



徐四益 主编

收录机 电声器件原

收录机、扩音机、电声器件原理与维修

徐 四 益 主编

西北工业大学出版社

1989年7月 西安

收录机扩音机电声器件原理与维修

主 编 徐四益

责任编辑 孙华荃

责任校对 刘彦信

西北工业大学出版社出版

(西安市友谊西路127号)

陕西省新华书店经销

西安市国营雁塔印刷厂印装

ISBN 7-5612-0230-X/TN·8

开本787×1092毫米 1/16 12.125印张 8插页 291千字

1989年7月第1版 1989年7月第1次印刷

印数: 1—5000册 定价: 4.80元

前 言

随着电子技术的迅速发展,立体声调幅/调频收录机、立体声设备和高传真放音设备陆续出现,受到了广大群众的喜爱。许多无线电爱好者,迫切希望掌握它的原理与维修。当前,中等教育结构的改革,职业高中、职业培训有了很大的发展。为了适应这一变化,一些高等院校也开设了这部分课程。根据他们的要求,西安师范专科学校,天津师范大学、四川轻化工学院、西安邮电学院等院校的副教授、高级实验师、讲师共同编写了这本书。本书突出基础与实用,内容全面系统,介绍深入浅出。除作为维修人员、广大收录机、扩音机用户及无线电爱好者阅读参考外,也适合作为高等学校、家电培训、职业教育的教材。

本书共分六章,书中把分立元件电路作为集成功能单元电路来处理,以新为主。首先介绍了调幅、调频制,立体声发送与接收原理,然后全面介绍了收录机录放原理、机械结构和传动原理、调试测量、故障分析和维修技术,并对进口立体声调频收录机、国产收录机进行了整机分析;介绍了收音机、扩音机、收录机中常用的OTL、OCL、BTL、DC等型式的低频放大电路,以及由它们组成的立体扩音机;还讲述了扩音机与扬声器的配接,最后介绍了电声器件、音箱设计、性能指标、维修方法。

本书编写之前,在山西运城召开了编写大纲讨论会,陕西省物理学会理事、副教授邹士杰同志参加了会议并提出了宝贵意见,1988年8月在哈尔滨师范大学进行了统稿工作。

本书第一、二章由王学勤同志编写;第三章由徐四益同志编写;第四章由张子珍同志编写;第五章第1—5节由徐四益同志编写,第6节由李玉兰同志编写;第六章由黄树忠同志编写。徐四益副教授担任主编进行了全书的统稿、修改、定稿和组织工作。

