

# فصل ۱۰

## مخابرات نوین

### هدف کلی

#### انواع مدولاسیون های منفصل و دیجیتال

کل زمان اختصاص داده شده به فصل: ۱۱ ساعت آموزشی

#### هدف های رفتاری: در پایان این فصل از فراگیرنده انتظار می رود که:

##### زمان پیشنهادی

- |  |  |
|--|--|
| ۱- سیگنال پیوسته (Analog)، سیگنال منفصل (Discrete) و سیگنال دیجیتال (digital) را تعریف کند. ۱۰'                              | دهد. ۲۵'   |
| ۲- تبدیل سیگنال پیوسته (سیگنال آنالوگ) به سیگنال منفصل را شرح دهد. ۱۰'   | ۱۲- محدوده فرکانسی مورد استفاده در انواع سیستم های کنترل از راه دور را شرح دهد. ۵'         |
| ۳- مدولاسیون های منفصل PAM، PWM (PDM) و PPM را توضیح دهد. ۱۵'  | ۱۳- دلیل استفاده از سیستم کنترل از راه دور مبتنی بر امواج نوری مادون قرمز را توضیح دهد. ۵' |
| ۴- تبدیل سیگنال منفصل PAM به سیگنال دیجیتال را تحلیل کند. ۵۰'  | ۱۴- عناصر نیمه هادی پاسخ دهنده به نور نامرئی مادون قرمز (IR) را شرح دهد. ۱۵'               |
| ۵- مدولاسیون پالسی کد شده PCM را شرح دهد. ۲۰'  | ۱۵- بلوک دیاگرام کلی فرستنده و گیرنده سیستم کنترل از راه دور IR را ترسیم کند. ۱۵'          |
| ۶- نرخ نمونه برداری (Sampling Frequency-Sampling Rate) را توضیح دهد. ۱۰'   | ۱۶- ماهواره را تعریف کند و مفهوم کلمه satellite را بیان کند. ۱۰'                           |
| ۷- مفهوم نرخ بیت (Bit Rate) را شرح دهد. ۱۰'  | ۱۷- تاریخچه به وجود آمدن ماهواره و سیر تکاملی آن را توضیح دهد. ۱۵'                         |
| ۸- مدولاسیون های دیجیتال ASK، FSK، PSK را شرح دهد. ۱۰'   | ۱۸- چگونگی پرتاب ماهواره را به فضا شرح دهد. ۲۵'  |
| ۹- هدف استفاده از کنترل از راه دور را شرح دهد. ۱۰'   | ۱۹- انواع ماهواره را نام ببرد. ۱۰'   |
| ۱۰- موارد کاربرد کنترل از راه دور در زمینه های مختلف صنعتی و خانگی را نام ببرد. ۱۰'  | ۲۰- ماهواره های مخابراتی را شرح دهد. ۱۵'   |
| ۱۱- انواع روش های کنترل از راه دور نظیر، استفاده از برق شهر، امواج صوتی، امواج ماوراء صوت، امواج رادیویی و امواج نوری را شرح | ۲۱- ماهواره های ردیاب را شرح دهد. ۱۵'  |
|  | ۲۲- مفهوم GPS را بیان کند. ۱۰'   |
|  | ۲۳- تاریخچه GPS را شرح دهد. ۱۵'  |

۳۰- با استفاده از نرم افزارها و یا اینترنت بتواند اطلاعات مورد نیاز خود را در زمینه مخابرات نوین کسب و تجارب خود را در اختیار سایر همکلاسی ها قرار دهد.....

۳۱- در فرایند اجرای آموزشی متناسب با شرایط و محتوا، ۴۵' آزمون های تشخیصی، تکوینی و پایانی را پاسخ دهد.....

۲۴- اجزای تشکیل دهنده GPS را نام ببرد..... ۱۰'

۲۵- بخش فضایی GPS را شرح دهد..... ۲۰'

۲۶- بخش کنترل GPS را شرح دهد..... ۳۰'

۲۷- بخش کاربران GPS را شرح دهد..... ۱۵'

۲۸- چگونگی کار GPS را توضیح دهد..... ۳۰'

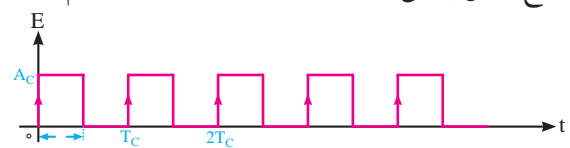
۲۹- کاربردهای GPS را نام ببرد..... ۱۰'

## ۱-۱۰- مدولاسیون های پالس و دیجیتال (Pulse and Digital modulation)

۱-۱۰-۱- پیشگفتار: اگر سیگنال کریر (حامل) به صورت پالس (به صورت منفصل) باشد، در این صورت مدولاسیون های پالسی شکل می گیرد. مدولاسیون های پالسی به دو دسته تقسیم می شوند.

الف) مدولاسیون های منفصل: مانند PAM، PPM و PWM (PDM) هستند که کاربردهای مخابراتی و صنعتی دارند، از کاربردهای مخابراتی می توان کاربرد PPM را در اندازه گیری های رادار نام برد. از کاربردهای صنعتی این مدولاسیون می توان کنترل دور و سرعت موتور با روش های PWM را نام برد.

ب) مدولاسیون های دیجیتال: مانند PCM که در سیستم های مخابره دیجیتال (مانند تلفنی، تصویری) به کار می رود. در PCM، پیام به صورت کدهای دیجیتالی منتقل می شود. برای مسافت های طولانی تر از انواع دیگر مدولاسیون های دیجیتال مانند ASK، FSK و PSK استفاده می شود. در شکل ۱-۱ نمونه ای از موج حامل پالسی را با مشخصه های آن نشان داده ایم.



شکل ۱-۱- موج حامل پالسی

$T_C$

پریود حامل پالس

$$F_C = \frac{1}{T_C}$$

فرکانس حامل پالس

$A_C$

دامنه حامل پالس

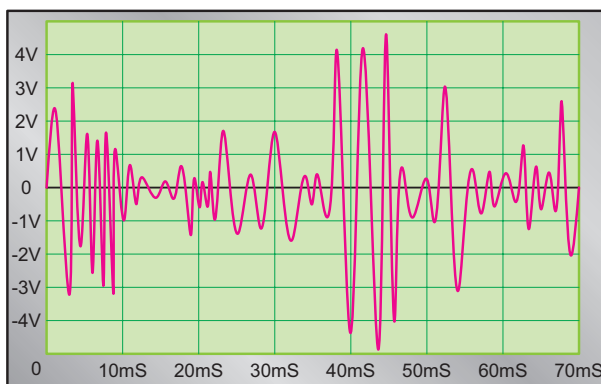
$\tau$

عرض پالس

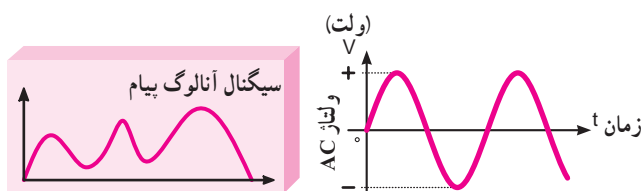
در این مبحث به بررسی اصطلاحات ذکر شده در این پیش گفتار می پردازیم.

### ۱-۱۰-۲- سیگنال آنالوگ (پیوسته) Analog: اگر

صدای انسان را که بیانگر نوسانات فشار هوا در موقع سخن گفتن است، به سیگنال الکتریکی تبدیل کنیم موجی شبیه شکل ۱-۲- الف ایجاد می شود. این سیگنال، یک موج پیوسته یا آنالوگ است: نمونه های دیگری از سیگنال آنالوگ در شکل ۱-۲- ب و ج نشان داده شده است.



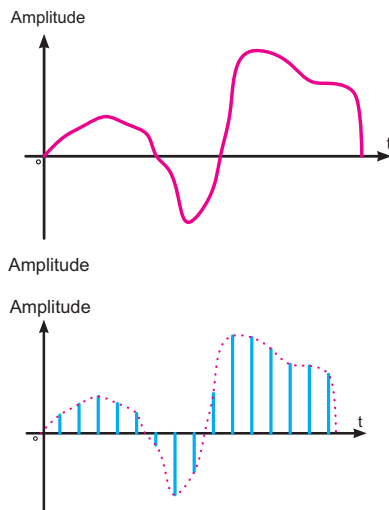
الف) سیگنال پیوسته (آنالوگ)



ج) نمونه دیگر سیگنال آنالوگ

ب) سیگنال سینوسی (آنالوگ)

شکل ۱-۲- نمونه های سیگنال آنالوگ

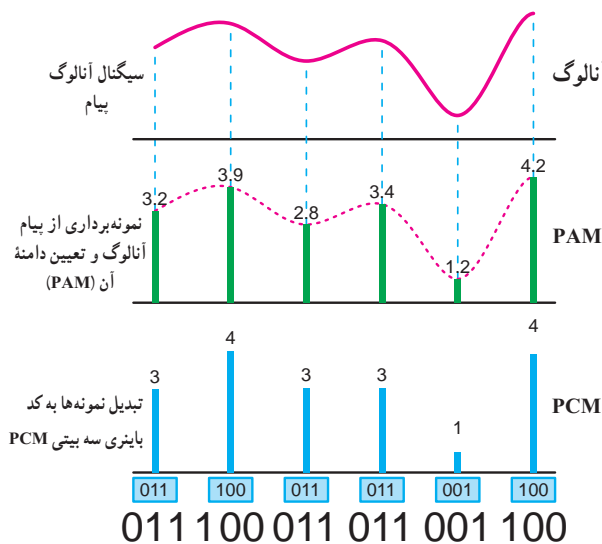


شکل ۱۰-۴ نمونه دیگری از پیام و سیگنال PAM

#### ۱۰-۱-۴ مدولاسیون پالسی کدشده PCM

(Pulse Code Modulation): اگر سیگنال منفصل PAM

را با یک درجه بندی مشخص و تعریف شده به کدهای باینری تبدیل کنیم مدولاسیون PCM شکل می گیرد. این روش را کوآنتیزه کردن (Quantization) می نامند. در شکل ۱۰-۵ سیگنال آنالوگ را مشاهده می کنید که ابتدا به سیگنال PAM تبدیل شده است. در مرحله بعد سیگنال PAM را درجه بندی کرده ایم و کد معادل آن را به دست آورده ایم. در این مرحله سیگنال PAM به PCM تبدیل شده است. کد استفاده شده در این تبدیل سه بیتی است.



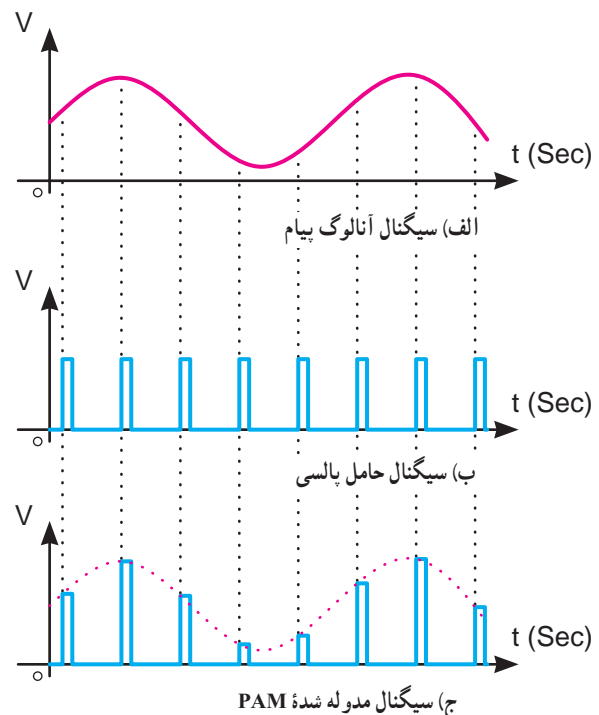
شکل ۱۰-۵ سیگنال آنالوگ و سیگنال PAM و PCM حاصل از آن

#### ۱۰-۱-۳ سیگنال منفصل (گسسته - Discrete): اگر

از سیگنال آنالوگ به صورت پالسی نمونه برداری (Sampling) کنیم، سیگنال منفصل به دست می آید. این نمونه برداری طبق شکل ۱۰-۳ در فواصل زمانی معین (Sampling Period) که زمان تناوب نمونه برداری نامیده می شود، صورت می گیرد.

عمل نمونه برداری به وسیله پالس های سیگنال حامل صورت می گیرد. در این حالت دامنه سیگنال حامل (Ac) تحت تأثیر سیگنال پیام قرار می گیرد و متناسب با آن تغییر می کند. سیگنال منفصل حاصل شده را سیگنال مدوله شده دامنه پالس (Pulse Amplitude Modulation) یا PAM می نامند.

در شکل ۱۰-۳ یک نمونه سیگنال آنالوگ پیام، حامل پالسی و سیگنال مدوله شده PAM را ملاحظه می کنید.



شکل ۱۰-۳ سیگنال پیام، حامل و سیگنال مدوله شده PAM

در شکل ۱۰-۴ نوع دیگری از پیام را ملاحظه می کنید که به صورت PAM در آمده است. در این شکل پهنای پالس های حامل بسیار کم است که به آن پالس های سوزنی (Impulse) می گویند.

مقادیر صحیح اختصاص داده شده به کد معادل باینری ۷ بیتی تبدیل می شود.

