‌ها به‌عنوان بخش‌های اساسی در بسیاری از دستگاه‌های الکترونیکی مدرن، کاربرد دارد و تنها پایه های تغذیه مدارات داخلی و نیز تعداد محدودی پایه ارتباطی جهت ورودی ها و خروجی های مدار در اطراف آن دیده می شود.

Integrated Circuit = IC

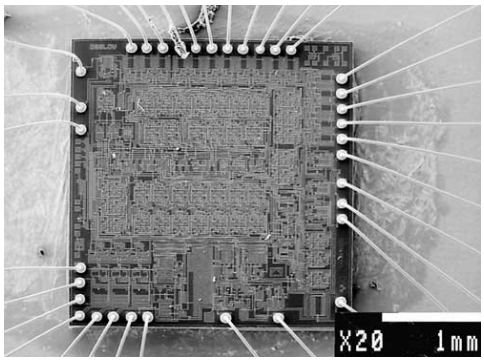


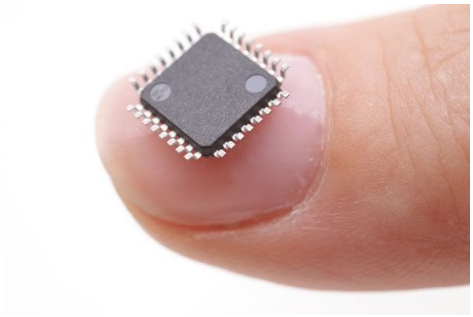


مدار گسترده داخلی این قطعات گاهی ممکن است به چندین متر مربع فضا نیاز داشته باشد ولی با تکنیک های خاص چاپ و طراحی مدارات این فضا به چند میلی متر مربع ویا گاهی به چند سانتی متر خلاصه می شود.



مدار داخلی یک تقویت کننده عملیاتی:





برد مدارات چاپی

برد مدار چاپی یا(PCB (Printed Circuit Board یک صفحه نازک است که قطعات الکترونیکی روی آن قرار می‌گیرند و از طریق مسیرهای مسی به یکدیگر متصل می‌شوند .این برد مانند اسکلت یک مدار الکترونیکی عمل می‌کند و ارتباط بین قطعات را برقرار می‌کند.

لزوم استفاده از PCB :

اتصال منظم قطعات الکترونیکی بدون نیاز به سیم‌کشی پیچیده

افزایش قابلیت اطمینان و کاهش نویز الکتریکی

کوچک‌تر و سبک‌تر شدن مدار نسبت به روش‌های قدیمی سیم‌کشی

امکان تولید انبوه و کاهش هزینه ساخت مدار

اجزای یک PCB :

برد خام :معمولاً از فایبرگلاس (FR4) یا مواد انعطاف‌پذیر ساخته می‌شود.

لایه مسی :مسیرهای مسی روی برد که مانند سیم‌های مدار عمل می‌کنند.

ماسک لحیم‌کاری :(Solder Mask) لایه‌ای که مسیرهای مسی را می‌پوشاند و از اتصال‌های ناخواسته جلوگیری می‌کند.

چاپ سیلک :(Silkscreen) نوشته‌ها و علامت‌هایی که نام قطعات را روی برد مشخص می‌کنند.

انواع PCB

تک‌لایه :ساده‌ترین نوع، فقط یک لایه مسی دارد (مثلاً بردهای آردوینو).

دولایه :دارای مسیرهای مسی در دو طرف برد، مناسب برای مدارهای پیچیده‌تر.

چندلایه :شامل چندین لایه مسی است که روی هم قرار گرفته‌اند، در تجهیزات پیشرفته مثل موبایل‌ها استفاده می‌شود.

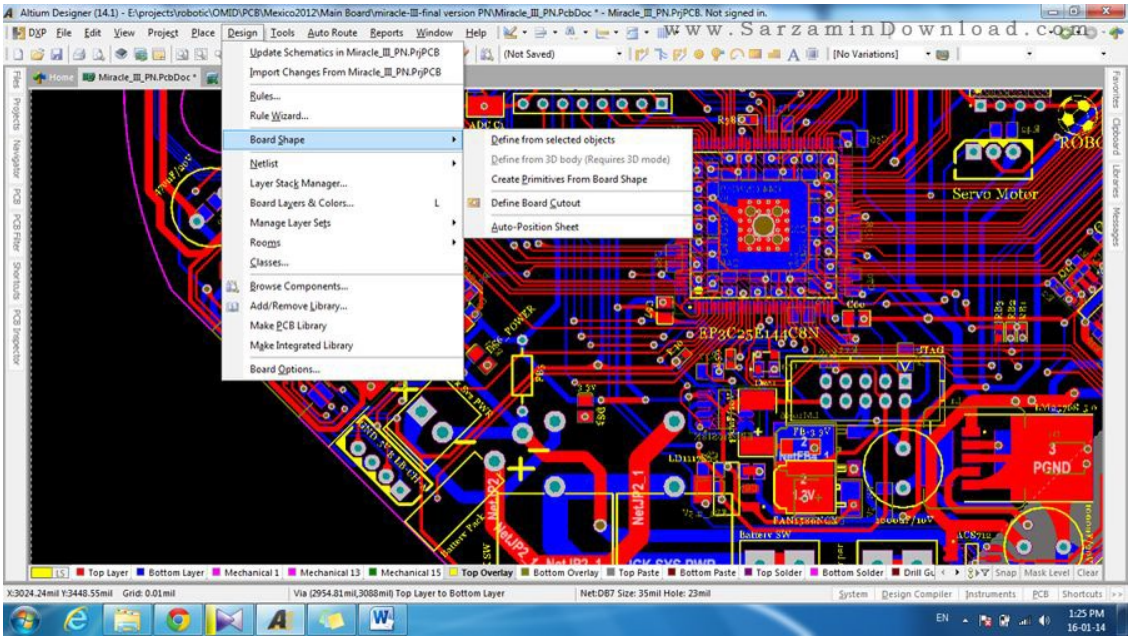
مراحل طراحی و ساخت PCB

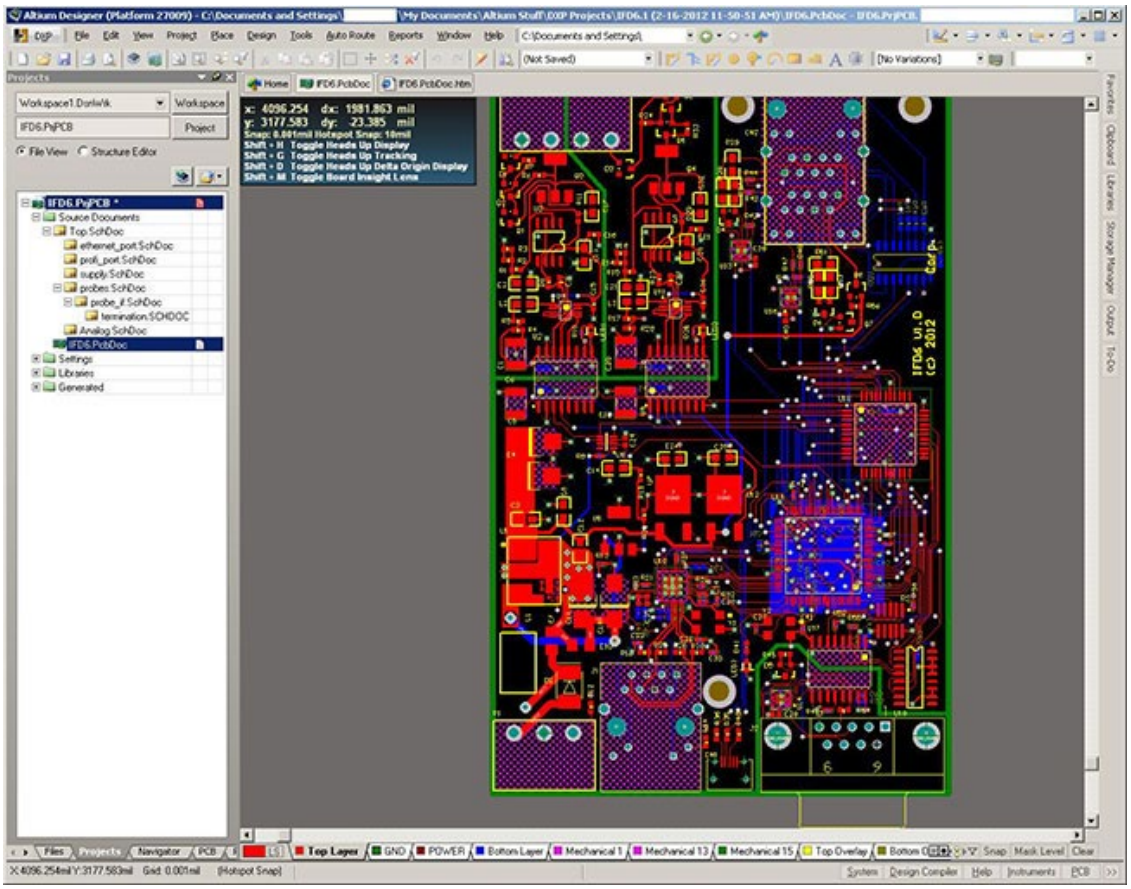
طراحی مدار (با نرم‌افزارهایی مثل Altium) - چیدمان قطعات روی برد (Placement)

مسیرکشی (Routing) و تعیین لایه‌ها - ساخت برد (چاپ و حکاکی مسیرها)

مونتاژ قطعات روی برد (لحیم‌کاری SMD وDIP)

بطور کلی،PCBستون فقرات مدارهای الکترونیکی است و باعث نظم، کاهش نویز و افزایش سرعت ساخت مدار می‌شود و در تمام دستگاه‌های الکترونیکی از موبایل تا خودرو استفاده می‌شود





با توجه به نیاز در امور نگهداری و تعمیر اولیه قطعات جانبی دستگاهها، آشنایی با اصول لحیم کاری میتواند بسیارمفید و کاربردی باشد.

لحیم‌کاری یک فرآیند اتصال فلزات است که در آن از سیم لحیم (معمولاً آلیاژی از قلع و سرب یا قلع و نقره) و هویه (ابزار حرارتی) برای ذوب لحیم و ایجاد اتصال الکتریکی و مکانیکی استفاده می‌شود.

ابزار و مواد مورد نیاز

هویه : با توان مناسب (معمولاً ۳۰ تا ۶۰ وات برای کارهای الکترونیکی)

سیم لحیم :با ترکیب ۶۰٪ قلع و ۴۰٪ سرب یا بدون سرب (برای کاربردهای زیست‌محیطی)

روغن لحیم :(Flux) برای بهبود جریان لحیم و جلوگیری از اکسید شدن

پایه هویه و اسفنج مرطوب :برای تمیز کردن نوک هویه

سیم‌چین و پنس :برای دستکاری قطعات

دستگاه مکنده قلع :(Solder Sucker) برای حذف لحیم‌های نامناسب

مراحل لحیم‌کاری

مرحله ۱: آماده‌سازی سطح و قطعات

سطح و پایه‌های قطعات را تمیز کنید تا اکسید یا چربی روی آن‌ها نباشد.

اگر لازم است، مقدار کمی روغن لحیم (Flux) بزنید تا اتصال بهتر شود.

مرحله ۲: گرم کردن محل لحیم‌کاری

نوک هویه را روی نقطه‌ای که باید لحیم شود قرار دهید تا آن قسمت گرم شود (معمولاً ۳-۲ ثانیه)

مرحله ۳: اضافه کردن سیم لحیم

بعد از گرم شدن محل، سیم لحیم را به پایه قطعه و برد نزدیک کنید (نه به نوک هویه)

لحیم باید به‌صورت یکنواخت ذوب شده و محل اتصال را پوشش دهد.

مرحله ۴: برداشتن هویه و تثبیت اتصال

بعد از اطمینان از اینکه لحیم کاملاً توزیع شده است، هویه را بردارید و اجازه دهید لحیم خنک شود.

به اتصال دست نزنید تا کاملاً جامد شود، زیرا حرکت در این مرحله می‌تواند اتصال سرد (Cold Joint) ایجاد کند که ضعیف است.

۳ .نکات مهم برای لحیم‌کاری صحیح

*نوک هویه را تمیز نگه دارید :هرچند وقت یک‌بار نوک هویه را با اسفنج مرطوب یا سیم فلزی مخصوص تمیز کنید.

*از مقدار مناسب لحیم استفاده کنید :اگر لحیم زیاد باشد، ممکن است اتصال کوتاه ایجاد شود؛ اگر کم باشد، اتصال ضعیف خواهد شد.

* از دمای مناسب استفاده کنید :دمای زیاد می‌تواند قطعات حساس را آسیب بزند و دمای کم باعث ایجاد لحیم سرد می‌شود.

* دقت در ایمنی :بخارات لحیم (مخصوصاً لحیم دارای سرب) می‌توانند مضر باشند؛ در محیط دارای تهویه مناسب کار کنید.

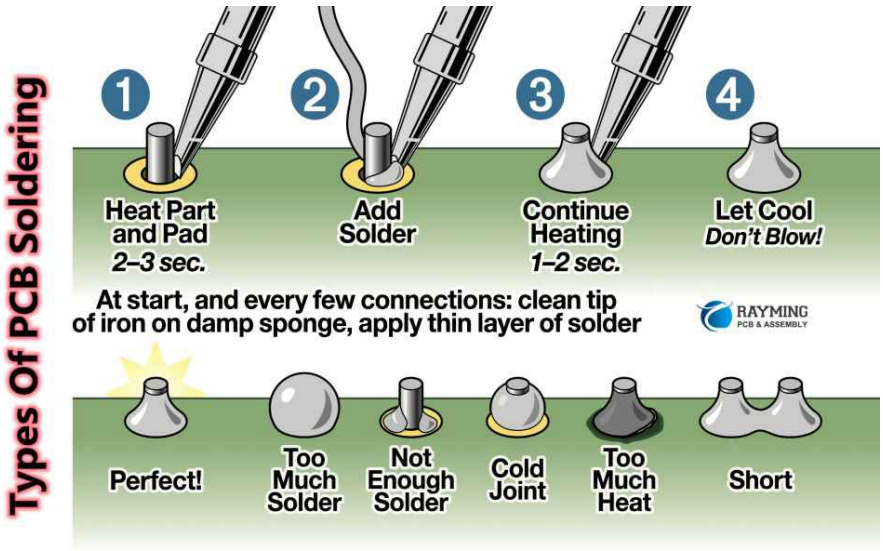
۴ .خطاهای رایج در لحیم‌کاری و راه‌های جلوگیری

* لحیم سرد :(Cold Joint) دمای ناکافی یا حرکت قطعه (راه حل: افزایش دما و ثابت نگه داشتن قطعه)

* اتصال لحیم زیاد :(Bridging) لحیم اضافی باعث اتصال کوتاه بین پایه‌ها می‌شود .(راه حل: کاهش مقدار لحیم و استفاده از مکنده قلع)

* لحیم ترک‌خورده :ناشی از حرکت قطعه هنگام سرد شدن (راه حل: لحیم‌کاری مجدد)

بطور کلی لحیم‌کاری با هویه یک مهارت مهم در الکترونیک و تعمیرات است که با رعایت اصول صحیح، می‌توان اتصالات قوی، رسانا و بادوام ایجاد کرد. با تمرین و رعایت نکات ایمنی، می‌توانید لحیم‌کاری تمیز و حرفه‌ای انجام دهید .



سیگنال آنالوگ

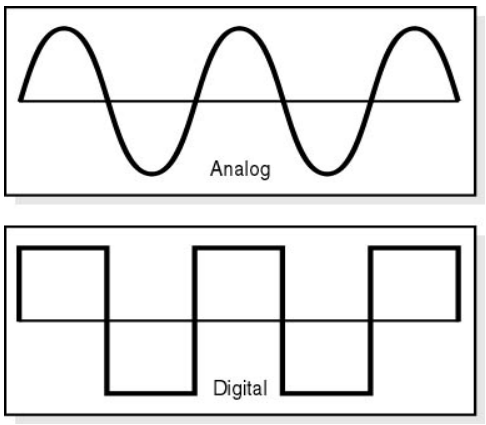
سیگنال آنالوگ یک نوع سیگنال الکتریکی است که مقادیر آن به طور پیوسته در طول زمان تغییر می‌کند. این نوع سیگنال‌ها می‌توانند هر مقدار از یک دامنه خاص را داشته باشند و به صورت بی‌وقفه تغییر کنند. به عبارت دیگر، سیگنال آنالوگ دارای ویژگی‌هایی چون تغییرات تدریجی و پیوستگی در مقدار است.

برخی ویژگی‌های مهم سیگنال‌های آنالوگ عبارتند از:

پیوستگی : تغییرات سیگنال به صورت پیوسته و بدون گسستگی رخ می‌دهد.

مقدار متغیر : این سیگنال‌ها می‌توانند مقادیر مختلفی از دامنه‌ای خاص را بپذیرند.

مثال‌ها :سیگنال‌های صوتی، سیگنال‌های رادیویی آنالوگ، یا سیگنال‌های ولتاژ نوسان ساز ادیومتر



سیگنال دیجیتال

سیگنال دیجیتال نوعی سیگنال گسسته است که فقط می‌تواند مقادیر مشخصی را بگیرد، معمولاً به صورت دو مقدار صفر (0) و یک(1) تعریف می شود. در سیستم‌های دیجیتال برخلاف سیگنال آنالوگ که پیوسته تغییر می‌کند، سیگنال دیجیتال در بازه‌های زمانی مشخص فقط بین این مقادیر گسسته تغییر می‌کند.

ویژگی‌های مهم سیگنال دیجیتال:

گسسته بودن :مقدار سیگنال در لحظات مختلف فقط می‌تواند یکی از چند مقدار مشخص باشد، معمولاً در سیستم‌های باینری فقط 0 یا 1.

پایداری در برابر نویز :ازآنجاکه مقادیر مشخص و گسسته دارد، نویز تأثیر کمتری روی آن دارد و قابل تصحیح است.

امکان پردازش و فشرده‌سازی آسان :سیگنال دیجیتال را می‌توان با استفاده از میکروکنترلرها و کامپیوترها پردازش کرد.

ذخیره‌سازی و انتقال راحت‌تر :اطلاعات دیجیتال را می‌توان روی حافظه‌ها ذخیره کرد یا از طریق شبکه‌ها ارسال کرد.

مانند داده‌های ذخیره شده در کامپیوتر - سیگنال‌های ارتباطی در اینترنت و تلفن همراه

سطوح منطقی

یک ورودی یا خروجی منطقی فقط یک از دو حالت منطقی را قبول می‌کند.این دو سطح در هر مطلبی نام خاص خود را دارند از جمله: خاموش / روشن - بالا (H) / پایین (L) - یک / صفر - درست (T) / غلط (F) - مثبت / منفی - مثبت / زمین - مدار باز / مدار بسته - YES / NO.

کد باینری(Binary Code) : یک روش نمایش اطلاعات در قالب ۰ و ۱ است. این سیستم پایه‌ای‌ترین روش برای ذخیره و پردازش داده‌ها در کامپیوترها، میکروکنترلرها و تمام دستگاه‌های دیجیتال است.

در سیستم باینری، هر عدد فقط از ترکیب 0 و 1 ساخته می‌شود.

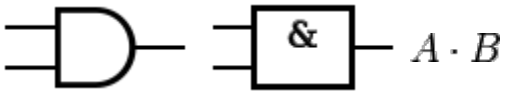
مثلاً نمایش چند عدد در مبنای دهدهی (Decimal) و باینری (Binary):

BCD		Decimal
0000	=	0
0001	=	1
0010	=	2
0011	=	3
0100	=	4
0101	=	5
0110	=	6
0111	=	7
1000	=	8
1001	=	9

در این روش کدگذاری هر جزء را یک بیت و هر8 بیت را یک بایت می نامند و از راست به چپ ارزش هر بیت دو برابر ارزش بیت قبل می باشد. با توجه به اینکه ارزش بیت اول (سمت راست) یک در نظر گرفته می شود پس ارزش بیت های بعدی به ترتیب 2 4 8 16 32 و الی آخر... در این کد گذاری اگر هر ارزش با عدد یک مشخص شده باشد در شمارش محاسبه خواهد شد و هر موقعیت که با صفر نمایش داده شود مقدارش در محاسبه در نظر گرفته نمی شود.

گیت‌های منطقی

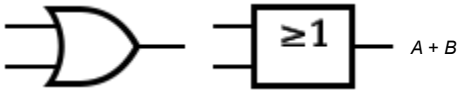
یک گیت منطقی روی یک یا دو ورودی منطقی عملیات منطقی انجام می‌دهد و سرانجام یک خروجی منطقی را تولید می‌کند.به دلیل اینکه خروجی هر گیت یکی از سطوح منطقی است پس می‌توان آن خروجی را به ورودی گیت(های)دیگری متصل نمود.بدیهی است که نمی‌توان دو خروجی را با هم به یک ورودی متصل نمود چرا که در این صورت سطوح ولتاژی به وجود خواهد آمد که خارج از محدوده منطقی خواهد بود.در الکترونیک به این کار اتصال کوتاه می‌گویند که خیلی خطرناک است. گیت‌های منطقی عمدتاً از قطعات الکترونیکی مانند دیودها و ترانزیستورها تشکیل می‌شوند.

Type	Distinctive shape	Rectangular shape	Boolean algebra between A & B
AND			$A \cdot B$

Truth table

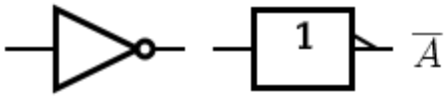
INPUT		OUTPUT
A	B	A AND B
0	0	0
	1	0
1	0	0
1	1	1

OR



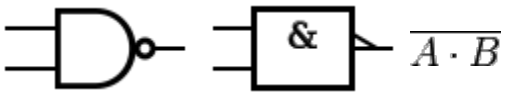
INPUT		OUTPUT
A	B	A OR B
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

NOT



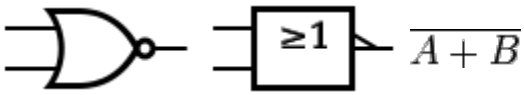
INPUT	OUTPUT
A	NOT A
0	1
1	0

NAND



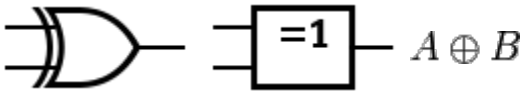
INPUT		OUTPUT
A	B	A NAND B
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

NOR



INPUT		OUTPUT
A	B	A NOR B
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

XOR



INPUT		OUTPUT
A	B	A XOR B
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

در منطق الکترونیک، هر سطح منطقی نماینده ولتاژ معینی است (که این ولتاژ به نوع منطقی که استفاده می‌شود بستگی دارد).هر گیتی برای تولید ولتاژ مناسب به منبع تغذیه نیاز دارد.در بلوک دیاگرام مدارهای منطقی منبع تغذیه نمایش داده نمی‌شود، ولی در شماتیک کامل اتصالات منبع ضروری است.