在编写和出版过程中,王学勤同志对部分章节进行了修改,还作了大量的工作,李玉兰同志为本书绘制了全部插图并审图。

由于编者水平有限,书中一定有错误和不妥之处,请试用本书的读者提出宝贵的意见。

编 者

1989年4月

编委：王学勤、张子珍、黄树忠、李玉兰

1997, 1998, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021, 2022, 2023, 2024, 2025, 2026, 2027, 2028, 2029, 2030, 2031, 2032, 2033, 2034, 2035, 2036, 2037, 2038, 2039, 2040, 2041, 2042, 2043, 2044, 2045, 2046, 2047, 2048, 2049, 2050, 2051, 2052, 2053, 2054, 2055, 2056, 2057, 2058, 2059, 2060, 2061, 2062, 2063, 2064, 2065, 2066, 2067, 2068, 2069, 2070, 2071, 2072, 2073, 2074, 2075, 2076, 2077, 2078, 2079, 2080, 2081, 2082, 2083, 2084, 2085, 2086, 2087, 2088, 2089, 2090, 2091, 2092, 2093, 2094, 2095, 2096, 2097, 2098, 2099, 2100, 2101, 2102, 2103, 2104, 2105, 2106, 2107, 2108, 2109, 2110, 2111, 2112, 2113, 2114, 2115, 2116, 2117, 2118, 2119, 2120, 2121, 2122, 2123, 2124, 2125, 2126, 2127, 2128, 2129, 2130, 2131, 2132, 2133, 2134, 2135, 2136, 2137, 2138, 2139, 2140, 2141, 2142, 2143, 2144, 2145, 2146, 2147, 2148, 2149, 2150, 2151, 2152, 2153, 2154, 2155, 2156, 2157, 2158, 2159, 2160, 2161, 2162, 2163, 2164, 2165, 2166, 2167, 2168, 2169, 2170, 2171, 2172, 2173, 2174, 2175, 2176, 2177, 2178, 2179, 2180, 2181, 2182, 2183, 2184, 2185, 2186, 2187, 2188, 2189, 2190, 2191, 2192, 2193, 2194, 2195, 2196, 2197, 2198, 2199, 2200, 2201, 2202, 2203, 2204, 2205, 2206, 2207, 2208, 2209, 2210, 2211, 2212, 2213, 2214, 2215, 2216, 2217, 2218, 2219, 2220, 2221, 2222, 2223, 2224, 2225, 2226, 2227, 2228, 2229, 2230, 2231, 2232, 2233, 2234, 2235, 2236, 2237, 2238, 2239, 2240, 2241, 2242, 2243, 2244, 2245, 2246, 2247, 2248, 2249, 2250, 2251, 2252, 2253, 2254, 2255, 2256, 2257, 2258, 2259, 2260, 2261, 2262, 2263, 2264, 2265, 2266, 2267, 2268, 2269, 2270, 2271, 2272, 2273, 2274, 2275, 2276, 2277, 2278, 2279, 2280, 2281, 2282, 2283, 2284, 2285, 2286, 2287, 2288, 2289, 2290, 2291, 2292, 2293, 2294, 2295, 2296, 2297, 2298, 2299, 2300, 2301, 2302, 2303, 2304, 2305, 2306, 2307, 2308, 2309, 2310, 2311, 2312, 2313, 2314, 2315, 2316, 2317, 2318, 2319, 2320, 2321, 2322, 2323, 2324, 2325, 2326, 2327, 2328, 2329, 2330, 2331, 2332, 2333, 2334, 2335, 2336, 2337, 2338, 2339, 2340, 2341, 2342, 2343, 2344, 2345, 2346, 2347, 2348, 2349, 2350, 2351, 2352, 2353, 2354, 2355, 2356, 2357, 2358, 2359, 2360, 2361, 2362, 2363, 2364, 2365, 2366, 2367, 2368, 2369, 2370, 2371, 2372, 2373, 2374, 2375, 2376, 2377, 2378, 2379, 2380, 2381, 2382, 2383, 2384, 2385, 2386, 2387, 2388, 2389, 2390, 2391, 2392, 2393, 2394, 2395, 2396, 2397, 2398, 2399, 2400, 2401, 2402, 2403, 2404, 2405, 2406, 2407, 2408, 2409, 2410, 2411, 2412, 2413, 2414, 2415, 2416, 2417, 2418, 2419, 2420, 2421, 2422, 2423, 2424, 2425, 2426, 2427, 2428, 2429, 2430, 2431, 2432, 2433, 2434, 2435, 2436, 2437, 2438, 2439, 2440, 2441, 2442, 2443, 2444, 2445, 2446, 2447, 2448, 2449, 2450, 2451, 2452, 2453, 2454, 2455, 2456, 2457, 2458, 2459, 2460, 2461, 2462, 2463, 2464, 2465, 2466, 2467, 2468, 2469, 2470, 2471, 2472, 2473, 2474, 2475, 2476, 2477, 2478, 2479, 2480, 2481, 2482, 2483, 2484, 2485, 2486, 2487, 2488, 2489, 2490, 2491, 2492, 2493, 2494, 2495, 2496, 2497, 2498, 2499, 2500, 2501, 2502, 2503, 2504, 2505, 2506, 2507, 2508, 2509, 2510, 2511, 2512, 2513, 2514, 2515, 2516, 2517, 2518, 2519, 2520, 2521, 2522, 2523, 2524, 2525, 2526, 2527, 2528, 2529, 2530, 2531, 2532, 2533, 2534, 2535, 2536, 2537, 2538, 2539, 2540, 2541, 2542, 2543, 2544, 2545, 2546, 2547, 2548, 2549, 2550, 2551, 2552, 2553, 2554, 2555, 2556, 2557, 2558, 2559, 2560, 2561, 2562, 2563, 2564, 2565, 2566, 2567, 2568, 2569, 2570, 2571, 2572, 2573, 2574, 2575, 2576, 2577, 2578, 2579, 2580, 2581, 2582, 2583, 2584, 2585, 2586, 2587, 2588, 2589, 2590, 2591, 2592, 2593, 2594, 2595, 2596, 2597, 2598, 2599, 2600, 2601, 2602, 2603, 2604, 2605, 2606, 2607, 2608, 2609, 2610, 2611, 2612, 2613, 2614, 2615, 2616, 2617, 2618, 2619, 2620, 2621, 2622, 2623, 2624, 2625, 2626, 2627, 2628, 2629, 2630, 2631, 2632, 2633, 2634, 2635, 2636, 2637, 2638, 2639, 2640, 2641, 2642, 2643, 2644, 2645, 2646, 2647, 2648, 2649, 2650, 2651, 2652, 2653, 2654, 2655, 2656, 2657, 2658, 2659, 2660, 2661, 2662, 2663, 2664, 2665, 2666, 2667, 2668, 2669, 2670, 2671, 2672, 2673, 2674, 2675, 2676, 2677, 2678, 26