چون مقادیر نمونه برداری شده ممکن است مثبت یا منفی باشند، برای مقادیر مثبت و منفی علامتی در نظر می گیرند. برای این منظور بیت هشتمی را در سمت چپ کد ۷ بیتی قرار می دهند تا در این حالت مثبت یا منفی بودن دامنه نمونه برداری شده را تعیین کنند. اگر مقادیر نمونه برداری شده مثبت باشند از بیت (۰) و اگر منفی باشند از بیت (۱) در سمت چپ استفاده می شود.

مثلاً ۲۴+ در تبدیل به کد باینری به صورت ۰۰۱۱۰۰۰+ ۷ بیتی است نشان داده می شود.

در تبدیل عدد ۲۴+ به کد باینری، نتیجه به صورت ۱۱۰۰۰ در می آید که ۵ بیتی است. برای تبدیل آن به کد ۷ بیتی، تعداد دو بیت «۰» در سمت چپ قرار داده ایم.

با این توضیح که چون ۲۴ علامت مثبت دارد، یک صفر در سمت چپ بیت ها قرار می گیرد و به این ترتیب ۲۴+ با کد ۸ بیتی به صورت ۰۰۰۱۱۰۰۰ نشان داده می شود.

### مثال ۱-۱۰

عدد ۱۵- را به صورت ۸ بیتی نشان دهید.

۱۱۱۱ ۰۰۰ ۱ = ۱۵-

بیت ۱ معرف  
علامت منفی

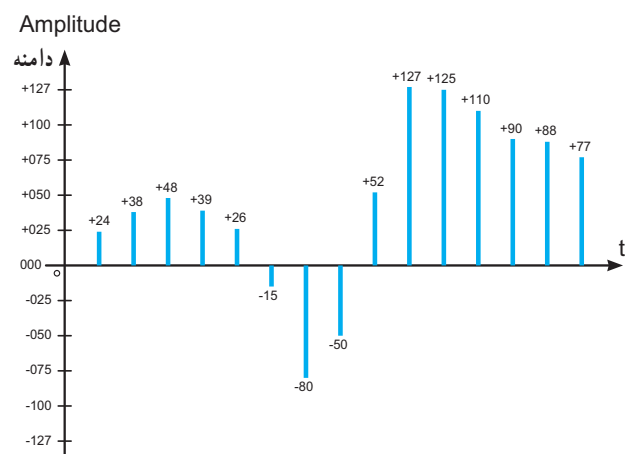
عدد معادل باینری ۱۵  
به صورت ۷ بیتی

در جدول ۱-۱۰ مقادیر سیگنال کوآنتیزه را که به صورت کد ۷ بیتی همراه با بیت علامت است، مشاهده می کنید.

یک کد سه بیتی  $۲^۲ = ۸$  حالت را نشان می دهد. به عبارت دیگر دامنه انتخاب شده در ۸ سطح مختلف تقسیم بندی می شود. برای دقت بیشتر در مدرج کردن، باید به نمونه برداشته شده، مقادیر صحیح بیشتری اختصاص داد. لذا تعداد بیت های کوآنتیزه، افزایش می یابد. مثلاً با استفاده از کد ۷ بیتی  $۲^۷ = ۱۲۸$  حالت را می توان نشان داد. در واقع ۱۲۸ سطح ولتاژ مختلف را می توان انتخاب نمود.

در شکل ۱-۶ یک سیگنال PAM را مشاهده می کنید که به نمونه های برداشته شده سطوح بیشتری اختصاص داده شده است. همان طور که مشاهده می شود در ۱۵ نمونه برداشته شده از پیام، سطوح ولتاژ بین حداقل ۱۵ و حداکثر ۱۲۷ وجود دارد. به عبارت دیگر بالاترین سطح ولتاژ اختصاص داده شده در شکل ۱-۶، ۱۲۷ است که لزوماً باید یک کد باینری ۷ بیتی باشد.

توجه داشته باشید که عدد ۱۲۷ از نظر کمیت معادل ۱۲۷ ولت نیست، بلکه معادل بیشترین دامنه ای است که سیگنال آنالوگ دارد.



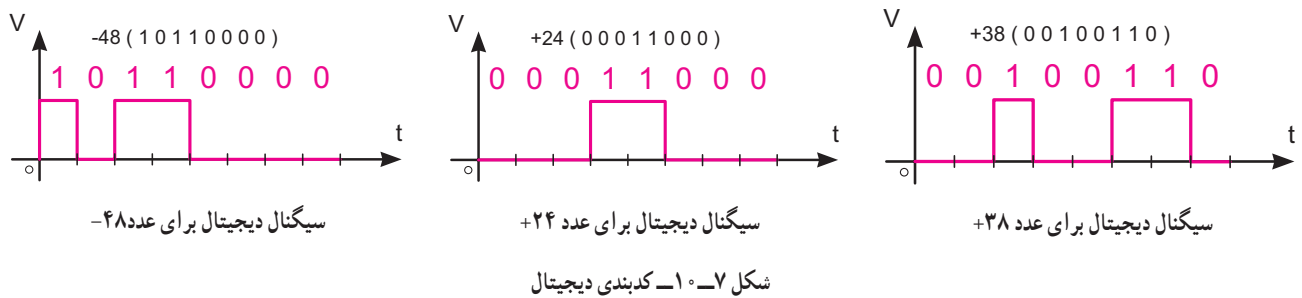
شکل ۱-۶ یک نمونه سیگنال PAM

جدول ۱-۱۰

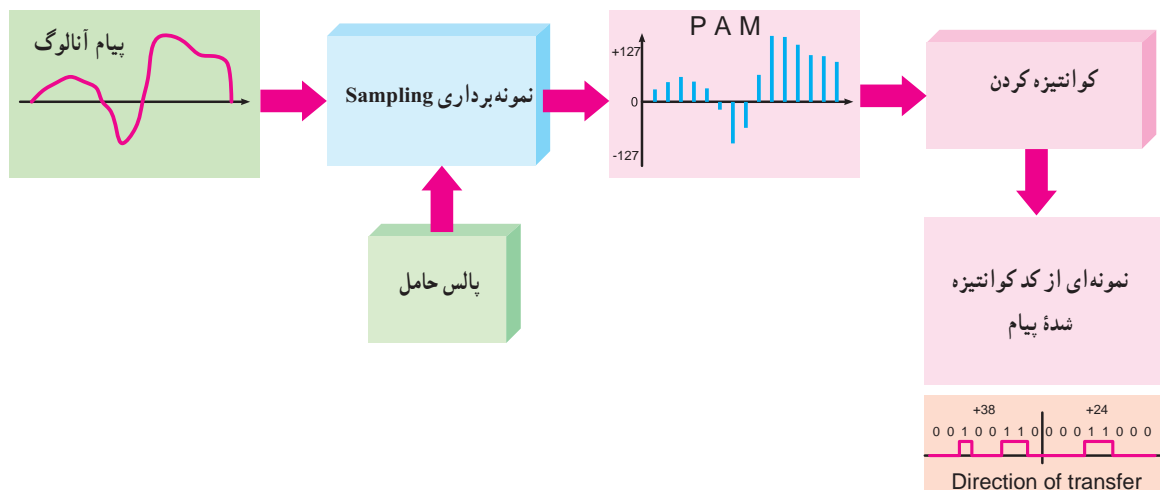
+024	0	0	0	1	1	0	0	0	-015	1	0	0	0	1	1	1	1	+125	0	1	1	1	1	0	1
+038	0	0	1	0	0	1	1	0	-080	1	1	0	1	0	0	0	0	+110	0	1	1	0	1	1	0
+048	0	0	1	1	0	0	0	0	-050	1	0	1	1	0	0	1	0	+090	0	1	0	1	1	0	1
+039	0	0	1	0	0	1	1	1	+052	0	0	1	1	0	1	0	0	+088	0	1	0	1	1	0	0
+026	0	0	0	1	1	0	1	0	+127	0	1	1	1	1	1	1	1	+077	0	1	0	0	1	1	0

بیت علامت  
۱ = منفی  
۰ = مثبت

بعد از عمل کدبندی باینری، سیگنال دیجیتال به دست می آید که در شکل ۷-۱ سه نمونه سیگنال دیجیتال برای اعداد +۲۴، +۳۸ و -۴۸ داده شده است. همان طور که ملاحظه می کنید، سیگنال خروجی PCM به دست آمده، سیگنال دیجیتال معادل تعدادی از نمونه های برداشته شده از پیام است.



در شکل ۸-۱ چهار فرایند PCM که شامل PAM، است، نشان داده شده است. کوآنتیزه کردن، کدبندی باینری و کدبندی دیجیتال به دیجیتال



شکل ۸-۱ چهار مرحله فرایند PCM

شکل ۱۰-۱ نشان می‌دهد در یک ثانیه ۸ بیت وجود دارد:

### مثال ۱۰-۲

نرخ بیت یک سیگنال دیجیتال برابر ۲۰۰۰ BPS است  
فاصله زمانی هر بیت چقدر است؟

**پاسخ:**

$$\text{فاصله زمانی بیت} = \frac{1}{\text{نرخ بیت}} = \frac{1}{2000} = 0.0005 \text{ Sec} = 5 \times 10^{-4} \text{ Sec}$$

$$\text{فاصله زمانی بیت} = 500 \mu\text{Sec}$$

### مثال ۱۰-۳

فاصله زمانی هر بیت یک سیگنال دیجیتالی ۱۰ میکروثانیه است  
نرخ بیت چقدر است؟

**پاسخ:**

$$\text{نرخ بیت} = \frac{1}{\text{فاصله زمانی بیت}} = \frac{1}{10 \times 10^{-6}} = 10^5$$

$$\text{نرخ بیت} = 100,000 \text{ BPS}$$

### ۱۰-۱-۷- فرکانس نمونه برداری

**Sampling Frequency: (نرخ نمونه برداری - Sampling Rate)**

سرعت نمونه برداری عبارت از تعداد نمونه‌هایی است که در یک ثانیه از پیام برداشته می‌شود.

هر قدر تعداد نمونه‌ها در ثانیه بیشتر شود، هنگام تبدیل و بازسازی نمونه‌ها (سیگنال منفصل یا PAM) به سیگنال آنالوگ با تغییر شکل موج کم‌تری روبه‌رو می‌شویم.

در صورتی که بخواهیم میزان تغییر شکل موج پیام بازسازی شده را به صفر برسانیم باید تعداد نمونه‌هایی را که از پیام برمی‌داریم، بی‌نهایت باشد، که در عمل امکان‌پذیر نیست.

بنابراین ما تعداد نمونه‌های قابل قبول سیگنال پیام را به طور تقریبی بازسازی می‌کنیم. یادآور می‌شود که تعداد نمونه‌ها باید در حدی باشد که تغییر شکل اساسی

دو پارامتر در یک دستگاه مبدل آنالوگ به دیجیتال مهم است.

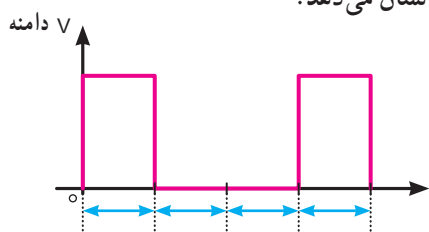
۱- سرعت نمونه برداری = تعداد نمونه‌های برداشته شده در یک ثانیه

۲- دقت نمونه برداری = تعداد مقادیر (درجات) مختلفی که می‌توان به مقدار نمونه برداشته شده اختصاص داد.

### ۱۰-۱-۵- فاصله زمانی بیت Bit Interval: فاصله

زمانی بیت، زمان لازم برای ارسال یک بیت است.

شکل ۱۰-۹ یک نمونه سیگنال دیجیتالی و فاصله زمانی یک بیت را نشان می‌دهد.



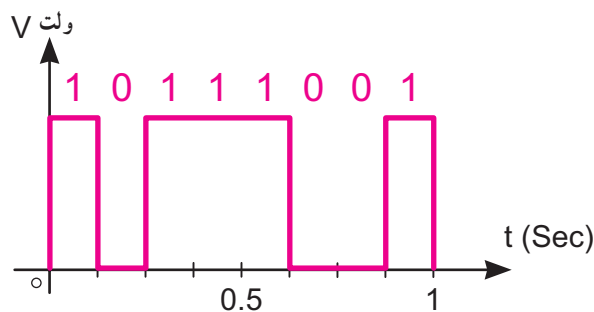
فاصله زمانی یک بیت

شکل ۱۰-۹- یک نمونه سیگنال دیجیتالی و فاصله زمانی

### ۱۰-۱-۶- نرخ بیت Bit Rate: سرعت انتشار بیت‌ها را

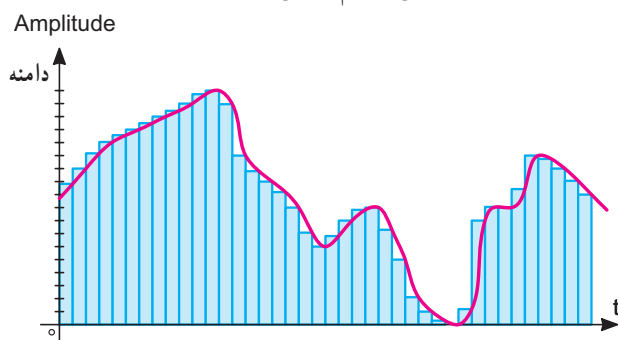
نرخ بیت می‌نامند. نرخ بیت بر حسب بیت در ثانیه Bit Per Second (BPS) می‌باشد.

در شکل ۱۰-۱۰ یک سیگنال دیجیتالی با BPS برابر ۸ رسم شده است.



شکل ۱۰-۱۰- یک نمونه سیگنال دیجیتال با BPS برابر ۸

در شکل ۱۳-۱، فرکانس حامل (تعداد نمونه‌ها = فرکانس) بسیار زیاد شده است (۴ برابر). در این حالت سیگنال بازسازی شده شباهت نسبتاً کاملی با پیام اصلی دارد.



