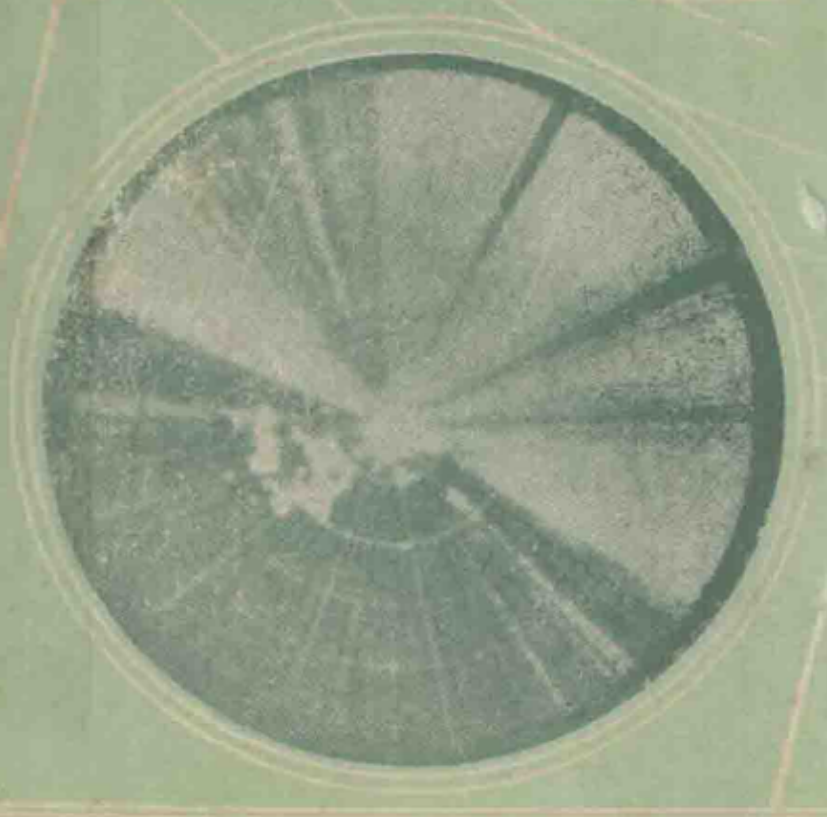


雷达侦察接收设备

上册

四〇三室 编



西北

毛主席语录

教育必须为无产阶级政治服务，必须同生产劳动相结合。劳动人民要知识化，知识分子要劳动化。

把精力集中在培养分析问题和解决问题的能力上。

中国人民有志气，有能力，一定要在不远的将来，赶上和超过世界先进水平。

超过美国，不仅有可能，而且完全有必要，完全应该。如果不是这样，那我们中华民族就对不起全世界各民族，我们对人类的贡献就不大。

序 言

遵照伟大领袖和导师毛主席关于“**学制要缩短、教育要革命**”、“**教材要彻底改革**”的指示精神，为了满足我院雷达侦察干扰专业教学的需要，我们编写了《雷达侦察接收设备》这本教材。

全书共十四章，分成上下两册。上册包括一至六章，主要介绍检波器，中频放大器，起伏噪声与噪声系数，混频器，高频放大器。下册包括七至十四章，主要介绍本机振荡器，微波检波器，微波限幅器与微波开关，增益控制电路，自动频率控制电路，雷达侦察接收机的灵敏度，雷达侦察接收机的设计，几种体制的雷达侦察接收机。

由于电子对抗技术的飞速发展，为了适应发展的需要，本书除了介绍雷达侦察接收机的有关基本电路外，还把面适当放宽了一些。因此在教学过程中，应根据具体情况选择有关内容进行教学。

本书在内容的安排和叙述上，尽量做到由浅入深，通俗易懂，便于自学；在理论与实践的关系上力求结合，以培养和提高学员分析问题和解决问题的能力。

本书由四〇三教研室郑同良、魏本涛、熊先列、张平定、李健萍等同志分工编写。在编写过程中，得到我院《雷达接收设备》编写组同志的大力支持和帮助，在此表示衷心感谢。

由于我们的政治思想和业务水平很低，加之编写时间仓促，没有很好地进行讨论和征求有关方面的意见，所以书中的缺点和错误一定不少，希望同志们批评指正。

编 者

1977, 8,

上册 目 录

第一章 概论	1
§ 1-1 雷达侦察接收机的基本功能	1
§ 1-2 雷达侦察接收机的形式及其组成	2
§ 1-3 雷达侦察接收机的主要质量指标	3
第二章 检波器	9
§ 2-1 检波器的作用及其工作原理	9
2-1-1 检波器的作用和分类	9
2-1-2 检波器的基本工作原理及其质量指标	10
§ 2-2 检波器的分析方法	13
2-2-1 小信号检波 (平方律检波)	14
2-2-2 大信号检波 (线性检波)	17
§ 2-3 检波器的参数分析	19
2-3-1 传输系数	19
2-3-2 输入阻抗	21
2-3-3 波形失真	24
§ 2-4 中频脉冲检波器的设计	27
2-4-1 电路特点	28
2-4-2 设计原则	29
2-4-3 设计举例	31
§ 2-5 视频脉冲检波器	33
2-5-1 等幅视频脉冲的检波	33
2-5-2 正弦调幅视频脉冲的检波	36
§ 2-6 检波特性的测试	38
附录 2-1 余弦脉冲各频率分量的计算	40
附录 2-2 等幅视频脉冲检波器的电压传输系数	41
第三章 中频放大器	43
§ 3-1 概述	43
3-1-1 中频放大器的作用及其特点	43
3-1-2 对中频放大器的要求	44
3-1-3 中频放大器的电路形式	46
§ 3-2 晶体管的 y 参数及 y 参数的等效电路	47
3-2-1 混合 π 型等效电路	47
3-2-2 y 参数及其等效电路	48
3-2-3 y 参数与混合 π 型等效电路的转换	51
§ 3-3 单调谐中频放大器	56
3-3-1 单调谐中频放大器及其等效电路	56