1. 在 1949 年以前，中国农村经济处于半封建半殖民地状态，农村生产力水平低下，农村经济结构单一，农村经济基础薄弱。新中国成立后，农村经济开始向现代化迈进，农村生产力水平不断提高，农村经济结构日益多元化，农村经济基础日益巩固。

目 录

第一章 振幅调制与解调电路

§ 1.1 概述	1
1.1.1 调制及解调的必要性	1
1.1.2 调制的意义	1
1.1.3 调幅的几种方式	2
§ 1.2 调幅波的性质	2
1.2.1 调幅波的波形	2
1.2.2 调幅波的数学表达式	3
1.2.3 调幅波的频谱图	4
1.2.4 调幅波的矢量图	5
1.2.5 调幅波中的功率关系	5
§ 1.3 调幅波的产生原理	6
§ 1.4 高电平调幅电路	8
1.4.1 基极调幅电路	9
1.4.2 发射极调幅电路	9
1.4.3 集电极调幅电路	10
§ 1.5 残留边带调幅	12
1.5.1 残留边带调幅方式	12
1.5.2 调制极性的选择	13
1.5.3 图像信号的调制方法	14
§ 1.6 调幅信号的解调	15
1.6.1 检波器概述	15
1.6.2 小信号平方律检波	16
1.6.3 大信号峰值包络检波	17

第二章 频率调制与解调电路

§ 2.1 概述	21
§ 2.2 调频波的性质	21
2.2.1 瞬时频率和瞬时相位的关系	21
2.2.2 调频波和调相波的基本性质	22
§ 2.3 调频原理	22
2.3.1 调频信号的特点	23
2.3.2 调频广播	25
§ 2.4 调频信号的产生	26

2·4·1 直接调频	26
2·4·2 间接调频	27
2·4·3 常用的直接调频电路	27
§ 2·5 调频立体声原理	30
2·5·1 调频立体声广播制式	30
2·5·2 导频制立体声复合信号特点	32
2·5·3 导频制调频立体声的发送	38
§ 2·6 调频信号的解调	40
2·6·1 斜率鉴频器	40
2·6·2 相位鉴频器	40
2·6·3 比例鉴频器	42
§ 2·7 调频立体声解调器	43
第三章 晶体管超外差式收音机	48
§ 3·1 电路工作原理	48
3·1·1 输入电路	48
3·1·2 变频级	49
3·1·3 中频放大器	51
3·1·4 检波器与自动音量控制电路	52
3·1·5 超外差式收音机整机分析	53
§ 3·2 晶体管超外差式收音机的调试	54
3·2·1 工作点的调试	55
3·2·2 频率范围的调试	55
3·2·3 跟踪统调	55
§ 3·3 晶体管收音机的检修	56
3·3·1 检修的一般方法	56
3·3·2 无声故障的检修	57
3·3·3 啸叫、噪声故障检修	58
3·3·4 失真、选择性变坏、灵敏度低故障的检修	59
§ 3·4 集成电路收音机	59
§ 3·5 调频收音机电路	62
第四章 录音机原理与收录机的整机分析	68
§ 4·1 盒式录音机的结构、磁头和磁带	68
4·1·1 盒式录音机的结构	68
4·1·2 盒式录音机的磁头	68
4·1·3 盒式磁带的构造及磁化特性	70
§ 4·2 录音、放音和抹音基本原理	71
4·2·1 录音基本原理	71
4·2·2 放音基本原理	75

