۱

مقدمه

۱-۱ تعاریف

سیگنال: سیگنال تابعی از متغیرهای مستقل مانند زمان، فضا و غیره است که اطلاعات، حالات و رفتار سیستم را در بر دارد. مثال:

- سیگنال اندازه گیر درجه حرارت (ترموکوپل): خروجی ترموکوپل، ولتاژی است که تابع یک متغیر مستقل، زمان، است و مقدار آن بیان کننده تفاوت درجه حرارت اتصال داغ آن با درجه حرارت محیط است.
- سیگنال صوتی و موسیقی: مقدار این سیگنالها در هر نقطه از فضا، یک تابع زمانی است که مقدار فشار هوا در آن نقطه را مشخص می کند.
- در یک سیگنال تصویر شدت رنگها تابعی از موقعیت نقطه در صفحه است.

از نظر ریاضی سیگنال را می توان با یک تابع بیان کرد. $s(t)=5t$

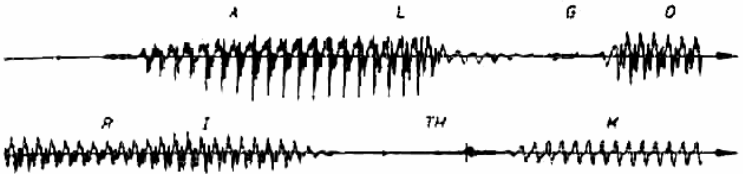
در اینجا سیگنال S تابع t است و در سیگنال $s(x,y)=3x+2xy+10y^2$

سیگنال S تابع متغیر های مستقل x و y است.

تابع ریاضی یک سیگنال صوتی شامل مجموعه ای از سینوسها با فرکانس ودامنه وابسته به زمان است.

$$\sum_{i=1}^{N} A_i(t)\sin(\omega_i(t)t+\theta_i(t))$$

شکل، موج صوتی تلفظ لغت *Algorithm* را نشان می دهد.



سیستم: مجموعه ای از اجزا نرم افزاری یا سخت افزاری که کنار هم قرار گرفته یا می گیرند و با یکدیگر ارتباط دارند تشکیل یک سیستم را می دهند. سیستم، سیگنال ورودی را تحت تاثیر قرار داده و سیگنالی تغییر یافته در خروجی تولید می کند.

سیگنال خروجی حاوی اطلاعات سیگنال ورودی است که عملکرد سیستم بر آن اثر گذاشته است. درمثال ترموکوپل، درجه حرارت آتش ترموکوپل را گرم کرده و ولتاژی در خروجی تولید می شود که $v\approx\alpha\theta$ است. θ درجه حرارت اتش (سیگنال گرمای ورودی)، v ولتاژ خروجی و α مکانیزم عملکرد سیستم اندازه گیر گرما بر سیگنال ورودی است.

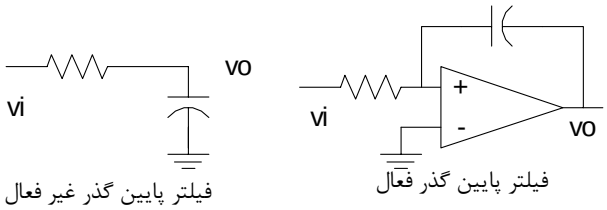
پردازش سیگنال :پردازش سیگنال به معنی مجموعه عملیاتی است که برای استخراج (انضمام) اطلاعات مورد نظر از (به) یک سیگنال

www.MatlabKar.com

انجام می شود.

- آشکار ساز پوش سیگنال *AM* که سیگنال اصلی را از سیگنال حامل جدا می کند یک پردازشگر سیگنال است.
- فیلتری که نویز را حذف می کند تا سیگنال مطلوب دریافت شود یک پردازشگر سیگنال است.
- تقویت کننده ای که سیگنال مطلوب را برای دریافت بهتر تقویت می کند یک پردازشگر سیگنال است.

شکل نمونه مدارهای فعال و غیر فعال پردازشگر آنالوگ سیگنال را نشان می دهد .