3-3-2 单级单调谐中频放大器的参数分析	57
3-3-3 多级单调谐中频放大器的参数分析	62
§ 3-4 谐振放大器的稳定性	64
3-4-1 晶体管内部反馈对放大器性能的影响	64
3-4-2 提高稳定性的方法	65
3-4-3 最大稳定增益 G_s 的分析	67
3-4-4 频率漂移的分析	71
§ 3-5 共发——共基级联电路	72
3-5-1 共基电路的等效电路及其特点	72
3-5-2 共发——共基级联电路	73
§ 3-6 单调谐中频放大器的设计	76
3-6-1 单调谐中频放大器的设计原则	76
3-6-2 单调谐中频放大器设计举例	82
§ 3-7 参数调谐中频放大器	85
3-7-1 两级参差调谐中频放大器一级组的分析	86
3-7-2 两级参差调谐中频放大器多级电路的分析	91
3-7-3 两级参差调谐中频放大器的设计原则	92
3-7-4 多极参差调谐中频放大器	94
§ 3-8 集成中频放大器	95
3-8-1 线性固体组件(功能块)	95
3-8-2 带通滤波器	98
§ 3-9 中频放大器的结构、调整与测试	105
3-9-1 中放的耦合途径及其去耦措施	105
3-9-2 中放的调整与测试	111
附录3-1 并联谐振电路的单位谐振函数	114
附录3-2 y 参数的测量方法	116
第四章 接收机的起伏噪声	118
§ 4-1 起伏噪声的性质及计量方法	119
4-1-1 起伏噪声的性质	119
4-1-2 数学期望——起伏噪声的平均值	120
4-1-3 方差——起伏噪声的均方值	120
4-1-4 功率频谱密度	121
§ 4-2 接收机的内部噪声	121
4-2-1 电阻的热噪声	121
4-2-2 晶体管的噪声及其频率特性	126
§ 4-3 天线噪声	130
§ 4-4 起伏噪声通过接收机的线性系统	131
4-4-1 起伏噪声通过线性系统后功率频谱的变化	131
4-4-2 噪声等效通频带	132

§ 4-5 噪声系数和噪声温度	134
4-5-1 噪声系数	135
4-5-2 噪声系数 F 的计算	136
4-5-3 额定功率与额定功率增益	142
4-5-4 无源四端网络的噪声系数	145
4-5-5 相对噪声温度	147
4-5-6 等效噪声温度	148
§ 4-6 级联电路的噪声系数	149
§ 4-7 信号与噪声通过检波器	152
4-7-1 信号与噪声通过平方律检波器	153
4-7-2 信号与噪声通过线性检波器	157
§ 4-8 噪声系数的测量	158
4-8-1 噪声系数的测量原理	159
4-8-2 被测设备输出功率的测读	160
4-8-3 用校准的信号发生器测量噪声系数	161
第五章 混频器	170
§ 5-1 变频器的作用	170
§ 5-2 变频器的工作原理	171
§ 5-3 对雷达侦察接收机混频器的主要要求	177
§ 5-4 二极管混频器的特性分析	179
5-4-1 传输特性的分析	179
5-4-2 噪声特性的分析	187
5-4-3 混频器工作状态的分析	189
§ 5-5 单端式二极管混频器	190
§ 5-6 平衡混频器	192
5-6-1 双分支线 $\frac{\pi}{2}$ 型平衡混频器	192
5-6-2 反相型平衡混频器	197
§ 5-7 平衡混频器的设计	201
5-7-1 混频器晶体二极管的选择	201
5-7-2 混频二极管射频阻抗的测量方法	204
5-7-3 基片的选择	207
5-7-4 平衡混频器的结构设计	208
§ 5-8 宽频带混频器与镜频抑制混频器	213
5-8-1 宽频带混频器	214
5-8-2 宽频带镜频抑制混频器	217
§ 5-9 混频器参数的测量	219
5-9-1 变频损耗的测量	219
5-9-2 噪声系数的测量	220

5-9-3	混频器信号输入端驻波系数的测量	222
5-9-4	本振支路和信号支路之间隔离度的测量	223
第六章 高频放大器		224
§ 6-1	引言	224
§ 6-2	低噪声行波管放大器	225
6-2-1	行波管放大器的结构	225
6-2-2	行波管放大器的工作原理	227
6-2-3	行波管放大器的特性	231
6-2-4	行波管的运用	235
§ 6-3	微波晶体管放大器	238
6-3-1	微波晶体管放大器的噪声特性	239
6-3-2	散射参数 (S 参数)	246
6-3-3	微波晶体管放大器的增益	248
6-3-4	微波晶体管放大器的稳定性	252
6-3-5	窄带微波晶体管高增益放大器的设计	260
6-3-6	宽带微波晶体管高增益放大器的设计	275
§ 6-4	隧道二极管放大器	279
6-4-1	隧道二极管	280
6-4-2	隧道二极管的等效电路及其频率特性	285
6-4-3	隧道二极管负阻放大器	286
6-4-4	隧道二极管放大器的稳定性	288
6-4-5	隧道二极管放大器的参数分析	291
6-4-6	隧道二极管放大器的组成与设计考虑	295
§ 6-5	参量放大器	299
6-5-1	参量放大器的工作原理	300
6-5-2	非线性电抗元件中的一般能量关系	303
6-5-3	变容二极管	306
6-5-4	双回路负阻参放的结构、等效电路及其一般分析	313
6-5-5	双回路负阻参放的增益、通频带和噪声特性	318
6-5-6	参放的一般设计原则	326
6-5-7	宽带参量放大器	330

第一章 概 论

§ 1-1 雷达侦察接收机的基本功能

雷达侦察接收设备和其他无线电接收设备一样，它的作用是通过侦察接收天线将雷达发射机辐射出来的电磁波转换成接收机输入端的电压或电流，然后利用接收机把该射频电压或电流转换成具有雷达信息的信号，最后送到终端设备进行信号处理。因此，雷达侦察接收设备应由天线、接收机和终端设备三部分组成，其中天线和终端设备将在有关课程中介绍，本教材主要介绍接收机的有关内容，即介绍把射频已调波转换成调制信号的过程。

接收机的形式虽然很多，用途很广，但要完成的基本功能恰是相同的，其基本功能主要有三个：

1. 选择信号

众所周知，在现代空间中总是同时存在着各种各样的无线电波，其中有各种雷达和无线电设备辐射的无线电波，还有宇宙空间各个天体产生的各种干扰。而我们要接收的仅仅是其中之一，即所谓有用信号，其它所有不需要的无线电波都为干扰。所以，接收机的重要任务之一，就是选择信号，抑制干扰。接收机选择信号抑制干扰的能力称为选择性。

在接收机中，选择信号抑制干扰的作用是利用固定调谐或可调谐的谐振电路来完成的，即利用这种电路对频率的谐振特性来实现的。

2. 放大信号

因为天线上接收到的信号往往是很微弱的，只有几个微伏，而终端设备要求几伏以上的电压才能进行正常工作，所以，接收机必须把接收到的微弱信号加以放大，并且放大到所需要的数值，才能完成放大信号的作用。接收机中放大信号的作用是利用各种放大器（如高频放大器，中频放大器和视频放大器等）共同完成的。

3. 变换信号

因为雷达侦察接收机收到的雷达信号是射频已调波，如脉冲调制的射频信号，低频调制的射频信号等等。这些信号已不同于雷达发射机的调制信号，所以，不能直接利用这些信号在终端设备（如指示灯，耳机，示波管等）中显示出来，而必须利用接收机中的非线性电路把射频已调波恢复成原来的低频或视频调制信号才能显示出来。接收机的这一过程称为“解调”，是由检波器完成的。