حافظه ها

حافظه‌های دیجیتال قطعاتی هستند که داده‌ها و اطلاعات دیجیتال (0 و 1) را ذخیره و بازیابی می‌کنند. این حافظه‌ها در انواع سیستم‌های کامپیوتری، میکروکنترلرها و تجهیزات الکترونیکی به کار می‌روند.

دسته‌بندی حافظه‌های دیجیتال: حافظه‌های دیجیتال را می‌توان به دو دسته‌ی اصلی تقسیم کرد:

1. حافظه‌های فرّار(Volatile Memory) این نوع حافظه‌ها با قطع شدن برق، اطلاعات خود را از دست می‌دهند.

RAM (Random Access Memory) حافظه دسترسی تصادفی

- اطلاعات را به‌صورت موقتی ذخیره می‌کند.
- سرعت بالایی دارد و برای پردازش سریع داده‌ها در CPU استفاده می‌شود.

2.حافظه‌های غیرفرّار(Non-Volatile Memory)

این حافظه‌ها پس از قطع برق، داده‌ها را حفظ می‌کنند.

ROM (Read-Only Memory) حافظه فقط خواندنی

داده‌های ذخیره‌شده در آن تغییر نمی‌کنند یا تغییر آن‌ها دشوار است.

بطور کلی حافظه‌های دیجیتال به دو نوع فرّار مانند RAM و غیرفرّار مانندROM ، فلش و هارد تقسیم می‌شوند.

حافظه‌های موقت برای پردازش سریع داده‌ها استفاده می‌شوند، اما با قطع برق، اطلاعاتشان از بین می‌رود.

حافظه‌های دائم برای ذخیره دائمی داده‌ها به کار می‌روند.

میکرو کنترولر Microcontroller

به آی سی هایی که قابل برنامه ریزی می باشد و عملکرد آنها از قبل تعیین نشده، میکروکنترلرگویند میکرو کنترلر ها دارای ورودی - خروجی و قدرت پردازش هستند .

- بخشهای مختلف میکروکنترلر :

میکروکنترلر ها از بخشهای زیر تشکیل شده اند

CPU واحد پردازش مرکزی(Central Processing Unit)

ALU واحد محاسبات و منطق (Arithmetic Logic Unit)

I /O ورودی ها و خروجی ها

RAM حافظه اصلی میکرو

ROM حافظه ای که برنامه روی آن ذخیره می گردد

Timer برای کنترل زمان ها

و . . .

میکروکنترلرها به‌صورت پیش‌فرض هیچ برنامه‌ای ندارند و برای اینکه کار کنند، باید یک برنامه (Firmware)روی آن‌ها پروگرام (آپلود) شود.

برنامه‌نویسی میکروکنترلر یعنی نوشتن کدی که روی میکروکنترلر اجرا شود و وظایف خاصی مثل خواندن ورودی‌ها، پردازش داده‌ها و کنترل خروجی‌ها را انجام دهد.

زبان‌های برنامه‌نویسی رایج

C و C++ پرکاربرد و بهینه

Micropython برای میکروکنترلرهای پیشرفته

Assembly زبان سطح پایین برای کاربردهای خاص و بهینه‌ساز

مراحل برنامه‌نویسی میکروکنترلر

نوشتن کد در زبان C یاMicroPython - کامپایل و تبدیل به کد ماشین - آپلود (پروگرام) روی میکروکنترلر - تست و اشکال‌زدایی(Debugging)

مثال ساده روشن و خاموش کردن LED در آردوینو

```
void setup () {
  pinMode(13, OUTPUT); // تنظیم پین ۱۳ به عنوان خروجی
}

void loop () {
  digitalWrite(13, HIGH);  // روشن کردن LED
  delay(1000); // ۱ ثانیه تأخیر
  digitalWrite(13, LOW); // خاموش کردنLED
  delay(1000); // ۱ ثانیه تأخیر
}
```

توضیح :این برنامه یک LED را هر 1 ثانیه روشن و خاموش می‌کند.

در صورت تمایل به یادگیری بهتر، از بردهای ساده مثل Arduinoشروع کنید و مفاهیم پایه‌ای مثل ورودی/خروجی دیجیتال، تایمرها، و ارتباط سریال را یاد بگیرید.

پس بطور کلی، برنامه‌نویسی میکروکنترلرها یعنی نوشتن کدی که سخت‌افزار را کنترل کند.

Cو ++C زبان‌های اصلی این حوزه هستند و یادگیری با آردوینو ساده‌تر است.

و سپس میکروکنترلر را توسط دستگاهی به نام Programmer به یکی از درگاه های کامپیوتر وصل نموده و برنامه نوشته شده را روی آی سی انتقال می دهیم و در ROM میکروکنترلر ذخیره می شود .

این آی سی ها حکم یک کامپیوتر در ابعاد کوچک و قدرت کمتر را دارند بیشتر این آی سی ها برای کنترل و تصمیم گیری استفاده می شود چون طبق الگوریتم برنامه ی آن عمل می کند این آی سی ها برای کنترل ربات ها تا استفاده در کارخانه صنعتی کاربرد دارند .

امکانات میکرو کنترلرها یکسان نیست و هر کدام امکانات خاصی را دارا می باشند و در قیمت های مختلف عرضه می شود .

پردازش سیگنال (Signal Processing)

پردازش سیگنال یک شاخه از الکترونیک است که به بررسی، تحلیل، تغییر و بهینه‌سازی سیگنال‌ها می‌پردازد تا اطلاعات مفیدی از آن‌ها استخراج شود یا برای استفاده، مناسب‌تر شوند.

سیگنال‌ها می‌توانند آنالوگ یا دیجیتال باشند و معمولاً در مخابرات، پردازش صوت، پردازش تصویر، رادار، پزشکی و هوش مصنوعی استفاده می‌شوند.

انواع سیگنال‌ها در پردازش سیگنال

سیگنال آنالوگ (Analog Signal) : پیوسته در زمان است - مقدار آن می‌تواند هر مقداری در یک دامنه خاص باشد. مثل: سیگنال صوتی ضبط شده روی میکروفون

سیگنال دیجیتال (Digital Signal) : گسسته در زمان و مقدار است - از اعداد گسسته (0 و 1) تشکیل شده است. مثل: تصویر دیجیتال، داده‌های سنسور در کامپیوتر.

مراحل پردازش سیگنال

1.دریافت سیگنال: سیگنال از یک منبع ورودی مثل میکروفون، دوربین، حسگر دریافت می‌شود.

2.نمونه‌برداری(Sampling) : در صورتی که سیگنال آنالوگ باشد، باید به دیجیتال تبدیل شود. طبق قانون نایکوئیست(Nyquist) ، نرخ نمونه‌برداری باید حداقل دو برابر بیشترین فرکانس سیگنال باشد.

3.پیش‌پردازش(Pre-processing) : حذف نویز و خطاهای ناخواسته از سیگنال - افزایش کیفیت سیگنال قبل از انجام پردازش اصلی.

4.پردازش اصلی(Processing) : فیلترگذاری (Filtering) برای حذف یا تقویت بخش‌هایی از سیگنال. تبدیل فوریه (FFT - Fast Fourier Transform) برای تحلیل فرکانس سیگنال - استخراج ویژگی‌ها برای تحلیل‌های بعدی.

5.خروجی و نمایش نتایج: نمایش داده‌های پردازش‌شده روی مانیتور یا ذخیره آن‌ها - ارسال سیگنال پردازش‌شده به بلندگو، نمایشگر، شبکه یا سایر سیستم‌ها.

تکنیک‌های پردازش سیگنال

فیلترگذاری(Filtering) : حذف نویز و حذف تداخل از سیگنال.

تبدیل فوریه(FFT - Fast Fourier Transform) : تبدیل سیگنال از حوزه زمان به فرکانس که در تشخیص فرکانس‌های مهم در صوت و تصویر استفاده می‌شود.

پردازش موجک(Wavelet Transform) : برای تحلیل سیگنال‌های متغیر در زمان استفاده می‌شود که در پردازش تصویر و فشرده‌سازی کاربرد دارد.

و چندین روش دیگر...

کاربردهای پردازش سیگنال

پردازش صوت ←حذف نویز، فشرده‌سازیMP3 ، تشخیص گفتار و دستگاه OAE

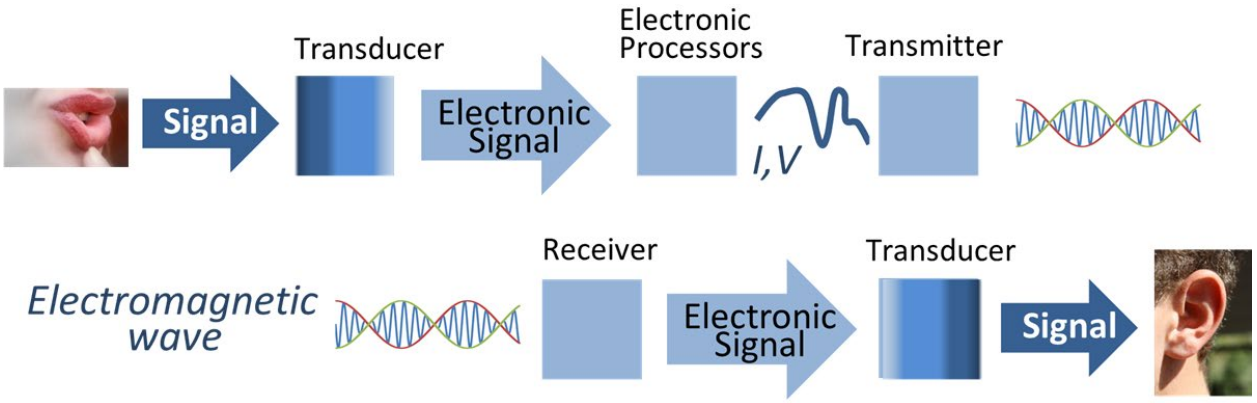
پردازش تصویر ←تشخیص چهره، بهبود کیفیت عکس، فشرده‌سازی ویدئو.

مخابرات ←فیلترگذاری سیگنال‌های رادیویی، 4G و 5G

پزشکی ←تحلیل سیگنال‌های EEG وECG و ABR، تصویربرداری پزشکی.MRI

کنترل و رادار ←شناسایی اهداف متحرک، سیستم‌های خودران.

پس پردازش سیگنال یعنی تجزیه‌وتحلیل و بهینه‌سازی سیگنال‌ها که شامل پردازش سیگنال‌های آنالوگ و دیجیتال است و در زمینه‌هایی مثل صوت، تصویر، مخابرات، پزشکی، هوش مصنوعی و رادار استفاده می‌شود.



مبدل آنالوگ به دیجیتال (ADC - Analog to Digital Converter) یک مدار الکترونیکی است که سیگنال آنالوگ (پیوسته) را به سیگنال دیجیتال (گسسته) تبدیل می‌کند.

از آنجایی که پردازنده‌های دیجیتال (مثل میکروکنترلرها و کامپیوترها) فقط اعداد باینری را می‌فهمند، ADCبرای تبدیل سیگنال‌های آنالوگ (مثل ولتاژ سنسورها، صدا، تصویر و...) به داده‌های دیجیتال ضروری است.

مثال: یک میکروفون سیگنال صوتی آنالوگ تولید می‌کند. ADCاین سیگنال را به یک عدد دیجیتال (مثل 11010101) تبدیل می‌کند و پردازنده این داده‌ها را ذخیره یا پردازش می‌کند.

<u>مراحل تبدیل آنالوگ به دیجیتال</u>

نمونه‌برداری(Sampling) :

ADCمقدار سیگنال آنالوگ را در بازه‌های زمانی مشخص اندازه‌گیری می‌کند. نرخ نمونه‌برداری (Sampling Rate)بر حسب هرتز (Hz) مشخص می‌شود (مثلاً 44.1 kHz در ضبط صدا).

کوانتیزه سازی(Quantization) :

مقدار پیوسته آنالوگ به مقدار گسسته دیجیتال تبدیل می‌شود. تعداد بیت‌های ADC (مثل 8بیت، 10 بیت، 12 بیت، 16 بیت) دقت تبدیل را مشخص می‌کند.

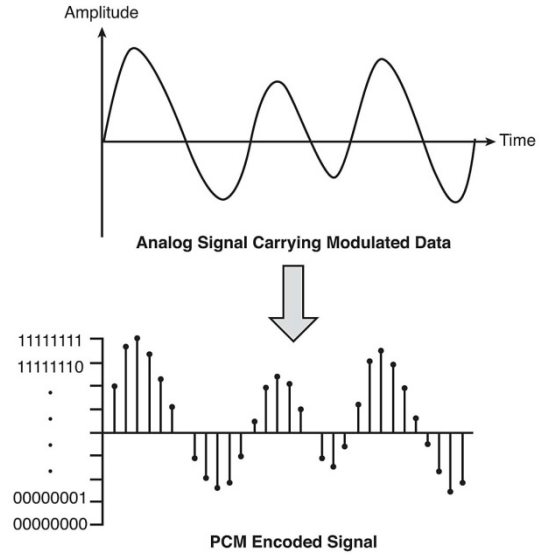
کدگذاری(Encoding) :

مقدار کوانتیزه شده به کد باینری تبدیل می‌شود تا پردازنده بتواند آن را پردازش کند.

دقت و وضوح(Resolution) ADC

وضوح ADC یعنی تعداد بیت‌هایی که برای نمایش مقدار دیجیتال استفاده می‌شود . هرچه دقت ADC بیشتر

پس بطور کلی، ADCسیگنال‌های آنالوگ را به داده‌های دیجیتال تبدیل می‌کند و این فرآیند شامل نمونه‌برداری، کوانتیزه‌سازی و کدگذاری است. دقت ADC بر حسب بیت (مثل 8، 10، 12، 16 بیت) مشخص می‌شود و در سنسورها، پردازش صوت، مخابرات و تجهیزات پزشکی استفاده می‌شود.



مبدل دیجیتال به آنالوگ (DAC - Digital to Analog Converter) یک مدار الکترونیکی است که سیگنال دیجیتال (0 و 1) را به سیگنال آنالوگ (پیوسته) تبدیل می‌کند.

در بسیاری از کاربردهای الکترونیکی، مانند پخش صدا، نمایش تصاویر، و کنترل موتورها، اطلاعات دیجیتال نیاز به تبدیل به سیگنال آنالوگ دارند.

مراحل تبدیل دیجیتال به آنالوگ

دریافت عدد دیجیتال(Input) : ورودی DAC یک عدد باینری است (مثلاً 10011011در سیستم 8 بیتی)

تبدیل مقدار دیجیتال به ولتاژ آنالوگ: مقدار عددی دیجیتال به یک سطح ولتاژ معادل تبدیل می‌شود.

بازسازی سیگنال آنالوگ

اگر داده‌ها یک موج صوتی باشند، DACآن‌ها را به یک موج پیوسته تبدیل می‌کند.

فیلترهای نرم‌کننده (Smoothing Filters) استفاده می‌شوند تا سیگنال صاف‌تر شود.

دقت و وضوح(Resolution) DAC

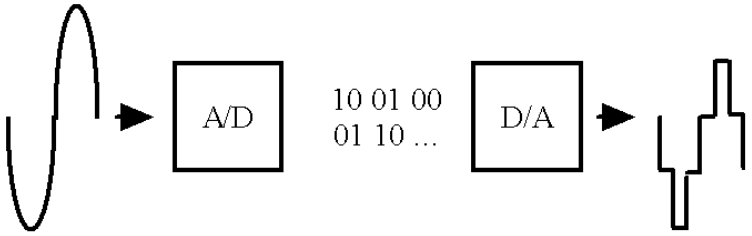
وضوح DAC تعداد بیت‌هایی است که برای نمایش مقدار دیجیتال استفاده می‌شود.

هرچه تعداد بیت بیشتر باشد، خروجی آنالوگ دقیق‌تر خواهد بود.

DACبا دقت بالاتر (مثل 16 بیت) در کاربردهای صوتی حرفه‌ای و تجهیزات پزشکی استفاده می‌شود.

پس بطور کلی، DACسیگنال دیجیتال را به سیگنال آنالوگ تبدیل می‌کند.
در پخش صدا، نمایشگرها، مخابرات و کنترل صنعتی استفاده می‌شود.
دقت و وضوح DAC با تعداد بیت‌های آن مشخص می‌شود (8 بیت، 12 بیت، 16 بیت و بالاتر).

اگر نمونه برداری دقیق انجام نپذیرد و یا اینکه با تعداد بیت کمی از سیگنال نمونه برداری گردد در زمانی که سیگنال مجددا به آنالوگ بازسازی می شود دارای دقت و کیفیت پائینی خواهد بود.



این عملیات در کلیه سمعک های دیجیتال نیز انجام می پذیرد.

قطعات نیمه هادی خاصی به این منظور طراحی و تولید گردیده اند که طراحان دستگاه ها با توجه به نیازهای مدار خود از آنها استفاده می نمایند.

مدولاسیون

مدولاسیون عبارت است از سوار کردن سیگنال اطلاعات (سیگنال باند پایه یا پیام) بر روی سیگنال معمولاً فرکانس بالاتری (سیگنال حامل) به منظور افزایش برد سیگنال و بهره وری انتقال و استفاده بهتر از پهنای باند کانال. در مدولاسیون یکی از خواص سیگنال حامل (مثلاً دامنه، فرکانس، فاز یا ...) با توجه به تغییرات سیگنال پیام تغییر داده می‌شوند. به طور کلی فرایند گنجاندن سیگنال حاوی اطلاعات در سیگنالی دیگر را مدولاسیون می نامند.همچنین اخذ سیگنال حاوی اطلاعات دمدولاسیون نام دارد.

ضرورت مدولاسیون

1. از پهنای باند، استفاده‌ای بهینه شود و هر پیام در کانال خاصی قرار گیرد.
2. مسافت انتقال پیام (که در فرکانس‌های پایین کم است) افزوده شود.

اگر کانال مخابراتی شامل فضای آزاد باشد در این صورت برای انتشار و دریافت سیگنال آنتن‌هایی مورد نیاز است طول این آنتن‌ها متناسب با طول موج سیگنال فرستاده شده‌است. بسیاری از سیگنال‌های صوتی دارای مولفه فرکانسی ۱۰۰ هرتز یا پایین تر هستند. برای ارسال این سیگنال‌ها اگر سیگنال مستقیما انتشار یابد به آنتن‌هایی با طول حدود ۳۰۰km نیاز است. اما اگر از مدولاسیون برای سوار کردن سیگنال بر روی یک فرکانس حامل مثلاً ۱۰۰MHz استفاده کنیم در این صورت طول آنتن‌ها حدود یک متر خواهد بود.

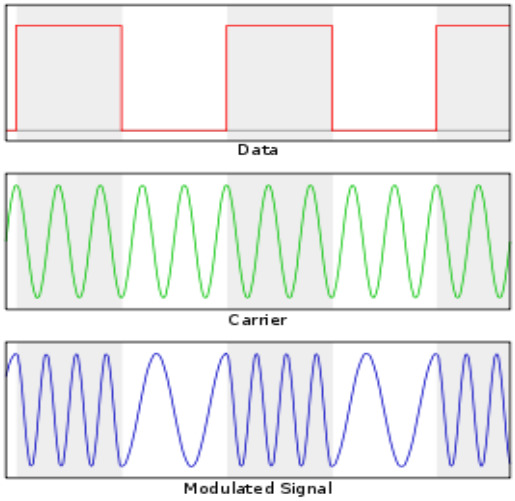
انواع مدولاسیون

مدولاسیون انواع مختلفی دارد. همچنین مدولاسیون به انواع آنالوگ و دیجیتال نیز تقسیم می‌شود. برای اشاره به مدولاسیون‌های دیجیتال، بیشتر از اصطلاح کلیدزنی (Keying) استفاده می‌شود.

در مدولاسیون سیگنال فرکانس بالا (حامل) بر اساس سیگنال پیام تغییر داده می‌شود. سیگنال حامل خواص مختلفی دارد که می‌تواند بر اساس سیگنال پیام تغییر داده شوند و از این رو انواع مختلفی از مدولاسیون پدید می‌آید.

Frequency-shift keying (FSK) : روشی برای ارسال سیگنال های دیجیتال است . اگر دو حالت باینری موجود یعنی صفر و یک منطقی را توسط یک شکل موج آنالوگ تعریف کنیم ، صفر منطقی در این روش توسط یک موج با فرکانس خاص و یک منطقی نیز توسط موجی دیگر با فرکانس متفاوت تعریف می شود .

در این روش دو فرکانس حامل خواهیم داشت که سیستم به طور پیاپی بین این دو فرکانس کلید زنی می کند . این روش یکی از روش های مدلاسیون دیجیتال است که در آن فرکانس موج سینوسی حامل بر اساس سیگنال پیام تغییر می کند .

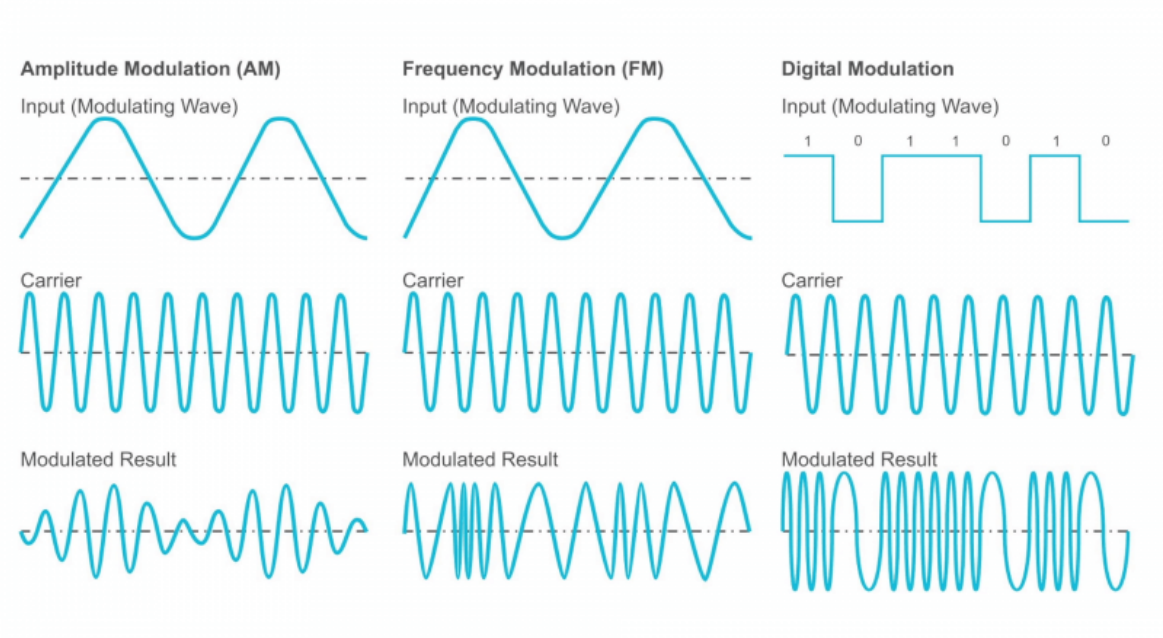


از دیگر روش های مدولاسیون دیجیتال Amplitude-Shift Keying (**ASK**) و Phase-Shift Keying (**PSK**) می باشد که در دامنه و در فاز موج حامل تغییر ایجاد می شود.