4.2.3 抹音基本原理	75
§ 4.3 录放音电路	76
4.3.1 盒式机录放音电路的组成	76
4.3.2 录音电路	76
4.3.3 放音电路	90
§ 4.4 盒式录音机的驱动机构	92
4.4.1 驱动机构的基本组成	92
4.4.2 主驱动机构	94
4.4.3 录放音收带及快速走带原理	96
4.4.4 附属机构	98
4.4.5 盒式录音机的直流电机	102
§ 4.5 立体声收录机电路	106
4.5.1 立体声定位原理	106
4.5.2 立体声接收	106
4.5.3 立体声解调器实际电路	107
4.5.4 立体声展宽电路	110
§ 4.6 盒式录音机整机电路分析	111
4.6.1 上海L—316型录音机电路分析	112
4.6.2 三洋M9930K立体声收录机电路分析	114
4.6.3 单片录音机集成电路	116
第五章 扩音机及与扬声器配接	118
§ 5.1 扩音机的分类	118
5.2 晶体管扩音机分析	118
§ 5.3 晶体管扩音机故障检修	121
5.3.1 扩音机常见故障检修	121
5.3.2 电源部分的故障	122
§ 5.4 OTL OCL 扩音机	123
5.4.1 具有输入变压器倒相式OTL电路	123
5.4.2 C—E倒相式OTL电路	123
5.4.3 互补对称式OTL电路	124
5.4.4 OCL电路	124
5.4.5 BTL电路	125
§ 5.5 OCL OTL扩音机整机分析	126
5.5.1 20W×2立体声OCL扩音机	126
5.5.2 3W集成电路OTL扩音机	128
§ 5.6 扩音机与扬声器的配接	129
5.6.1 配接器件的基本特性	129
5.6.2 定阻抗式扩音机和喇叭配接	132

5·6·3 定阻抗式扩音机和喇叭的间接配接	134
5·6·4 定电压式扩音机和喇叭配接	135
第六章 电声器件	138
§ 6·1 传声器	138
6·1·1 传声器的分类	138
6·1·2 几种传声器的结构和工作原理	140
6·1·3 传声器的电气性能指标	143
6·1·4 传声器的选择与使用	144
6·1·5 传声器的维护与修理	146
§ 6·2 电唱机	147
6·2·1 电唱机的分类及主要技术指标	147
6·2·2 电唱机的结构	150
6·2·3 电唱机的使用与维修	154
§ 6·3 扬声器	155
6·3·1 扬声器分类、构造和工作原理	155
6·3·2 几种类型扬声器的电气性能指标	160
6·3·3 扬声器箱	165
6·3·4 扬声器的使用	177
6·3·5 扬声器的修理	178
参考文献	180

第一章 振幅调制与解调电路

§ 1.1 概 述

在信息社会里,信息的传输已成为当今人类生活中最重要的内容之一。而传输信息的方法很多。自从无线电发明以来,利用无线电技术达到信息传输的目的早已在人类生活中占有不可忽视的地位。比如,无线电通信、广播、电视、雷达、导航、遥控遥测等等,无一不是利用无线电技术传输各种不同信息的一种方式。

信息往往是不能直接用来在电路中传输的,必须把原始的信息转换为相对应的电信号后,方能在电路中传输。例如,人们讲话时发出的声音、音乐、电视传送图像等,就不可能直接传到千里之外,更不要说遥远的宇宙太空了。要想把原始信息传送到很远的目的地,首先是变换为电信号,还必须进行调制与解调的过程。