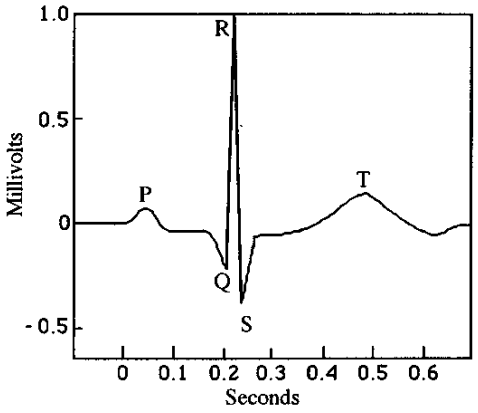
فیلتر پایین گذر غیر فعال　　فیلتر پایین گذر فعال

نوعی از پردازش سیگنال که براساس مدارهای دیجیتالی و گسسته و یا نرم افزاری صورت می گیرد، پرادزش دیجیتالی یا گسسته سیگنال خوانده می شود.

۲-۱ نمونه هایی از سیگنال

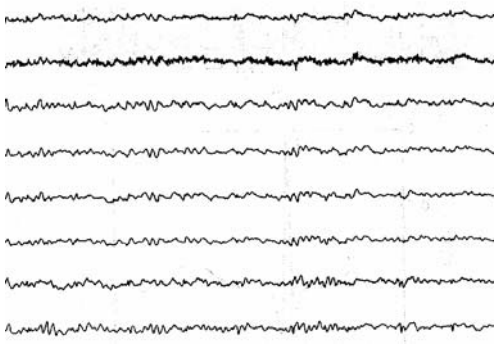
اکثر سیگنالها اساسا الکتریکی نیستند، لذا ابتدا باید توسط مبدل مناسب به سیگنال الکتریکی تبدیل شوند. گستره این سیگنالها که اطلاعات سیستمهای مورد نظر را حمل می کنند بسیار وسیع است، حال به شرح مختصر نمونه هائی از آنها می پردازیم .

سیگنال *ECG*



فعالیت قلب تولید سیگنال الکتریکی را می کند که در شکل نشان داده شده است. این شکل، یک پریود از فرایند انتقال خون از قلب به رگها را نشان می دهد. ابتدا پالسی در دهلیز راست ایجاد می گردد که موجب فشرده شدن دهلیزها شده و خون را به بطن ها منتقل می کند موج *P* نشان دهنده این فعالیت است . تاخیر بین *P* و *Q* مدت زمانی است که این انتقال خون کامل می گردد. سپس پالس جدیدی تولید می شود که بطنها را منقبض و خون را به درون رگ ها میراند این فعالیت را *QRS* نشان می دهد. در این مدت دهلیزها باز می شوند و خون به درون آنها وارد می گردد. آخرین قسمت موج *T* است که به هنگام منبسط شدن بطن ها ظاهر می شود. هر قسمت از این موج فعالیت بخش مشخصی از قلب را نشان می دهد که از آن می توان به نوع بیماریها پی برد و یا اثر دارو بر فعالیت قلبی را کنترل کرد .

سیگنال *ECG* آلوده به نویز ناشی از تشعشعات الکتریکی و میدان مغناطیسی ۵۰ هرتز برق شهر است. دیگر عامل تداخل در این سیگنال، سیگنال ناشی از پتانسیل تولیدی ناشی از منقبض شدن ماهیچه ها (بغیر از قلب) است. این عوامل تداخل و دیگر عوامل ناخواسته یابد با شیلد و روشهای پردازش سیگنال حذف شوند تا سیگنال قابل استفاده بدست آید.