شکل ۱۳-۱ سرعت و دقت نمونه برداری چهار برابر شده

همان‌طور که مشاهده می‌شود هر قدر سرعت و دقت نمونه برداری افزایش یابد سیگنال تبدیل شده از دیجیتال به آنالوگ، به سیگنال اصلی آنالوگ شبیه‌تر می‌شود:

اثبات شده است به منظور صحت تولید مجدد سیگنال آنالوگ با استفاده از PAM، فرکانس نمونه برداری باید حداقل دو برابر بالاترین فرکانس سیگنال آنالوگ باشد.

مثلاً اگر بخواهیم صدای تلفنی را با حداکثر فرکانس  $4000\text{ Hz}$  نمونه برداری کنیم باید فرکانس نمونه برداری  $8000\text{ Hz}$

نمونه در ثانیه باشد. به عبارت دیگر در هر  $\frac{1}{8000}$  ثانیه باید یک نمونه سیگنال برداشته شود.

#### مثال ۴-۱۰

اگر سیگنالی دارای فرکانس  $11000$  هرتز، تا  $11000$  هرتز باشد نرخ نمونه برداری چه قدر است؟

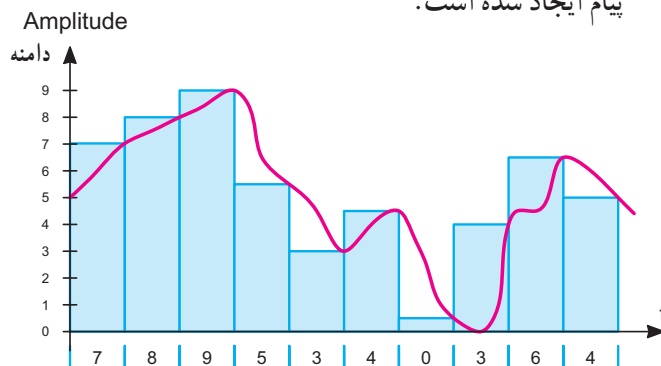
#### پاسخ:

نرخ نمونه برداری برابر دو برابر بالاترین فرکانس موج در سیگنال است  $22000 = 2 \times 11000$  نرخ نمونه برداری لذا  $22000$  نمونه در ثانیه لازم است.

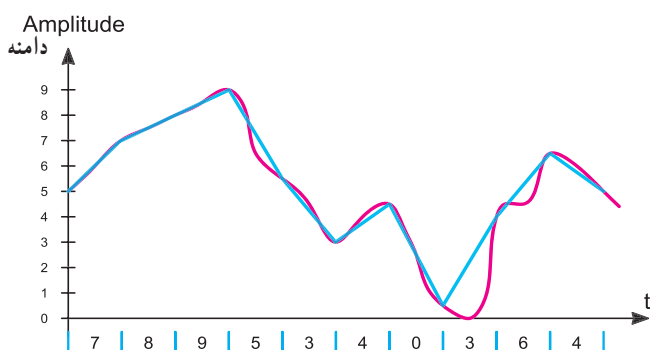
۸-۱۰- تعداد بیت در هر نمونه: بعد از تعیین نرخ

نمونه برداری باید تعداد بیت ارسالی را به ازای هر نمونه تعیین کنیم این کار بستگی به سطح دقت مورد نیاز دارد. تعداد بیت طوری انتخاب می‌شود تا دامنه سیگنال اصلی با دقت مطلوب

(اعوجاج Distortion) در سیگنال بازسازی شده ایجاد نشود، در شکل ۱۱-۱ الف نمونه برداری از یک نمونه پیام را ملاحظه می‌کنید. در این نمونه برداری تعداد پالس‌های حامل کم است و طبق شکل ۱۱-۱ ب تغییر اساسی در شکل موج پیام ایجاد شده است.

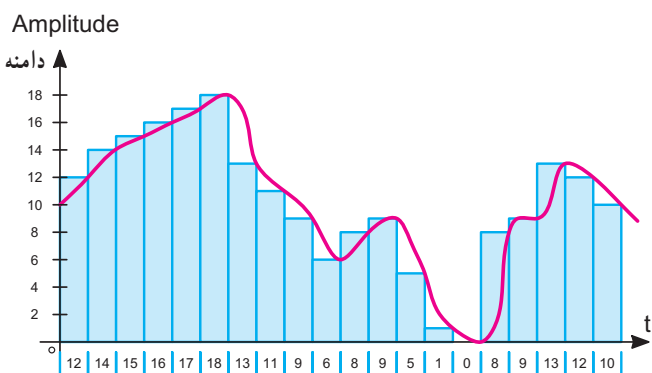


شکل ۱۱-۱ الف نمونه برداری از سیگنال آنالوگ



شکل ۱۱-۱ ب موج بازسازی شده

در شکل ۱۲-۱ تعداد نمونه‌ها (فرکانس حامل) بیشتر شده است. در این حالت، شکل موج بازسازی شده دارای تغییر شکل کمتری در مقایسه با شکل ۱۱-۱ است.

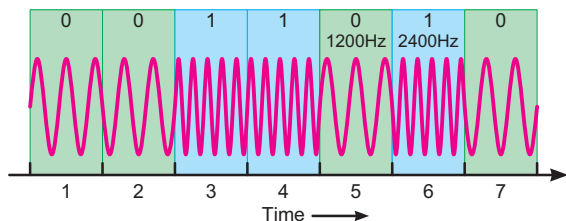


شکل ۱۲-۱ سرعت و دقت نمونه برداری دو برابر شده

## ۱۰-۱-۱۲- مدولاسیون FSK

(Frequency Shift Keying): در مدولاسیون

FSK برای نمایش ۰ یا ۱ باینری، فرکانس سیگنال حامل تغییر داده می‌شود و دامنه و فاز حامل ثابت باقی می‌ماند. فرکانس حامل در فاصله زمانی هر بیت مقدار ثابتی است. شکل ۱۵-۱۰ مدولاسیون FSK را نشان می‌دهد. نسبت به نویز مقاوم‌تر از ASK است.



شکل ۱۵-۱۰- مدولاسیون FSK

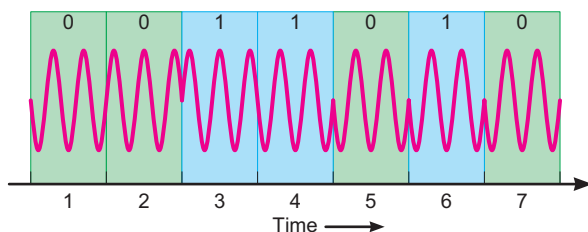
## ۱۰-۱-۱۳- مدولاسیون PSK

(Phase Shift Keying): در مدولاسیون PSK فاز

سیگنال سینوسی را برای نمایش باینری «۱» و «۰» تغییر می‌دهند. در این حالت دامنه و فرکانس حامل ثابت است. به عنوان مثال اگر برای نمایش عدد باینری (۱)، سیگنال حامل با فاز صفر درجه شروع شود، می‌توان فاز سیگنال حامل را ۱۸۰ درجه تغییر داد تا عدد باینری (۰) را ارسال نمود. فاز سیگنال حامل در طول هر بیت باینری ثابت است.

در شکل ۱۶-۱۰ مدولاسیون PSK برای یک نمونه سیگنال دیجیتالی رسم شده است.

بیت	اختلاف فاز
1	0°
0	180°



شکل ۱۶-۱۰- مدولاسیون PSK

مجدداً بازسازی شود. مثلاً هر نمونه تلفنی را باید برابر ۸ بیت کوآنتیزه کرد.

## ۱۰-۱-۹- محاسبه نرخ بیت (Bit rate): بعد از پیدا کردن

تعداد بیت‌ها در هر نمونه می‌توان نرخ بیت را با استفاده از فرمول زیر محاسبه کرد.

تعداد بیت در هر نمونه  $\times$  نرخ نمونه برداری = نرخ بیت

## مثال ۵-۱۰

اگر صدای انسان دارای فرکانس ۳۰ هرتز تا ۴۰۰۰ هرتز باشد نرخ نمونه برداری و نرخ بیت را محاسبه کنید. برای هر نمونه هشت بیت در نظر بگیرید.

نمونه در ثانیه  $4000 \times 2 = 8000$  نرخ نمونه برداری

$8000 \times 8 = 64000$  تعداد بیت در هر نمونه  $\times$  نرخ نمونه برداری = نرخ بیت

$= 64000 \text{ bit/Sec} = 64 \text{ kbPS}$

## ۱۰-۱-۱۰- مدولاسیون‌های دیجیتال: برای ارسال

علائم صفر و یک منطقی (PCM) بهتر است به منظور کاهش پهنای باند از سیگنال سینوسی استفاده کنیم. در ادامه به شرح این نوع مدولاسیون‌ها ASK، PSK و FSK می‌پردازیم.

سیگنال مورد استفاده در این نوع مدولاسیون‌ها را سیگنال حامل اولیه می‌نامند.

## ۱۰-۱-۱۱- مدولاسیون ASK

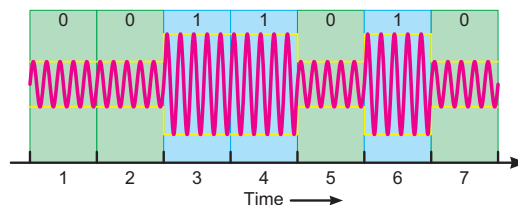
(Amplitude Shift Keying): در مدولاسیون ASK برای

نمایش ۰ یا ۱ باینری دامنه سیگنال حامل تغییر می‌کند و فرکانس و فاز حامل ثابت می‌ماند.

مقدار دامنه کاربرد در مقادیر صفر و یک باینری به عهده طراحان سیستم است:

شکل ۱۴-۱۰ یک نمونه سیگنال مدوله شده ASK را نشان

می‌دهد. ASK بسیار نویزپذیر است زیرا نویز می‌تواند روی دامنه قرار گیرد و ۰ را به ۱ و ۱ را به ۰ تبدیل کند.



شکل ۱۴-۱۰- یک نمونه سیگنال مدوله شده ASK



نیز می‌نامند. از نظر شباهت عملکرد می‌توان PWM را با مدولاسیون FM مقایسه کرد.

چنانچه موقعیت مکانی پالس حامل متناسب با دامنه پیام تغییر کند، مدولاسیون PPM (Pulse Position Modulation) شکل می‌گیرد. این نوع مدولاسیون را از نظر عملکرد می‌توان با مدولاسیون فاز (PM) مقایسه کرد. به دلیل محدودیت زمانی ارائه مباحث بالا در این مقطع مقدور نیست. هنرجویان علاقه‌مند می‌توانند به منابع مرتبط با این موضوع‌ها مراجعه و اطلاعات مورد نیاز را کسب نمایند.

## ۲-۱۰- الگوی پرسش

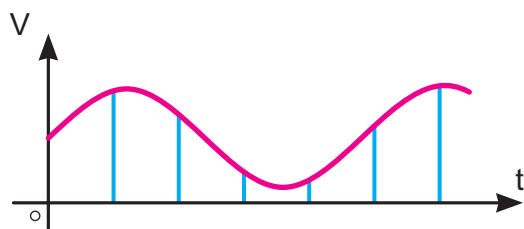
۱- شکل یک نمونه سیگنال آنالوگ و دیجیتال را رسم کنید.

۲- شکل سیگنال دیجیتالی را که شامل ۸ بیت باینری به صورت (۱۱۰۱۰۰۱۰) است، رسم کنید.

۳- نرخ بیت یک سیگنال دیجیتالی ۱۰۰۰ BPS است، فاصله زمانی هر بیت را محاسبه کنید.

۴- اگر فاصله زمانی هر بیت یک سیگنال دیجیتالی ۲۰ میکروثانیه باشد نرخ بیت را محاسبه کنید.

۵- سیگنال PAM حاصل از موج شکل ۱۸-۱۰ را رسم کنید.



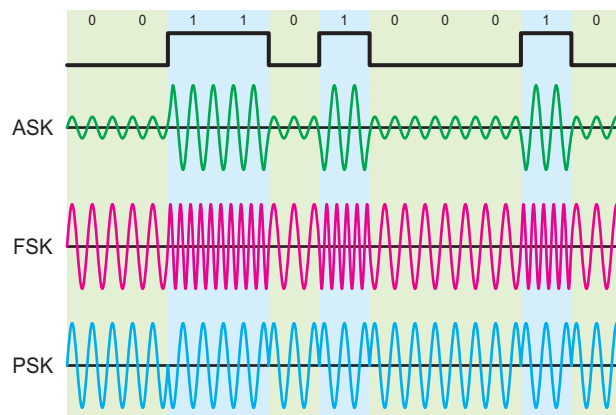
شکل ۱۸-۱۰

۶- پارامترهای مهم در تبدیل آنالوگ به دیجیتال را توضیح دهید.

۷- مدولاسیون ASK را شرح دهید. یک نمونه سیگنال مدوله شده ASK را رسم کنید.

۸- مدولاسیون FSK را شرح دهید. یک نمونه سیگنال

در شکل ۱۷-۱۰ یک نمونه سیگنال دیجیتالی و سه نوع مدولاسیون ASK، FSK و PSK حاصل از آن را مشاهده می‌کنید.