1.1.1 调制及解调的必要性

无线电系统的特点是利用空间辐射电磁波的方式来实现传送信息的。由电磁场理论可以知道,只有当发射天线的尺寸为被辐射信号波长的十分之一以上时,信号才能有效地被辐射。这里,关键问题是要传送的信号频率或者太低(例如,语言和音乐都限于音频范围内),或者频带又很宽(例如,电视信号从零频率至6MHz)。这里都对直接采用电磁波的形式传送信号十分不利,原因是:

一、天线辐射效率问题

对低频信号,天线要有效地辐射到空间去,它的尺寸必须很大。例如,频率为1000 Hz的电磁波,其波长是300000 m,即300k m。如果采用四分之一波长的天线时,天线长度也有75000 m,相当于75k m。显而易见,制作和使用如此长的天线是难于办到的事。

二、发射与接收电路参数的变化问题

为了使发射与接收的效率,在发射机与接收机方面均采用了天线和谐振回路。而语言、音乐、图像信号的频率变化范围很大,因此天线和谐振回路的参数也一定跟着变化很宽的范围才行。显然,这在实际中难于做到。

三、信号频率的相互重叠

由于被传输的信号可能相互重叠,致使接收端无法区别。要发送的信息往往有语言、音乐、图像等。而这些信号的频率范围又基本相同或在同一频带内。如语言信号基本均包括在300至3400Hz之间。假如把它们直接辐射出去,各个发端发出的语言信号将会在空间混为一体,收信端无法区分开来。我们之所以能听到各个不同电台的节目,收看不同频道的电视,功劳应归功于对信号进行的调制。

1.1.2 调制的意义

所谓“调制”,就是把信号用来改变一个频率比信号频率大的多的高频正弦波的某一个参数,使这一参数的变化按照信号变化而变化。这个高频正弦波我们称为载波。载

波可表示为 $u_c = U_{cm} \cos(\omega_c t + \varphi)$ 它有三个参量：振幅 U_{cm} ，角频率 ω_c 和相位 φ 。只要控制其中任何一个参量均可实现调制。所以，调制就主要分为调幅、调频、调相。本章只对调幅加以讨论。

1.1.3 调幅的几种方式

调幅按照不同的方法和要求又分以下几种：

- 一、发射载频的双边带调幅、或称普通调幅；
- 二、抑制载频的双边带调幅；
- 三、单边带调幅；
- 四、残留单边带调幅；

调幅的目的是便于对传送的信息进行实现，而传送信息的目的是使对方接收到信息。在接收端，从高频已调波中恢复出调制信号的过程，称为解调也叫检波。对不同的调制方式，有其不同的解调方法。而对不同方式的调幅波，也有不同的检波方法。所以，解调与调制总是一一对应存在的。

图 1-1 表示了普通调幅的全过程。

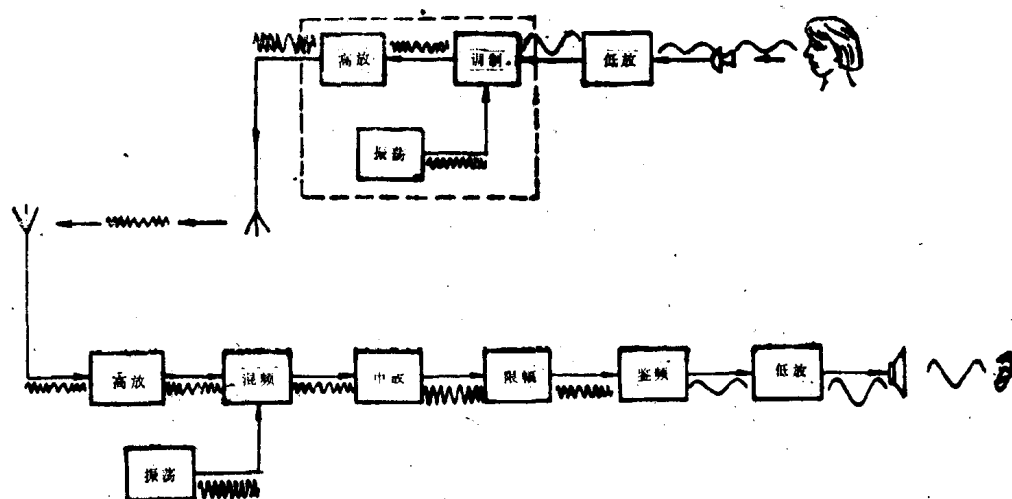


图1-1普通调幅信号的生命史

§ 1.2 调幅波的性质

1.2.1 调幅波的波形

图1-2表示调制信号是单一频率的正弦信号时已调波形成的过程。由图可以看出，调幅波是载波振幅按照调制信号的大小成线性变化的高频振荡。它的载波频率维持不变。也就是说，每一个高频波的周期是相等的。因而波形的疏密程度均匀一致，与未调制时的载波波形疏密程度相同。