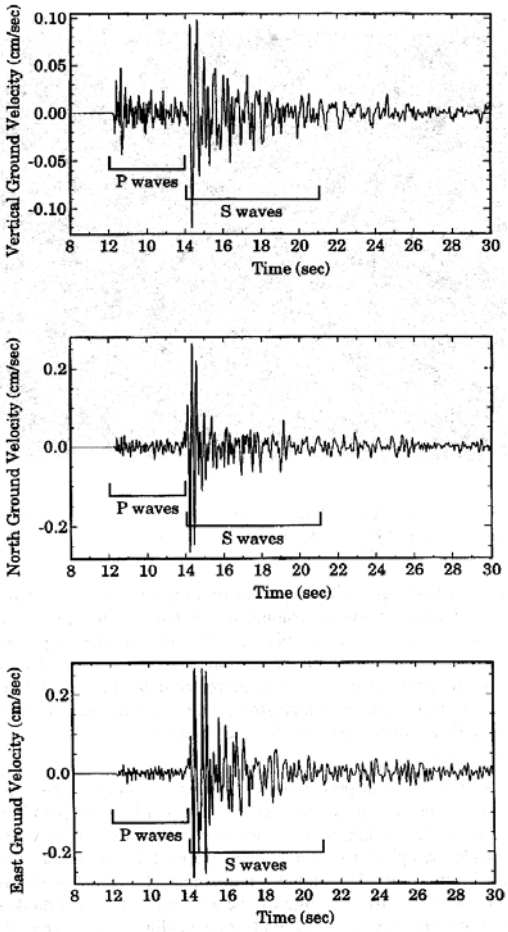


سیگنال *EEG*

مجموعه فعالیتهای میلیونها سلول عصبی در مغز تولید سیگنال *EEG* می کند که در شکل نشان داده شده است. در اندازه گیری سیگنال *EEG* الکترودها در قسمتهای مورد نظر جمجمه قرار می گیرند و ۲الکترود مرجع در اطراف بناگوش جای داده می شوند. سیگنال *EEG* دامنه ای در حدود ۲ تا ۱۰۰ میلی ولت و فرکانس بین ۰/۵ تا ۱۰۰ هرتز دارند. طیف سیگنال *EEG* به ۵ قسمت تقسیم می گردد.

الف)محدوده δ از ۰/۵ تا ۴ هرتز: وجود موج δ برای بچه ها و افراد بالغ در حال خواب، عادی است ولی اگـر در مـوج *EEG* افـراد بـالغ در حال بیداری دیده شود، نشان از نوعی بیماری دارد.
ب)محدوده θ از ۴ تا ۸ هرتز: این موج در کودکان و در افراد بالغ در حالت بیداری دیده می شود.
ج)محدوده α از ۸ تا ۱۳ هرتز: موج α در تمام انسانها تولید می شود و در حالت استراحت و بیداری با چشمان بسته قوی تر است.
د)محدوده β از ۱۳ تا ۲۲ هرتز : این موج برای افراد بالغ معمولی است.
ه)محدوده γ از ۲۲ تا ۳۰ هرتز

سیگنال زلزله



در اثر حرکت لایه های زمین ناشی از زلزله، فعالیت آتشفشانی و انفجـار زیـر زمینی، امواجی کروی منتشر می شوند. این امواج عبارتند از *P-wave*، موج سریعی که در بدنه زمین منتشر می شود و *S-wave*، موج کندتری که آنهم در بدنه زمین منتشر می شود و موج سطحی که روی سطح زمین منتشر می گردد.

برای جمع آوری سیگنال زلزله در هر نقطه از ۳ ثبات استفاده می شود که دو تا افقی مربوط به محورهای x و y و سومی مربوط به محور z است که عمودی می باشد. از اطلاعات ثبت شده می توان شدت و موقعیت وقوع زلزله را بدست آورد.

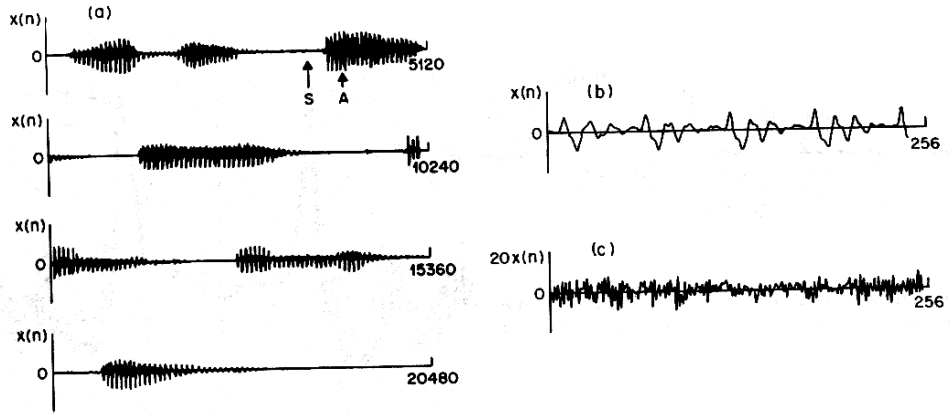
از همین روش برای اکتشافات زیرزمینی نیز استفاده می شود، به این ترتیب که انفجارات درزیر زمین انجام می گردد و موجهای آن دریافت می شوند. علاوه بر امواج مستقیم ناشی از انفجار، امواجی در لایه های زیرین زمین منتشر می شوند که سپس انعکاسات آن دریافت می گردند . براساس دامنه و فاصله زمانی انعکاسات به اضافه اطلاعات اولیه مربوط به عملکرد انعکاس لایه ها به وجود لایه های مورد نظر پی برده می شود.