شکل ۱۷-۱۰ یک نمونه سیگنال دیجیتالی و سه نوع مدولاسیون PSK، FSK، ASK

## ۱۴-۱-۱۰- مفهوم A/D و D/A: مجموعه عملیات

نمونه برداری، تبدیل سیگنال آنالوگ به PAM و تبدیل سیگنال آنالوگ به PCM را تبدیل سیگنال آنالوگ به دیجیتال می‌نامند. این تبدیل در مدارهایی به نام مبدل آنالوگ به دیجیتال یا Analog to digital Converter یا ADC انجام می‌شود. این مدارها را مدار A/D (آنالوگ به دیجیتال) می‌نامند. برای تبدیل سیگنال PCM به سیگنال پیام آنالوگ، باید عملیات برعکس اتفاق بیفتد، مدارهایی که این عملیات را انجام می‌دهند، مدارهای مبدل دیجیتال به آنالوگ یا Digital to Analog Converter نام دارد که آن را به اختصار به صورت D/A (دی تو ا) نشان می‌دهند.

## ۱۵-۱-۱۰- انواع دیگر مدولاسیون پالس: تاکنون

درباره مدولاسیون منفصل PAM بحث کردیم. مدولاسیون‌های منفصل دیگری نیز وجود دارند. اگر بخواهیم این نوع مدولاسیون‌ها را با مدولاسیون آنالوگ (AM، FM، PM) مقایسه کنیم، از نظر شباهت عملکرد، می‌توانیم مدولاسیون PAM را با مدولاسیون AM مقایسه کنیم، چنانچه پهنای پالس‌های حامل متناسب با دامنه پیام تغییر کند، مدولاسیون پهنای پالس یا PWM (Pulse width Modulation) شکل می‌گیرد. این نوع مدولاسیون را PDM (Pulse Duration Modulation)

مدوله شده FSK را رسم کنید.

۹- مدولاسیون PSK را شرح دهید.

۱۰- Pulse Code Modulation را تعریف کنید.

کامل کردنی

۱۱- سرعت انتشار بیت ها را ..... می نامند، و آن را

بر حسب ..... بیان می کنند.

صحیح یا غلط

۱۲- فاصله زمانی بیت برابر با  $\frac{1}{\text{نرخ بیت}}$  است.

صحیح ☐ غلط ☐

۱۳- نرخ نمونه برداری دو برابر کمترین فرکانس موج در

سیگنال است.

صحیح ☐ غلط ☐

چهار گزینه ای

۱۴- اگر سیگنالی دارای فرکانس ۱۰۰۰ هرتز تا ۸۵۰۰

هرتز باشد نرخ نمونه برداری کدام است؟

۱- ۱۰۰۰      ۲- ۲۰۰۰

۳- ۸۵۰۰      ۴- ۱۷۰۰۰

### ۳-۱۰- سامانه های کنترل از راه دور

۱-۳-۱۰- پیشگفتار: سامانه های مدرن الکترونیکی

کاربردهای وسیعی در منازل، صنایع نظامی، امور تجاری و صنایع خودروسازی دارند. یکی از مهم ترین و کاراترین این سامانه ها، سامانه های کنترل از راه دور است که اساس عملکرد آنها مبتنی بر اصول مخابراتی است.

سیستم کنترل از راه دور زیرمجموعه ای از علم مخابرات

محسوب می شود که روش های ارسال و دریافت فرمان ها را به منظور کنترل یک وسیله مورد مطالعه قرار می دهد. سیستم های کنترل از راه دور می توانند در سیستم های حفاظت الکترونیکی به گونه ای طراحی شوند که با تماس فیزیکی یا نزدیک شدن شخصی و یا یک شیء به محوطه ممنوعه، یا تغییرات دما یا نور، یک کلید الکترومغناطیسی یا الکترونیکی را فعال کند و یک آژیر راه صدا

درآورد، یا باعث قفل شدن درهای ورودی در مکان های امنیتی یا اتومبیل ها شود.

از این سامانه در سایر زمینه های تحقیقاتی، هواشناسی، کشاورزی، نظامی و کاربرد هواپیماهای بدون سرنشین (جهت عکس برداری از مناطق کوهستانی، جنگلی) نیز می توان استفاده کرد.

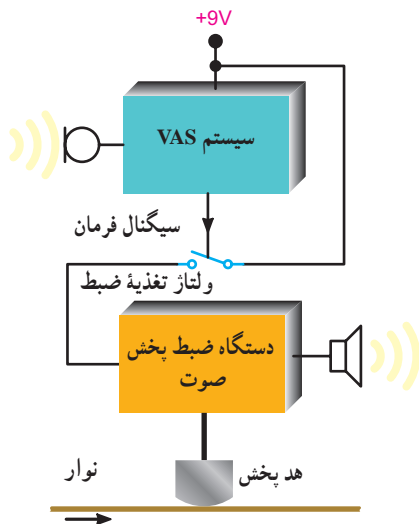
دستگاه های کنترل از راه دور به طور کلی از دو بخش اصلی تشکیل شده است، بخش اول فرستنده دستگاه است که تهیه و ارسال فرمان را جهت کنترل یک وسیله یا دستگاه، برعهده دارد. بخش دوم گیرنده است که سیگنال فرمان ارسالی از فرستنده را دریافت و دستگاه را کنترل می کند. به طور کلی گیرنده باید قابلیت انجام حداقل یک عمل الکتریکی یا الکترونیکی را داشته باشد. به عنوان مثال یکی از سامانه های کنترل از راه دور، قسمت کنترل تلویزیون های خانگی است.

نحوه انتقال فرمان از فرستنده تا گیرنده توسط امواج رادیویی، صوتی، نوری و ... انجام می پذیرد و همین امر سبب تقسیم بندی انواع روش های کنترلی از راه دور می گردد.

۲-۳-۱۰- روش های کنترل از راه دور: همان طور که گفته شد روش های انتقال فرمان در سامانه های کنترل از راه دور باعث متمایز کردن انواع آن ها می گردد لذا به طور کلی پنج روش کنترل از راه دور وجود دارد.

- کنترل از راه دور توسط برق شهر
- کنترل از راه دور توسط امواج صوتی
- کنترل از راه دور توسط امواج فراصوتی
- کنترل از راه دور توسط امواج رادیویی
- کنترل از راه دور توسط امواج نوری

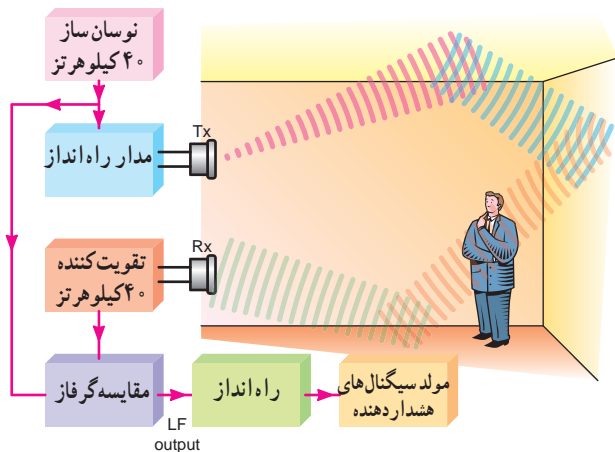
۳-۳-۱۰- کنترل از راه دور توسط برق شهر: در این روش از سیم کشی برق شهر به عنوان کانال انتقال فرمان استفاده می شود و می توان یکی از لوازم خانگی برقی را از سایر نقاط کنترل کرد. در صنعت برق فرمان های کنترل نیروگاه های برق را از طریق کابل مسی خطوط توزیع برق شبکه ارسال می کنند. فرکانس کار این سامانه (سیستم) فرستنده و گیرنده بین ۶۰ تا ۱۲۰ کیلوهرتز است.



شکل ۲۰-۱۰. بلوک دیاگرام سامانه VAS

### ۵-۳-۱۰- کنترل از راه دور توسط امواج فراصوتی: این

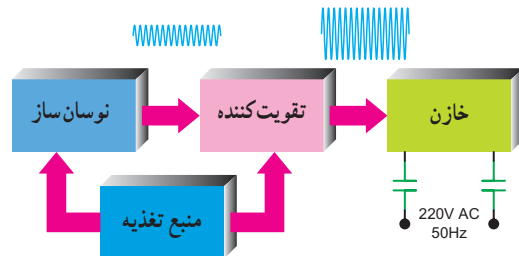
روش کنترل از راه دور در سامانه‌های مسافت سنج و یا امور حفاظتی برای ورود و خروج اشخاص به امکان استفاده می‌شود. محدوده فرکانسی مورد استفاده در این روش ۲۰ تا ۵۰ کیلوهرتز است. در شکل ۲۱-۱۰ بلوک دیاگرام یک سامانه مافوق صوت حفاظتی نشان داده شده است. در صورت ورود اشخاص به حوزه امواج، سیستم فعال می‌شود.



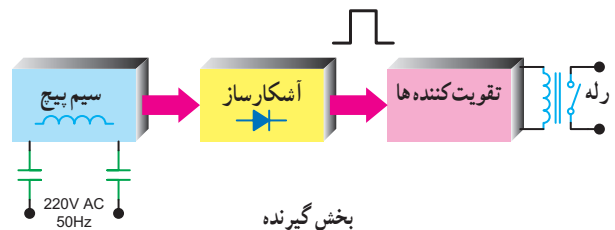
شکل ۲۱-۱۰. بلوک دیاگرام سیستم مافوق صوت حفاظتی

نوسان ساز فرستنده در این سامانه روی فرکانس ۴۰ کیلوهرتز کار می‌کند و امواج آن فضای یک اتاق را پوشش می‌دهد. این امواج در برخورد با دیواره‌های اتاق، بارها منعکس

حُسن این روش سادگی مدارهای فرستنده و گیرنده است ولی عیب مهم آن ارتباط با سیم برق است. شکل ۱۹-۱۰ بلوک دیاگرام یک سیستم (سامانه) کنترل از راه دور توسط برق شهر را نشان می‌دهد.



بخش فرستنده



بخش گیرنده

شکل ۱۹-۱۰. بلوک دیاگرام یک سامانه کنترل از راه دور توسط برق شهر

### ۴-۳-۱۰- کنترل از راه دور توسط امواج صوتی: در

این نوع کنترل از راه دور از امواج صوتی در طیف فرکانس صوتی (۲۰ هرتز تا ۲۰ کیلوهرتز) استفاده می‌شود. این نوع کنترل در سامانه‌های ضبط و پخش صدا، یا در راه اندازی یک دستگاه لوازم خانگی با صوت به کار می‌رود. عیب این روش با توجه به حساسیت آن‌ها نسبت به طیف صوتی، کارایی کم آن است. در شکل ۲۰-۱۰ بلوک دیاگرام ساده‌ای از سامانه کنترل از راه دور توسط امواج صوتی به نام VAS را ملاحظه می‌کنید. VAS اول کلمات Voice Automatic System به مفهوم کنترل اتوماتیک دستگاه توسط صوت است. از کاربردهای دیگر VAS استفاده از آن در تلفن‌های همراه، اسباب‌بازی‌ها و عروسک‌های کودکان است.

می شوند. گیرنده سامانه، امواج منعکس شده را دریافت می کند و پس از تقویت به مقایسه گر فاز انتقال می دهد. در مقایسه فاز، سیگنال دریافت شده با فاز سیگنال ۴۰ کیلوهرتز فرستاده شده مقایسه می شود. اگر شیء یا شخصی در اتاق جابه جا نشود فاز سیگنال های ارسال شده و دریافت شده یکسان خواهد بود، در صورت جابه جایی شیء یا شخص، فاز سیگنال دریافت شده تغییر می کند که میزان آن متناسب با جابه جایی جسم است. به این ترتیب سیگنال فرمانی به بخش راه انداز سامانه آلام یا زنگ خطر ارسال

می شود و حضور فرد مزاحم را اعلام می دارد. سامانه های کنترل از راه دور مبتنی بر امواج ماوراء صوت پرقدرت، بیشتر در صنایع نظامی و عملیات دریایی، ناویری، سونار، تعیین عمق آب، به کار انداختن اژدهای آکوستیکی زیردریایی ها و کشف کشتی و زیردریایی های غرق شده به کار می روند. در شکل ۲۲-۱۰ برخی از کاربرد این سامانه کنترل از راه دور را مشاهده می کنید. این سامانه می تواند برای شناسایی نیز مورد استفاده قرار گیرد.

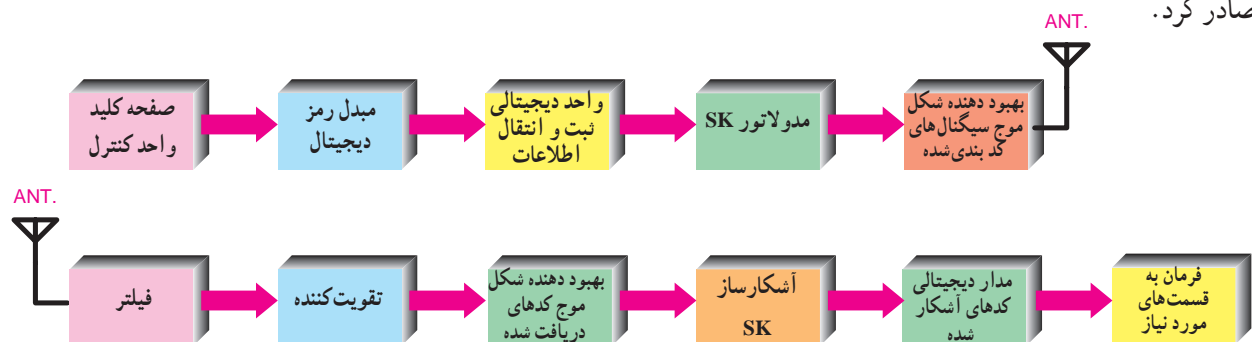


شکل ۲۲-۱۰ کاربرد امواج ماوراء صوت

### ۶-۳-۱۰- کنترل از راه دور براساس امواج رادیویی:

این روش کنترل از راه دور برای ارسال فرمان به فواصل دور یا از داخل دستگاه هایی که متحرک هستند استفاده می شود. در این روش برخلاف دو روش قبل، موانع کوچک و جهت قرار گرفتن فرستنده باعث قطع ارتباط بین فرستنده و گیرنده نمی شود، بنابراین از داخل وسیله متحرک نظیر اتومبیل، می توان به هواپیمای بدون سرنشین، اسباب بازی و غیره برای فواصل دور فرمان کنترلی صادر کرد.