1.مدولاسیون دامنه Amplitude Modulation (**AM**): سطح یا دامنهٔ سیگنال حامل بر اساس تغییرات سیگنال پیام تغییر داده می‌شود.

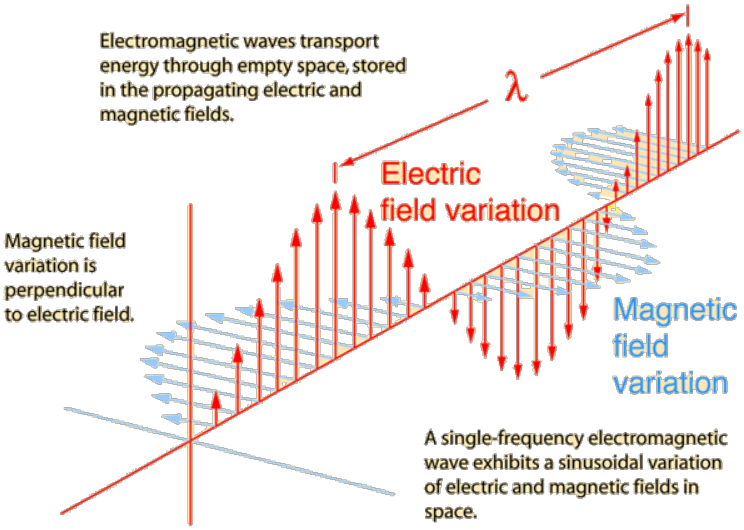
2.مدولاسیون فرکانس Frequency Modulation (**FM**): فرکانس سیگنال حامل بر اساس تغییرات سیگنال پیام تغییر داده می‌شود.

3.مدولاسیون فاز Phase Modulation (**PM**) : فاز سیگنال حامل بر اساس تغییرات سیگنال پیام تغییر داده می‌شود.



امواج الکترومغناطیسی

امواج الکترومغناطیسی که جزو امواج عرضی محسوب می شوند از میدان های الکتریکی و مغناطیسی تشکیل شده اند. دارای ماهیت و سرعت یکسان هستند و فقط از لحاظ فرکانس یا طول موج با هم تفاوت دارند.



یک میدان الکتریکی متغیر، میدان مغناطیسی می سازد و میدان مغناطیسی نیز میدان الکتریکی متغیر می‌سازد و به این صورت موج الکترومغناطیسی ساخته می‌شود و پیش می‌رود .

امواج الکترومغناطیسی از طولانی ترین موج رادیویی، با طول موج های معادل چندین کیلومتر شروع شده و پس از گذر از موج رادیویی متوسط و کوتاه تا نواحی کهموج، فروسرخ و مرئی امتداد می یابد.

بعد از ناحیه مرئی، فرابنفش قرار دارد که خود منتهی به نواحی اشعه ایکس، گاما و اشعه کیهانی می شود.

استفاده از این تقسیم بندی، بجز برای ناحیه مرئی که دقیقا تعریف شده است، لزوما اختیاری است.

امواج الکترومغناطیسی پایه تمامی سیستم های ارسال صدا و تصویر و اطلاعات می باشد . این امواج که نور مرعی را هم شامل می شود با سرعت ۳۰۰۰۰۰ کیلومتر بر ثانیه منتشر می شوند و برای انتشار هم نیاز به محیط خاصی ندارد بدین معنی که در خلاء هم منتشر می شوند.

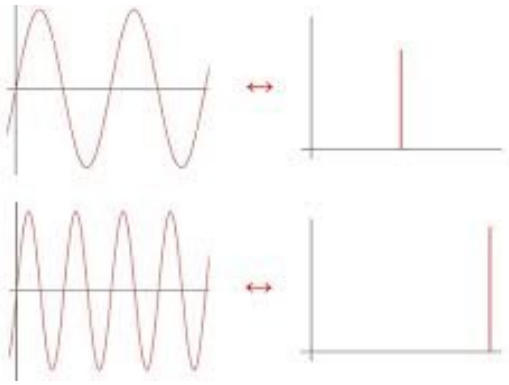
تبدیل فوریه (Fourier Transform) یک ابزار ریاضی است که یک سیگنال را از حوزه زمان به حوزه فرکانس تبدیل می‌کند.

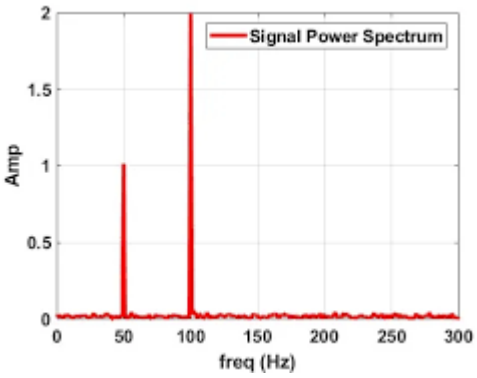
یعنی اگر یک سیگنال در طول زمان تغییر کند (مثل یک آهنگ، یک تصویر، یا یک سیگنال الکتریکی)، تبدیل فوریه به ما نشان می‌دهد که چه فرکانس‌هایی در این سیگنال وجود دارند و با چه شدتی (دامنه‌ای).

در بسیاری از سیستم‌ها (مثل پردازش صدا، تصویر، مخابرات و پزشکی) ما به جای نگاه کردن به شکل سیگنال در زمان، نیاز داریم که ببینیم سیگنال از چه فرکانس‌هایی تشکیل شده است.

بطور مثال، فرض کنید یک آهنگ را گوش می‌دهیم این آهنگ ترکیبی از صداهای زیر، بم، و فرکانس‌های مختلف است. تبدیل فوریه به ما نشان می‌دهد که کدام فرکانس‌ها در این آهنگ قوی‌تر هستند و کدام ضعیف‌تر.

بطور کلی، قبل از تبدیل فوریه، سیگنال به‌صورت یک تابع از زمان نمایش داده می‌شود ولی بعد از تبدیل فوریه، سیگنال به‌صورت ترکیبی از فرکانس‌های مختلف نمایش داده می‌شود.





دستگاه های تست و اندازه گیری

جهت اندازه گیری مولفه های الکتریکی از دستگاه های مختلفی استفاده می گردد. ولی یکی از عمومی ترین این دستگاه ها مولتی متر یا مولتی تستر است که چندین مولفه را قادر خواهد بود اندازه گیری نماید. از جمله اهم – ولت متر جریان مستقیم و متناوب و همینطور آمپرسنجی جریان مستقیم و متناوب و گاهی مقادیر دیگری مثل فرکانس متر تست خازن ها و ترانزیستورها و گاهی دماسنجی را نیز می توانند انجام دهند.

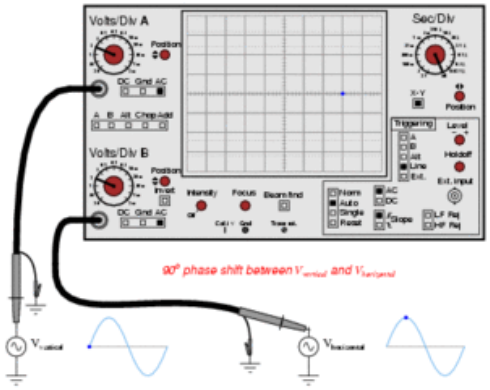
Multimeter:

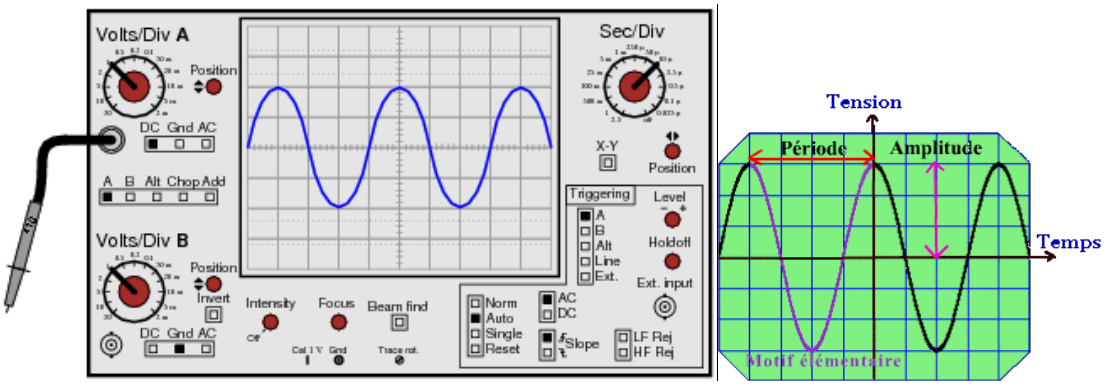
Digital Multimeter

Analog multimeter

دستگاه دیگری که جهت بررسی شکل موج امواج مختلف بکار برده می شود دستگاه اسیلوسکوپ و یا همان نوسان نما می باشد.

Oscilloscope





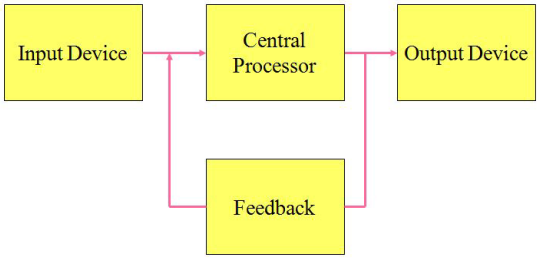
بطور کلی، دستگاه‌های تست و اندازه‌گیری برای عیب‌یابی و بررسی عملکرد مدارهای الکترونیکی استفاده می‌شوند. مولتی‌متر، اسیلسکوپ، ژنراتور سیگنال، و منبع تغذیه از مهم‌ترین ابزارها هستند و برای هر نوع سیگنال (آنالوگ، دیجیتال، مخابراتی) ابزارهای تخصصی وجود دارد.

بلوک دیاگرام (Block Diagram) یک نمایش گرافیکی از یک سیستم یا مدار الکترونیکی است که عملکرد بخش‌های مختلف را با استفاده از بلوک‌ها و فلش‌ها نمایش می‌دهد.

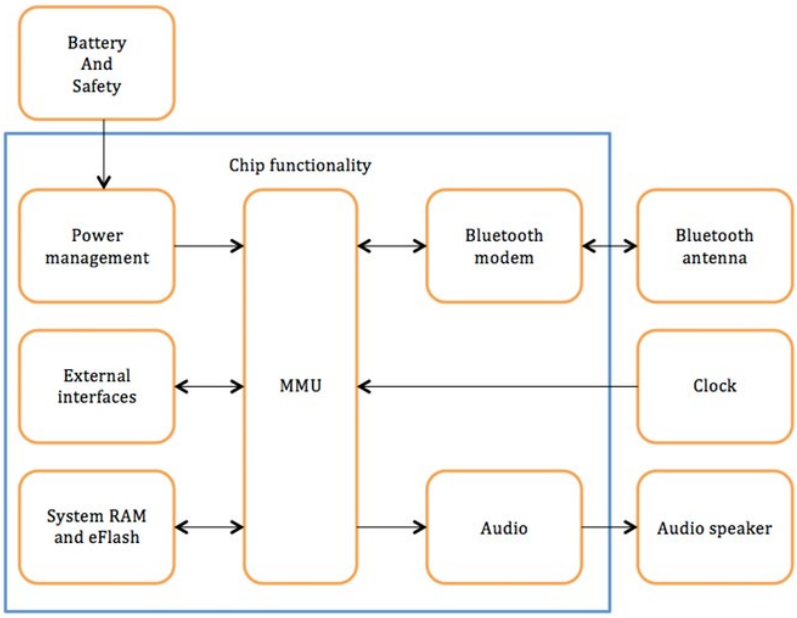
هر بلوک نشان‌دهنده یک بخش از سیستم است و فلش‌ها ارتباط بین آن‌ها را مشخص می‌کنند.

بلوک دیاگرام‌ها برای درک بهتر عملکرد کلی یک سیستم بدون نیاز به جزئیات پیچیده مدارهای الکترونیکی استفاده می‌شوند.

Block Diagram of a Simple Circuit



Block Diagram of a Bluetooth Device



تجهیزات شنوائی

با توجه به مباحث یادآوری شده قبلی در این بخش فقط به بخش های خاص این دستگاه ها اشاره خواهد شد. تجهیزات شنوایی بخشی از علوم شنوایی است که به مطالعه، طراحی، ارزیابی و کاربرد ابزارها و فناوری‌های مورد استفاده در تشخیص، اندازه‌گیری و بهبود عملکرد شنوایی می‌پردازد. این تجهیزات شامل انواع سمعک‌ها، سیستم‌های کمک‌شنوایی، تجهیزات ارزیابی آستانه‌های شنوایی، و وسایل تخصصی دیگر هستند که نقش مهمی در فرآیندهای شنوایی‌سنجی و توانبخشی شنوایی ایفا می‌کنند.

آشنایی دقیق دانشجویان شنوایی‌شناسی با این ابزارها، از جنبه‌های کلینیکی، عملکردی و تکنولوژیکی، برای انجام ارزیابی‌های دقیق‌تر و انتخاب راهکارهای درمانی مناسب ضروری است. همچنین درک اصول فنی و نحوه کار این تجهیزات می‌تواند به افزایش دقت در استفاده، کاهش خطاها و بهبود کیفیت خدمات شنوایی‌سنجی کمک کند.

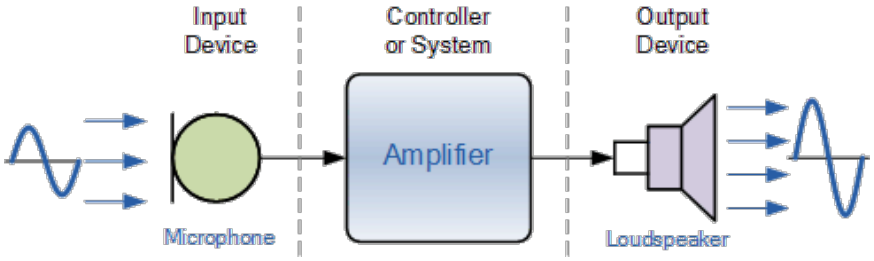
سمعک (Hearing Aid)

سمعک یکی از رایج‌ترین و مهم‌ترین وسایل کمک شنوایی است که برای جبران کاهش شنوایی در افراد دچار اختلال شنوایی به کار می‌رود. سمعک با تقویت صداهای محیط، به فرد کمک می‌کند تا گفتار و صداها را بهتر درک کند و ارتباط مؤثرتری با دیگران برقرار سازد.

این دستگاه الکترونیکی معمولاً شامل چهار بخش اصلی است :**میکروفون** (دریافت صدا)، **پردازشگر صدا یا آمپلی‌فایر** (تقویت و تنظیم صدا)، **بلندگو یا رسیور** (انتقال صدا به گوش)، و **منبع تغذیه** (باتری یا باتری قابل شارژ). سمعک‌ها از نظر شکل و محل قرارگیری، به انواع مختلفی مانند پشت‌گوشی(BTE) ، داخل‌گوشی (ITE)، داخل‌کانالی (ITC) و نامرئی در کانال (IIC) تقسیم می‌شوند.

پیشرفت فناوری، امکان استفاده از سمعک‌های دیجیتال و هوشمند را فراهم کرده است که با قابلیت‌هایی مانند کاهش نویز، حذف فیدبک، تنظیم خودکار بر اساس محیط، و اتصال به گوشی‌های هوشمند، تجربه شنیداری بهتری را برای کاربران فراهم می‌کنند.

در فرآیند تجویز سمعک، ارزیابی دقیق آستانه‌های شنوایی، انتخاب نوع مناسب سمعک، قالب‌گیری دقیق، و تنظیمات شخصی‌سازی‌شده نقش حیاتی دارند. بنابراین، آشنایی کامل دانشجویان شنوایی شناسی با عملکرد، انواع، و اصول تنظیم سمعک از ضروریات آموزش بالینی و حرفه‌ای در این رشته محسوب می‌شود.



درابتدا با این دانسته که همه مدارات الکترونیکی بایستی ابتدا تغذیه شوند و سپس انتظار عملکرد از آن ها داشت، پیش می رویم ونیز دانستن این موضوع که کاهش سطح ولتاژ تغذیه و نیز نویز منبع ویا هر گونه ایرادی در منابع تغذیه مستقیما خود را به صورت اختلال در عملکرد مدارات و نهایتا در خروجی نشان خواهند داد.

مورد دیگر اینکه زبان قابل درک مدارات الکترونیکی جریان الکتریکی است پس هر مولفه محیطی را که بخواهیم توسط این مدارات پردازش نمائیم بایستی بوسیله یک مبدل آن مولفه را به جریان الکتریکی معادلی تبدیل نمائیم. که این مبدل ها برای مولفه های مختلف متفاوت خواهند بود. مثل میکروفون – فتوسل در نورسنج ها و یا صفحه کلید کامپیوتر.

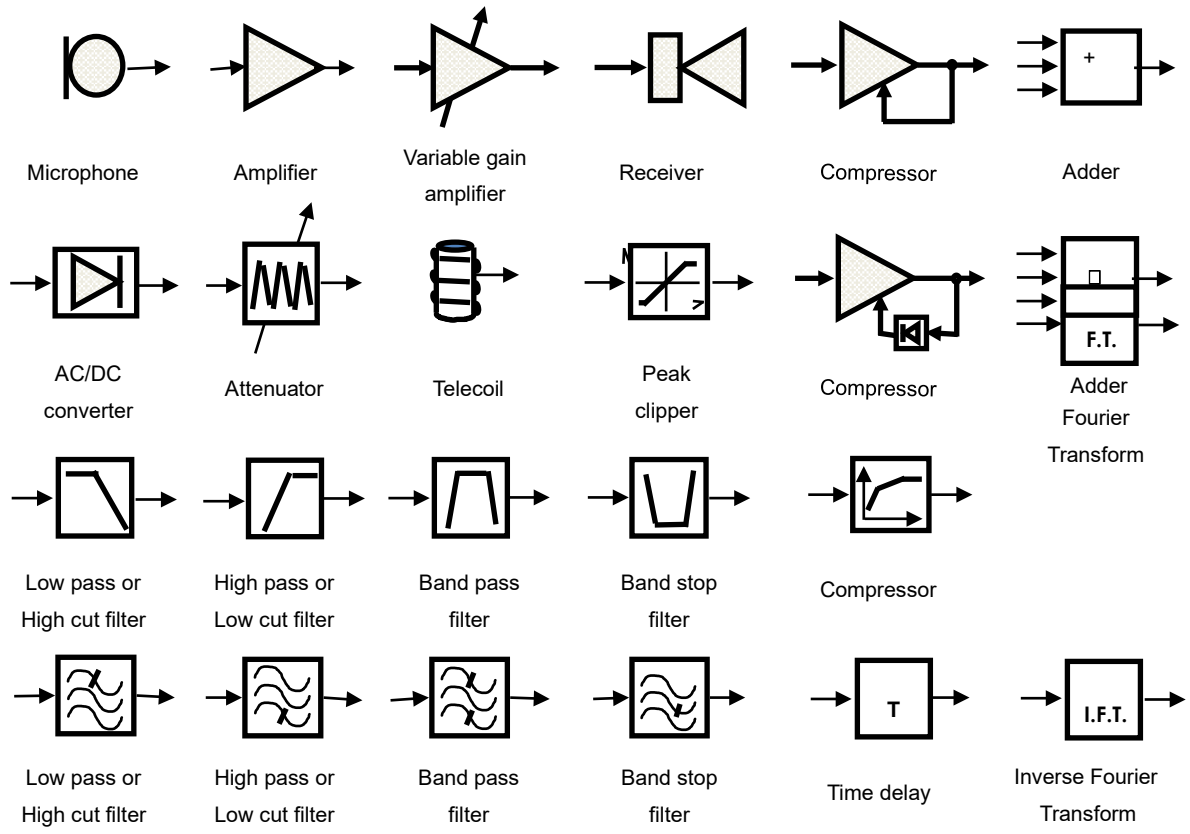
همینطور پس از پردازش بوسیله هر مدار الکترونیکی بایستی مجددا جریان الکتریکی را به مولفه قابل لمس و یا درک خود(انسان) تبدیل نمائیم. مثل گوشی و بلندگوها و یا مانیتور و پرینتر کامپیوترها

پس نقش بسیار مهم مبدل ها مشخص می شود. اگر در یک مبدل ورودی (مانند میکروفون) تبدیل صوت به جریان الکتریکی، بصورت مناسب انجام نشود، پردازش و تقویت نیز بر همان مبنا انجام خواهد پذیرفت. و یا اگر مبدل ورودی و پردازش مناسب انجام شود، ولی مبدل خروجی (مانند گوشی یک سمعک) توانائی تبدیل مطلوب جریان الکتریکی به صوت را نداشته باشد، طبیعتا نتیجه مناسبی دریافت نخواهد شد.

پس در همه سیستم های الکترونیکی بایستی در نظر داشت که مبدل ها نقش بسیار مهمی را بر عهده خواهند داشت.

سمبل های مداری که در بلوک دیاگرام های سمعک به صورت عمومی و استاندارد استفاده می گردد در زیر آورده شده است.

Block diagram symbols



Symbols used in block diagrams.

میکروفون

میکروفون در سمعک اولین بخش از مسیر پردازش صدا است. این قطعه، صداهای محیط را دریافت کرده و آن‌ها را به سیگنال‌های الکتریکی تبدیل می‌کند تا پردازشگر صدا بتواند آن‌ها را تقویت، فیلتر یا تنظیم کند. کیفیت و دقت عملکرد میکروفون تأثیر مستقیمی بر وضوح، شفافیت و کیفیت تجربه شنیداری کاربر دارد.