سیگنال موتور

برای اینکه موتور بتواند با راندمان کار کند می باید جرقه زنی شمع زمانی صورت می گیرد که پیستون به بالاترین موقعیت خود در سیلندر رسیده باشد برای تنظیم دقیق موتور، موقعیت پیستون در درون سیلندر اندازه گیری شده و همچنین زمان جرقه زنی نیز حس مـی شـود. بر این اساس تنظیمات به نحوی صورت می گیرد که بین آتش زنی شمع و رسیدن سیلندر به بالاترین نقطه خود هماهنگی وجـود داشـته باشد.

سیگنالهای گفتاری

سیگنالهای گفتاری به دو دسته صوتی *(voiced)* و غیر صوتی *(unvoiced)* تقسیم می شوند. سیگنالهای صوتی شامل سیگنالهای صدادار *(vowels)* مانند آ، او و اِ و سیگنالهای بی صدا *(consonants)* مانند ب، د، میم، نون و ر هستند که در اثر تحریک تارهای صوتی ایجاد می گردند. در مقابل در سیگنالهای غیر صوتی مانند صدای ف، س، ش تارهای صوتی فعال نیستند و در نتیجه عبور هوا از فضای دهان تولید می گردند. شکل موج ۲/۵ ثانیه ای، تلفظ جمله *every salt breeze comes from the sea* را نشان می دهد. همچنین امواج مربوط به صدای *a* و *s* در لغت *salt* بصورت باز شده نشان داده شده است. امواج حروف صوتی شبه پریودیک هستند که می توان آنها را به صورت مجموعه ای از سینوسها نوشت، به کمترین فرکانس در مجموعه، فرکانس اصلی یا *pitch* گفته می شود.



در مقابل، امواج غیر صوتی ساختار فرکانسی مشخصی ندارد و شبیه نویز هستند.

عملیات پردازش روی گفتار به سه دسته تقسیم می شوند.

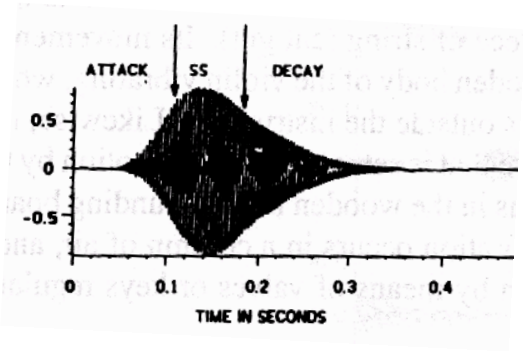
الف) **تحلیل گفتار** که در عملیات شناسایی گفتار ، شناسایی گوینده و تطبیق گوینده مورد استفاده قرار می گیرند

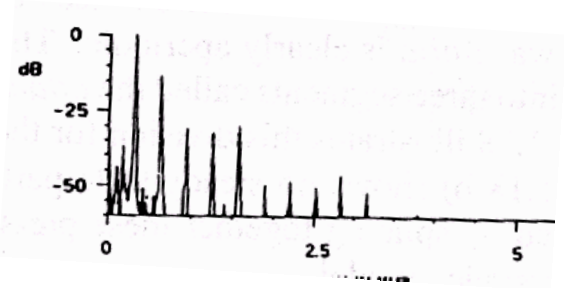
ب) **تولید گفتار** که در عملیات خواندن خودکار متن و ارسال اطلاعات به صورت گفتاری مود استفاده قرار می گیرد.