محدوده فرکانس در این روش بسیار وسیع و فرکانس کار معمولاً حدود یک گیگاهرتز است. این روش پراستفاده ترین و مطمئن ترین شیوه کنترل میان وسایل متحرک و ساکن است و پهنای باند وسیع آن، قابلیت اعتماد بیشتری را ممکن می سازد. در شکل ۲۳-۱۰ بلوک دیاگرام فرستنده و گیرنده کنترل از راه دور توسط امواج رادیویی را مشاهده می کنید.



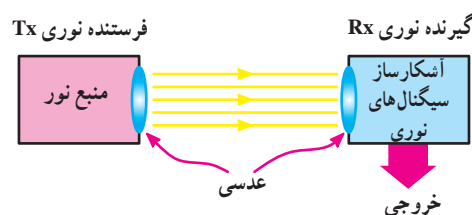
شکل ۲۳-۱۰ بلوک دیاگرام فرستنده و گیرنده

### ۷-۳-۱۰- سامانه‌های کنترل از راه دور براساس امواج

**نوری:** سیستم‌های کنترل از راه دور که عملکرد آن‌ها بر مبنای پرتو نوری است به دو دسته امواج نور مرئی و نامرئی تقسیم می‌شوند.

#### الف — سیستم کنترل از راه دور بر مبنای امواج نور

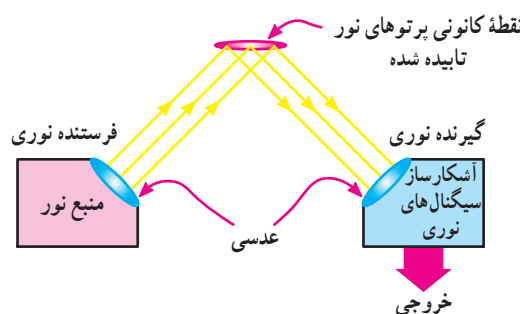
**مرئی:** این سیستم شامل یک فرستنده شعاع نوری متمرکز شده (TX) و یک گیرنده پرتو نور متمرکز شده (RX) است. گیرنده آن به گونه‌ای قرار دارد که امواج نوری را به طور مستقیم دریافت می‌کند. ممکن است نور به عدسی برخورد نماید و پس از انعکاس توسط گیرنده دریافت شود. در شکل ۲۴-۱۰ بلوک دیاگرام ساده یک سامانه کنترل از راه دور مبتنی بر شعاع نوری مستقیم را مشاهده می‌کنید.



شکل ۲۴-۱۰- بلوک دیاگرام کلی سیستم کنترل از راه دور مبتنی بر پرتو نور مستقیم

در این سامانه، با عبور یک فرد یا شیء یا یک قطعه از جلوی شعاع نوری، ارتباط نوری یک فرستنده و گیرنده قطع می‌شود و خروجی آشکارساز، یک سیگنال فرمان را به مدار زنگ ارسال می‌کند و زنگ را به صدا درمی‌آورد. می‌توان به جای زنگ، یک سامانه مکانیکی مانند درب معابر، لامپ و غیره را فعال کرد.

در شکل ۲۵-۱۰ بلوک دیاگرام یک سامانه کنترل از راه دور مبتنی بر امواج نوری منعکس شده نشان داده شده است.



شکل ۲۵-۱۰- بلوک دیاگرام سیستم کنترل از راه دور مبتنی بر امواج نوری منعکس شده

در این سامانه پرتو نور مستقیماً از فرستنده به گیرنده ارسال نمی‌شود، بلکه نورهای ارسالی فرستنده توسط شیء منعکس کننده مانند عدسی به گیرنده می‌رسد.

زنگ خطر این سامانه هنگامی به کار می‌افتد که شیء منعکس کننده نور جابه‌جا شود و یا در جلوی آن شیء خارجی قرار گیرد. بنابراین از این سامانه برای آشکارسازی و اعلان خطر دود، مه و ... استفاده می‌کنند.

این سامانه در امور حفاظتی و امنیتی کاربرد ندارد و به دلیل توان مصرفی بالای فیلامان لامپ فرستنده، راندمان این سامانه و قابلیت اطمینان آن کم است.

#### ب — سیستم کنترل از راه دور بر مبنای امواج

**نامرئی:** چون امواج نورانی ارسالی از فرستنده به گیرنده توسط اشخاص قابل رؤیت است. برای رفع عیب فوق می‌توان به جای امواج نورانی مرئی از اشعه مادون قرمز استفاده کرد. در شکل ۲۶-۱۰ چند نمونه دستگاه کنترل از راه دور که با اشعه مادون قرمز کار می‌کنند را مشاهده می‌کنید.



ب



الف

شکل ۲۶-۱۰- چند نمونه دستگاه کنترل از راه دور با نور نامرئی

در شکل الف نمونه‌های معمولی این نوع کنترل کننده‌ها که برای وسایل صوتی و تصویری به کار می‌رود را آورده‌ایم. در شکل ب کنترل از راه دور یک سامانه کامپیوتری آورده شده است.

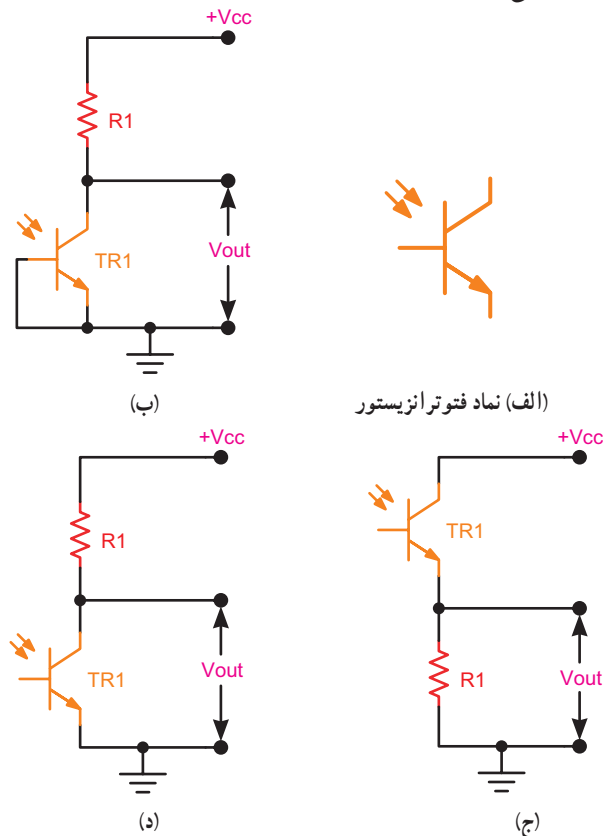
### ۸-۳-۱۰- عناصر نیمه‌هادی پاسخ‌دهنده به نور مادون

#### قرمز IR (Infra Red)

#### الف — فتودیود و دیودهای نورانی مادون قرمز:

در فرستنده سامانه کنترل از راه دور، جریان الکتریکی خروجی مدارهای فرستنده توسط دیود IR به اشعه مادون قرمز تبدیل و به

معکوس قرار دارد و مانند یک فتودیود عمل می‌کند.  
در اکثر موارد، از شکل‌های ۲۹-۱۰ و د در مدارها استفاده می‌شود.



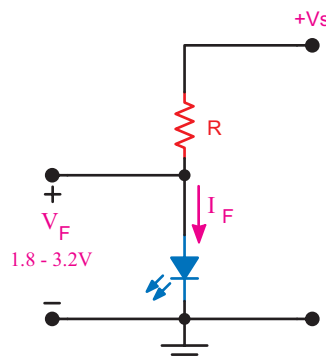
شکل ۲۹-۱۰ - روش‌های مختلف استفاده از فتوترانزیستور و نماد آن

پایه بیس ترانزیستور در این حالت‌ها به صورت باز قرار می‌گیرد. در اثر برخورد نور در ترانزیستور  $I_B$  ایجاد می‌شود، این جریان تقویت شده و از آمپر جریان  $I_E = (1 + \beta)I_B$  جاری می‌شود و ولتاژی در دوسر  $R_1$  ایجاد می‌کند. حساسیت فتوترانزیستورها نسبت به فتودیودها به مراتب بیشتر است. در شکل ۲۹-۱۰ بلوک دیاگرام کلی سیستم کنترل از راه دور مبتنی بر امواج IR که کاربرد حفاظتی دارد را مشاهده می‌کنید. در شرایطی که سامانه فعال است چنانچه نور IR به هر دلیلی قطع شود، آثر به صدا درمی‌آید. فرستنده این سامانه شامل یک مولد موج مربعی است که طبقه خروجی IR را راه اندازی می‌کند.

در گیرنده از فتودیود استفاده شده است. امواج دریافتی

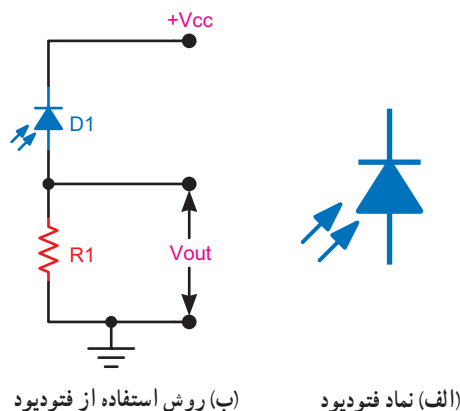
طرف فتودیود گیرنده سیستم ارسال می‌شود. سپس گیرنده، نور جذب شده توسط فتودیود را به جریان الکتریکی تبدیل می‌کند. این دیودها با توجه به ساختار داخلی پیوند PN در فرکانس‌های ۳۰۰ کیلوهرتز تا ۳۰ مگاهرتز کار می‌کنند.

در شکل ۲۷-۱۰ نحوه بایاس دیودهای نورانی مادون قرمز که مشابه دیود نورانی معمولی است را مشاهده می‌کنید.



شکل ۲۷-۱۰ - بایاس دیود نورانی

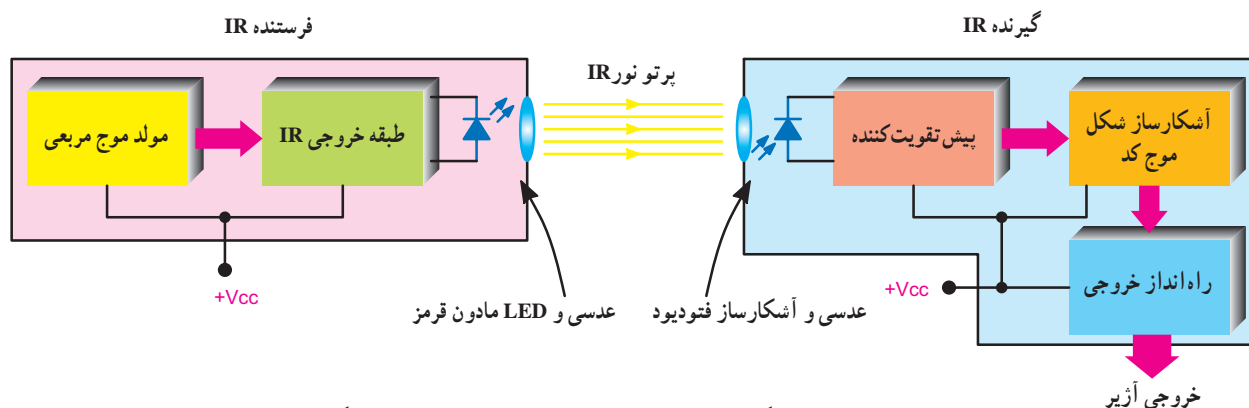
نماد مداری فتودیود و روش استفاده از فتودیود را که به صورت معکوس بایاس می‌شود در شکل ۲۸-۱۰ آمده است.