انواع میکروفون‌های مورد استفاده در سمعک

1. میکروفون همه‌سویه:(Omnidirectional)

صدا را از تمام جهات دریافت می‌کند. برای محیط‌های آرام یا هنگام گوش دادن به صدای عمومی مناسب است.

2. میکروفون جهت‌دار:(Directional)

تمرکز بر دریافت صدا از جهتی خاص (معمولاً جلو) دارد. در کاهش نویز محیط و تمرکز بر گفتار مؤثر است. در بسیاری از سمعک‌ها، به‌صورت خودکار بین حالت‌های همه‌سویه و جهت‌دار سوئیچ می‌کند.

3. میکروفون دوقلو:(Dual Microphone)

ترکیبی از دو میکروفون است که با پردازش دیجیتال، به تفکیک بهتر صدا و نویز کمک می‌کند. پایه‌ی تکنولوژی میکروفون‌های تطبیقی (Adaptive Directional Microphones)محسوب می‌شود.

برای اینکه میکروفون در یک سمعک به‌خوبی عمل کند، باید دارای ویژگی‌های زیر باشد:

اندازه بسیار کوچک :تا در فضای محدود سمعک جا بگیرد (معمولاً در حد چند میلی‌متر).

مصرف توان پایین :برای حفظ عمر باتری، مخصوصاً در سمعک‌های کوچک.

پاسخ فرکانسی گسترده و یکنواخت :برای حفظ کیفیت و دقت صدا.

نویز داخلی پایین :(Low Self-Noise) تا صدای دریافتی خالص‌تر باشد.

قابلیت تحمل دما و رطوبت :با توجه به قرارگیری نزدیک به بدن و در محیط گوش.

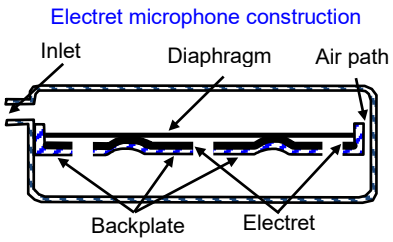
محافظت در برابر تداخلات الکترومغناطیسی.(EMI)

اغلب میکروفون‌های مدرن مورد استفاده در سمعک از نوع MEMS (Micro-Electro-Mechanical Systems)هستند که عملکرد دقیق، مصرف انرژی پایین، و مقاومت بالایی دارند.

نکات مهم برای جلوگیری از آسیب به میکروفون سمعک:

جلوگیری از ورود رطوبت و تعریق - پرهیز از ضربه یا افتادن سمعک - تمیز نگه داشتن منافذ میکروفون - جلوگیری از تماس با اسپری‌ها و مواد شیمیایی - نگهداری در جعبه مخصوص.

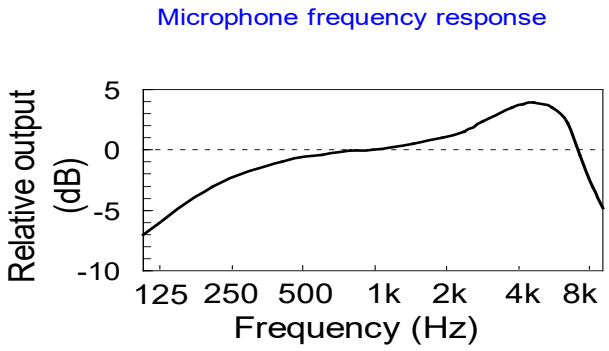
دو نوع مهم میکروفون که در سمعک ها به صورت اختصاصی استفاده می شود، میکروفون های Electeretو MEMSمی باشند. میکروفون الکترت از دو سطح خازنی تشکیل شده اند که دی الکتریک آن بهینه شده است و با ارتعاش یکی از این سطوح خازنی که حکم دیافراگم را دارد در اثر برخورد امواج صوتی میدان الکتریکی در خازن تغییر یافته ودر دو سر میکروفون اختلاف پتانسیلی متناسب با فشار صوتی ایجاد می شود. به علت دامنه بسیار ناچیز تولید شده و طبیعتا نویز پذیری بالای آن، توسط یک طبقه ترانزیستوری تقویت شده و سپس سیگنال از میکروفون خارج می شود. مشخصات آن در زیر آورده شده است.



نوع دیگر ازمیکروفون های مورد استفاده در سمعک ها، میکروفون های MEMS نام دارد.

یک دیافراگم حساس به فشار است که از طریق پردازش MEMS بر روی یک قرص سیلیکونی حک شده است. میکروفون‌های MEMS عمدتاً مبتنی بر کپسول‌های الکترت هستند و معمولاً دارای پری آمپلی فایرهای داخلی و مبدل‌های آنالوگ به دیجیتال هستند. میکروفون های MEMS به تراشه های میکروفون یا میکروفون سیلیکونی نیز معروف هستند. ابعاد کوچکتر، استحکام بیشتر و نیز بازدهی بهتر در محیطهای پر سر و صدا از جمله مشخصات آنها می باشد.

منحنی پاسخ فرکانسی از مشخصه های مهم این قطعه می باشد که میزان حساسیت نمونه برداری در باند فرکانسی را مشخص می نماید.



Frequency response of a typical electret microphone.

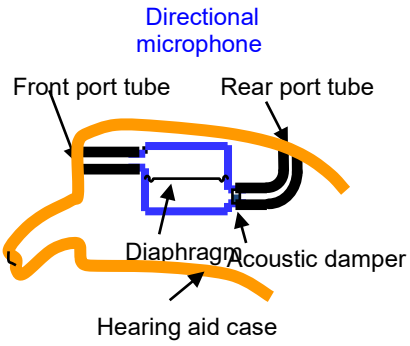
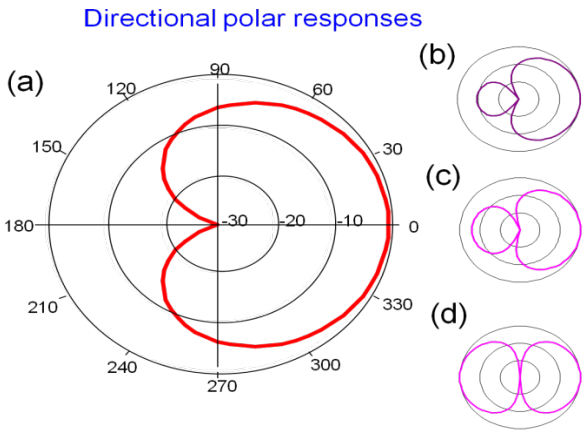


Diagram showing the sound paths in a directional microphone.

Microphone polar patterns

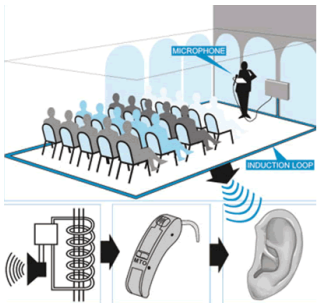
(Microphone facing Right of page in diagram, parallel to page):

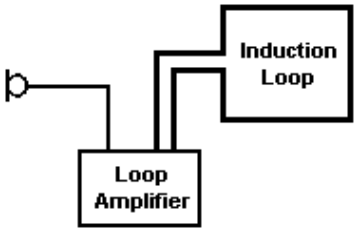


Directional sensitivity (in dB) of a microphone with (a) a cardioid response, (b) a super-cardioid response, (c) a hypercardioid response, and (d) a figure-8 response, all measured in an unobstructed sound field.

به موازات میکروفون ممکن است از مبدل های دیگر مانند تله کویل- گیرنده امواج رادیوئی اف ام و یا ورودی های مستقیم سیگنال الکتریکی و .. نیز استفاده شود.تله کویل از قانون القاء متقابل استفاده می نماید و هرگاه در میدان مغناطیسی خارجی قرار گیرد در دو سر سیم پیچ جریان الکتریکی متناسبی ظاهر خواهد شد. مانند میدان اطراف گوشی های دینامیکی و میدان ایجاد شده در کلاس های آموزشی کم شنوایان توسط سیستم لوپ.

Telecoil:





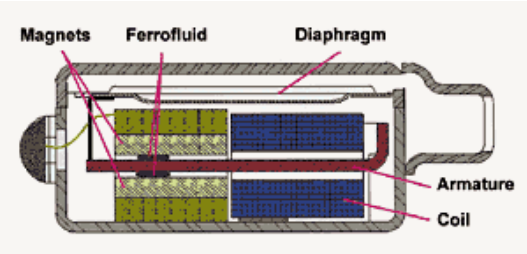
گوشی یا Receiver

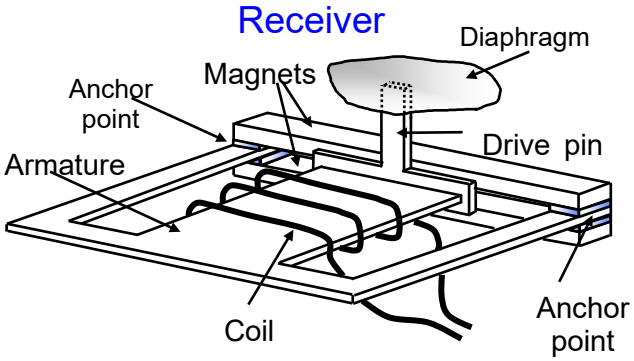
رسیور یا بلندگو، آخرین بخش مسیر پردازش صدا در سمعک است که سیگنال‌های الکتریکی پردازش‌شده را به ارتعاشات صوتی تبدیل می‌کند و آن‌ها را مستقیماً به داخل گوش کاربر می‌فرستد. رسیور قطعه‌ای کوچک است و بسیار حساس، و در معرض عواملی قرار دارد که می‌توانند باعث کاهش کیفیت یا از کار افتادن آن شوند.

"ساختمان گوشی ها مراجعه شود به بخش بلندگوها"

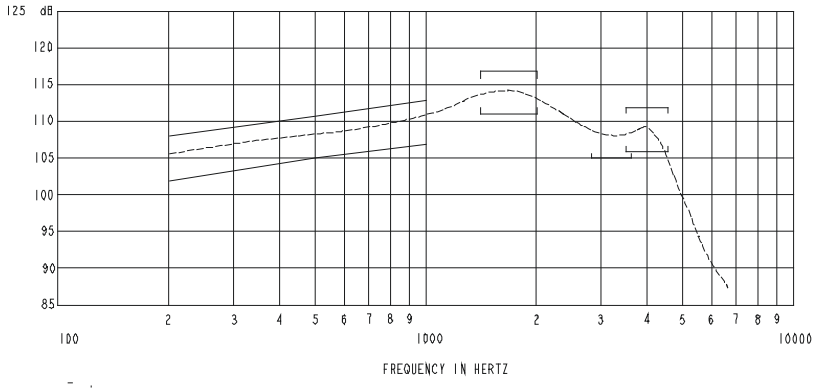
در این کاربرد خاص نیز ابعاد و پاسخ فرکانسی و ماکزیمم توان خروجی از مهمترین مشخصه هائی هستند که در نظر گرفته می شود.

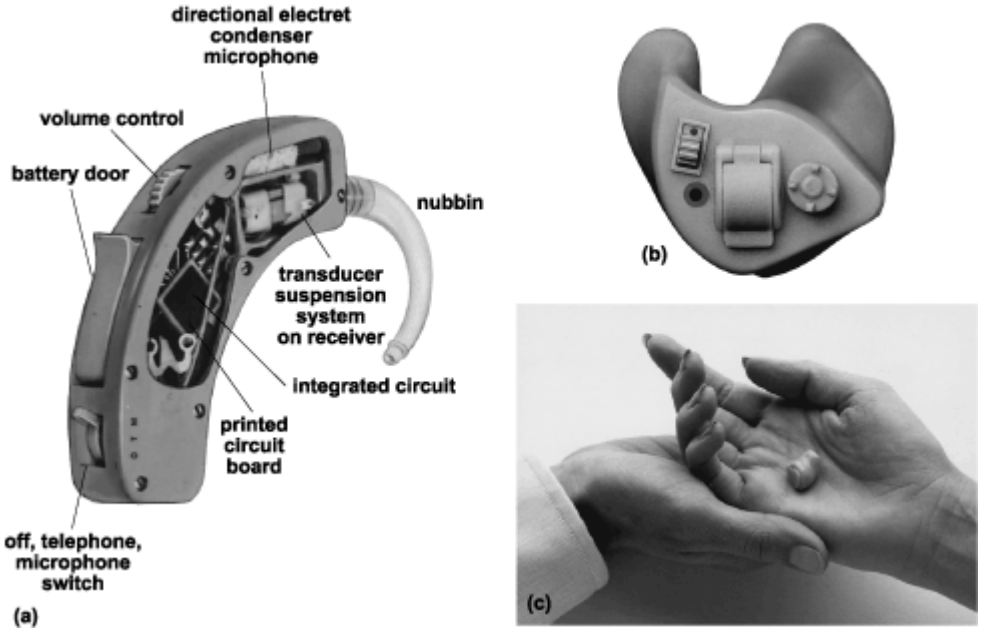
Earphone or Receiver or Transducer





Principle of operation of the moving coil receiver.





مدارات داخلی سمعک شامل طبقات متعدد تقویت و کنترل می باشد.

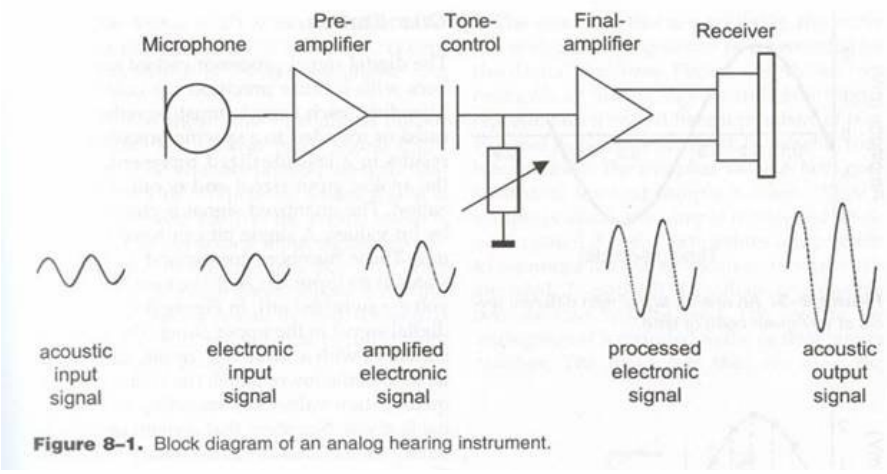
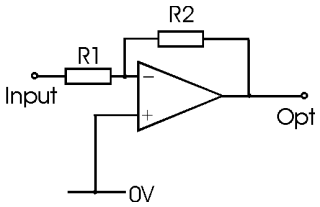


Figure 8–1. Block diagram of an analog hearing instrument.

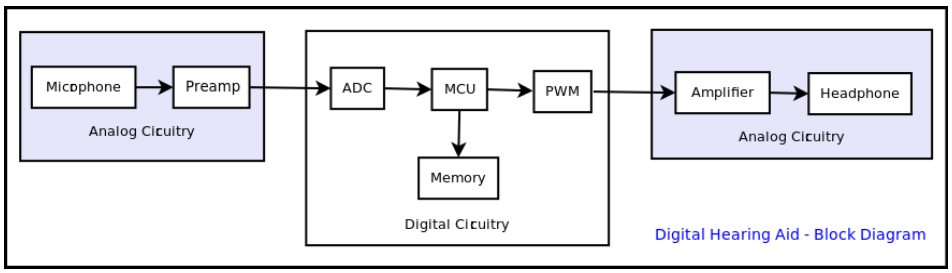
به این صورت که سیگنال خروجی از میکروفون وارد طبقه پیش تقویت کننده شده و دامنه سیگنال تا حد مطلوبی تقویت می گردد. در زیر یک مدار بسیار ساده تقویت کننده نمایش داده شده است که با افزایش نسبت اهمی مقاومت شماره 2 به مقاومت 1 میزان تقویت نیز به همان نسبت افزایش خواهد یافت. ساده ترین مار تقویت کننده مجتمع به تقویت کننده عملیاتی معروف است که استفاده گسترده ای در تقویت سیگنال-فیلتراسیون و دیگر کاربردهای صوتی دارد.

Operational Amplifier



پس ازمرحله اول تقویت که پیش تقویت کننده نامیده می شود هر گونه پردازشی که نیاز باشد بر روی سیگنال انجام می پذیرد.فیلترها- مدارات اتوماتیک کنترل بهره- پردازش کننده های سیگنال به صورت آنالوگ و یا دیجیتال همه در طبقه تقویت میانی انجام می پذیرد.پس از این طبقه نیز با توجه به میزان بهره و یا ماکزیمم شدت خروجی مورد نظر طبقه تقویت نهائی و یا تقویت جریان صورت می پذیرد.

Digital Signal Processing (DSP):



نقش پردازشگر سیگنال دیجیتال (DSP) در سمعک

در سمعک‌های مدرن، پردازشگر سیگنال دیجیتال یا DSP (Digital Signal Processor) مغز متفکر دستگاه محسوب می‌شود. این بخش، سیگنال صوتی دریافتی از میکروفون را پس از تبدیل به سیگنال

دیجیتال، تحلیل، فیلتر، تقویت و اصلاح می‌کند تا صدا به شکل واضح، قابل فهم و متناسب با نیاز شنوایی هر فرد به گوش برسد.

عملکرد DSP به‌طور خلاصه:

1. دریافت سیگنال دیجیتال از میکروفون
2. تحلیل و تشخیص اجزای مختلف صدا (مثل گفتار، نویز، موسیقی و...)
3. اعمال پردازش‌های مختلف مانند:

-تقویت فرکانسی هدفمند (برای جبران افت شنوایی در فرکانس‌های خاص)

-کاهش نویز محیط (Noise Reduction)

-حذف فیدبک یا سوت زدن سمعک (Feedback Cancellation)

-کنترل و فشرده‌سازی دامنه دینامیک صدا (Dynamic Range Compression)

-پردازش جهت‌داری (Directional Processing)

-تطبیق خودکار با محیط‌های شنیداری مختلف

4. ارسال سیگنال صوتی پردازش‌شده به رسیور برای پخش در گوش بیمار

مزایای استفاده از DSP در سمعک

* شخصی‌سازی پیشرفته:

بر اساس آستانه‌های شنوایی هر فرد، سمعک می‌تواند دقیقاً در همان فرکانس‌هایی که نیاز به تقویت هست، تنظیم شود.

* کیفیت صدای بالاتر:

در مقایسه با سمعک‌های آنالوگ، صدا در سمعک‌های دیجیتال واضح‌تر، طبیعی‌تر و راحت‌تر پردازش می‌شود.

* کاهش خستگی شنیداری:

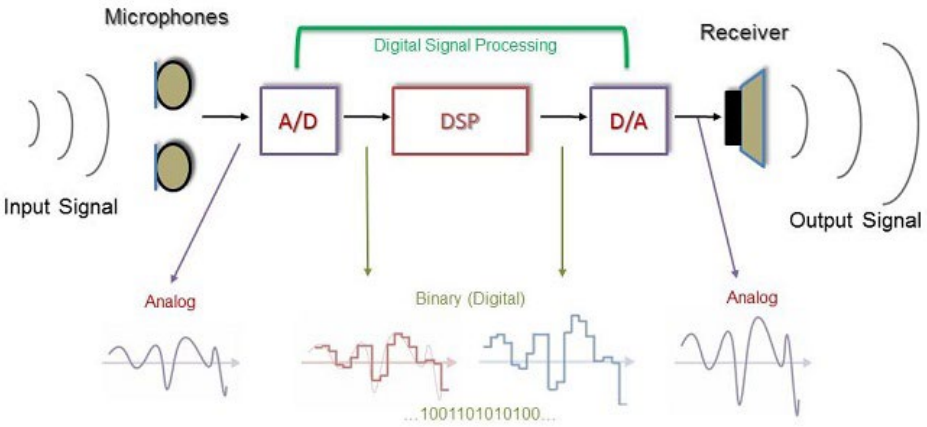
با حذف نویزهای مزاحم و تنظیم خودکار شدت صدا، گوش کاربر کمتر خسته می‌شود.

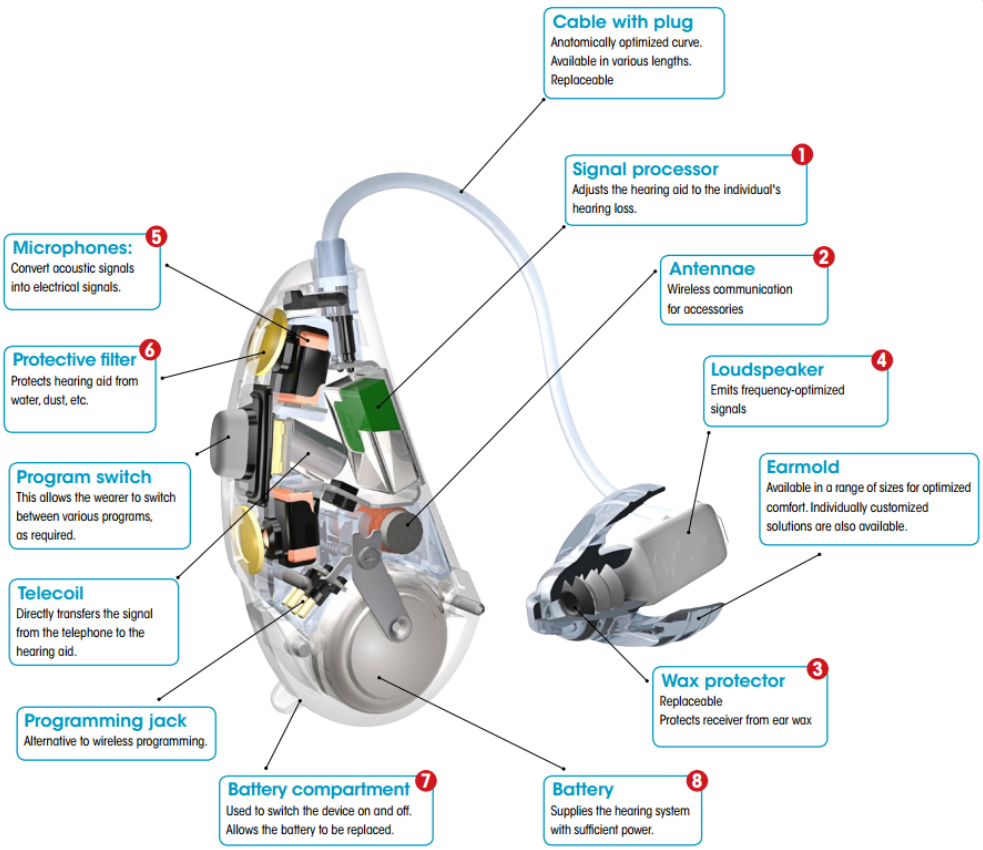
* قابلیت اتصال به دستگاه‌های دیگر:

DSPامکان اتصال بلوتوثی به موبایل، تلویزیون، لپ‌تاپ و سایر وسایل صوتی را فراهم می‌کند.