应该指出，随着雷达发射机中调制方式的不同，接收机中相应的解调方式也应随之不同，如发射机中采用频率调制，那么接收机中必须相应地采用频率检波器。

§ 1-2 雷达侦察接收机的形式及其组成

雷达侦察接收机的形式很多，但基本形式有两种：

- (1) 晶体检波式接收机；
- (2) 超外差式接收机。

根据接收机所要完成的任务，晶体检波式接收机是最简单的一种宽频带接收机，它在雷达侦察接收设备中用途很广。它的组成方框图如图 1-1 所示。

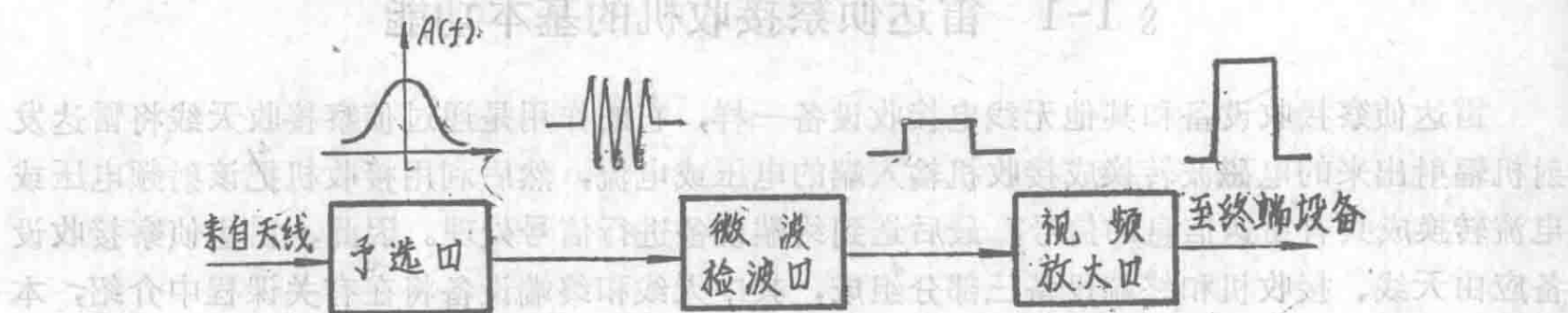


图 1-1 晶体检波式接收机的组成方框图

图中预选器用来完成选择信号抑制干扰的任务，它可以采用带通滤波器或电调滤波器来实现。有用信号通过预选器后立即进行解调，即完成变换信号的作用，故通常又称为直接检波式接收机。视频放大器用来完成放大信号的任务。

由于这种接收机没有采用高频放大器，预选器工作频率较高，又不能做得太复杂，所以这种接收机不但灵敏度很低，而且选择性也很差。但是这种接收机具有结构简单、体积小、重量轻、耗电省、频带宽等优点。因此，在一些简单的侦察设备中仍然得到广泛地应用，例如，地对空导弹（如苏联的 SAM—2，SAM—3）的发射告警和回避用的美国 AN/APR—25，AN/APR—26 等机载接收告警装置就是其中一例。

由于上述原因，为了克服直接检波式接收机灵敏度低和选择性差的缺点，可在预选器和检波器之间加高频放大器。在这种情况下，信号经过预选器后直接进行高频放大，故这种接收机称高放式接收机或直放式接收机，它的组成方框图如图 1-2 所示。

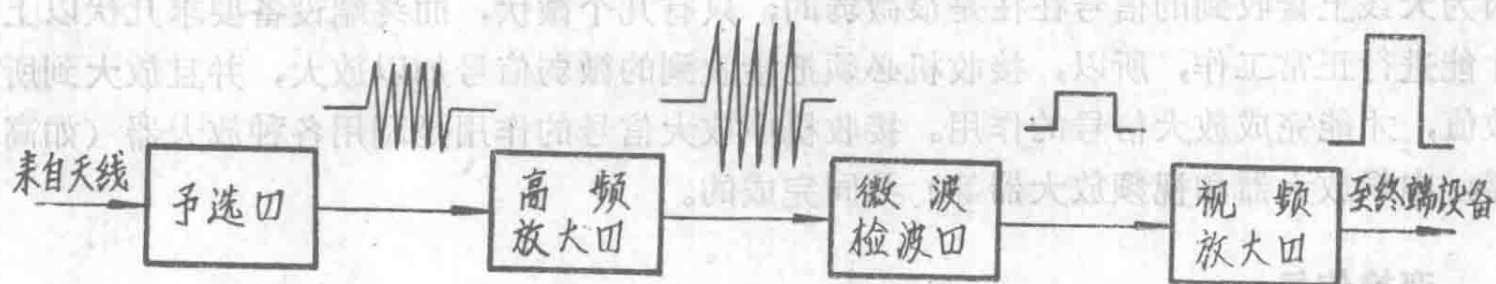


图 1-2 直放式接收机的组成方框图

这种接收机，由于高频放大器通常工作在很宽的波段，频率又很高，故其放大量不易做得很高，因此，这种接收机的选择性与直接检波式相比改善不大，仍然不能满足现代雷达侦察技术的需要。因此，必须选用灵敏度和选择性高的超外差式接收机，它的组成方框图如图 1-3 所示。

超外差式接收机的主要特点是增加了一级变频器（它由混频器和本机振荡器组成），它

可以把不同频率的信号变成固定中频的信号，然后在中频上进行中频放大。由于中频频率比

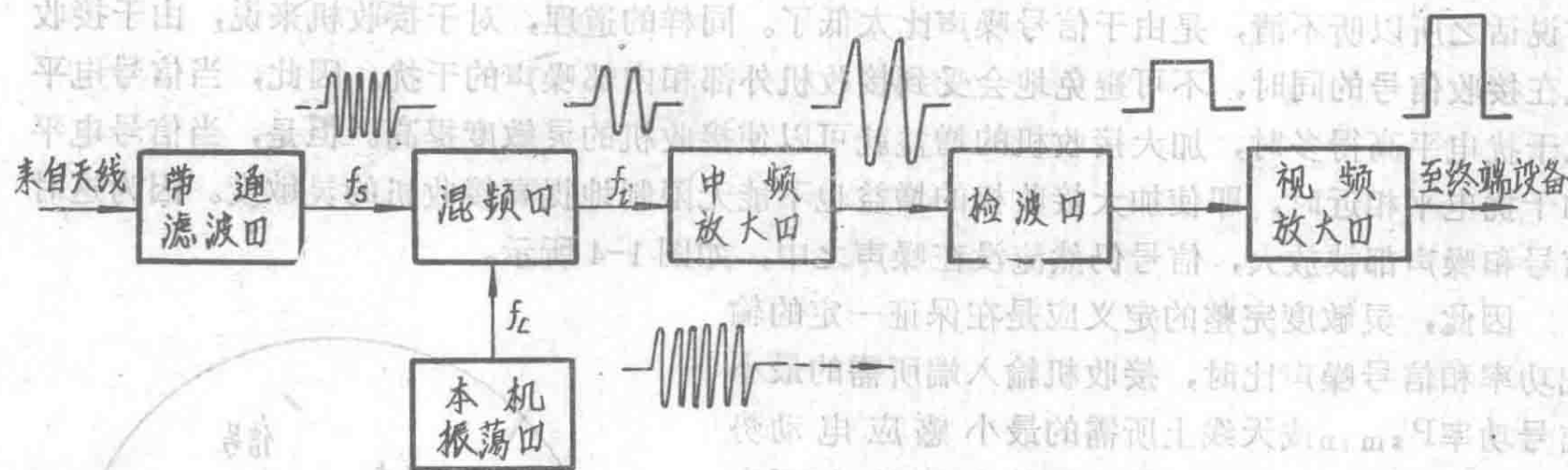


图 1-3 超外差式接收机的组成方框图

射频频率低得多（例如，某接收机的工作频率范围为 1200~1400 MHz，经过变频后中频频为 160 MHz），故其放大量和选择性容易做得高。这就解决了高放式接收机的主要矛盾，使选择性和放大量都得到了很大的改善，故在现代雷达侦察设备中超外差接收机应用的较多。