شکل ۲۸-۱۰ - بایاس فتودیود و نماد آن

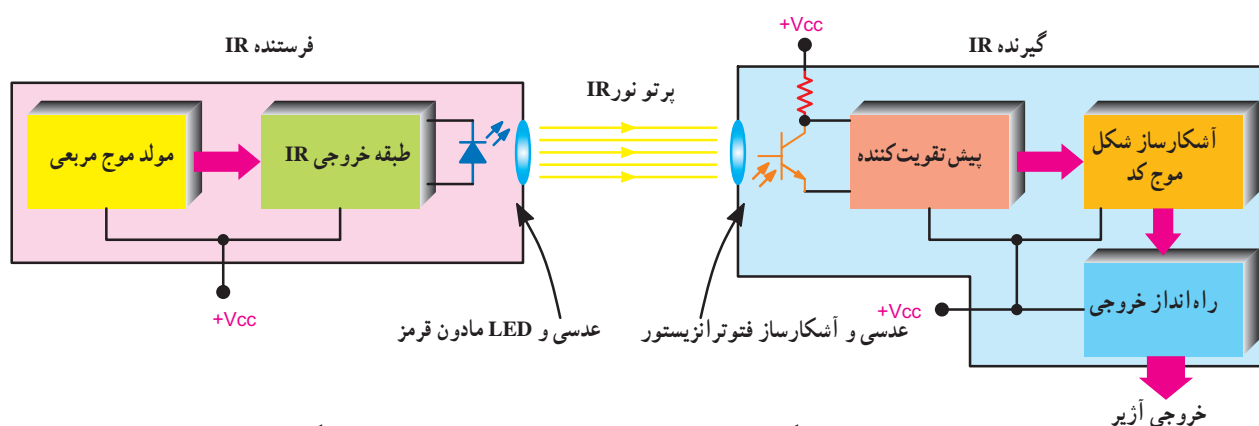
ب- فتوترانزیستور: ساختمان کریستالی فتوترانزیستورها مانند ترانزیستورهای سیلیکونی معمولی است که از پیوندهای PNP یا NPN ساخته شده‌اند، پس به طور ذاتی دارای دو پیوند حساس به نور هستند. در شکل ۲۹-۱۰ الف نماد فتوترانزیستور نشان داده شده است. فتوترانزیستورها به سه روش بایاس می‌شوند (شکل ۲۹-۱۰ ب و ج و د) در هر سه روش پیوند بیس کلکتور در بایاس

توسط فتودیود پس از تقویت در مدار پیش تقویت کننده، در مدار آشکارساز کُد آشکار می شود. موج آشکار شده به مدار راه انداز خروجی ارسال می شود. طبقه راه انداز خروجی ابزارهایی نظیر رله، زنگ یا ... را به کار می اندازد.



شکل ۳۰-۱- بلوک دیاگرام سیستم کنترل از راه دور با استفاده از فتودیود در گیرنده

در شکل ۳۱-۱۰ بلوک دیاگرام دیگری از سامانه کنترل از راه دور که در گیرنده آن از فتوترانزیستور استفاده شده است را مشاهده می کنید.



شکل ۳۱-۱۰- بلوک دیاگرام سیستم کنترل از راه دور با استفاده از فتوترانزیستور در گیرنده

## ۴-۱۰- الگوی پرسش

- ۱- دلیل استفاده از سامانه های کنترل از راه دور را توضیح دهید.
- ۲- روش های کنترل از راه دور را نام ببرید.
- ۳- سامانه کنترل از راه دور به کمک برق شهر را به طور اختصار شرح دهید.
- ۴- عیب سامانه کنترل از راه دور به روش امواج صوتی را شرح دهید.
- ۵- فرکانس کار سامانه کنترل از راه دور به کمک امواج فراصوتی را توضیح دهید. سپس یک سیستم کاربردی از نوع پرقدرت آن را شرح دهید.
- ۶- کاربرد سامانه کنترل از راه دور براساس امواج رادیویی را شرح دهید.
- ۷- بلوک دیاگرام اصلی سامانه کنترل از راه دور مبتنی بر امواج نوری مستقیم را ترسیم کنید.



## برای هنرجویان علاقه‌مند

برای کسب اطلاعات بیشتر در مورد رمزگذار و رمزگشای کنترل از راه دور (PT2262 و PT2272) از طریق اینترنت تحقیق کنید.

## ۵-۱۰-۱ ماهواره

۵-۱۰-۱- پیشگفتار: ماهواره یا قمر مصنوعی به دستگاه‌های ساخت بشر گفته می‌شود که در مدارهایی در فضا به دور زمین یا سیارات دیگر می‌چرخند.

ماهواره‌ها در مواردی مانند مطالعه کاتبات، ردیابی و تعیین موقعیت مکانی در سطح جهان، هواشناسی، انتقال اطلاعات صوت و تصویر و امور نظامی کاربرد فراوانی دارند.

۵-۱۰-۲- ماهواره چیست؟: واژه انگلیسی Satellite از کلمه لاتین Satelles به معنی همراه، دنباله‌رو یا محافظ شخصی گرفته شده است.

ماهواره، محفظه‌ای فلزی به شکل کره، استوانه یا مخروط است.

پوشش فلزی ماهواره باید بسیار مقاوم باشد، زیرا این وسیله نوسان‌های حرارتی شدیدی را باید تحمل کند. شکل ۳۳-۱۰ یک نمونه ماهواره را نشان می‌دهد.



شکل ۳۳-۱۰- شکل ظاهری یک نمونه ماهواره

۸- کاربرد سامانه کنترل از راه دور مبتنی بر امواج نوری انعکاسی را بنویسید.

۹- معایب سامانه کنترل از راه دور براساس امواج نور مرئی را بنویسید.

۱۰- فرکانس کار دیودهای مادون قرمز چه قدر است؟

۱۱- دلیل استفاده از فتوترانزیستور به جای فتودیود را توضیح دهید.

۱۲- بلوک دیاگرام کلی سامانه کنترل از راه دور با استفاده از فتوترانزیستور را ترسیم کنید.

۱۳- Voice Automatic System را تعریف کنید.

کامل کردنی

۱۴- VAS اول کلمات ... است و به مفهوم ..... توسط صوت است.

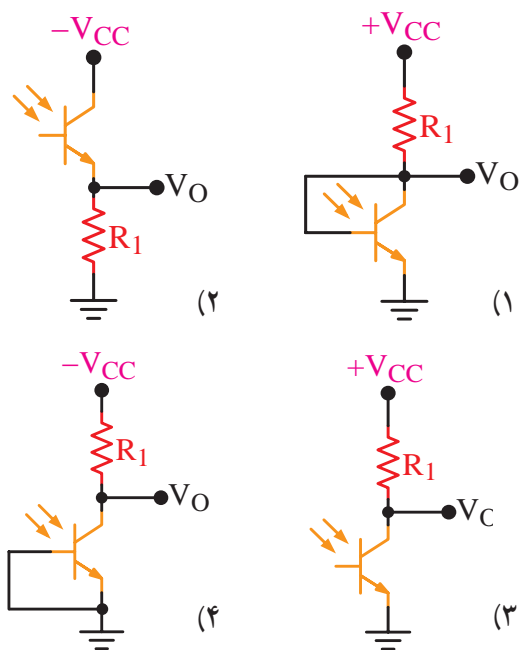
صحیح یا غلط

۱۵- فرکانس سامانه کنترل از راه دور توسط برق شهر بین ۶۰ تا ۱۲۰ کیلوهرتز است.

صحیح ☐ غلط ☐

چهارگزینه‌ای

۱۶- کدام روش استفاده از فتوترانزیستور صحیح است؟



شکل ۳۲-۱۰



تعدادی از ماهواره‌ها، هر ۲۴ ساعت یک بار زمین را دور می‌زنند، یعنی همان زمانی که زمین نیز به دور خود می‌چرخد. کسی که از زمین به آسمان نگاه می‌کند، این گونه ماهواره‌ها را همیشه در مکان ثابتی می‌بیند این ماهواره‌ها در ارتفاع بالا، حدود ۳۶۰۰۰ کیلومتری قرار دارند. در شکل ۳۵-۱۰ مدارهای مختلف حرکت ماهواره نشان داده شده است.



شکل ۳۵-۱۰ مدارهای مختلف حرکت ماهواره

تاریخچه و بیان موارد تاریخی صرفاً جهت اطلاعات عمومی بوده، لذا از آنها آزمون به عمل نمی‌آید.

### ۳-۵-۱۰- تاریخچه: در روز چهارم اکتبر سال ۱۹۵۷

ساعت ۱۴ به وقت مسکو، تاس خبرگزاری شوروی سابق، خبر پرتاب نخستین ماهواره را به سراسر جهان مخابره کرد. خبر فوق‌العاده مهیج بود. این ماهواره را اسپوتنیک ۱ (Sputnik 1) نامیدند. بعد از ۲۱ روز باتری‌های ماهواره تخلیه شدند و بعد از ۹۲ روز اسپوتنیک ۱ با لایه‌های ضخیم جو برخورد کرد و به‌طور کامل سوخت.

در سوم نوامبر سال ۱۹۵۷ یعنی کمتر از یک ماه بعد از پرتاب اسپوتنیک ۱، روس‌ها با پرتاب اسپوتنیک ۲ به فضا، آمریکایی‌ها را به حیرت واداشتند. همراه با این فضاپیما سگی به عنوان موجود زنده به فضا فرستاده شد. این سگ به مدت ۷ روز درون اتاقک در بسته و غیرقابل نفوذ خود دور زمین چرخید، در

برای آن که بتوان ماهواره را در مدار ثابتی نگه داشت و در صورت لزوم محل آن را تغییر داد، تجهیزات ویژه‌ی اصلاح جهت و مکان‌یابی ماهواره‌ها ساخته شده است. در ماهواره‌ها یک دستگاه تأمین‌کننده انرژی وجود دارد که به وسیله‌ی یک فرستنده رادیویی از روی زمین هدایت می‌شود و همیشه فعال است.

قسمت اعظم این دستگاه از باتری‌ها و مولدهای خورشیدی تشکیل شده است که انرژی لازم را از نور خورشید می‌گیرند. سلول‌های خورشیدی روی بال‌هایی قرار می‌گیرند که در طرفین ماهواره‌ها نصب شده‌اند، به این بال‌ها «پانل‌ها یا صفحه‌های خورشیدی» می‌گویند، هرچه این بال‌ها بزرگ‌تر باشد، انرژی الکتریکی بیشتری فراهم می‌شود. برای مأموریت‌های دراز مدت از باتری‌های کوچک اتمی نیز استفاده می‌شود. در شکل ۳۴-۱۰ یک نمونه ماهواره، با سلول‌های خورشیدی را ملاحظه می‌کنید.



شکل ۳۴-۱۰ یک نمونه ماهواره با سلول‌های خورشیدی

سرعت حرکت ماهواره‌ها، به فاصله‌ی آنها از زمین بستگی دارد.

هرچه ارتفاع مداری که ماهواره روی آن حرکت می‌کند بیشتر باشد سرعت آن نیز بیشتر است. سریع‌ترین ماهواره تقریباً هر ۹۰ دقیقه یک بار زمین را دور می‌زند. این ماهواره‌ها در ارتفاع پایین قرار دارند و به آن‌ها ماهواره‌های متحرک می‌گویند.

متوقف گردید. بدین ترتیب نخستین ماهواره آمریکایی کاوشگر ۱ (Explorer 1) در ۳۱ ژانویه ۱۹۵۸ به فضا پرتاب شد. موشک ونگارد نیز در سال ۱۹۵۸ به فضا پرتاب شد. در شکل ۳۷-۱۰ سکوی پرتاب ماهواره امید ایران نشان داده شده است.

بنا به گزارش خبرگزاری‌ها دوشنبه شب چهاردهم بهمن‌ماه یکهزار و سیصد و هشتاد و هفت، ماهواره ملی امید به فضا پرتاب شد و در مدار تعیین شده قرار گرفت، «ماهواره بر» آن سفیر ۲ نام داشت، کلیه قطعات و اجزای این ماهواره و ماهواره بر از جمله موتور «ماهواره بر» که از فناوری بسیار بالایی برخوردار است، به دست متخصصان افتخار آفرین صنایع هوا فضا کشور ایران طراحی و تولید شده است.



شکل ۳۷-۱۰ سکوی پرتاب ماهواره امید ایران

از سال ۱۹۶۰ تا سال ۱۹۶۵ هر سال بیش از ۱۰۰ ماهواره به فضا فرستاده شدند. در سال ۱۹۷۰ دانشمندان به کمک رایانه و نانوتکنولوژی موفق به اختراع سازه‌ها و تجهیزات پیشرفته‌تری برای ماهواره شده‌اند.

به علاوه کشورهای دیگر و همین‌طور سازمان‌های تجارتي مبادرت به خریداری و ارسال ماهواره‌ها نموده‌اند. در سال‌های اخیر بیشتر از ۴۰ کشور ماهواره در اختیار دارند و نزدیک به ۳۰۰۰ ماهواره در مدارها به اجرای مأموریت‌های خود می‌پردازند.

#### ۴-۵-۱۰- ماهواره‌ها چگونه به فضا می‌روند؟ برای این

که جسمی از حوزه‌های جاذبه زمین خارج و به فضا پرتاب شود باید شتابی بیش از شتاب جاذبه زمین داشته باشد و برای رسیدن به چنین شتابی باید انرژی مصرف کرد. در حرکت اجسام پرتابی،

این مدت همه واکنش‌ها و اعمال حیاتی بدن حیوان ارزیابی می‌شد و نتایج آنها به زمین مخابره می‌گردید. تا این که اکسیژن ذخیره شده در اتاقک به پایان رسید و سگ به علت فقدان اکسیژن مُرد. روس‌ها موفق شدند آن اتاقک و سرنشینش را همان‌طور که در نظر داشتند از فضا بیرون آورند و به زمین برگردانند.

در شکل ۳۶-۱۰ نمونه‌هایی از تصاویر اسپوتنیک را ملاحظه می‌کنید.