ج) **تحلیل و تولید گفتار**: در این عملیات رمز کردن گفتار برای انتقال امن و فشرده سازی برای افزایش راندمان انتقال می توان نـام بـرد. سیگنال گفتاری عادی به ۶۴۰۰۰ بیت در هر ثانیه نیازمند است که می توان آن را به ۱۰۰۰ بیت در ثانیه کاهش داد.

سیگنالهای موسیقی

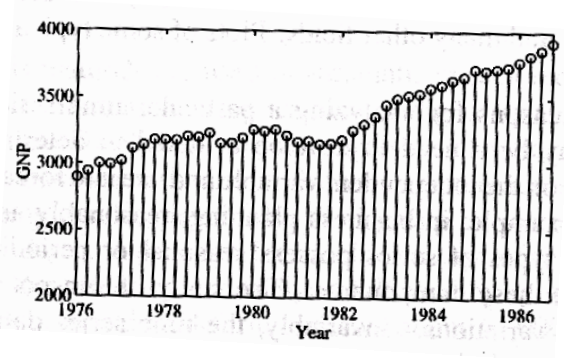
موسیقی بوسیله ی آلات بادی یا زهی تولید می گردند. صدای موسیقی را می توان به دو دسته شبه پریودیک و غیر پریودیک تقسیم کـرد برای مثال سلو سیگنالهای شبه پریودیک تولید می کند. سیگنال این وسیله از سه قسمت شروع ،ثابت و افت تشکیل یافته است. این صـدا را می توان از مجموع سینوسها با دامنه و فرکانس متغیر ساخت. شکل نمودار زمانی و طیف سیگنال سلو را نشان می دهد.





در مقابل صدای طبل شکل غیر پریودیک دارد. بر اساس اینگونه تحلیل از آلات موسیقی است که اقدام به مدل سازی و ساخت الکترونیکی آن می گردد.

سری های زمانی



سیگنالهای ماهیتا گسسته ای در زمینه اقتصاد، مخابرات، علم فیزیک ، مهندسی پزشکی و غیره وجود دارد که تحلیل آنها حائز اهمیت است. از جمله می توان به معیارهای بازار بورس، رشد جمعیت، نرخ تورم، نرخ مصرف آب ،برق،گاز و غیره اشاره کرد. هدف اصلی، یافتن مدلی برای این فرایندهاست که وابستگی آنها را به متغیرهای مورد نظر نشان دهد تا از این رهگذر بتوان برای آینده پیش بینی کرد. سری های زمانی تصادفی هستند و استخراج مدل آنها باید بر پایه تحلیل آماری صورت گیرد. شکل تولید ناخالص ملی آمریکا را نشان

می دهد.

سیگنال تصویر

سیگنالهای تصویر مانند عکس، تصاویر ساکن ویدوئی، رادار، سونار و غیره دو بعدی هستند، ولی تصاویر متحرک دارای دو بعد مکانی و یک بعد زمانی می باشند.

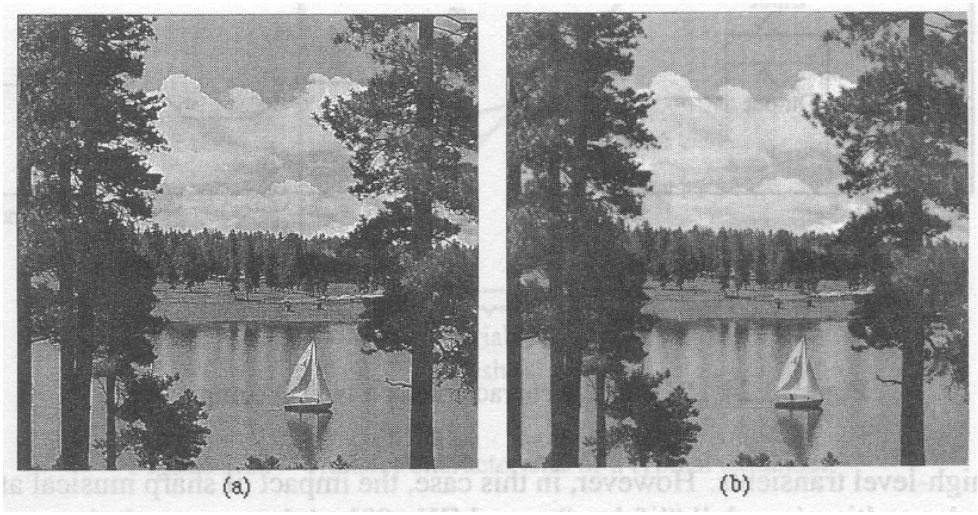
عملیاتی که روی تصویر ممکن است صورت گیرد به قرار زیر می با شند.