这种接收机突出的优点是灵敏度高，选择性好，主要缺点是作为宽波段频率搜索接收机时，响应时间较慢，而且不可避免地存在着中频和镜频频率等干扰，这将在下一节和有关章节中讨论，并且必须在接收机的设计中加以解决。

§ 1-3 雷达侦察接收机的主要质量指标

为了衡量侦察接收机性能的优劣，人们规定了许多技术参数作为接收机在电性能、工艺结构、体积重量等方面的质量指标，这里仅介绍几个主要的电性能指标，以便为后面各章节分析和提出问题奠定一定的基础。

1. 灵敏度

所谓灵敏度，它表示接收机接收微弱信号的能力。接收机接收微弱信号的能力越强则说明该接收机的灵敏度越高，也就是说，能接收的信号越微弱，其灵敏度就越高。

雷达侦察接收机的灵敏度，通常是用保证侦察机终端设备正常工作时，接收机输入端所需的最小信号功率 P_{Smin} ，或天线上所需的最小感应电动势 E_{Amin} 来表示的。

如果接收机输入端的信号功率或天线上的感应电动势小于 P_{Smin} 或 E_{Amin} ，那么终端设备就不能正常工作。

所谓正常工作，通常应满足两个条件：一个是接收机必须输出一定的功率或电压，以便推动终端设备（如用耳机时，要求输出 15 毫瓦左右的功率），因此，要求接收机具有一定的功率增益，使其能够将微弱的信号放大到终端设备所需的数值。但这还不是正常工作的充分条件，因为要保证终端设备正常工作，接收机输出端除了要有一定的输出功率或电压之外，还必须具有一定的信号噪声比，否则，也不能正常工作。这一点在日常生活中我们可以体

会得到的,例如,当周围环境很安静时,对方说话声音较小,也可以听清楚,但是,当周围环境很嘈杂时,即使对方说话声音很大,也难以听清。也就是说,在环境嘈杂的情况下,对方说话之所以听不清,是由于信号噪声比太低了。同样的道理,对于接收机来说,由于接收机在接收信号的同时,不可避免地会受到接收机外部和内部噪声的干扰。因此,当信号电平比干扰电平高得多时,加大接收机的增益就可以使接收机的灵敏度提高。但是,当信号电平和干扰电平相近时,即使加大接收机的增益也不能无限制地提高接收机的灵敏度。因为这时信号和噪声都被放大,信号仍然淹没在噪声之中,如图1-4所示。

因此,灵敏度完整的定义应是在保证一定的输出功率和信号噪声比时,接收机输入端所需的最小信号功率 P_{smin} 或天线上所需的最小感应电动势 E_{Amin} 。例如,当要求某接收机输出端的电压为20V,输出信号噪声比为3:1时,终端设备就能正常工作,这时接收机输入端所需的最小信号功率为 10^{-10} 瓦,则该接收机的灵敏度即为 10^{-10} 瓦。

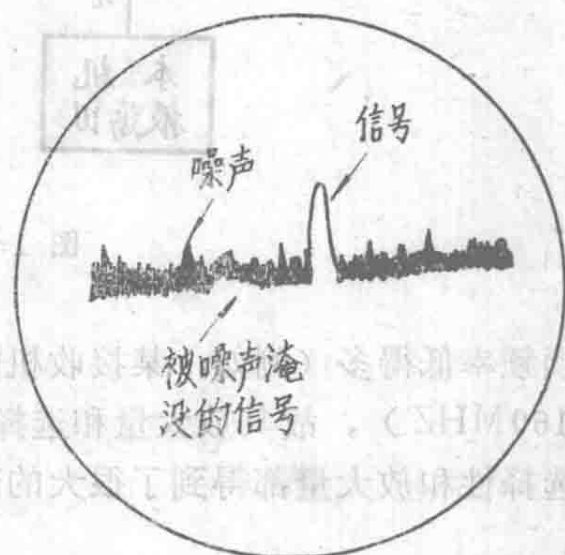


图1-4 存在噪声时频率显示器上的信号和噪声

2. 选择性

上面已经指出,接收机一个很重要的作用是把混杂在各种干扰中的信号选择出来,而选择性这个指标就是用来表示接收机选择信号抑制干扰的能力的。

随着雷达技术的发展和广泛应用,各种频率的雷达不断增加,频率越来越拥挤,尤其是在船舰,基地和靶场,频率拥挤现象更为严重,因此,提高雷达侦察接收机的选择性和抗干扰性问题更为重要,这是设计现代侦察接收机必须解决的问题之一。

由于接收机的选择性是针对抑制干扰而言的,而干扰的情况又十分复杂,其中有位于信号频率附近的邻频干扰,有特定频率上的组合干扰等等。而且对于不同频率的干扰对选择性要求又是不同的,因此,选择性指标的名目繁多,这里就不一一列举了,这里仅对最基本的两种干扰的选择性指标作一介绍。

(1) 矩形系数

当接收机的通频带一定时,为了提高接收机的选择性,我们希望谐振曲线的边缘尽量陡峭,即曲线接近于矩形,如图1-5所示,这样,可对邻频干扰进行更好的抑制,所以常用矩形系数 K_{ra} 表示接收机对邻频干扰的抑制能力,所谓矩形系数定义如下:

$$K_{ra} = \frac{B_a}{B}$$

式中, B 为半功率电平带宽;

B_a 为任意电平带宽;

对于理想矩形, $K_{ra}=1$ 。实际上,谐振曲线的矩形系数总是大于1的,所以矩形系数越接近于1,说明谐振曲线越接近于矩形,对邻频干扰的抑制能力越强。

(2) 抗拒比 (或抑制比)