* قابلیت یادگیری و تنظیم خودکار:

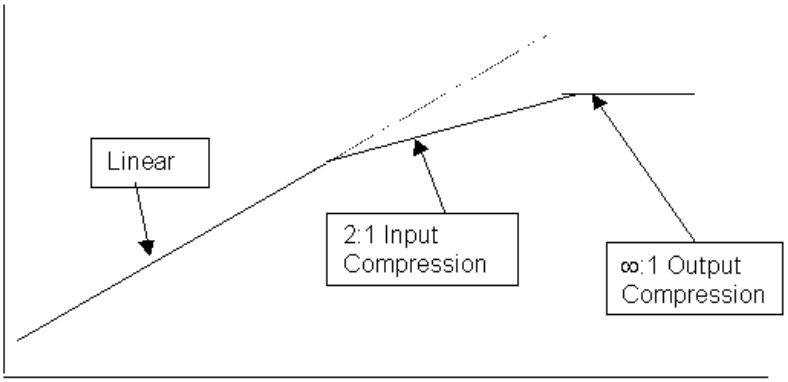
بعضی از سمعک‌های پیشرفته دارایDSP هایی هستند که با هوش مصنوعی کار می‌کنند و می‌توانند رفتار شنیداری کاربر را در طول زمان یاد بگیرند.

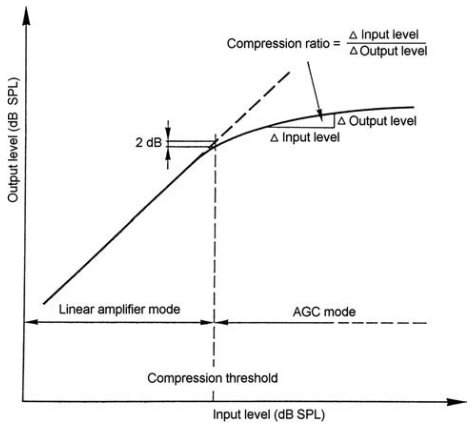




Automatic Gain Control (AGC):

کنترل بهره اتوماتیک که به دو روش انجام می پذیرد از تقویت کننده های با کنترل بهره توسط سیگنال خارجی استفاده می شود به این مفهوم که توسط ولتاژی یکسو میزان بهره آن ها قابل کنترل می باشد.

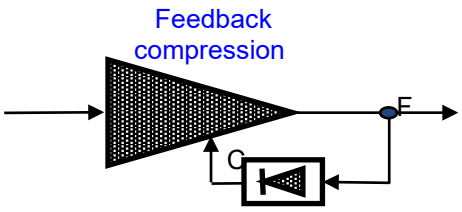




- AGC parameters
- *Attack-time* – The time taken for the AGC to respond to an increase in input level
- *Release time* – the time taken for the AGC to increase the gain again when the input level decreases
- *Knee-point* – below a certain signal intensity the amplifier behaves linearly, above this intensity the compression operates
- *Compression ratio* – above knee-point, output with an increase in input is typically less than 1 dB per dB change in input

در همه اینگونه پردازش ها با استفاده از اطلاعات موجود در خود سیگنال بر روی همان سیگنال تغییراتی انجام می پذیرد. اگر این پردازش به صورت دیجیتال انجام پذیرد بایستی طبق مطالب گذشته طبقات تبدیل سیگنال در نظر گرفته شود ولی اگر به صورت آنالوگ انجام پذیرد بایستی در یک مسیر جانبی که از مسیر اصلی انتقال سیگنال جدا می شود پردازش ها صورت پذیرد و در نهایت از آنجا که سیگنال موجود متناوب ویاهمان سینوسی می باشد جهت تاثیرگذاری و کنترل بر روی مدارات بایستی یکسو سازی صورت پذیرد.(بر اساس مطالب گذشته)

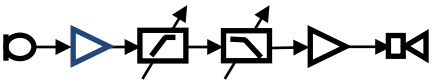
Voltage Controlled Amplifier (VCA) :

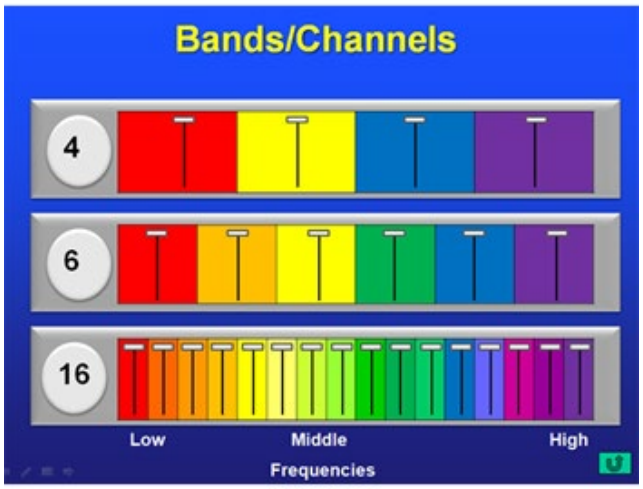


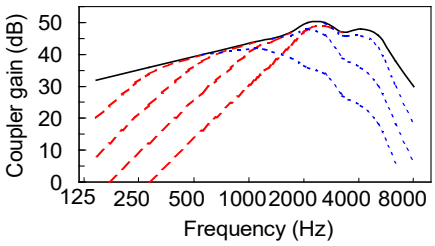
Basic feedback type compression amplifier block diagram.

شماتیک برخی از مدارات میانی و کنترلی سمعک ها از جمله تن کنترل ها که عمل فیلتراسیون را در باند های مختلف انجام می دهند و نیز کنترل حداکثر شدت خروجی در زیر آورده شده است که به اساس کار آن ها در قبل اشاره شده است.

Tone Control:



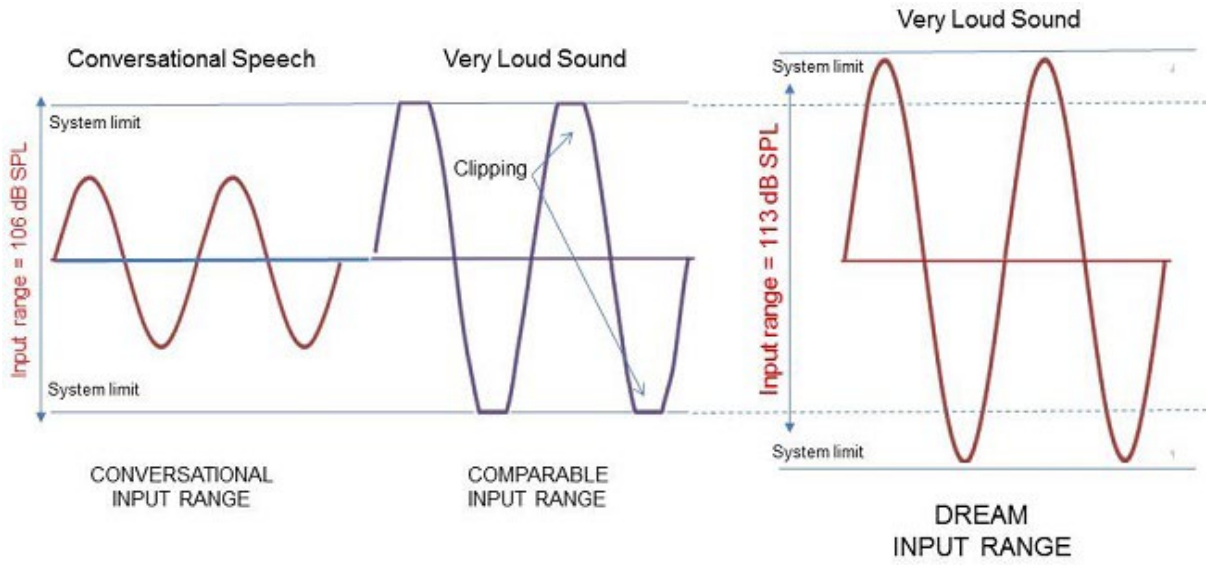




Block diagram of a serial structure, single-band hearing aid, and a range of low cut (dashed curves) and high cut (dotted curves) variations that might be made to the basic response (solid line).

Peak Clipping

به توضیحات دیود زینر مراجعه شود این مدار کنترل سطح شدت خروجی را به عهده دارد که جزو مدارات غیر خطی محسوب می شود وتولید اعوجاج خواهد نمود مدار جایگزین استفاده از یک پتانسیومتر است که بر اساس تقسیم ولتاژ عمل نموده و سطح خروجی را کنترل می نماید.



تقویت نهایی سیگنال خروجی در سمعک‌های دیجیتال

پس از اینکه سیگنال صوتی در DSPپردازش شد، باید دوباره به سیگنال آنالوگ تبدیل شود تا توسط رسیور (بلندگو) قابل پخش باشد. اینجاست که طبقه تقویت نهایی (Output Stage Amplifier) وارد عمل می‌شود.

وظیفه این بخش، تقویت ولتاژ یا جریان سیگنال خروجی دیجیتال-آنالوگ شده به حدی که بتواند رسیور را به‌درستی تحریک کند و صدای کافی و شفاف برای کاربر تولید شود.

تقویت‌کننده نهایی در سمعک، بایستی این مشخصات را داشته باشد:

توان پایین و بازدهی بالا: با توجه به محدود بودن توان باتری، این آمپلی‌فایرها باید کم‌مصرف باشند.

خطی بودن تقویت(Linear Gain) : برای جلوگیری از اعوجاج (Distortion) صدا و حفظ کیفیت صوت.

پایداری در فرکانس‌های بالا: چون بخش مهمی از گفتار در فرکانس‌های بالا قرار دارد، آمپلی‌فایر باید بتواند آن‌ها را بدون افت کیفیت تقویت کند.

حفاظت در برابر اتصال کوتاه یا بار بیش از حد: برای جلوگیری از آسیب دیدن رسیور یا تقویت‌کننده.

جایگزین‌های رسیور در سمعک‌های خاص یا پیشرفته:

مبدل‌های استخوانی (Bone Conduction Transducers) :

در این نوع، به جای تولید صدا در هوا، ارتعاشات مکانیکی مستقیماً به استخوان جمجمه منتقل می‌شوند و از طریق استخوان به حلزون گوش می‌رسند.

محدودیت‌ی که ایجاد می کنند، کیفیت صدا محدودتر نسبت به رسیورهای معمول.و نیاز به تماس فیزیکی محکم با استخوان دارند.

تحریک مستقیم حلزون گوش (Direct Acoustic or Electromechanical Stimulation) :

شامل ایمپلنت‌های شنوایی فعال مثل *Active Middle Ear Implants* یا *Cochlear Implants*

که سیگنال خروجی به جای بلندگو، توسط یک پروتز مکانیکی یا الکترود، مستقیماً حلزون یا استخوانچه‌های گوش میانی را تحریک می‌کند.

تحریک الکتریکی مستقیم (Electroacoustic Hybrid Systems) :

در سمعک‌های ترکیبی(Hybrid) ، خروجی دیجیتال هم به رسیور صوتی معمولی و هم به الکترود کاشت‌شده در حلزون می‌رود. که این سیستم، مناسب برای کم‌شنوایی‌های فرکانسی خاص (مثلاً حفظ فرکانس‌های پایین و کاشت برای بالا).

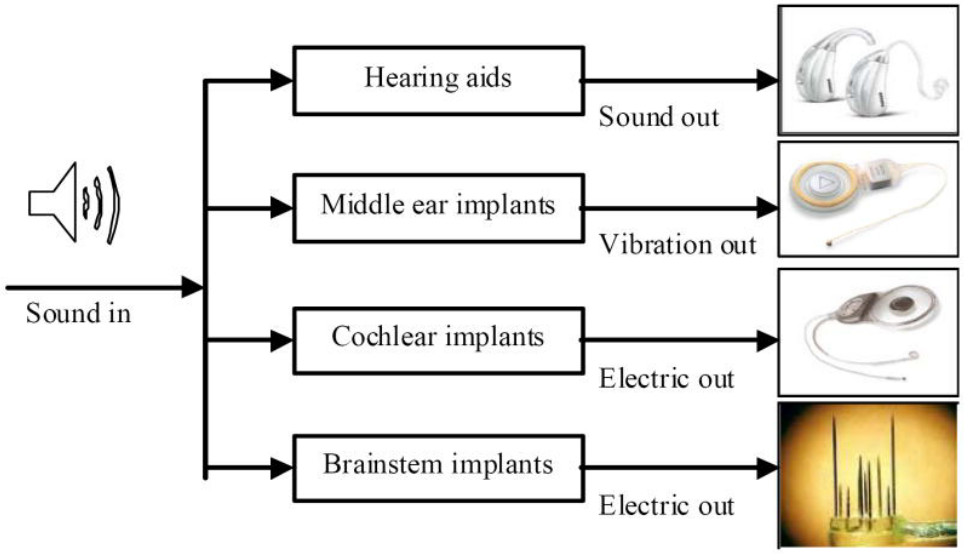
ترانسدیوسرهای پیزوالکتریک (Piezoelectric Actuators) :

این‌ها بجای میدان مغناطیسی، با ارتعاش پیزوالکتریک صدا تولید می‌کنند. مزیتی که دارند، اندازه بسیار کوچک، مصرف انرژی کمتر و عدم نیاز به سیم‌پیچ است. ولی هنوز در حال توسعه می باشد و به صورت محدود استفاده می شود.

مبدل‌های سطحی (Surface Transducers):

نیز جزو فناوری های نوین می باشد که در مراحل آزمایشی می باشد. نوعی ترانسدیوسر هستند که به‌جای تولید صدا از طریق ارتعاش هوای آزاد (مثل رسیورهای معمول)، با اعمال ارتعاش روی یک سطح جامد (مانند بدنه‌ی سمعک، پروتز یا سطح خارجی گوش) صدا را منتقل می‌کنند.

در شکل زیر تفاوت تقویت سیگنال الکتریکی در انواع سمعک، و روش های مختلف انتقال آن به سیستم شنوائی نمایش داده شده است.



Frequency Transposition (Hearing Aid):

ترنسپوزیشن فرکانسی به فرایندی گفته می‌شود که طی آن اطلاعات صوتی موجود در فرکانس‌های بالا (که فرد قادر به شنیدن آن‌ها نیست) به بخش‌هایی از طیف فرکانسی پایین‌تر (که شنوایی باقی‌مانده وجود دارد) منتقل می‌شود .

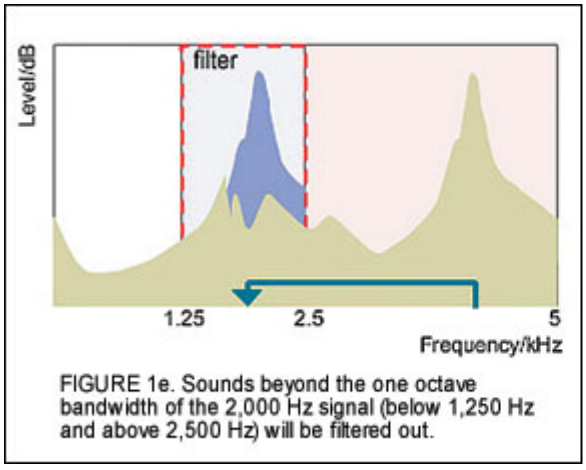


FIGURE 1e. Sounds beyond the one octave bandwidth of the 2,000 Hz signal (below 1,250 Hz and above 2,500 Hz) will be filtered out.

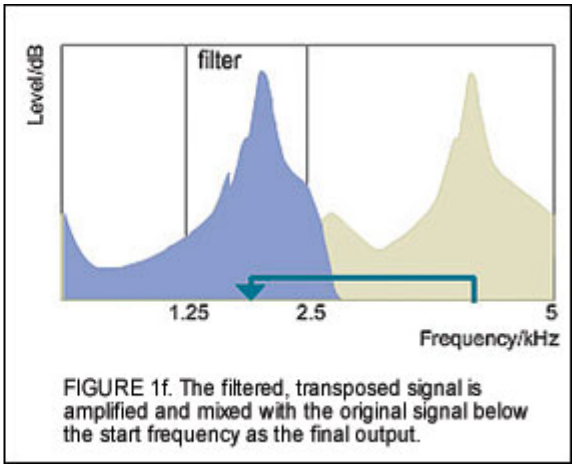


FIGURE 1f. The filtered, transposed signal is amplified and mixed with the original signal below the start frequency as the final output.

Figure 2A. The Original Speech Signal (Input to the Hearing Aid)

Figure 2B. Linear Frequency Transposition (Output of the Hearing Aid)

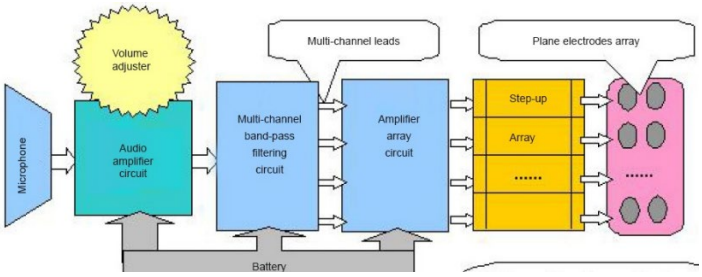
نحوه عملکرد به این شکل است که ابتدا توسط DSP بخش غیرقابل شنیدن فرکانس بالا تشخیص داده می شود و سپس محتویات صوتی به ناحیه ای پایینتر انتقال می یابد، به گونه ای که ترکیب صداهای اصلی و جابه‌جا شده، هنوز برای کاربرقابل تشخیص باشد و دچار سردرگمی صوتی نشود. این تکنولوژی یکی از مثال‌های عالی برای کاربرد عملی علم آکوستیک و پردازش سیگنال در توانبخشی شنوایی است.

Tactile Aid:

جایگزینی حس لامسه در شرایطی که فرد از حس شنوایی نتواند بهره مناسب ببرد.

که اساس آن بر فیلتراسیون اصوات محیطی در باندهای گذر مشخص و ارائه آنها به صورت مجزا به مبدل های سیگنال الکتریکی به ارتعاش(مثل بن ویبراتور) و یا به الکترودهای مخصوص جهت تحریک حس لامسه. بیشترین کاربرد آن در آگاه شدن از حضور اصوات محیطی، به تفکیک و در موقعیتهای لامسه ای متفاوت، مثل آگاهی از صدای زنگ تلفن، زنگ در،آلارم بیدار شدن و....در انواع ارتباط بیسیم و یا دریافت صوتی می باشد.

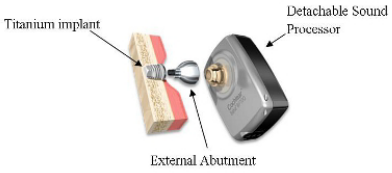
A.



.B

Bone conduction hearing aid:

Bone anchored hearing aid (BAHA)



نکات مهم نگهداری سمعک

نگهداری صحیح از سمعک نقش بسیار مهمی در افزایش طول عمر دستگاه، کاهش نیاز به تعمیرات و بهبود عملکرد شنوایی کاربر دارد.

۱ .خشک نگه داشتن سمعک: هر شب پس از استفاده، سمعک را در جعبه خشک‌کن قرار دهید. از تماس سمعک با آب، بخار حمام، باران یا تعریق زیاد جلوگیری کنید.

۲ .تمیز کردن منظم سمعک: به‌طور روزانه، سمعک را با برس نرم مخصوص یا دستمال خشک و بدون پرز تمیز کنید. از وارد کردن وسایل نوک‌تیز یا مایعات شوینده به داخل دستگاه خودداری کنید. به‌ویژه قسمت خروجی صدا (Receiver) رسیور و یا میکروفون را از جرم گوش، گرد و غبار یا موی سر پاک کنید.

۳ .تعویض فیلتر جرم گوش(Wax Guard) : در سمعک‌های داخل‌گوشی یا رسیور در کانال، استفاده از وکس‌گارد ضروری است. این فیلتر را به‌طور منظم (هر چند هفته یک‌بار یا در صورت گرفتگی) تعویض کنید.

۴ .جلوگیری از ضربه و فشار فیزیکی: هنگام قرار دادن یا خارج کردن سمعک از گوش، مراقب باشید به دستگاه فشار وارد نشود.

۵ .نگهداری مناسب باتری: در پایان روز، درب باتری را باز بگذارید تا رطوبت خارج شود. از باتری‌های تازه و مرغوب استفاده کنید و در صورت خرابی یا نشتی، فوراً باتری را تعویض کنید.

۶ .سرویس دوره‌ای سمعک: حتی در صورت عملکرد طبیعی سمعک، توصیه می‌شود هر ۳ تا ۶ ماه یک‌بار برای بررسی، تمیزکاری حرفه‌ای و تنظیم مجدد به شنوایی‌شناس مراجعه شود.

تجهیزات پروگرام کردن سمعک‌ها

پروگرام کردن سمعک به معنای تنظیم و شخصی‌سازی پارامترهای عملکرد سمعک بر اساس آستانه‌های شنوایی، نیازهای شنیداری، و سبک زندگی بیمار است. برای این کار، نیاز به ارتباط بین سمعک و نرم‌افزار تخصصی سمعک می باشد.

چندین روش برای ارتباط با سمعک وجود دارد، از جمله ارتباط با کابل و ارتباط بی سیم

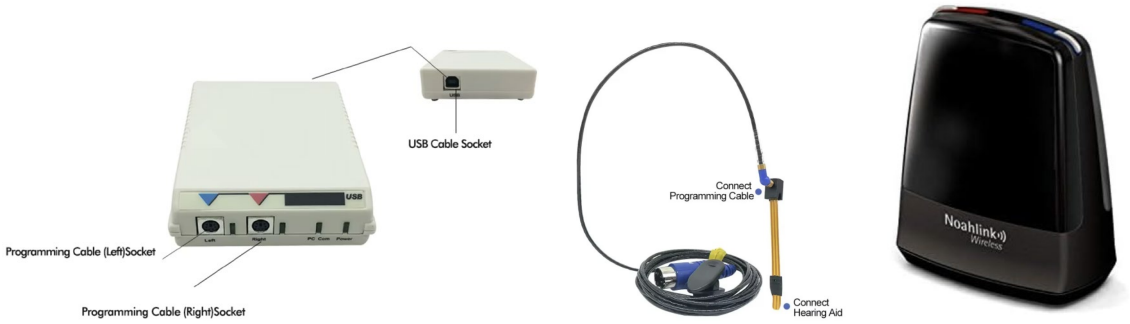
1- ارتباط کابلی (Wired Programming): سمعک از طریق کابل‌های مخصوص به یک واسط(Interface) متصل می‌شود که با نرم‌افزار برنامه‌ریزی (مثل Noah یا نرم‌افزارهای اختصاصی شرکت‌ها) ارتباط دارد.