الف) *Image enhancement* (افزایش وضوح تصویر)

عملیاتی است که به منظور وضوح بیشتر و بالا بردن وضوح تصویر انجام می شود این عملیات شامل افزایش کنتراست است (تقابل رنگها) واضح کردن و تیزکردن لبه ها، بزرگنمایی، فیلتر کردن خطی و غیر خطی و حذف نویز را در بر می گیرد. شکل نمونه انجام این عملیات روی تصویر اصلی *(a)* و نتیجه در *(b)* را نشان می دهد.

ب) *Image reconstruction* (بازسازی تصویر)

در این عملیات افت کیفیت تصویرحذف یا کم می گردد .به این ترتیب که اعوجاج و کدر بودن از تصویر حذف میگردد.



ج) تحلیل تصویر: در این عملیات اجزا تصویر مورد شناسایی و طبقه بندی قرار می گردند.

د) *Image coding* (کد کردن تصویر)

یک تصویر ۵۱۲ ×۵۲۲ با ۸ بیت رزولوشن نیاز به ۲ میلیون بیت برای ذخیره سازی دارد. برای کاهش تعداد بیتها به روش کد کردن تعداد بیتهای مورد نیاز به ۱ بیت (متوسط) برای هر نقطه کاهش می یابد.

۱-۳ عملیات پردازش سیگنال

عملیات پایه

این عملیات عبارتند از جمع، تفریق، ضرب، تقسیم، انتگرال، مشتق،تاخیر و غیره می باشد. به ضرب سیگنال در عدد ثابت (اگر بزرگتر از ۱ باشد) تقویت و در غیر این صورت به آن تضعیف گفته می شود.

فیلتر کردن *Convolution*

فیلتر کردن به معنی حذف مولفه های مشخص از سیگنال و عبور بقیه است. بسته به آنکه چه مولفه هایی حذف می شوند، فیلتر ها نام های خاصی به خود می گیرند. برای مثال به فیلتر پایین گذر (عبور دهنده فرکانس پایین)، بالاگذر(عبور دهنده فرکانسهای بالا)،

www.MatlabKar.com

میانگذر(عبور دهنده یک باند میانی)، میان نگذر (عبور ندهنده یک باند میانی)، فیلتر *notch* (حذف کننده تک مولفه)، فیلتر *selective* (عبور دهنده تک مولفه) و فیلتر شانه ای (عبور دهنده یا حذف کننده یک مولفه و هارمونیکهای آن) می توان اشاره کرد.

فیلتر کردن سیگنال یکی از پر کاربردترین عملیات پردازش سیگنال است که از کانوالو کردن سیگنال، ***x(t)***، با تابع ضربه فیلتر، ***h(t)***، انجام می شود.

$$y(t) = \int_{-\infty}^{\infty} x(\tau)h(t-\tau)dt$$

همبستگی *correlation*

همبستگی بین دو سیگنال ***x(t)*** و ***y(t)*** اینگونه تعریف می شود.

$$r_{xy}(l) = \int_{-\infty}^{\infty} x(\tau)y(\tau-l)dt$$

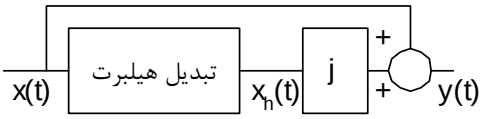
تابع همبستگی می تواند معیارشباهت بین دو سیگنال باشد. نویز فاقد تبدیل فوریه است (نه پریودیک است و نه سیگنال انرژی) است ولی خود همبستگی ***(autocorrelation)*** آن دارای تبدیل فوریه است که می تواند اطلاعات فرکانسی نویز را ارائه دهد.