如果接收机的谐振曲线如图 1-6 所示, 对于信号频率 f_s 的增益为 G_{v0} , 对于干扰频率 f_n 的增益为 G_{vn} , 那么, 我们就可以用比值 $\frac{G_{v0}}{G_{vn}}$ 表示接收机对于干扰频率 f_n 的抑制能力, 将该比值称为对该干扰的抗拒比 (或抑制比), 并且用 d 来表示。若以分贝为单位, 则

$$d_{db} = 20 \lg \frac{G_{v0}}{G_{vn}} \quad (db)$$

如 $G_{v0} = 100$, $G_{vn} = 1$, 则 $d = 100$ 或 $d_{db} = 40db$ 。

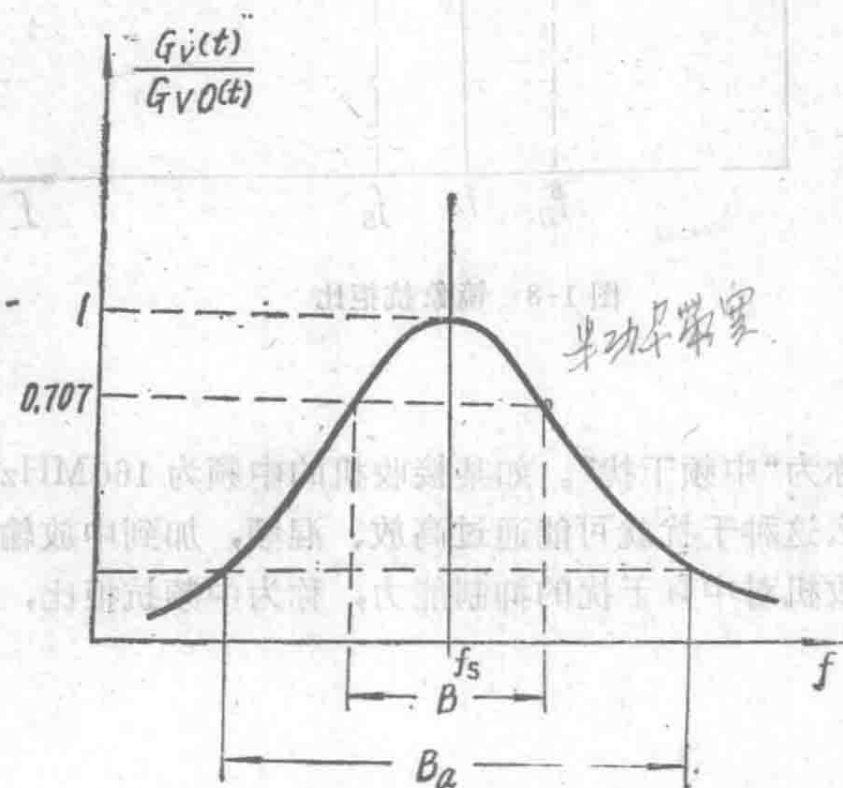


图 1-5 矩形系数

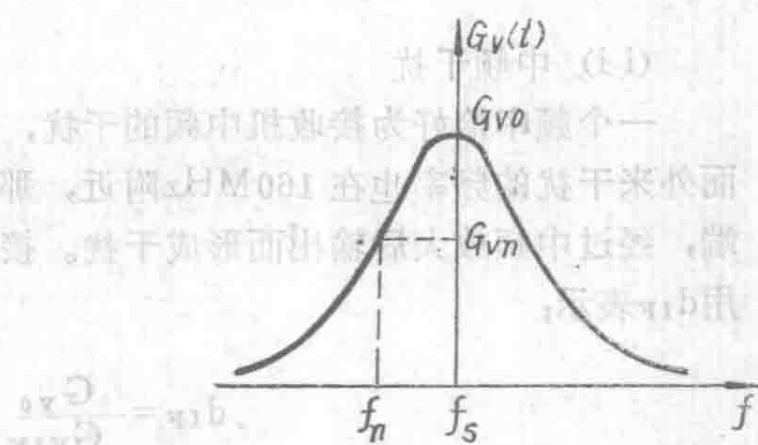


图 1-6 谐振曲线

对于超外差接收机而言, 通常存在着许多特殊的干扰, 这是由超外差式接收机的工作原理所决定的, 这里先介绍两种最基本的干扰:

(i) 镜象干扰

干扰频率 f_n 和信号频率 f_s 与本振频率 f_L 成镜象关系的干扰, 称为“镜象干扰”, 如图 1-7 所示。因此, 当接收机的中频频率 f_I 为信号频率 f_s 与本振频率 f_L 之差 (即 $f_I = f_s - f_L$) 时, 若有一频率比本振频率低一中频的干扰信号 (即 $f_n = f_L - f_I$), 加到混频器输入端, 那么, 在混频器中也会产生变频作用, 通过中频系统而输出, 形成镜象干扰。例如, 某接收机中频为 160MHz, 且规定本振频率比信号频率低一中频。当本振频率为 1240MHz, 若有一频率为 1080MHz 干扰加到混频器的输入端, 那么, 在混频器的输出端亦可以得到一中频信号输出, 即镜象干扰。

接收机对镜象干扰的抑制能力通常用镜象抗拒比 d_{IM} 表示, 如图 1-8 所示; 镜象抗拒比的定义如下:

$$d_{IM} = \frac{G_{v0}}{G_{vn}}$$

式中: G_{v0} 为接收机对信号频率的增益;