دستگاههای رایج: HI-PRO / HI-PRO که قدیمی تر هستند ولی هنوز کاربردی می باشند و NOAHlink (Wired)، انتقال دیتای سریع‌تر ونیز نسل جدیدتر

مزایا: پایداری بالا، قابل استفاده برای سمعک‌های قدیمی، ارزان‌تر نسبت به وایرلس

محدودیت‌ها: نیاز به اتصال فیزیکی، زمان‌بر در کلینیک‌های شلوغ، احتمال آسیب به پورت یا کابل

HI- Pro



2-ارتباط بی‌سیم (Wireless Programming): در سمعک‌های دیجیتال جدید، می‌توان از روش‌های بی‌سیم برای پروگرام استفاده کرد. این روش‌ها بر پایه‌ی ارتباط رادیویی (RF) یا بلوتوث کم‌مصرف (BLE) کار می‌کنند.

مزایا: سریع و راحت، بدون نیاز به کابل یا دستکاری فیزیکی سمعک، مناسب برای کودکان

محدودیت‌ها: نیاز به هماهنگی نرم‌افزاری، مصرف باتری بیشتر در حین پروگرام، حساس به تداخلات الکترومغناطیسی (در برخی محیط‌ها)

نکات مهم در نگهداری HI-Pro

۱ .نگهداری در محیط خشک و تمیز: تجهیزات الکترونیکی به رطوبت و دمای بالا بسیار حساسند.

۲ .جلوگیری از ورود گرد و غبار: گرد و خاک می‌تواند وارد پورت‌ها و اتصالات بشود و باعث قطعی یا نوسان ارتباط شود.

۳ .دور نگه داشتن از مایعات و مواد شیمیایی

۴.استفاده صحیح از کابل‌ها و اتصالات: از کشیدن، خم‌کردن یا پیچاندن شدید کابل‌ها خودداری کنید. حین وصل یا جدا کردن کابل از سمعک یا پروگرامر، فشار وارد نکنید و به آرامی جدا کنید. اگر کابل خاصی مثلاً(CS44) فقط برای برند خاصی است، اشتباهی استفاده نشود!

۵ .بروزرسانی نرم‌افزار وFirmware : اگر از پروگرامرهای وایرلس مثل NOAHlink Wirelessاستفاده می‌کنید، چک کنید که Firmware دستگاه به‌روز باشد.بعضی از مشکلات اتصال به خاطر نسخه قدیمی نرم‌افزار یا ناسازگاری با نسخه جدید NOAH یا ویندوز است.

۶ .جلوگیری از ضربه و سقوط: پروگرامرها، مخصوصاً مدل‌های کوچک‌تر یا وایرلس، ممکنه با یک ضربه ساده از کار بیفتند. روی میز از پد ضد لغزش استفاده کنید یا کابل‌ها را طوری قرار بدهید که ناخواسته کشیده نشنوند.

۷ .نگهداری منظم کابل‌ها: برای کابل‌ها از نگهدارنده‌های مخصوص استفاده کنید و از گره خوردن‌شان جلوگیری کنید. بهتره در پایان روز، کابل‌ها به شکل حلقه‌ای (نه خیلی سفت) جمع بشود و در کیف نگهداری قرار بگیرید.

۸ .شناسایی و برچسب‌گذاری تجهیزات: اگر در کلینیک چند نوع پروگرامر یا کابل برای برندهای مختلف دارید، بهتر است برچسب‌گذاری بشود تا اشتباه استفاده نشود.

سیستم‌های کاشت حلزون (Cochlear Implant Systems)

سیستم کاشت حلزون یک دستگاه الکترونیکی است که برای جبران کم‌شنوایی حسی-عصبی شدید تا عمیق طراحی شده. این سیستم با حذف سلول‌های مویی آسیب‌دیده در حلزون گوش داخلی، عصب شنوایی را به‌طور مستقیم تحریک الکتریکی می‌کند تا مغز بتواند صداها را تشخیص دهد.

اجزای سیستم کاشت حلزون

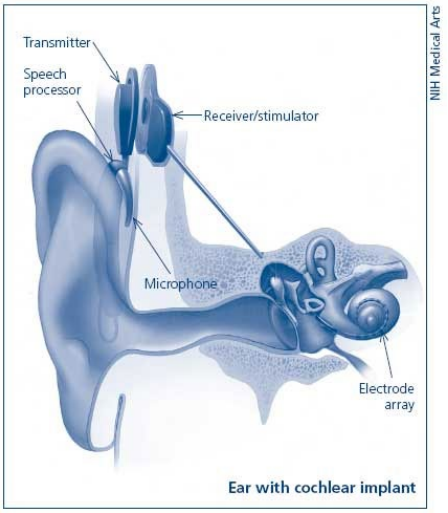
۱ .بخش خارجی(External Components)

1. میکروفون: صدا را از محیط دریافت می‌کند.
2. پردازشگر گفتار:(Speech Processor) : صدا را پردازش و به سیگنال دیجیتال تبدیل می‌کند. می‌تواند به صورت پشت‌گوشی (BTE) یا قابل‌حمل (Body-worn) باشد.
3. فرستنده یا کویل خارجی:(Transmitting Coil) : سیگنال و انرژی را از طریق القای مغناطیسی به بخش داخلی ارسال می‌کند. معمولاً با یک آهن‌ربا روی پوست پشت گوش نگه داشته می‌شود.

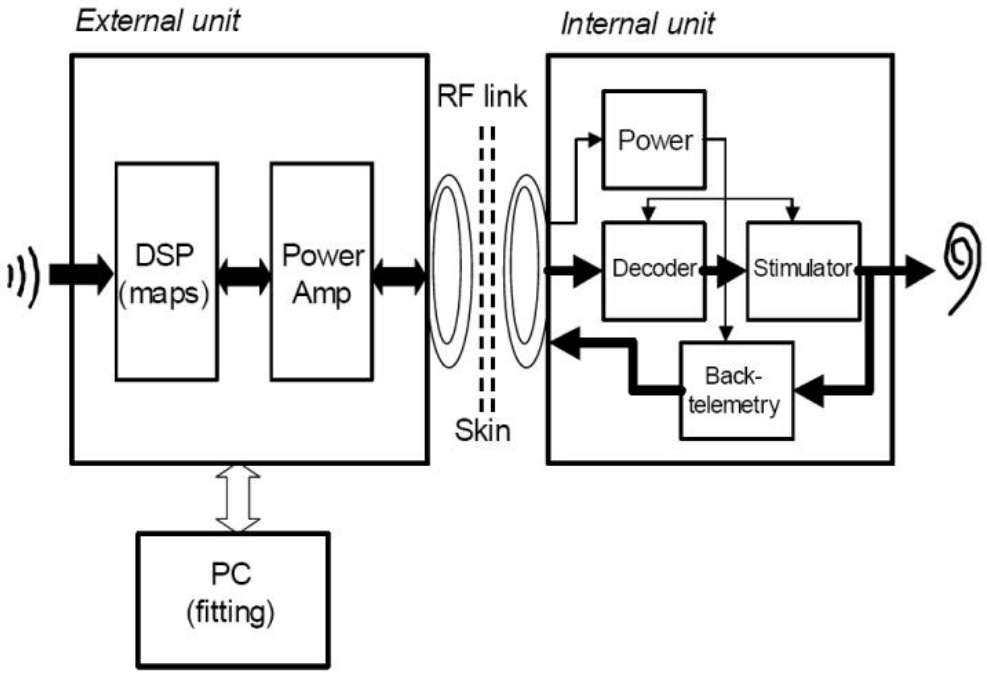
۲ .بخش داخلی (Internal Components) کاشته‌شده

1. گیرنده/تحریک‌کننده(Receiver/Stimulator) : در زیر پوست پشت گوش کاشته می‌شود .سیگنال‌های دیجیتال را دریافت و به پالس‌های الکتریکی تبدیل می‌کند.
2. آرایه الکترودی (Electrode Array) : مجموعه‌ای از الکترودها که در داخل حلزون گوش قرار می‌گیرند و بخش‌های مختلف عصب شنوایی را تحریک می‌کنند.

ابتدایی ترین پروتزها، تک کاناله بودند که تقریبا شناسائی گفتاری نداشتند.(فایل پیوست یک)



Cochlear Implant Diagram

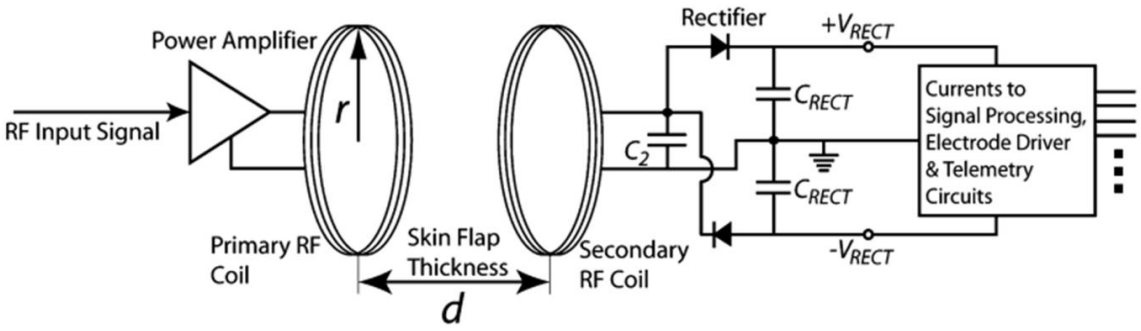


Bit coding, Frame coding, and Power management

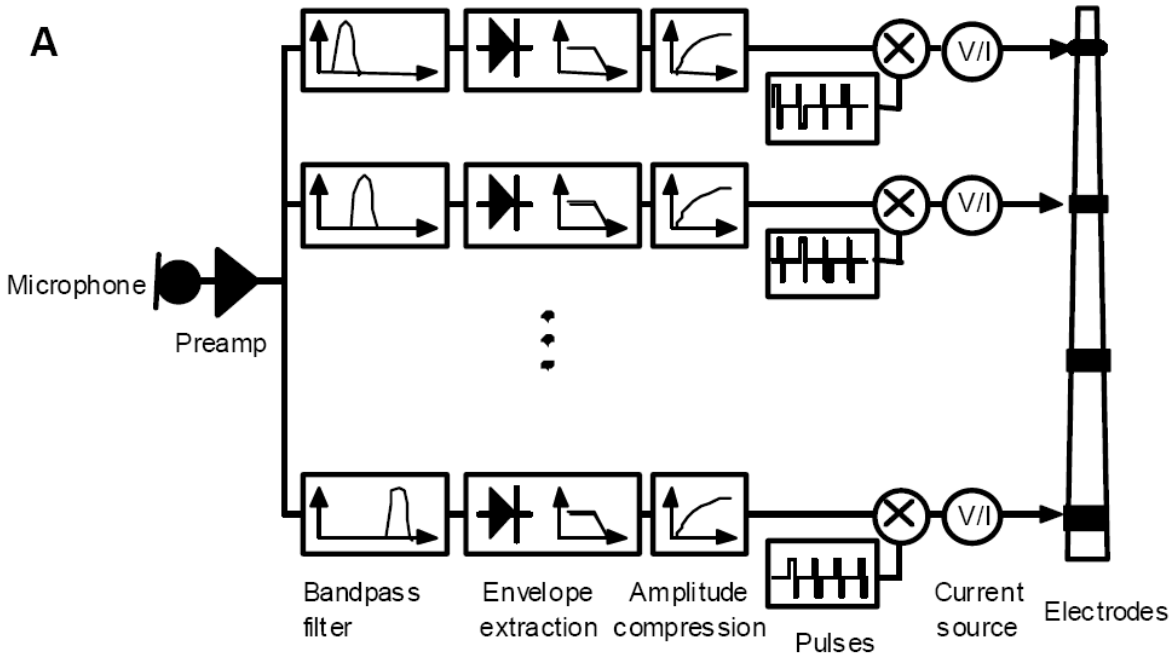
میکروفون، سیستم پردازشگر گفتار (DAC)و پس از آن تقویت و مدولاسیون و سپس انتقال به مبدل قرار گرفته شده بر روی سر ،بخش خارجی این سیستم را تشکیل می دهد. بخش خارجی توسط آهن ربا به بخش کاشت شده در زیر پوست متصل می شود و سیگنال‌های کدبندی شده توسط یک میدان مغناطیسی (مشابه NFC) به بخش زیر پوستی منتقل می گردد. در این بخش ازسیگنال‌های دریافتی رمزگشایی گشته و تبدیل به جریان الکتریکی میگردد و از طریق سیمی نازک به حلزون منتقل می‌شود. در انتهای سیم الکترود ها قرار گرفته اند که موجب تحریک عصب شنوائی می شوند. الکترودها دارای اشکال گوناگون می باشند ولی نکته مشترک، دریافت اطلاعات در باندهای فرکانسی مشخص، از طریق مدار پردازشگر است که متناسب با ترتیب قرارگیری سلولهای مویی در حلزون می باشد.

سیستم‌های کاشت حلزون جهت ارزیابی واقعی فعل و انفعالات الکترودها و عصب، دارای بخشی بنام تله متری و**Back Telemetry** می باشند.

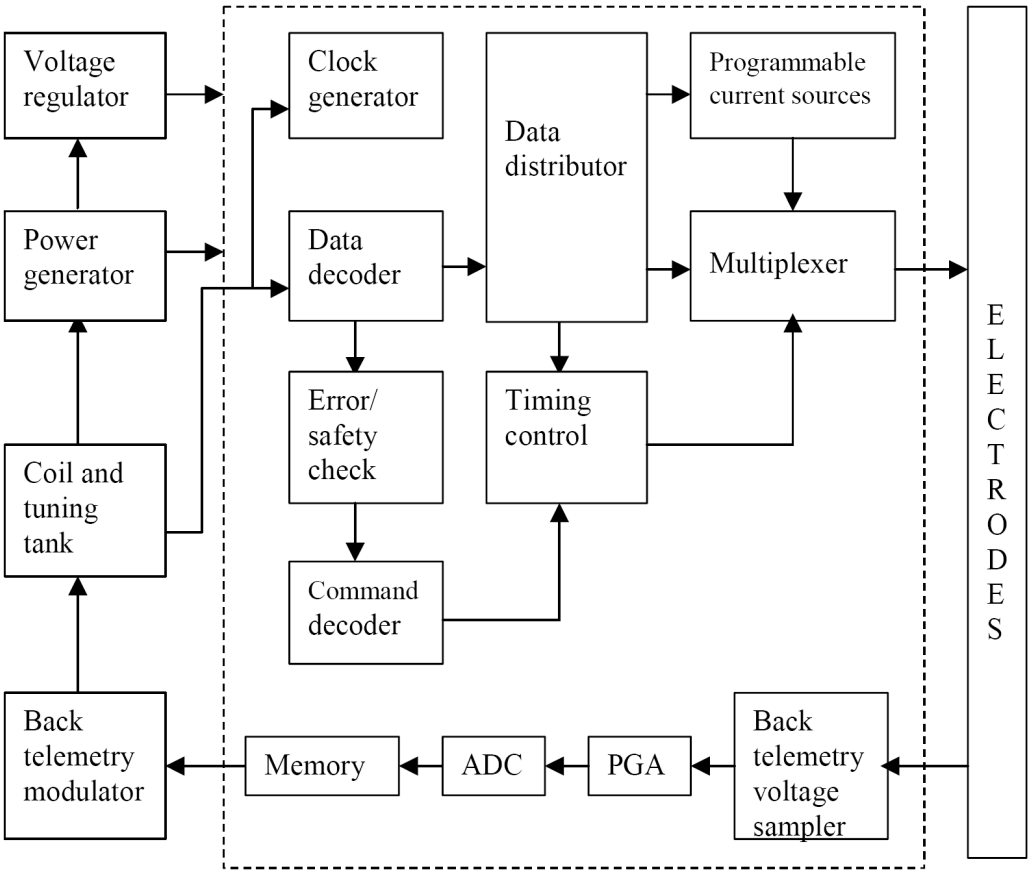
The cochlear implant external and internal unit



shows an example of a low-power bionic implant system. The primary circuit is driven by an RF Power Amplifier. The flux then gets coupled to the secondary coil through the skin and the secondary coil transfers the magnetic flux into electrical energy.



Block diagram of the cochlear implant internal unit



اندازه گیری امپدانس الکترودها، پراکندگی میدان الکتریکی و فعالیت‌های عصب، به عهده بلوک تله متری می باشد. مونیتورینگ امپدانس الکترودها در شناسایی وضعیت الکترودها کمک کننده است. اندازه گیری میدان الکتریکی و فعالیت عصب نیز امکان ارزیابی عینی فعل و انفعالات الکترود و عصب را میسر می‌کند.

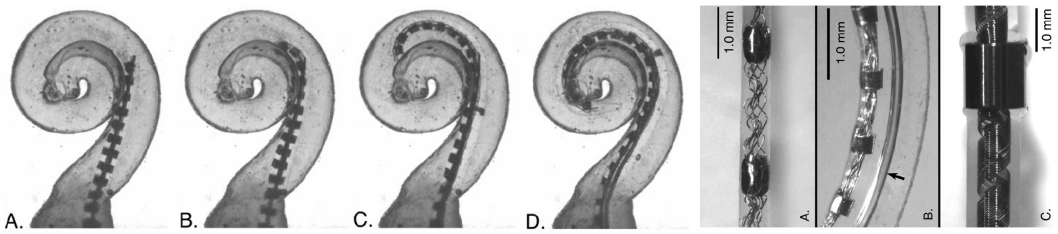
الکترودها از پلاتین یا ترکیبات پلاتین-اریدیوم ساخته می‌شوند

بسته به موقعیت الکترود زمین، اشکال مختلفی از تحریکات الکترودی با عناوین تک قطبی، دو قطبی و سه قطبی بوجود می آید:

تک قطبی: الکترود زمین در خارج از حلزون و معمولاً روی عضله تمپورال در پشت گوش قرار می‌گیرد اما می‌توان آن را روی قاب پوشاننده قطعات الکترونیکی داخلی قرار داد

دو قطبی: الکترود زمین در داخل حلزون در نزدیک الکترودهای تحریکی قرار می‌گیرد

سه قطبی: دو الکترود زمین وجود خواهد داشت که هر کدام در یک سوی الکترودها قرار می‌گیرد و هر یک بخشی از جریان منتقل شده به الکترودهای اصلی را دریافت می‌کند



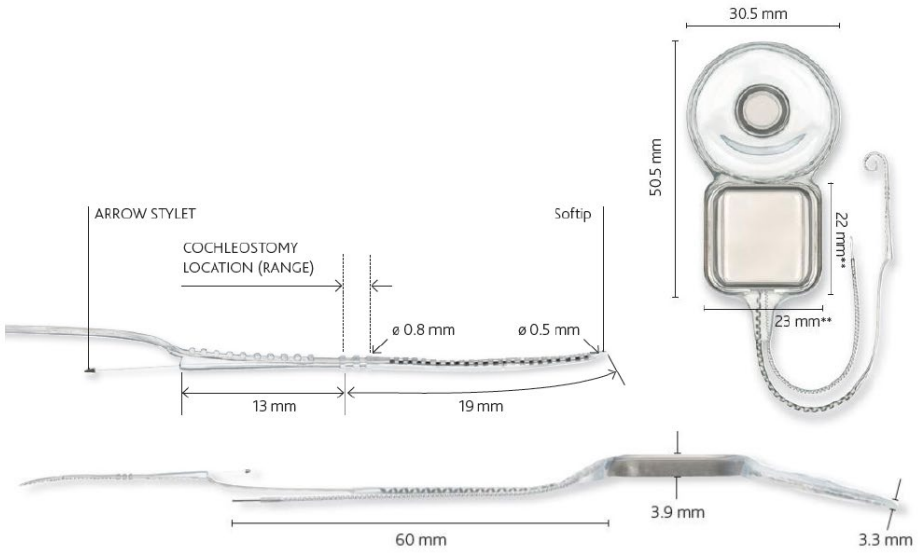
الکترودهای کاشت حلزون با عبور جریان الکتریکی از طریق مایع داخل حلزون، عصب شنوایی را مستقیماً تحریک می‌کنند. مقدار این جریان باید به‌قدر کافی برای تحریک، ولی ایمن و کنترل‌شده باشد تا آسیبی به بافت‌ها وارد نکند.

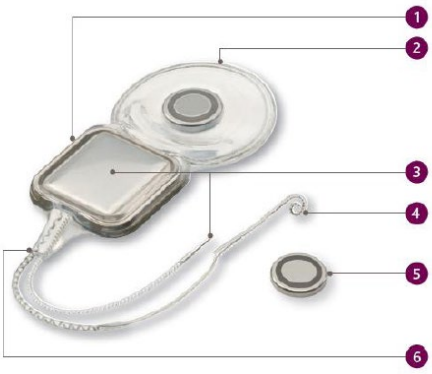
ویژگی	مقدار حدودی
نوع جریان	پالس‌های دوقطبی متقارن (Biphasic Pulses)
مدت هر فاز (Phase Duration)	25 تا 100 میکروثانیه (µs)
دامنه جریان (Current Amplitude)	10 تا 1000 میکروآمپر (µA)
نرخ پالس (Stimulation Rate)	250 تا 5000 پالس در ثانیه برای هر کانال (pps)
انرژی کلی	بسته به استراتژی پردازش، تعداد کانال‌ها، و نرخ تحریک تغییر می‌کند

EXTERNAL COMPONENTS

(1)	processing unit (polyester casing)
(2)	indicator light
(3)	earhook
(4)	built-in telecoil
(5)	standard battery
(6)	microphones
(7)	buttons
(8)	accessory socket cover
(9)	tamper resistant battery lock
(10)	coil magnet
(11)	elastomer coil
(12)	coil cable

Internal components





(1)	Receiver stimulator in titanium casing
(2)	Implant coil which enables telemetry
(3)	Two extracochlear electrodes
(4)	Precurved perimodiolar electrode array with 22 platinum electrodes
(5)	Removable magnets for MRI safety
(6)	symmetrical exit leads from casing

ادیومتر

تولید اصوات با فرکانس و شدت پایدار تنها توسط مدارات الکترونیکی میسر خواهد بود. این مدارات همان گونه که در بخش های گذشته به آن اشاره شد اسیلاتور یا نوسان ساز نام دارد که توانائی تولید سیگنال های سینوسی در محدوده مشخصی را دارا می باشند.