تولید سیگنال کمپلکس

طیف سیگنال حقیقی دارای مولفه های فرکانسی مثبت و منفی است که مشابه یکدیگر می باشند و اطلاعات اضافی ندارند. با تبدیل هیلبرت می توان سیگنال کمپلکس تولید کرد که نصف سیگنال حقیقی، باند را اشغال می کند و اطلاعات فرکانسی سیگنال را حفظ می کند. پاسخ ضربه و پاسخ فرکانسی تبدیل هیلبرت از اینقرار است.

$$h_{HT} = \frac{1}{\pi t}, \quad H(\Omega) = \begin{cases} -j & \Omega > 0 \\ j & \Omega < 0 \end{cases}$$

شکل بلوک دیاگرام این سیستم را نشان می دهد.



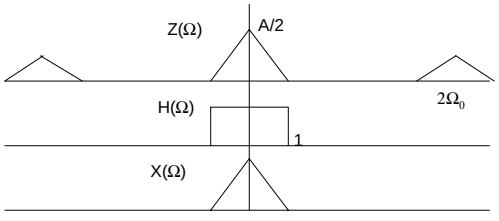
بر اساس بلوک دیاگرام خروجی اینگونه محاسبه می گردد.

$$X(\Omega) = X_+(\Omega) + X_-(\Omega) \Rightarrow X_h(\Omega) = -jX_+(\Omega) + jX_-(\Omega) \Rightarrow$$
$$Y(\Omega) = X(\Omega) + jX_h(\Omega) = 2X_+(\Omega)$$

مدولاسیون دامنه

در مدولاسیون دامنه، سیگنال مدوله کننده ***x(t)*** در یک سیگنال سینوسی با فرکانس Ω_0 ضرب شده و سیگنال مدوله شده ***y(t)*** بدست می آید. $y(t)=Ax(t)\sin(\Omega_0 t)$، سیگنال مدوله شده برابر است با

$$Y(\Omega)=\frac{A}{2}X(\Omega-\Omega_0)+\frac{A}{2}X(\Omega+\Omega_0)$$



دمدولاسیون: اگر سیگنال ***y(t)*** در $\cos\Omega_0 t$ ضرب شود سیگنال جدید ***z(t)*** بدست می آید که اگر از فیلتری پایین گذر با پهنای باند Ω_m ***(H(Ω))*** عبور داده شود مجددا سیگنال ***x(t)*** باز سازی می گردد. شکل این موضوع را نشان می دهد.

$$z(t)=y(t)\cos\Omega_0 t=A\cos^2\Omega_0 t\ x(t)=\frac{A}{2}x(t)+\frac{A}{2}x(t)\cos(2\Omega_0 t)$$

www.MatlabKar.com سایت متلب کار - مرجع پروژه های آماده و شبیه سازی با متلب

۱-۳-۱ جدول کاربردها

جدول زیر عناوین کاربردهای پردازش دیجیتالی سیگنال را ارائه می گند.

General-purpose DSP	Graphics/imaging	Instrumentation
Digital filtering Convolution Correlation Hilbert transforms Fast Fourier transforms Adaptive filtering Windowing Waveform generation	3-D rotation Robot vision Image transmission/ compression Pattern recognition Image enhancement Homomorphic processing Workstations Animation/digital map	Spectrum analysis Function generation Pattern matching Seismic processing Transient analysis Digital filtering Phase-locked loops
Voice/speech	**Control**	**Military**
Voice main Speech vocoding Speech recognition Speaker verification Speech enhancement Speech synthesis Text to speech	Disk control Servo control Robot control Laser printer control Engine control Motor control	Secure communications Radar processing Sonar processing Image processing Navigation Missile guidance Radio frequency modems
Telecommunications		**Automotive**
Echo cancellation ADPCM transcoders Digital PBXs Line repeaters Channel multiplexing 1200- to 19,200-bps modems Adaptive equalizers DTMF encoding/decoding Data encryption	FAX Cellular telephone Speaker phones Digital speech Interpolation (DSI) X.25 packet switching Video conferencing Spread spectrum communications	Engine control Vibration analysis Antiskid brakes Adaptive ride control Global positioning Navigation Voice commands Digital radio Cellular telephones
Consumer	**Industrial**	**Medical**
Radar detectors Power tools Digital audio/TV Music synthesizer Educational toys	Robotics Numeric control Security access Power line monitors	Hearing aids Patient monitoring Ultrasound equipment Diagnostic tools Prosthetics Fetal monitors