G_{vn} 为接收机对镜象频率的增益。通常要求镜象抗拒比大于60db。

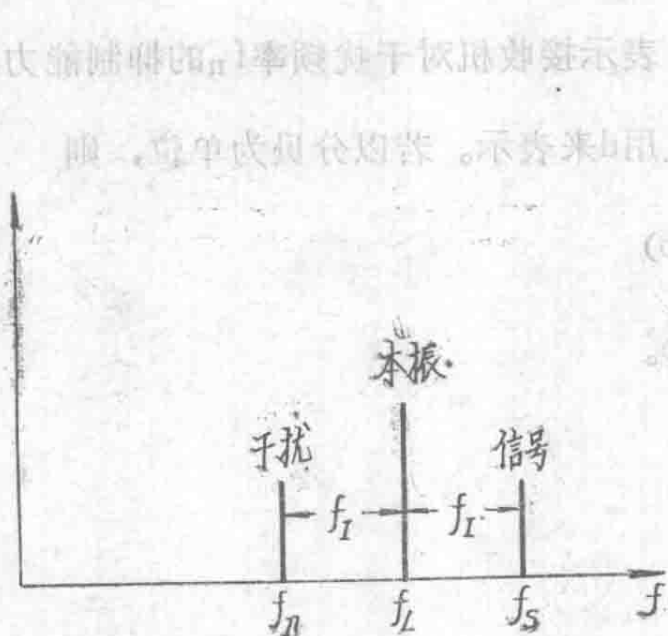


图 1-7 镜象干扰

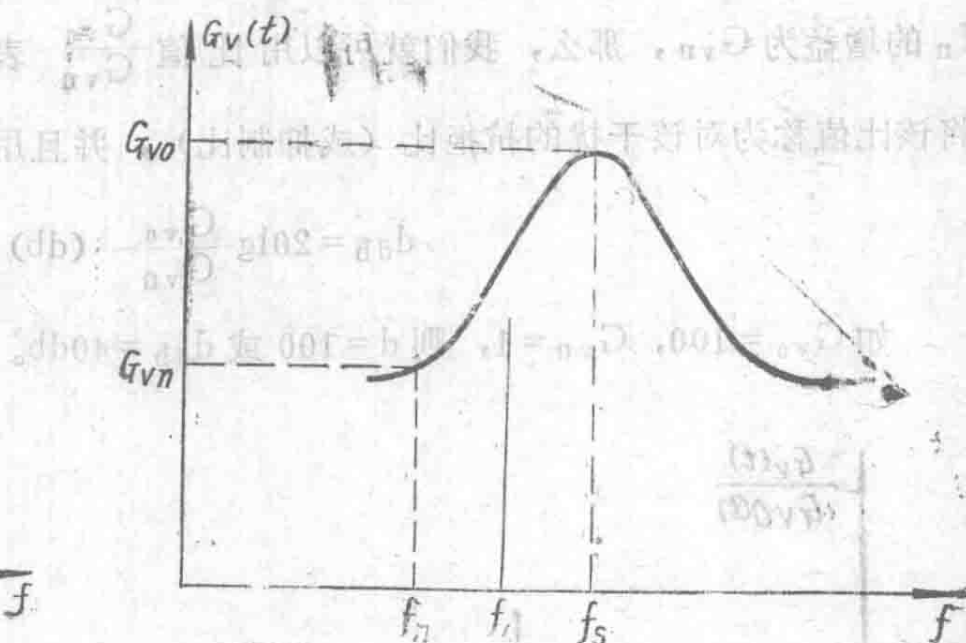


图 1-8 镜象抗拒比

(i i) 中频干扰

一个频率恰好为接收机中频的干扰，称为“中频干扰”。如某接收机的中频为160MHz，而外来干扰的频率也在160MHz附近，那么这种干扰就可能通过高放、混频，加到中放输入端，经过中频放大后输出而形成干扰。接收机对中频干扰的抑制能力，称为中频抗拒比，且用 d_{IF} 表示：

$$d_{IF} = \frac{G_{v0}}{G_{vIF}}$$

式中： G_{v0} 为接收机对信号频率的增益；

G_{vIF} 为接收机对中频干扰的增益。

通常要求中频抗拒比大于60db。

3. 波形失真

波形失真表示接收机输出信号波形与输入高频信号包络波形的失真程度。

(a) 雷达侦察接收机输入端的雷达高频脉冲波形及其能量频谱如图1-9(a)所示，输出视频脉冲的波形及其能量频谱如图1-9(b)所示。

通过频谱分析可知，一个矩形脉冲调制的高频脉冲，其能量频谱分布在频率从0到 ∞ 的区间内，但绝大部分能量（大约90%）分布在载波频率 f_0 附近，宽度为 $\frac{2}{\tau}$ 的频率范围内。

同理，一个矩形视频脉冲的能量频谱分布在频率从0到 ∞ 区间内，但绝大部分能量分布在（大约90%）0到 $\frac{1}{\tau}$ 的频率范围内。

如果接收机的通频带为无穷大，能使所有的能量频谱分量都能通过，那么就不会产生波形失真，但实际上，接收机的通频带不可能为无限宽，因此，就有一部分频谱分量的能量不能通过接收机，从而使接收机输出信号的波形产生失真，如图1-10所示。