نمونه ساخته شده اسپوتنیک



سکوی اولیه پرتاب (طرح اولیه) اسپوتنیک

شکل ۳۶-۱۰ نمونه‌هایی از فرایند اجرایی فضایی اسپوتنیک

پرتاب اسپوتنیک ۱، بیش از همه آمریکایی‌ها را که در همان زمان خود را برای پرتاب ماهواره‌ای اختصاصی به فضا آماده می‌کردند، غافلگیر کرد. در سال ۱۹۵۵ رئیس‌جمهور وقت آمریکا دستور ساخت یک موشک باربری به نام ونگارد (Vanguard) را صادر کرد، اما با پرتاب اسپوتنیک ۱، ادامه این برنامه در حال اجرا،

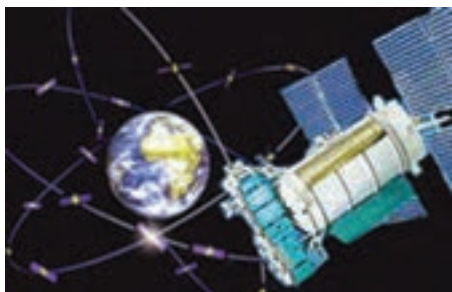
## ۵-۵-۱۰- انواع ماهواره‌ها: ماهواره‌ها برای هدف‌های

مختلفی پرتاب می‌شوند و عبارت‌اند از :

- ۱- ماهواره‌های مخابراتی
- ۲- ماهواره‌های ردیاب
- ۳- ماهواره‌های نظامی
- ۴- ماهواره‌های منابع زمینی
- ۵- ماهواره‌های هواشناسی. در شکل ۳۹-۱۰ نمونه‌هایی از تصاویر ماهواره‌ها را ملاحظه می‌کنید.



ارتباط ماهواره با ایستگاه‌های مختلف



استقرار ماهواره‌های مختلف در مدار زمین  
شکل ۳۹-۱۰ نمونه‌هایی از تصاویر ماهواره‌ها

## ۶-۵-۱۰- ماهواره‌های مخابراتی: ماهواره‌های

مخابراتی در واقع ایستگاه‌های تقویت‌کنندهٔ سیگنال‌ها هستند. این ماهواره‌ها از نقطه‌ای امواج را دریافت و به نقطهٔ دیگر ارسال می‌کنند. یک ماهواره مخابراتی می‌تواند در آن واحد هزاران تماس تلفنی و چندین برنامهٔ شبکهٔ تلویزیونی را تحت پوشش قرار دهد. این ماهواره‌ها اغلب در ارتفاعات بلند و بر فراز یک ایستگاه زمین قرار داده می‌شوند.

قانون کنش و واکنش نیوتن صادق است. طبق این قانون هر عملی یک عکس‌العمل دارد که اندازهٔ آن به اندازهٔ عمل اول است و جهت آن مخالف جهت عمل اول است.

یک توپ جنگی که گلوله‌ای را پرتاب می‌کند خودش به سمت مقابل یعنی به عقب رانده می‌شود. اگر بادکنکی را پُر از باد کنید و آن را رها سازید، چون فشار داخل بادکنک بیش از فشار محیط است، هوا به سرعت از آن خارج می‌شود و بادکنک نیز در جهت مخالف خروج هوا، به حرکت درمی‌آید. در محفظهٔ احتراق ماهواره بر (موشک) نیز همین اتفاق رخ می‌دهد. البته در آنجا عملیات به وسیلهٔ لوله خروجی گاز و تجهیزات دیگر کنترل و تنظیم می‌شود. در مثال بادکنک باید گفت که بادکنک رها شده و بی‌هدف به این سو و آن سو می‌رود، اما شکل لوله خروجی گاز در ماهواره بر (موشک) به گونه‌ای است که شدت رانش و فوران گاز را تقویت می‌کند و سبب پیش‌روی موشک در جهتی معین می‌شود. هرچه فشار خروجی (مقدار گازی که در هر ثانیه از خروجی موشک به بیرون فوران می‌کند) و سرعت گاز بیشتر باشد، نیروی پیش‌برنده موشک بزرگ‌تر خواهد بود.

موشک‌های باربری که ماهواره‌ها را به فضا می‌برند، باید شتاب‌گیر از جاذبه بالایی داشته باشند. در واقع با سرعت  $7/9$  کیلومتر بر ثانیه می‌توان زمین را ترک کرد. برای رسیدن به چنین سرعتی انرژی فوق‌العاده زیادی صرف می‌شود. اما با اجرای عملیات پرتاب در نقاط جغرافیایی خاص می‌توان مقدار این انرژی را کاهش داد. در شکل ۳۸-۱۰ پرتاب ماهواره توسط موشک نشان داده شده است.



شکل ۳۸-۱۰ پرتاب  
ماهواره توسط موشک

در شکل ۴-۱۰ ماهواره مخابراتی به طور مستمر، ضمن دریافت اطلاعات از شبکه سلولی، از طریق فرستنده مخابراتی موبایل و سرور (server) اصلی، وضعیت ارتباط بین گوشی همراه را با سایر گوشی ها مشخص می کند و در صورت نیاز با ماهواره های دیگر نیز ارتباط برقرار می نماید.

#### ۷-۵-۱۰- ماهواره های ردیاب: به کمک ماهواره های

ردیاب، کلیه هواپیماها، کشتی ها و خودروها بر روی زمین قادر به مکان یابی با دقت بسیار زیاد خواهند بود. علاوه بر خودروها و وسایل نقلیه، اشخاص عادی نیز می توانند از شبکه ماهواره های ردیاب بهره مند شوند. در واقع سیگنال های این شبکه ها در هر نقطه ای از زمین قابل دریافت اند.

#### ۶-۱۰- پیشگفتار

در گذشته، زمانی که تکنولوژی پیشرفته امروزی وجود نداشت، مردم و به خصوص اشخاصی مانند سیاحان و جهانگردان گاهی اوقات در یک گستره جغرافیایی مانند شهرها و کشورهای بیگانه، از مکان دقیق خود باخبر نبودند و حتی گاهی نیز در بیابان ها و دریاها مسیر خود را گم می کردند. از سوی دیگر در دنیای قدیم استفاده از ستارگان - قطب نما و سایر عوامل طبیعی تا اندازه ای راه گشای بشر بوده است.

امروزه پیچیدگی های جغرافیایی، اعم از بافت شهرها، خیابان ها، اصولاً زمینه استفاده از این گونه روش ها (استفاده از عوامل طبیعی) را تا حد زیادی متفی و بی معنا کرده است.

در شرایط فعلی، با گسترش فناوری های گوناگون، این مشکل توسط یک سیستم ماهواره مدرن و پیشرفته به نام GPS (Global positioning system) که به معنای سیستم مکان یابی جهانی است، رفع شده است.

در حقیقت دنیای امروز، دنیایی است که هیچ فردی در آن گم نخواهد شد و همه چیز بر روی تمام نقاط زمین قابل شناسایی است. این قدرت دست یابی به سیستم های شناسایی را، ماهواره ها و براساس کامپیوترها در اختیار بشر قرار داده اند.

یک ایستگاه مخابراتی در زمین مجهز به آنتن بسیار بزرگ برای دریافت و ارسال سیگنال هاست. گاهی چندین ماهواره که به طور مشترک در یک مدار کوتاه تر قرار گرفته اند امواج را دریافت و با انتقال دادن سیگنال ها به یکدیگر آنها را به کاربران روی زمین در اقصی نقاط آن می رسانند. سازمان های تجارتي مانند تلویزیون ها و شرکت های مخابراتی در کشورهای مختلف از کاربران دائمی این نوع ماهواره ها هستند.

بشقاب های ماهواره ای زمینی علائم تلفنی و تلویزیونی را به ماهواره می فرستند، ماهواره نیز آنها را ضمن پردازش، به یک ایستگاه زمینی دیگر مخابره می کند.

ماهواره ها می توانند علائم را هم به سراسر یک قاره و هم به یک نقطه معین ارسال کنند. ماهواره های پخش مستقیم می توانند علائم تلویزیونی را هم به یک گیرنده بشقابی و هم به تلویزیون های مستقل به گیرنده های بزرگ تر مخابره کنند.

حوزه ماهواره منطقه ای است که در زمین تحت پوشش پرتو ارسالی آنتن ماهواره مخابراتی قرار می گیرد. شکل حوزه ماهواره باید تا حد امکان با شکل منطقه مورد نظر منطبق باشد و این مهم با طراحی دقیق آنتن یا ترکیب پرتوهای مختلف حاصل می شود.

در شکل ۴-۱۰ یک نمونه ارتباط ماهواره ای نشان داده شده است.



شکل ۴-۱۰- ارتباط ماهواره با شبکه تلفن همراه

شوخی موجب بروز اختلاف و به هم زدن دوستی ها می شود. از شوخی بپرهیزید.





الف - نمای یک ماهواره GPS از زمین



ب - یک نمونه گیرنده ماهواره GPS



ج - یک نمونه تراشه مربوط به ماهواره GPS

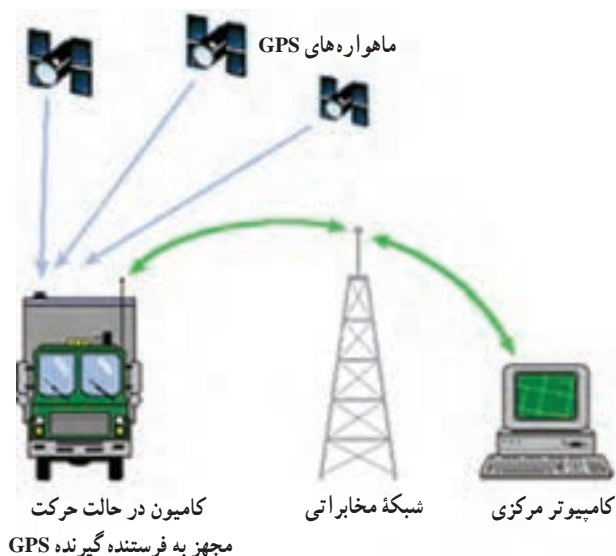
شکل ۴۲ - ۱۰ - نمای یک ماهواره Gps و گیرنده آن

## ۱۰-۶-۲ - اجزای تشکیل دهنده سیستم GPS: سیستم

GPS از سه بخش، فضا، کنترل و کاربران طبق شکل ۴۳-۱۰ تشکیل شده است.

GPS یک سیستم هدایت یا ناوبری (Navigation)

ماهواره‌ای است. در شکل ۴۱-۱۰ یک نمونه از این ارتباط را ملاحظه می‌کنید.



شکل ۴۱-۱۰ - یک نمونه ارتباط ماهواره‌ای

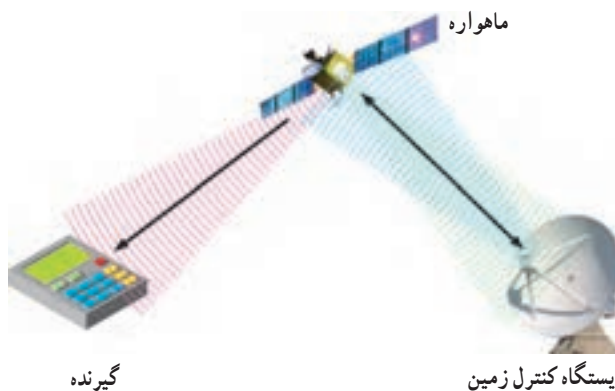
## ۱۰-۶-۱ - تاریخچه GPS: اولین ماهواره GPS در

سال ۱۹۷۸ به سفارش وزارت دفاع آمریکا ساخته شد. این سیستم در ابتدا برای مصارف نظامی تهیه شد ولی از سال ۱۹۸۰ استفاده عمومی از آن آزاد شد. در سال ۱۹۹۴ شبکه‌ای شامل ۲۴ ماهواره تشکیل گردید که امروزه تعداد آنها به عدد ۲۸ رسیده است. روس‌ها نیز سیستمی مشابه GPS به نام Glonass دارند که از نظر کارایی و توان عملیاتی به پای GPS نمی‌رسد. گیرنده‌های مشترک GPS-Glonass در حال حاضر در بازار ایران یافت می‌شوند.

در شکل ۴۲-۱۰ نمای یک ماهواره GPS از روی

زمین و گیرنده GPS نشان داده شده است.

نسبت به صفحه استوا، در حال چرخش اند. در هر صفحه مداری چهار ماهواره وجود دارد. همواره ۲۱ ماهواره فعال و ۳ ماهواره آماده به کار (stand by) به صورت یدک در مدار قرار دارند تا در صورت بروز اشکال در ماهواره های فعال، جایگزین شوند. در شکل ۴۵-۱۰ بخش فضا با ۲۴ ماهواره نشان داده شده است.



شکل ۴۳-۱۰- سیستم GPS شامل سه بخش فضا، کنترل و کاربران

معمولاً وقتی درباره GPS صحبت می شود منظور دستگاه گیرنده GPS است. اما این دستگاه به تنهایی کاری انجام نمی دهد. گیرنده GPS در ارتباط با ماهواره و ایستگاه کنترل زمینی قابل استفاده است.

در شکل ۴۴-۱۰ نمونه کامل ارتباط در سیستم GPS نشان داده شده است.



شکل ۴۵-۱۰- بخش فضا با ۲۴ ماهواره

ماهواره ها می توانند طوری در مدارشان حرکت کنند که در صورت لزوم، کار ماهواره ای را که دچار مشکل شده است به انجام برسانند. هر مدار، دایره ای با ارتفاع تقریبی ۲۰۱۸۳ کیلومتر نسبت به سطح دریا است. مدارها تقریباً هر روز از زمین ردیابی و کنترل می شوند. این آرایش فلکی ماهواره های GPS امکان مشاهده حداقل چهار ماهواره را در هر نقطه از زمین و هر ساعت از شبانه روز فراهم می کند.

ماهواره های GPS، وسیله ای برای حمل فرستنده های رادیویی، ساعت های اتمی، کامپیوترها و تجهیزات مختلفی که برای عملکرد سیستم استفاده می شود، هستند. تاکنون تعداد زیادی ماهواره به کار گرفته شده و تعداد بیشتری هم در طراحی هستند. در حال حاضر ۶ نسل از ماهواره ها وجود دارند.