منبع تغذیه

در تجهیزات جدید با توجه به اهمیت تغذیه مدارات نیمه هادی و نیز ابعاد، وزن و بهینه سازی مصرف، از منابع تغذیه سوئیچینگ استفاده می گردد.

برخلاف منابع تغذیه خطی، در این منابع ترانزیستوری که نقش کلید را به عهده دارد با فرکانسی حدود 50 کیلوهرتز یا بیشتر بین وضعیت قطع و اشباع در نوسان است. نسبت ولتاژ خروجی به ورودی را می توان با تغییر نسبت زمان روشن بودن به زمان خاموش بودن ترانزیستور تعیین کرد. هنگامی که بازده بالاترابعاد کوچک تر و وزن کم تر مد نظر باشد منابع تغذیه سوئیچینگ جایگزین منابع تغذیه خطی می شوند منابع تغذیه سوئیچینگ پیچیده تر هستند و اگر جریان ورودی به آنها به خوبی فیلتر نشود می تواند نویز ایجاد کند.

یک رگولاتور خطی با تلف کردن توان اضافی به شکل حرارت قادر است ولتاژ یا جریان خروجی را تنظیم می کند. ولی تغذیه سوییچینگ ولتاژ یا جریان را از طریق سوئچ کردن یک المان ذخیره کننده انرژی مثل سلف یا خازن تنظیم می کند.

مفهوم سیگنال (Signal):

سیگنال به هر نوع پدیده فیزیکی قابل اندازه‌گیری در طول زمان گفته می‌شود که حاوی اطلاعات باشد. در حوزه شنوایی، سیگنال معمولاً به محرک‌های صوتی اشاره دارد که برای ارزیابی عملکرد شنوایی به کار می‌روند.

به زبان ساده‌تر، سیگنال همان «صدا» یا «محرکی» است که توسط دستگاه ادیومتر تولید شده و به گوش بیمار ارسال می‌شود تا واکنش شنوایی او سنجیده شود.

هر آزمایش شنوایی، با یک سیگنال شروع می‌شود.

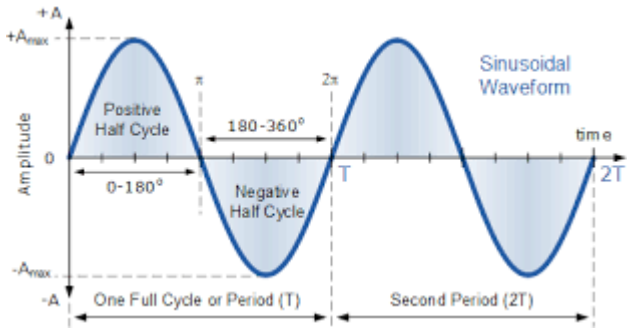
شناخت دقیق ویژگی‌ها، رفتار و کاربردهای انواع سیگنال، پایه‌ی طراحی و تفسیر همه‌ی تست‌های شنوایی است.

جدول تطبیقی انواع سیگنال‌ها در ادیومتری:

مثال	واحد خروجی	کاربرد اصلی	ویژگی اصلی	نوع سیگنال
بیپ با فرکانس هرتز ۱۰۰۰	dB HL یا dB SPL	ادیومتری آستانه‌ای (HTL)	فرکانس یکنواخت و ثابت	تون خالص (Pure Tone)
نویز سفید یا باریک‌باند	dB SPL	ماسک کردن و گفتار در نویز	ترکیب گسترده‌ای از فرکانس‌ها	نویز (Noise)
لیست واژگان یا جملات ضبط‌شده	dB HL یا سطح راحتی (dB SL)	آزمون‌های WRS و SRT	محتوای طبیعی گفتار انسانی	سیگنال گفتاری (Speech)
کلیک با مدت ۰.۱ میلی‌ثانیه	µV (در الکتروفیزیولوژی)	OAE، ABR، ASSR	پالس‌های کوتاه با انرژی متمرکز	کلیک / Tone Burst

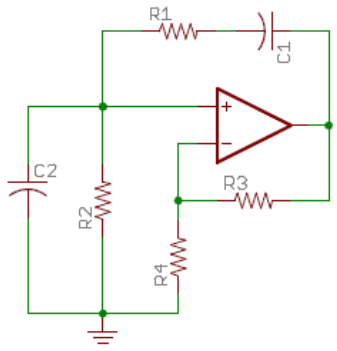
اسیلاتور

اسیلاتورها اولین و نیز مهمترین بخش دستگاه های ادیومتری را تشکیل می دهند.خلوص سیگنال های تولیدی یعنی تمرکز انرژی سیگنال در یک فرکانس مشخص از مهمترین شروط یک اسیلاتور می باشد.



یکی از اسیلاتورهای اولیه و در عین حال پایدار " اسیلاتورپل وین " می باشد که در زیر شماتیک آن آورده شده است.

Wien Bridge Oscillator Circuit



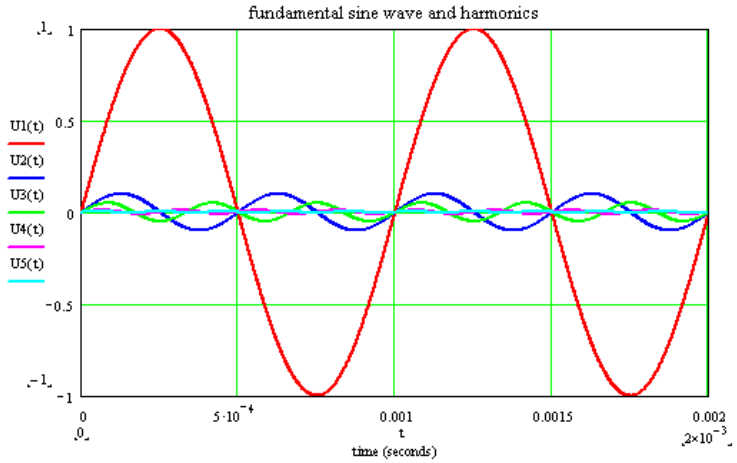
$$f = \frac{1}{2\pi RC}$$

در این اسیلاتور با فرض اینکه مقدار اهمی مقاومت 1و2 برابر با هم و نیز ظرفیت خازن ها نیز برابر با یکدیگر باشد، مقدار فرکانس خروجی آن از فرمول بالا محاسبه می گردد.

برای تغییر فرکانسی معمولا مقدار اهمی مقاومت های 1و2 را همزمان با هم تغییر می دهند . در ادیومتر های قدیمی این عمل توسط کلیدهای چرخان یا سلکتور انجام می پذیرفت ولی در دستگاه های جدید از مدارات دیجیتال برای کنترل این تغییرات استفاده می شود.

تفاوت اعوجاج و نویز:

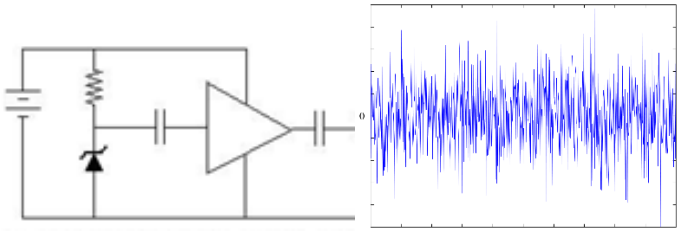
اعوجاج: اغتشاش شکل موجی است که از پاسخ ناقص سیستم به سیگنال مورد نظر ناشی می شود. اعوجاج با قطع شدن سیگنال از بین می رود اگر سیستم پاسخی همراه با اعوجاج داشته باشد می توان به کمک فیلترهای مناسب که تعدیل کننده نام دارد اعوجاج را کاهش داد.



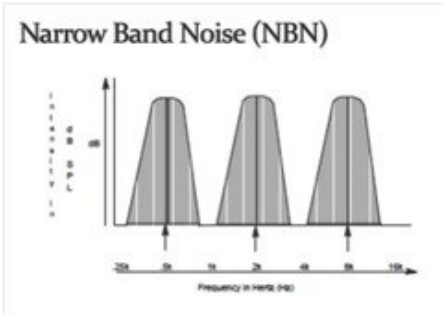
نویز: سیگنالهای الکتریکی تصادفی غیر قابل پیش بینی است که توسط فرآیندهای طبیعی داخل و خارج سیستم تولید شده و روی آن اثر می گذارد. چنانچه نویز بر روی سیگنال حامل اطلاعات سوار شود میتواند باعث نقص ویا حتی محو کامل پیام گردد. با استفاده از فیلترهای مناسب میتوان نویز را کاهش داد ولی هیچگاه نمی توان آن را از بین برد.

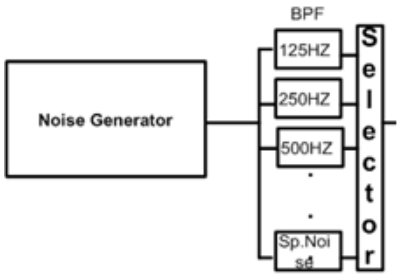
مولد نویز

همانطور که در قبل اشاره شد در همه مدارات در اثر عبور جریان مقداری تولید گرما و به دنبال آن نویز ایجاد می شود. این پدیده اکثرا نامطلوب است ولی در بخش مولد نویز از این پدیده استفاده شده و پس از تقویت به عنوان نویز سفید از آن استفاده می شود.این مدار ساده از قرارگیری یک دیود زینر در گرایش معکوس به دست می آید. چون انرژی این نویز در تمام باند فرکانسی مورد نظر یکسان و گسترده است.



نویزهای دیگر نیز از فیلتراسیون همین نویز(نویز سفید) به دست می آید.

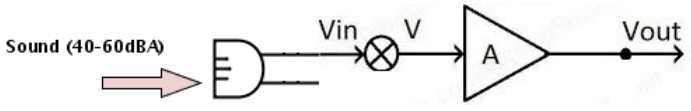




نویزهای دیگر از جمله نویز گفتاری نیز با استفاده از فیلترهای باند گذر تولید می شود.

مولد سیگنال های گفتاری

این بخش نیز به موازات ورودی های دیگر ادیومتر مورد استفاده قرار می گیرد. که در این بخش دو امکان در نظر گرفته می شود یکی استفاده از میکروفون جهت ارائه گفتار زنده و دیگری ورودی مستقیم سیگنال های الکتریکی جهت اتصال دستگاه های پخش اصوات ضبط شده.



طبقه کالیبراسیون Calibration Circuit

بخشی از مدار است که وظیفه دارد خروجی سیگنال صوتی تولیدشده را با مقادیر استاندارد، تنظیم و تطبیق دهد. این طبقه در ادیومترها جهت جبران اختلاف سطح مرجع اندازه گیری شدت در ادیومترها با سطح مرجع استاندارد اندازه گیری صوت، در نظر گرفته می شود.

زمانی که سیگنال صوتی (تون خالص، گفتار یا نویز) توسط اسیلاتور تولید می‌شود و از تقویت‌کننده عبور می‌کند، مدار کالیبراسیون نقش واسطه‌ای میان سیگنال الکتریکی و خروجی نهایی صوتی (در هدفون یا بلندگو) را دارد.

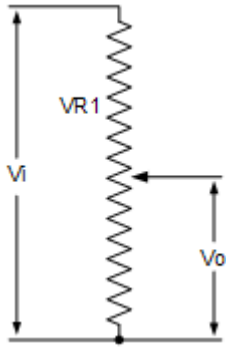
این مدار عوامل متعددی را در نظر می‌گیرد، از جمله:

1. نوع و مدل مبدل صوتی (هدفون، ایر فون، بلندگوی استخوانی)
2. مقاومت و پاسخ فرکانسی مبدل
3. شرایط آکوستیکی انتقال صوت
4. تنظیمات استاندارد شدت بر حسبdB HL ، dB SPL یا dB SL
5. ضرایب تصحیح مربوط به نوع آزمون یا روش

🧩 اجزای معمول طبقه کالیبراسیون:

- مدار تصحیح شدت(Attenuation Compensation)
- فیلترهای اصلاحی برای پاسخ فرکانسی هدفون‌ها
- کدگذاری شدت بر حسب دسی‌بل HL یا SPL
- واحد انتخاب کانال خروجی (چپ/راست/استخوانی)

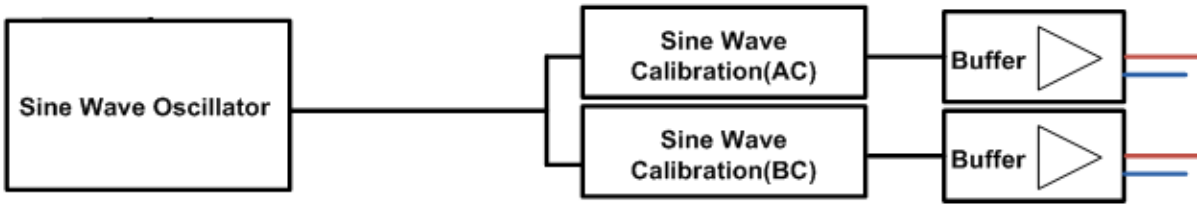
در طبقات قبل دامنه ای معادل حداکثر موردنیاز تولید شده و سپس در این طبقه با توجه به نوع سیگنال ورودی و یا مقدار فرکانس، کاهش در دامنه سیگنال داده می شود. این عمل بوسیله طبقات مقاومتی متغیر و بر پایه تقسیم ولتاژ صورت می پذیرد.



پس از این طبقات با توجه به نوع ادیومتر که در بخش کالیبراسیون با انواع آن آشنا خواهید شد ممکن است در یک یا دو کانال مجزا سیگنال ها ادامه مسیر دهند.

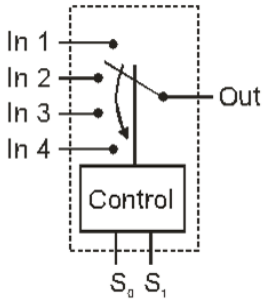
طبقه تقویت Amplification

سیگنالها پس از تقسیم ولتاژ و به دنبال آن کاهش دامنه از طبقات تقویت جریان گذر می نمایند.(Buffer)



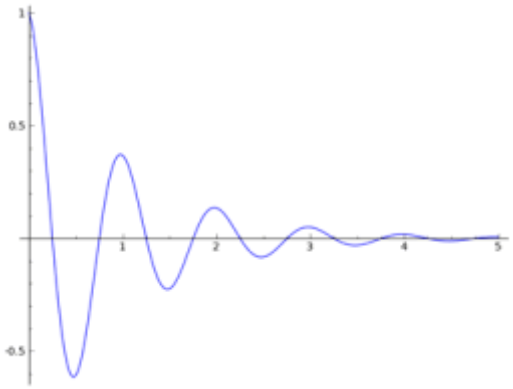
انتخاب گر سیگنال ورودی Input Selector

مولد های سیگنال در ادیومترها توسط سوئیچ های انتخابگر قابل انتخاب خواهند بود. در دستگاه های جدید از سوئیچ های دیجیتال استفاده می گردد. در ادیومترهای کلینیکال بایستی در هر زمان برای هر دو کانال همه ورودی ها قابل انتخاب باشند.

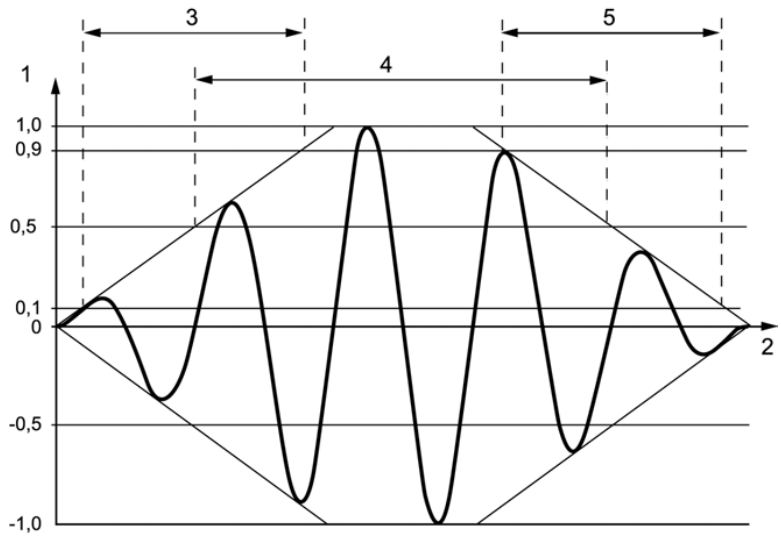


طبقه قطع و وصل کننده Interrupter

این طبقه که برای ارائه سیگنال در زمان های مشخص در نظر گرفته شده دارای استاندارد خاصی می باشد.



با توجه به اینکه سیگنال های ارائه شده به گوش بیمار نبایستی هیچگونه اعوجاج و یا کلیکی داشته باشند این مدار به گونه ای طراحی شده است که سیگنال ها را در زمان عدم ارائه قطع کامل ننماید بلکه دامنه سیگنال را تا حدی تضعیف نماید که برای گوش دیگر قابل شنیدن نباشد.



1 Level 2 Time 3 Rise time 4 Duration 5 Fall time

اجزای زمانی سیگنال صوتی در آزمون‌های شنوایی

نمودار بالا نمایی شماتیک از یک سیگنال صوتی را نشان می‌دهد که معمولاً در آزمون‌های شنوایی‌سنجی مانند ادیومتری تون‌خالص یا آزمون‌های الکتروفیزیولوژیک ، مانندABR به‌کار می‌رود. این نمودار اجزای زمانی یک سیگنال شامل زمان افزایش(Rise Time) ، مدت فعال بودن سیگنال (Duration) و زمان کاهش (Fall Time) را نمایش می دهد.

1.سطح یا Level

محور عمودی (Y) در نمودار بیانگر دامنه یا شدت نسبی سیگنال است. مقدار ۱ در این محور نشان‌دهنده بیشینه دامنه (Amplitude) سیگنال می‌باشد که ممکن است متناسب با شدت صوت (Sound Pressure Level)تفسیر شود.

2.زمان یا Time

محور افقی (X) بیانگر تغییرات سیگنال در طول زمان است و معمولاً بر حسب میلی‌ثانیه (ms) یا ثانیه اندازه‌گیری می‌شود.

3.زمان افزایش یا Rise Time

این بخش از زمان، بازه‌ای است که در آن سیگنال از صفر به‌تدریج افزایش یافته و به سطح بیشینه‌ی خود می‌رسد. هدف از وجود این بخش، جلوگیری از ایجاد نویز یا صداهای ناگهانی (Click) در آغاز سیگنال است. در بسیاری از کاربردهای کلینیکی، زمان افزایش در حدود ۱ تا ۵ میلی‌ثانیه تنظیم می‌شود.

4.مدت زمان فعال بودن سیگنال یا Duration

مدت‌زمانی که سیگنال به‌طور کامل در حال پخش و فعال است، Durationنامیده می‌شود. این مدت شامل سه بخش اصلی است:

- زمان افزایش(Rise Time)
- بخش پایدار سیگنال(Plateau)
- زمان کاهش(Fall Time)

بنابراین، Durationمعرف کل زمان حضور سیگنال به‌شکل قابل شنیدن یا قابل ثبت در سیستم است.

5.زمان کاهش یا Fall Time

پس از رسیدن به بخش پایدار، سیگنال به‌تدریج کاهش یافته و به صفر می‌رسد. این کاهش تدریجی برای جلوگیری از توقف ناگهانی و اعوجاج صوتی اهمیت دارد. در اغلب کاربردها، Fall Timeمساوی با Rise Timeدر نظر گرفته می‌شود.

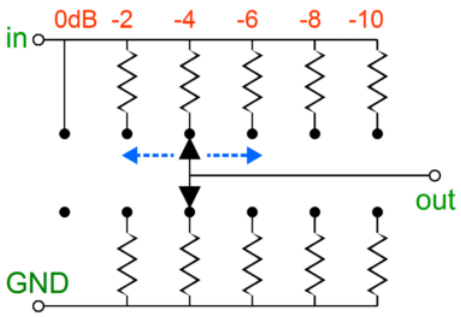
این مدار توسط قطعات ساده ای مانند فتوسل ها قابل اجراء می باشد به این صورت که این قطعه با یک دیود نوری در محفظه ای تاریک قرار داده می شوند. و چون فتوسل در مسیر عبور سیگنال قرار دارد هنگامی که در تاریکی کامل قرار دارد اهم بسیار بالائی دارا خواهد بود و طبق قوانین تقسیم ولتاژ، سیگنال عبوری حدود100دسی بل کاهش خواهد یافت.

زمان های افت و خیز سیگنال در استاندارد مشخص گردیده و نبایستی با این محدوده مغایرت داشته باشد.

معمولا جهت بالا بردن راندمان طبقه قطع و وصل کننده در دو نقطه از مسیر عبور سیگنال قرار داده می شود که معمولا قبل و بعد از طبقه کاهنده می باشد.

طبقه کاهنده Attenuator

در این طبقه که امکان تغییر درسطوح شدتی در هنگام ادیومتری را میسر می سازد از طبقات متعدد مقاومتی تشکیل شده است. و اساس کار این طبقه نیز بر مبنای تقسیم ولتاژ می باشد. در این مرحله نیز براساس استاندارد بایستی سطوح شدتی در ورودی این مدار معادل حداکثر سطح مورد نیاز در خروجی ادیومتر باشد و پس از ورود به این طبقه به مقادیر مختلف از دامنه آن کاسته شود. به طور مثال در ادیومتری که حداکثر سطح خروجی آن 100دسی بل است اگر بخواهیم شدت 80را ارائه دهیم در طبقه کاهنده 20دسی بل کاهندگی رخ داده است. این روند به علت ثابت نگاه داشتن نسبت سیگنال به نویز است.