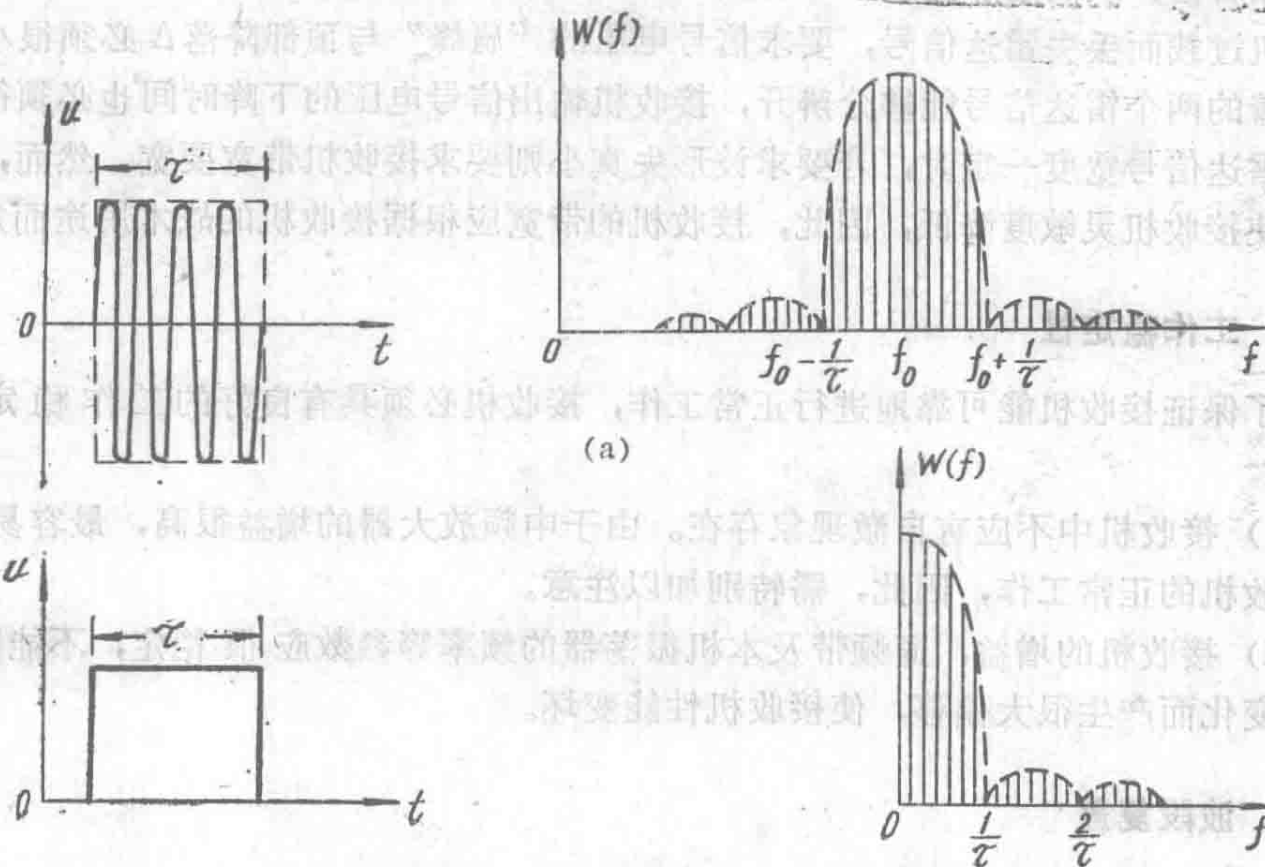


图 1-9 脉冲波形及其频谱图

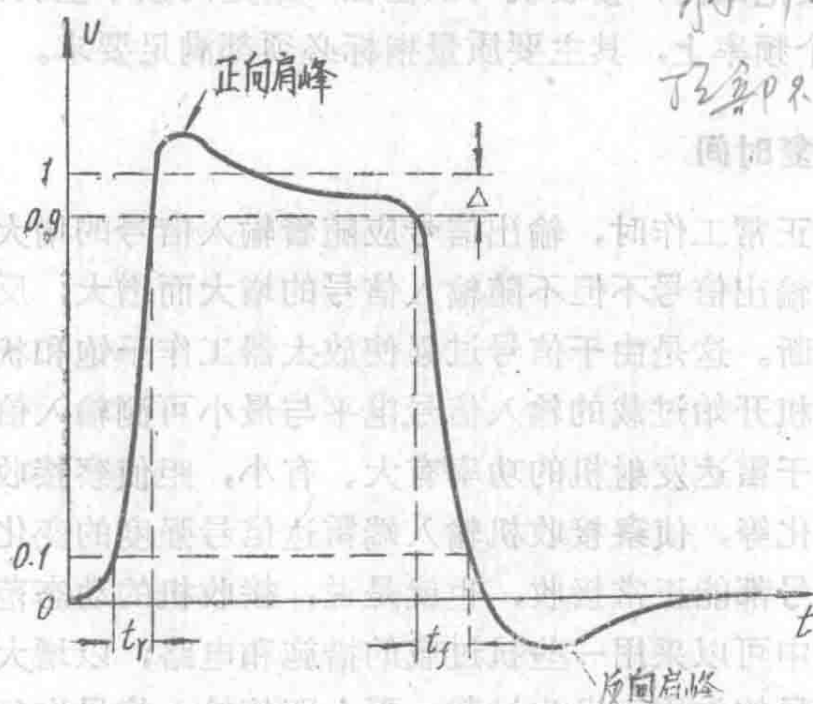


图 1-10 接收机输出波形的失真

从图1-10可以看出，接收机输出脉冲的波形已经产生了变形，这种变形称为波形失真。通常可产生的波形失真有：

- (1) 脉冲前沿和后沿不再陡直，而有一定的建立时间。
- (2) 脉冲顶部不再是平坦的，出现了顶部降落 Δ ，而且在脉冲前沿产生超过稳定值的“肩峰”，脉冲后沿产生反向的“肩峰”。

通常雷达脉冲信号的宽度都是很窄的（一般不超过十几微秒），如果接收机的波形失真很大，如接收机输出脉冲电压的上升时间 t_r 和下降时间 t_f 很长，那么就不能精确地确定脉冲

的前沿和后沿,从而增加测量脉冲参数(如脉冲宽度,重复周期等)的误差。同样,为了防止接收机过载而丢失雷达信号,要求信号电压的“肩峰”与顶部降落 Δ 必须很小。另外,要使紧挨着的两个雷达信号能够分辨开,接收机输出信号电压的下降时间也必须很小。

当雷达信号宽度一定时,若要求波形失真小则要求接收机带宽要宽。然而,接收机带宽太宽会使接收机灵敏度降低,因此,接收机的带宽应根据接收机的战术用途而定。

4. 工作稳定性

为了保证接收机能可靠地进行正常工作,接收机必须具有良好的工作稳定性,这就要求:

(i) 接收机中不应有自激现象存在。由于中频放大器的增益很高,最容易产生自激而破坏接收机的正常工作,因此,需特别加以注意。

(ii) 接收机的增益,通频带及本机振荡器的频率等参数应很稳定,不能因温度,电源电压等变化而产生很大偏移,使接收机性能变坏。

5. 波段复盖

一部侦察接收机的频率范围通常是很宽的,如从 $30\text{MHz}\sim 10750\text{MHz}$ 。在这样宽的频率范围内,必须划分波段,那么究竟分几个波段,则要根据具体情况而定,但必须满足波段复盖的要求:

(i) 在给定的波段范围内,接收机可以在任一给定的频率上调谐。

(ii) 调谐到任一频率上,其主要质量指标都必须满足要求。

6. 动态范围与恢复时间

大家知道,接收机正常工作时,输出信号应随着输入信号的增大而增大。但是当输入信号增大到某一电平时,输出信号不但不随输入信号的增大而增大,反而会随之而减小,甚至会使接收机工作暂时中断。这是由于信号过强使放大器工作于饱和状态所造成的,这种现象称为“过载”。使接收机开始过载的输入信号电平与最小可测输入信号电平的比值称为“接收机的动态范围”。由于雷达发射机的功率有大、有小,距侦察接收机的距离有远、有近,以及雷达天线增益的变化等,侦察接收机输入端雷达信号强度的变化范围是很大的。所以接收机应保证对强、弱信号都能正常接收,也就是说,接收机的动态范围应大。为了获得大的动态范围,侦察接收机中可以采用一些抗过载的措施和电路,以增大接收机的动态范围。

如果接收机在强信号的作用下发生过载,那么即使输入信号恢复到正常值,接收机也不能立即恢复正常工作,而需要经过一段时间之后才能恢复正常工作,这段时间称为接收机的“恢复时间”。若要接收紧跟在强信号之后的微弱信号,则要求接收机的恢复时间必须很短,否则就会丢失微弱信号。

除了上述指标外,还有许多其它指标,这些指标以后结合具体内容进行分析,这里不再一一赘述。

第二章 检波器

§ 2-1 检波器的作用及其工作原理

2-1-1 检波器的作用和分类

在雷达、通信以及无线电设备中，为了有效地将有用信号（如视频脉冲，音频信号，起伏噪声等调制信号）发送出去，是不能直接利用调制信号发送的。只有把调制信号调制到射频信号上，利用射频信号才能有效地发送出去。因此，在发送有用信号前，必须在发射设备中用有用信号去调制一个射频信号，使射频信号的某一参数（如振幅，频率、相位）随调制信号的变化而变化，也就是说使射频信号具有有用信号的信息，这就是通常所说的“调制”。这样，在无线电接收设备中要再现有用信号，就必须有一个和调制相反的过程，把调制信号从射频信号上取下来，这个过程称为“解调”，完成解调过程的设备叫“解调器”或“检波器”。

因此，检波器是无线电接收设备中不可缺少的一个组成部分。例如，在收音机和电视机中，若不用检波器取出音频信号和图象信号，那么，扬声器和显象管不能正常工作，就不能听到声音和看到图象。

雷达侦察接收设备也是一样，它所接收的是雷达发射出来的射频脉冲信号，为了把射频脉冲信号变成便于显示或用计算机进行数据处理的视频脉冲信号，也必须对射频脉冲信号进行检波，所以检波器也是雷达侦察接收设备不可缺少的基本组成单元之一。