هر ماهواره حدوداً ۱۰ سال فعال می ماند در نتیجه ماهواره ها در پایان مأموریت به موقع برگردانده می شوند و ماهواره های



۱- ماهواره دریافت سیگنال از GPS نصب شده روی اتومبیل یا سایر دستگاه ها

۲- گوشی GPS نصب شده روی اتومبیل

۳- فرستنده و گیرنده زمینی

۴- جابه جایی اطلاعات در مرکز زمینی و مرکز کامپیوتر

شکل ۴۴-۱۰- نمونه کامل ارتباط در یک سیستم GPS

۳-۶-۱۰- بخش فضا (space segment): این بخش شامل ۲۴ ماهواره است که در ۶ صفحه مداری با شیب ۵۵ درجه

هر ۵ ایستگاه، ایستگاه‌های ردیابی هستند که به گیرنده‌های GPS جهت ردیابی ماهواره‌ها مجهز شده‌اند.

داده‌های به‌دست آمده از ردیابی به ایستگاه کنترل اصلی ارسال می‌گردد. در این ایستگاه، داده‌ها پردازش می‌شود و از آنجا ساعت ماهواره‌ها و داده‌های مداری ماهواره‌ها محاسبه و تصحیح می‌گردد.

به‌طور کلی وظیفه بخش کنترل، کنترل و تعیین مسیرهای ماهواره‌ها، مشاهده و بررسی صحت کار ماهواره‌ها و بررسی رفتار ساعت اتمی و بالاخره اعمال پیام ناوبری به درون سیگنال ماهواره‌هاست.

#### ۵-۶-۱۰- بخش کاربران (User segment): این

بخش کلیه کاربران نظامی و غیرنظامی را شامل می‌شود. در این بخش کاربردها، تجهیزات و استراتژی تعیین موقعیت GPS اهمیت پیدا می‌کند. پیشرفت محصولات تجاری GPS وابسته به کاربردهای کاربران است.

در واقع بخش کاربران از گیرنده‌هایی تشکیل می‌شود که کدها یا فاز موج حامل را دنبال می‌کنند و در بیشتر موارد پیام ناوبری ماهواره را استخراج می‌کنند. کدها و حامل دریافتی از ماهواره در پردازشگر موجود در گیرنده پردازش می‌شود و به کمک آن چهار پارامتر زمان، ارتفاع، طول و عرض جغرافیایی به‌دست می‌آید.

گسترش انواع کاربردهای شهری و گاهی رشد بازار، باعث گسترش تجهیزات GPS شده است.

گرچه ممکن است همه کاربران به یک لوازم برای کاربردهای مختلف نیاز داشته باشند، اما معمولاً ترکیب خاصی از سخت‌افزار و نرم‌افزار آن لازم است. امروزه بازار گیرنده‌های GPS بسیار رشد کرده است، به‌طوری که هم‌اکنون هزاران گیرنده مختلف وجود دارد. گیرنده‌های قابل حمل دستی یا آنهایی که روی اتومبیل‌ها، کشتی‌ها، هواپیماها، زیردریایی‌ها، تانک‌ها، کامیون‌ها و اتوبوس‌ها نصب می‌شوند. در شکل ۴۸-۱۰ چند نمونه گوسی GPS را که توسط کاربران مورد استفاده قرار می‌گیرد ملاحظه می‌کنید.

جایگزین به فضا پرتاب می‌گردند. انرژی مصرفی هر ماهواره کمتر از ۵۰ وات است. این ماهواره‌ها انرژی خود را توسط باتری خورشیدی که طول هر کدام ۵/۵ متر است از خورشید تأمین می‌کنند. همچنین باتری‌هایی نیز برای زمان‌های خورشید گرفتگی و یا مواقعی که در سایه زمین حرکت می‌کنند به همراه دارند.

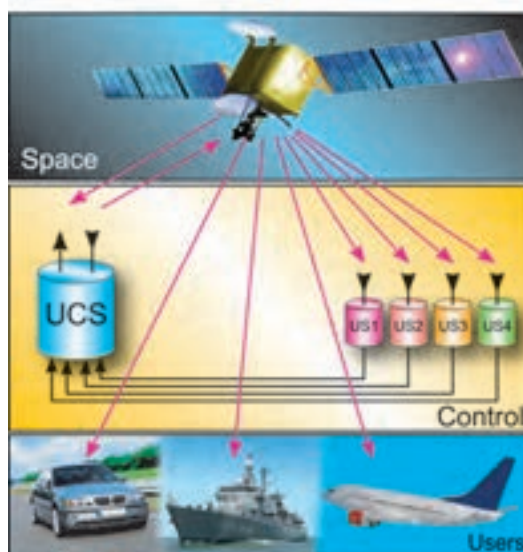
#### ۴-۶-۱۰- بخش کنترل (Control segment): بخش

کنترل شامل ۵ ایستگاه زمینی (یک ایستگاه اصلی و چهار ایستگاه فرعی در اطراف دنیا است)، این ایستگاه‌ها همه متعلق به وزارت دفاع آمریکا است و توسط آن کشور اداره می‌شود.

هزینه نگهداری این سیستم سالانه بیش از ۵۰۰ میلیارد تومان است. در شکل ۴۶-۱۰ قسمت کنترل برج مراقبت فرودگاه از طریق GPS نشان داده شده است، شکل ۴۷-۱۰ نشان می‌دهد بخش کنترل شامل ۵ ایستگاه است.



شکل ۴۶-۱۰- قسمت کنترل برج مراقبت فرودگاه از طریق GPS



شکل ۴۷-۱۰- بخش کنترل با ۵ ایستگاه

نیز به کار روند.

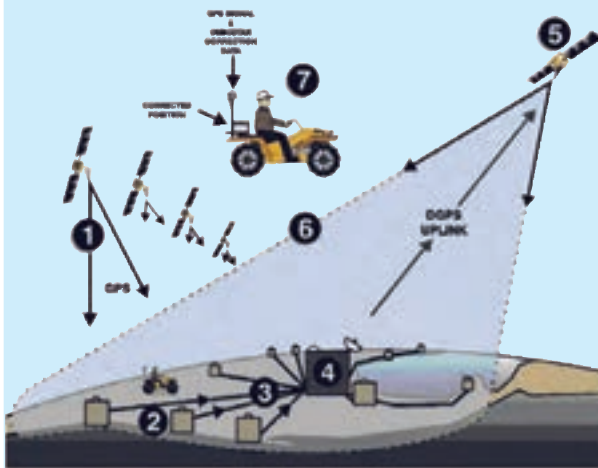
حال برای تعیین موقعیت، گیرنده GPS زمان‌های دریافت شده را با زمان خود مقایسه می‌کند. تفاوت این دو، مشخص‌کننده فاصله گیرنده GPS از ماهواره مزبور است. این عملی است که دقیقاً یک گیرنده GPS اجرا می‌کند. با استفاده از حداقل سه ماهواره، GPS می‌تواند طول و عرض جغرافیایی مکان خود را تعیین نماید (که آن را تعیین دوبعدی می‌گویند). با تبادل با چهار یا بیشتر ماهواره، یک GPS می‌تواند موقعیت سه‌بعدی مکان خود را تعیین نماید که شامل طول و عرض و ارتفاع جغرافیایی است. با اجرای پشت سرهم این محاسبات، GPS می‌تواند سرعت و جهت حرکت خود را نیز به دقت مشخص نماید. امروزه در بعضی از مکان‌های ایران، قادر به دریافت اطلاعات از ماهواره‌ها تا ۱۰ دستگاه هستیم و به حداقل ۴ تا ۵ ماهواره در هر زمان، از شبانه‌روز و در هر مکان، دسترسی داریم.



شکل ۴۸-۱۰- چند نمونه گوشی GPS قابل نصب روی خودرو

### برای هنرجویان علاقه‌مند

در شکل ۴۹-۱۰ یک تصویر را ملاحظه می‌کنید. در این تصویر موقعیت مکانی موتور سوار توسط GPS تعیین می‌شود. نحوه برقراری ارتباط را با ماهواره و ایستگاه زمینی تشریح کنید. فایل تصویری مربوط به شکل به صورت gif است اگر آن را ببایید، مسیر ارتباط را نشان می‌دهد.



شکل ۴۹-۱۰- تعیین موقعیت مکانی موتور سوار

### ۶-۶-۱۰- GPS چگونه کار می‌کند؟ سیگنال‌هایی که

هر ماهواره GPS ارسال می‌کند شامل: کُد شناسایی ماهواره RPN (Random-Code Pseudo)، داده تقویمی (almanac) و داده‌های مربوط به خود ماهواره و تاریخ و زمان (Ephemeris) است.

می‌توان شیوه کار GPS را به‌طور ساده به صورت زیر بررسی کرد. هر ماهواره پیامی را ارسال می‌کند به‌طور ساده می‌گوید: من ماهواره شماره X هستم، موقعیت فعلی من Y است و این پیام در زمان Z ارسال شده است، هرچند که این شکل ساده شده پیام ارسالی است ولی می‌تواند کل طرز کار سیستم را بیان نماید. گیرنده GPS پیام را می‌خواند و داده‌های almanac و ephemeris را جهت استفاده بعدی آن‌ها ذخیره می‌نماید. این اطلاعات می‌توانند برای تصحیح و یا تنظیم ساعت درونی GPS



## ۷-۱۰-۱ الگوی پرسش

۱- مفهوم Satellite چیست؟

۲- برای مکان‌یابی هواپیماها از کدام ماهواره استفاده می‌شود؟

۳- مفهوم GPS چیست؟

۴- اجزای تشکیل دهنده GPS کدام‌اند؟

۵- بخش فضایی GPS شامل چند ماهواره است؟

۶- مفهوم RPN در GPS چیست؟

کامل کردنی

۷- GPS اول کلمات ..... است و به معنای ..... است.

صحیح یا غلط

۸- در GPS بخش کنترل شامل ۵ ایستگاه زمینی است و هر ۵ ایستگاه، ایستگاه‌های ردیابی است.

صحیح ☐ غلط ☐

چهارگزینه‌ای

۹- در سیگنال‌هایی که هر ماهواره ارسال می‌کند، RPN به مفهوم ..... است.

(۱) داده تقویمی

(۲) تاریخ و زمان

(۳) داده‌های مربوط به خود ماهواره

(۴) کد شناسایی ماهواره

## ۷-۶-۱۰ کاربردهای GPS : GPS ها در زمین، دریا

و هوا کاربردهای متنوعی دارند. اساساً GPS در هر جایی قابل استفاده است مگر در نقاطی که امکان وصول امواج ماهواره در آن‌ها نباشد.

استفاده‌های زمینی GPS بسیار گسترده‌تر است. هرکسی که می‌خواهد بداند در کجا قرار دارد، راهش به چه سمتی است و یا با چه سرعتی در حرکت است می‌تواند از یک GPS استفاده کند. در خودروها نیز وجود GPS به امری عادی بدل خواهد شد. سیستم‌هایی در حال تهیه است تا در کنار هر جاده‌ای با فشار دادن یک کلید، موقعیت به یک مرکز اورژانس انتقال یابد، (به وسیله انتقال موقعیت فعلی به یک مرکز توزیع) سیستم‌های پیچیده دیگری موقعیت هر خودرو را در یک خیابان ترسیم می‌کنند. این سیستم‌ها بهترین مسیر را برای رسیدن به یک هدف خاص به راننده پیشنهاد می‌کنند.

هر چه نقشه‌های منطقه‌ای که در حافظه گیرنده ذخیره می‌شود دقیق‌تر باشد سرویس‌هایی هم که از GPS می‌توان دریافت کرد با ارتقای بیشتری خواهد بود. برای مثال می‌توان از GPS مسیر نزدیک‌ترین پمپ بنزین، تعمیرگاه و یا ایستگاه قطار را سؤال نمود و مسیر پیشنهادی را دنبال کرد. دقت مکان‌یابی این سیستم در حد چندمتر است که بسته به کیفیت گیرنده تغییر می‌کند.

از دیگر کارهای GPS عبارت‌اند از: پیش‌بینی زلزله، کنترل امور مربوط به حمل و نقل و ترافیک، کنترل جابه‌جایی سدها و برج‌های بلند، پیش‌بینی وضع هوا، تعیین موقعیت سکوها در دریای نفتی، مین‌یابی، اسکن (scan) کردن دریا و کاربردهای وسیع نظامی.

## فهرست منابع و مآخذ

- ۱- MC Growhill Book Company Electeronic communication Lloyd temes 1988.
- ۲- inc Delmar Publisher Electeronic Communication ThomasA. Adamson 1990.
- ۳- Lab volt Practical electronic Volume2 Buck Engineering Company 1987.
- ۴- تألیف - جرج کندی ترجمه - دکتر فرخ حجت کاشانی، صفی‌الدین صفوی نائینی، سیستم‌های مخابراتی الکترونیکی حسینیان 1370
- ۵- Moscow Mir Publisher Fundamental of radio Izherebtsor
- ۶- Electronic Aid Theory manual for telecommunication Lawrence Omarn JR, B.A
- ۷- مجموعه Service manual مربوط به کارخانجات سازنده گیرنده‌های رادیویی
- ۸- Learn Electronics Through Troubleshooting Wayne Lemons
- ۹- مدارهای کاربردی الکترونیک نوری مترجم: پوپک حجت‌زاده، کانون نشر علوم
- ۱۰- مهندس سید محمود صموتی، اصول کار و تحلیل مدارهای دستگاه تلفن الکترونیکی - واحد تحقیق شرکت افزارآزما انتشارات صموتی
- ۱۱- سایت‌های اینترنتی مرتبط و کاتالوگ‌های شرکت‌های مختلف مخابراتی