انتخاب گر سیگنال خروجی Output Selector

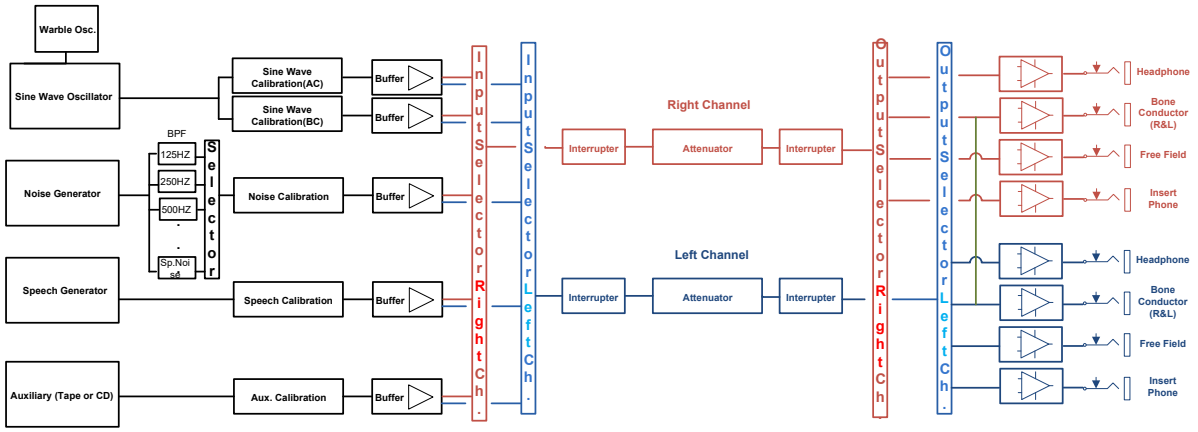
خروجی های سیگنال در ادیومترهای قدیمی توسط سوئیچ های انتخابگر قابل انتخاب بودند. در دستگاه های جدید از سوئیچ های دیجیتال استفاده می گردد. در ادیومترهای کلینیکال بایستی اکثر خروجی ها هم زمان برای هر دو کانال قابل انتخاب باشند.

طبقه تقویت قدرت Power Amplifier

سیگنال ها در مرحله نهائی وارد تقویت کننده های خروجی می شوند که اکثرا تامین کننده جریان مورد نیاز مبدل های خروجی می باشند. مثل هدفون ویا ویبراتور

مبدل ها Transducer

"به مباحث گذشته مراجعه گردد"



مبدل‌های اصلی در ادیومترها (Audiometer Transducers)

مبدل وسیله‌ای است که سیگنال الکتریکی تولیدشده توسط ادیومتر را به سیگنال صوتی قابل شنیدن برای بیمار تبدیل می‌کند. انتخاب نوع مبدل بر اساس نوع آزمون، سن بیمار، هدف بالینی و شرایط محیطی صورت می‌گیرد.

انواع مبدل‌های مورد استفاده در ادیومترها:

1.هدفون هوایی استاندارد(Supra-aural Headphones)

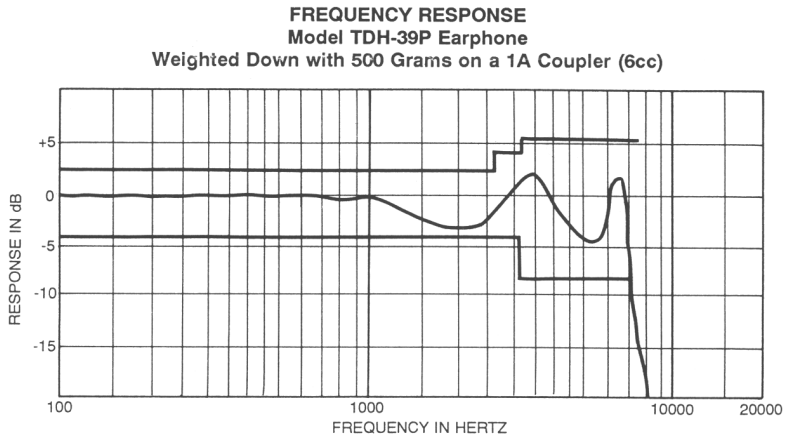
مثال: TDH-39، TDH-49، TDH-50

قرارگیری روی لاله گوش - استفاده رایج در ادیومتری تون‌خالص و گفتار

Receiver Type: dynamic, with metal diaphragm

Impedance: TDH-39P - 10 ohms is standard. 100 ohms impedance available.
TDH-49P - 10 ohms
TDH-50P - 60 ohms

Frequency Response: 100Hz to 8000Hz



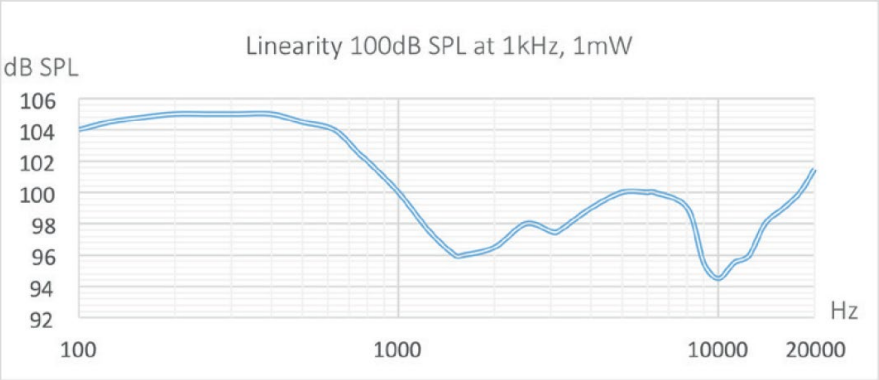
TDH39 Pure Tone RETSPL	
	ISO 389-1 ANSI S3.6
Frequency Hz	Artificial ear IEC 60318-1 dB SPL
125	45.0
160	38.5
200	32.5
250	27.0
315	22.0
400	17.0
500	13.5
630	10.5
750	9.0
800	8.5
1000	7.5
1250	7.5
1500	7.5
1600	8.0
2000	9.0
2500	10.5
3000	11.5
3150	11.5
4000	12.0
5000	11.0
6000	16.0

2. دورگوشی(Circumaural Headphones)

مثال: Radiear DD450 پوشش کامل گوش خارجی

مناسب برای تست‌های فرکانس بالا : (High-Frequency Audiometry)

مزایا: دقت بالا در فرکانس‌های بالا، کاهش نویز محیط - محدودیت: حجیم‌تر و گران‌تر



DD450 Pure Tone RETSPL

Coupler	IEC 60318-1	Ambient attenuation	maxHL
Frequency Hz	RETSPL	[dB]	[dB]
125	30.5	15	100
160	26	15	105
200	22	16	105
250	18	16	110
315	15.5	18	115
400	13.5	20	115
500	11	23	115
630	8	25	120
750	6		120
800	6	27	120
1000	5.5	29	120
1250	6	30	110
1500	5.5		115
1600	5.5	31	115
2000	4.5	32	115
2500	3	37	115
3000	2.5		115
3150	4	41	115
4000	9.5	46	115
5000	14	45	105
6000	17		105
6300	17.5	45	105
8000	17.5	44	105
9000	19		100
10000	22		100
11200	23		95
12500	27.5		90
14000	35		80
16000	56		60

3.ایرفون داخل‌گوشی(Insert Earphones)

مثال: Etymotic ER-3A

قرارگیری در داخل مجرای گوش با فوم یا قالب سیلیکونی - مزایا: کاهش کراس‌هیرینگ (نیاز کمتر به ماسکینگ) - محدودیت: نیاز به جای‌گذاری صحیح و دقت بالا در استفاده

ANSI S3.6 AND ISO 389.2 REFERENCE THRESHOLDS
Sound Pressure Levels in dB re. 20µPa

Frequency (Hz)	Occluded Ear Simulator	HA-2 with Rigid Tube	HA-1
125	28.0 (98.0)	26.0 (96.0)	26.5 (86.5)
250	17.5 (87.5)	14.0 (84.0)	14.5 (84.5)
500	9.5 (79.5)	5.5 (75.5)	6.0 (76.0)
750	6.0 (76.0)	2.0 (72.0)	2.0 (72.0)
1000	5.5 (75.5)	0.0 (70.0)	0.0 (70.0)
1500	9.5 (79.5)	2.0 (72.0)	0.0 (70.0)
2000	11.5 (81.5)	3.0 (73.0)	2.5 (72.5)
3000	13.0 (83.0)	3.5 (73.5)	2.5 (72.5)
4000	15.0 (85.0)	5.5 (75.5)	0.0 (70.0)
6000	16.0 (86.0)	2.0 (72.0)	-2.5 (67.5)
8000	15.5 (85.5)	0.0 (70.0)	-3.5 (66.5)

4. ویبرا تور استخوانی(Bone Conduction Oscillator)

مثال: Radioear B-71

انتقال ارتعاش به استخوان ماستوئید یا پیشانی - استفاده در آزمون هدایت استخوانی

مزایا: بررسی عملکرد حلزون بدون تأثیر از گوش میانی- محدودیت: قدرت محدود، حساس به فشردگی و موقعیت قرارگیری

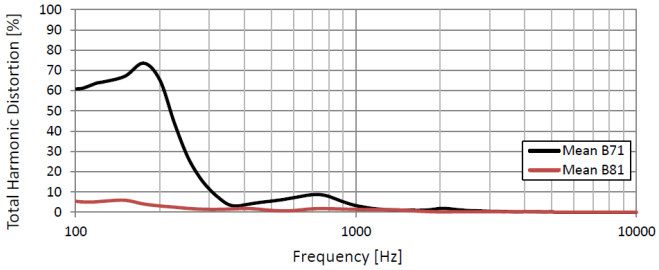


Figure 6. Mean value of THD for six B71s and six B81s.

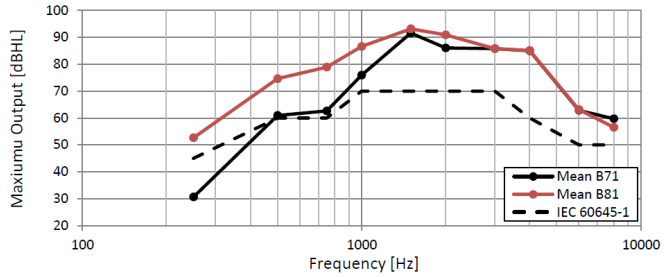


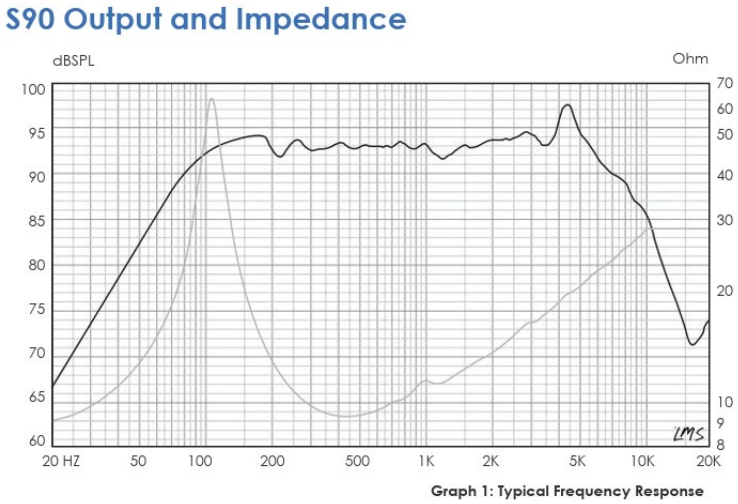
Figure 7. Mean value of maximum hearing level for six B71s and B81s.

Frequency (HZ)	Mastold (dB re 1uN)	Forehead (dB re 1uN)
250	67.0	79.0
315	64.0	76.5
400	61.0	74.5
500	58.0	72.0
630	52.5	66.0
750	48.5	61.5
800	47.0	59.0
1000	42.5	51.0
1250	39.0	49.0
1500	36.5	47.5
1600	35.5	46.5
2000	31.0	42.5
2500	29.5	41.5
3150	31.0	42.5
4000	35.5	43.5
5000	40.0	51.0
6000	40.0	51.0
6300	40.0	50.0
8000	40.0	50.0
Speech	55.0	63.5

5.بلندگوی میدان آزاد(Sound Field Speakers)

مثل Radioear SP90 : برای آزمون‌هایی مثل ادیومتری گفتار میدان آزاد یا ارزیابی سمعک و کاشت حلزون - نصب در اتاق آکوستیک یا فضای ارزیابی

مزایا: امکان استفاده برای کودکان کم‌همکار، شرایط طبیعی شنیداری - محدودیت: عدم کنترل کامل بر گوش مورد ارزیابی (صدای دو طرفه)



Graph 1: Typical Frequency Response

Dynamic Speaker 8 ohm

Power Input:	40 W continuous 80 W peak
Connections:	Red /Balck spring-loaded connector for bare end wire
Total Harmonic Distortion:	<1% at 1 W < 5% at rated power
Frequency Response:	125 Hz - 8 kHz
Sensitivity:	94 dB/1 W
Impedance:	8 ohm
Dimensions (each):	(H) 13.78" (350 mm) x (W) 13.78" (350 mm) x (D) 5.12" (130 mm)
Weight:	10.23 lbs/4.6 kg
Materials and Construction:	• 12 mm thick MDF cabinet • 6.5" full-range driver

نکته مهم: وقتی گفته می‌شود توان یک بلندگو ۴۰ وات است، منظور "توان الکتریکی ورودی قابل تحمل توسط بلندگو" است، نه توان خروجی صوتی!

حساسیت بلندگو(Speaker Sensitivity)

نشان دهنده این است که، بلندگو با دریافت ۱ وات توان در فاصله ۱ متری، چه سطحی از شدت صوت (dB SPL)را تولید می‌کند.

بطور مثال: حساسیت 1 W/94 dB/1m یعنی با 1 وات ورودی، 94 دسی‌بل در فاصله 1 متری تولید می‌شود.

و نکته دیگر اینکه:

۱۰ برابر شدن دامنه سیگنال الکتریکی ← افزایش ۲۰ دسی‌بل

۱۰ برابر شدن توان سیگنال الکتریکی ← افزایش ۱۰ دسی‌بل

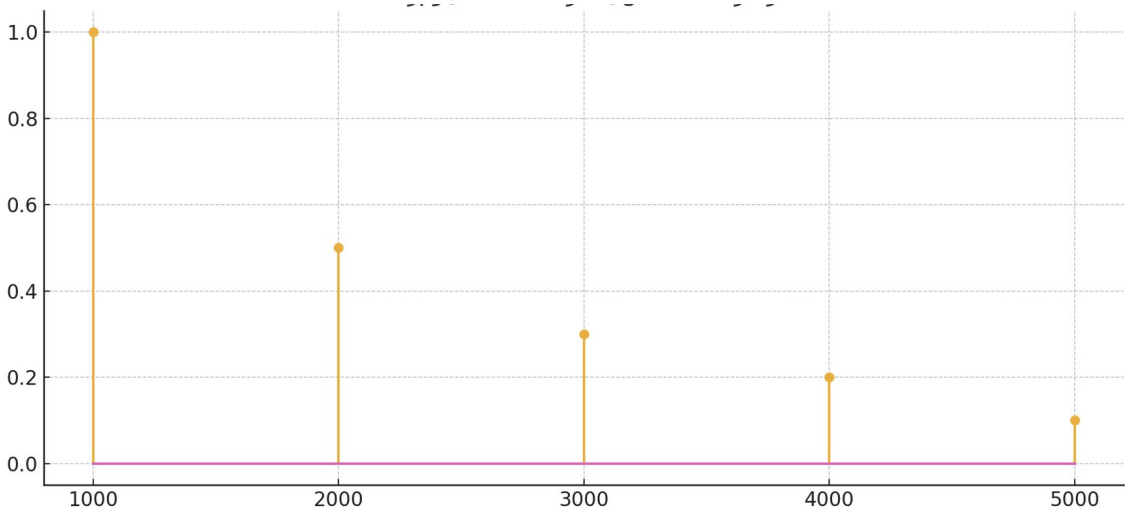
پس، شدت صدای خروجی از بلندگو، تنها به توان یا عدد وات آن وابسته نیست، بلکه مجموعه‌ای ازویژگی‌های آکوستیکی، مهندسی طراحی و شرایط محیطی در تعیین سطح واقعی SPL موثر است.

تعریف **THD** (Total Harmonic Distortion)

THDیا اعوجاج هارمونیکی کل، یک شاخص عددی است که میزان اعوجاج سیگنال خروجی یک دستگاه صوتی نسبت به ورودی اصلی آن را نشان می‌دهد. این شاخص مشخص می‌کند چه مقدار از انرژی صوتی خروجی به جای باقی ماندن در فرکانس اصلی (مثلاً 1000 هرتز)، به فرکانس‌های ناخواسته‌ای که مضرب آن هستند (هارمونیک‌ها) منتقل شده است.

THDبه‌صورت درصد (%) یا دسی‌بل (dB) بیان می‌شود و هرچه عدد THDکمتر باشد، کیفیت صدای خروجی دستگاه بالاتر است.

$$100 \times \frac{\sqrt{\ldots + {}_4^2V_2^2 + V_3^2 + V}}{{}_1V} = (\%)\ \mathrm{THD}$$



محور عمودی در اینجا معمولاً بدون واحد و نرمال‌شده است، یعنی: دامنه‌ی فرکانس اصلی (Fundamental) = 1 است و بقیه دامنه‌ها به‌صورت نسبت به آن نمایش داده می‌شوند.

بطور مثال: اگر در 2000 Hz مقدار 0.5 باشد، یعنی دامنه هارمونیک دوم نصف دامنه اصلی است.

و مثالی دیگر از ارتباط بین در صد و دسی بل در تفسیر مقادیر اعوجاج :

ادیومتر، در فرکانس 1000 و شدت 70 دسی بل،THD میتواند این مقادیر را داشته باشد:

1٪حدود -40dB (بسیار خوب)

3٪ حدود -30.5dB (محدوده قابل قبول در کلینیک)

5٪حدود -26dB (در مرز هشدار)

چند نکته مهم در نگهداری ادیومترها:

۱ .کالیبراسیون منظم و دوره‌ای

دستگاه ادیومتر باید حداقل سالی یک‌بار توسط شرکت معتبر یا واحد مهندسی پزشکی کالیبره شود.

هرگونه تغییر در اجزای صوتی (مثلاً تعویض هدفون، اینسرت فون یا مبدل استخوانی) باید با کالیبراسیون مجدد همراه باشد. گزارش‌های کالیبراسیون باید مستند، بایگانی و قابل پیگیری باشند.

۲ .محافظت در برابر رطوبت و دما

ادیومتر باید در محیطی با رطوبت کنترل‌شده و دمای ثابت نگهداری شود (ترجیحاً بین ۱۸ تا ۲۵ درجه سانتی‌گراد).

از قرار دادن دستگاه در معرض نور مستقیم خورشید، بخاری، کولر، یا پنجره‌های باز خودداری شود.

۳ .تمیزکاری سطحی دستگاه

صفحه‌کلید، نمایشگر و سطح خارجی دستگاه باید به‌صورت منظم با دستمال نرم و خشک یا کمی مرطوب (فاقد الکل) تمیز شود. از ورود گرد و غبار به پورت‌ها و اتصالات جلوگیری شود.

۴ .حفاظت از کابل‌ها و مبدل‌های صوتی

کابل‌های هدفون، اینسرت فون و مبدل استخوانی نباید تحت کشش، فشار یا پیچ‌خوردگی باشند.

در پایان روز کاری، کابل‌ها به‌آرامی جمع و در جای امن قرار گیرند. از آسیب فیزیکی به گوشی‌ها، ایرتیوب‌ها یا پروب‌ها جلوگیری شود.

استانداردهای مرتبط:

شاید تاکنون نویز ناشی از دستگاههای الکترونیکی دیگر، مانند گوشی همراه، را بر روی نمایشگرها و یا سیستمهای صوتی دیگر مشاهده کرده باشید. ویز الکتریکی باعث بسیاری از مشکلات در عملکرد مناسب دستگاهها است که نیازمند تشخیص و رفع آن می باشد. برای رفع این موارد، در طراحی سیستمها، شیلد نمودن و طراحی فیلترها نقش مهمی دارد.

تداخل الکترومغناطیسی(EMI) Electromagnetic Interference

منظور از تداخل الکترومغناطیسی یا نویز EMI سیگنال ناخواسته ای است که در سیگنال های کنترل، مانیتورینگ و ارتباطی اختلال ایجاد می کند. EMI شامل دو نوع تداخل هدایتی و تداخل تشعشعی می باشد.

انطباق الکترومغناطیسی(EMC) Electromagnetic compatibility

توانایی یک وسیله الکترونیکی برای عملکرد بدون مشکل در یک محیط الکترومغناطیسی، EMC نامیده می شود. و نیزاین دستگاه نباید مزاحمت و یا تداخلی برای تجهیزات دیگر که در آن مکان قرار گرفته اند، ایجاد نماید.

خیلی از اوقات از EMC به عنوان کنترل EMI یاد می شود.

یک دستگاه استاندارد از این دیدگاه، دستگاهی است که این دو شرط را داشته باشد:

1.از تجهیزات دیگر نویز نپذیرد

2.بر عملکرد دستگاه های دیگر، تاثیر نگذارد

استانداردIEC 60645

این استاندارد توسط کمیسیون بین‌المللی الکتروتکنیک (IEC) تدوین شده و بر مشخصات فنی و الزامات عملکرد دستگاه‌های ادیومتری تمرکز دارد.

شامل بخشهای الکتروآکوستیک ادیومترهای تن خالص، ادیومتر گفتار، ادیومترهایی با اهداف بررسی بیماریهای عصب شنوایی و ادیومترهای فرکانس بالا می باشد.

هدف این استاندارد برای اطمینان از:

1- یکسان بودن نتایج آستانه ها در گوش فردی معین که با ادیومترهای مختلفی که بر استاندارد های جهانی ISO 8253، ISO 6189 منطبق هستند، آزماییش شده باشد.

2- نتایج بدست آمده، نشان دهنده اعتبار مقایسه بین شنوایی گوش تست شده و آستانه های شنوایی مرجع باشد.

3- ادیومترها براساس محدوده سیگنال های تست و توانایی هایشان طبقه بندی شوند.

* IEC 60645-1: Pure-Tone Audiometers

- طبقه‌بندی دستگاه‌ها بر اساس سطح دقت و شامل ویژگی‌هایی مانند دامنه فرکانس، دقت شدت، نوع محرک صوتی و...

* IEC 60645-2: Speech Audiometers

- الزامات فنی برای تولید و کنترل محرک گفتاری در ادیومتری گفتار

* IEC 60645-3: Impedance Audiometers

- ویژگی‌های دستگاه‌های ایمپدانس‌متر (برای ارزیابی عملکرد گوش میانی)

* IEC 60645-4: Equipment for Auditory Brainstem Response (ABR)

- مشخصات دستگاه‌های ثبت پاسخ‌های الکتروفیزیولوژیک شنوایی

سایر بخش‌ها (جدیدتر):

- **IEC 60645-5:** تجهیزاتOAE
- **IEC 60645-6:** تجهیزات غربالگری نوزادان
- **IEC 60645-7:** تست‌های الکتروفیزیولوژیک پیشرفته مانند (ASSR)