此外，在许多无线电测量仪器中也广泛应用检波器，例如，常用的晶体管（或真空管）高频电压表，就是先用检波器把等幅的交流信号电压变换成直流电压，然后经过放大再用直

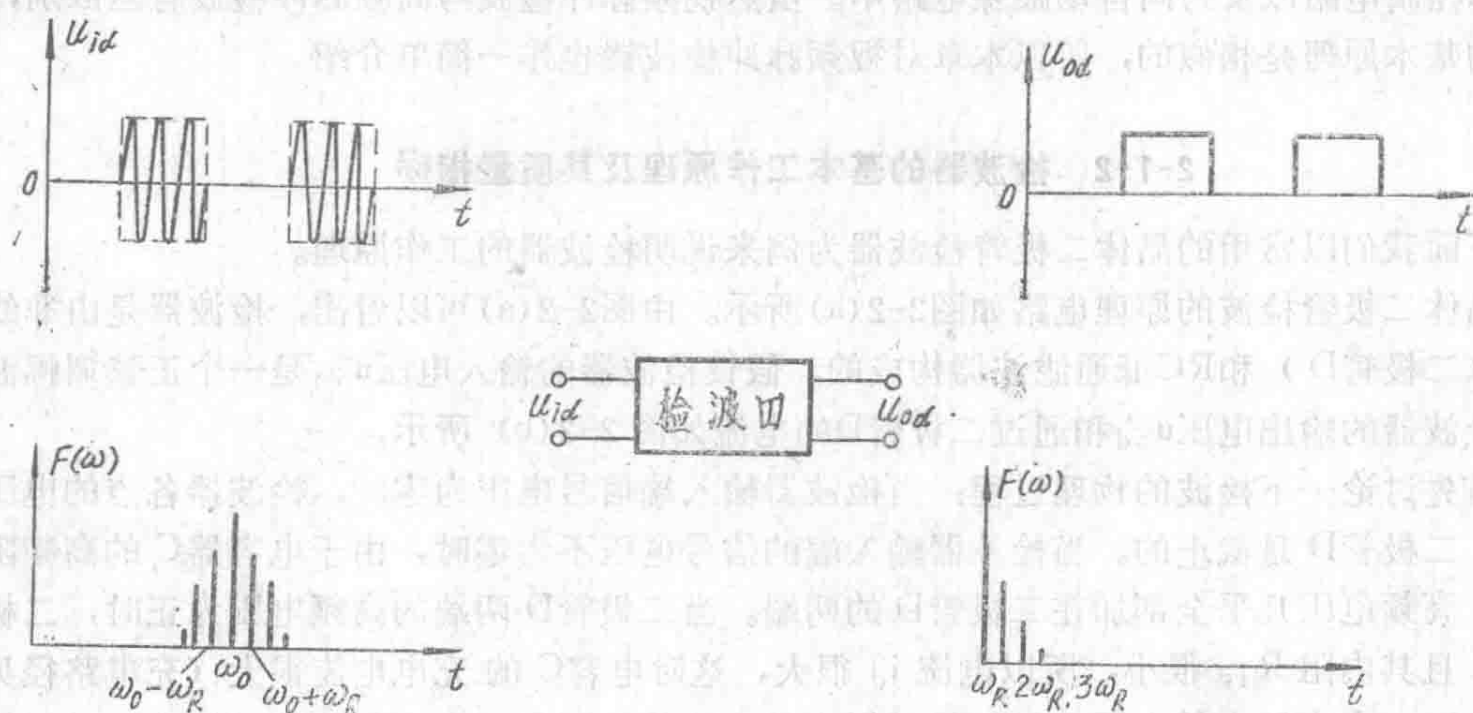


图 2-1 检波器的输入输出波形及其频谱

流电压表头指示出来。总之,凡是需要从被调制的射频信号上取下原来的调制信号,或者在一切需要把高频信号变成直流信号的场合都要采用检波器。

检波器的作用可用图 2-1 来说明。图中分别示出了检波器输入端和输出端各点的电压波形及其频谱。

由图可见,已调波通过检波后,除了波形发生变换外,其频谱也要发生变换,信号的“调制”和“解调”就是利用这种频谱变换过程实现的。从以上讨论可以得出下列结论:检波器必须有一个非线性元件和一个低通滤波器。非线性元件的作用是进行频率变换,而低通滤波器的作用是取出检波后的低频分量,而把高频分量滤掉使之不能加到后面各级去,引起不稳定性。

所谓“非线性元件”是指其参量随外加电压或电流的变化而变化的元件,晶体管和电子管都可以用作非线性元件。在检波器中一般采用晶体二极管(或真空二极管)作为非线性元件,有时也用晶体三极管(或真空三极管、多极管)。因为晶体二极管检波器线路简单,体积小,重量轻,耗电省、故应用很广,因此本章仅介绍晶体二极管检波器。

检波器可根据输入信号的形式(连续波或脉冲波)、大小及调制方式进行分类:

(1) 按调制方式可分:振幅检波(习惯上简称“检波”);

频率检波(鉴频器);

相位检波(鉴相器)。

(2) 按信号形式可分:脉冲检波;

连续波检波。

(3) 按信号大小可分:大信号(伏特级)检波;

小信号(毫伏级)检波。

振幅检波、频率检波、相位检波是与信号的调幅、调频和调相对应解调过程。在雷达侦察接收机中,振幅检波用得最多,而且频率和相位检波是在振幅检波的基础上发展起来的。所以,本章仅介绍振幅检波,而将频率和相位检波放在有关章节介绍。

此外,在雷达侦察接收机中还会用到视频脉冲检波,它主要应用在自动增益控制电路和自动频率控制电路以及方向自动跟踪电路中。虽然视频脉冲检波与高频脉冲检波有些区别,但它们的基本原理是相似的,所以本章对视频脉冲检波器也作一简单介绍。

2-1-2 检波器的基本工作原理及其质量指标

下面我们以常用的晶体二极管检波器为例来说明检波器的工作原理。

晶体二极管检波的原理电路如图 2-2(a) 所示。由图 2-2(a) 可以看出,检波器是由非线性元件(二极管 D) 和 RC 低通滤波器构成的。假设检波器的输入电压 u_{id} 是一个正弦调幅波,这时检波器的输出电压 u_{od} 和通过二极管 D 的电流如图 2-2(b) 所示。

首先讨论一下检波的物理过程:当检波器输入端信号电压为零时,检波器各点的电压都为零,二极管 D 是截止的。当检波器输入端的信号电压不为零时,由于电容器 C 的高频阻抗很小,高频电压几乎全部加在二极管 D 的两端。当二极管 D 两端的高频电压为正时,二极管导通,且其内阻 R_{id} 很小,所以电流 i_d 很大,这时电容 C 的充电电流很大(充电路径见图 2-2(a)),电容器上的电压在很短的时间内就充到接近于高频电压的峰值。该电压对二极管 D 来说是反向的,因此,二极管处于导通状态还是截止状态,决定于电容器上的充电电压与