۱-۴ دلایل پردازش دیجیتالی سیگنال

۱- مدارهای دیجیتالی کمتر به تلرانس المانها حساس هستند و تقریبا به عوامل محیطی نظیر درجه حرارت، پیری و عوامل خارجی دیگر وابسته نیستند.

۲- به سادگی قابل تولید انبوه بوده و نیازی به تنظیم حین ساخت و یا بعد از آن ندارند.

۳- در پرادزش دیجیتالی، سیگنال ها و ضرایب بصورت اعداد باینری هستند، لذا به سهولت می توان با افزایش تعداد بیت ها دقت کار را افزایش داد البته در این رابطه هزینه را نیز باید در نظر گرفت، ضمن اینکه با استفاده از روش توانی نمایش اعداد می توان محدوده کاری را افزایش داد.

۴- از یک پردازنده می توان برای پردازش چندین سیگنال استفاده کرد که هزینه پردازش بر هر سیگنال را کاهش می دهد

۵- امکان تنظیم اتوماتیک پارامترهای سیستمها مانند آنچه در فیلترهای وفقی استفاده می شود وجود دارد، به این ترتیب که پارامترهای سیستم به طور پریودیک تنظیم می شود.

۶- ساخت فیلتر با فرکانس های قطع قابل تنظیم

۷- پیاده سازی عملیات خاصی مانند فاز خطی و پردازش سیگنال با پریودهای نمونه گیری متفاوت که در سیستم آنالوگ میسر نیست.

۸- مدارهای دیجیتالی را می توان بدون نگرانی از بارگذاری به دنبال هم سری کرد.

۹-اطلاعات و سیگنال ها را می توان برای هر مدت دلخواه ذخیره کرد و سپس آنها را مورد تجزیه و تحلیل قرار داد .

۱۰- پردازش سیگنالهای خیلی فرکانس پائین مانند امواج زلزله که در مدارهای آنالوگ به خازن و سلفهای بزرگ نیاز دارد.

۱۱- تغییر سیستم فقط با تغییر برنامه، در سیستمهای آنالوگ برای تغییر سیستم مجبور به تعویض قسمتهای عمده المانها می باشید.

۱۲- ساخت سیستمهای پیچیده که معادل آنالوگ آنها به سادگی امکان پذیر نیست.

معایب :

۱- افزایش پیچیدگی سخت افزاری زیرا به *A/D* و پروسسور نیاز هست. مدارهای مورد نیاز در پردازش انالوگ بعضی از کاربردها ساده تر است.

۲- محدودیت فرکانسی : به دلیل اینکه سیگنال باید نمونه برداری شده و سپس روی آن عملیات ضرب و تقسیم و جمع و تفریق و غیره انجام گیرد، محدوده سیگنالی که می توان تحت پردازش دیجیتالی قرار داد را سرعت پردازنده و سرعت مبدلهای *A/D* تعیین می کند. حد بالای فعلی کار آنها *10MHz* است که با پیشرفت تکنولوژی در حال افزایش است. در کاربردهای معمولی این محدوده را باید با صرف هزینه به بالاتر از *1MHz* رساند.

۳- به دلیل اینکه تعداد زیادی المانهای فعال در پردازنده و مبدلها وجود دارند، مقداری انرژی الکتریکی صرف می شود، این را با مدارهای *RLC* مقایسه کنید که بدون صرف انرژی عملیات پردازش زیادی را می توانند انجام دهند.

۴- المانهای غیر فعال قابل اطمینان تر از المانهای فعال هستند.

باهمه این معایب، در اکثر موارد استفاده از پردازش دیجیتالی مقرون به صرفه و دارای انعطاف پذیری بالا است که ترجیح داده می شود، البته در کاربردهایی در فرکانسهای مخابراتی پردازش آنالوگ کماکان موقعیت خود را حفظ کرده است.