(a) 调制信号 $u_\Omega = U_\Omega \cdot \cos \Omega t$

(b) 载波 $u_c = U_{cm} \cos \omega_c t$

(c) 调幅波形

为了使分析简单化,后面,均以单一频率的正弦信号作为调制信号的情况进行分析。因为,任何复杂的信号都可以分解为许多最简单的正弦分量。只要已调波能够同时包含许多不同调制频率的正弦调制信号,那么,复杂的调制信号也就能全部如实地被传送出去了。

1.2.2 调幅波的数学表达式

由波形图看出,调幅波的特点是载波振幅变化的周期与调制信号的周期相同,而振幅的变化则与调制信号的振幅成正比。

假设调制信号为:

$$u_o = U_o m \cos \Omega t$$

我们用 u_o 对载波信号

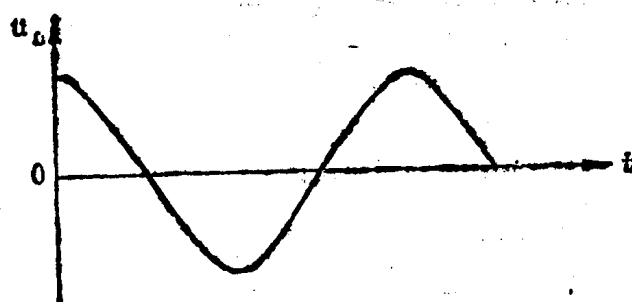
$$u_c = U_{cm} \cos \omega_c t$$

进行调幅。在理想情况下,已调波的振幅为:

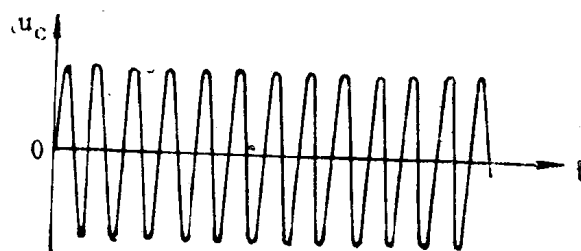
$$u_c(t) = U_{cm} + K U_o m \cos \Omega t$$

式中, K 为比例常数。

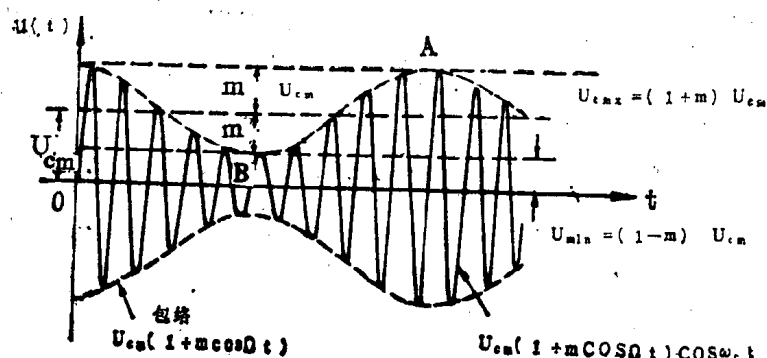
因此,已调波可用下式表示:



(a) 调制信号



(b) 载波



(c) 调幅波形

图1-2 调幅波形成(正弦调制)

$$\begin{aligned} u(t) &= U_{cm} \cos \omega_c t = (U_{cm} + K U_o m \cos \Omega t) \cos \omega_c t \\ &= U_{cm} (1 + m \cos \Omega t) \cos \omega_c t \end{aligned}$$

$$m = \frac{K U_o m}{U_{cm}} \text{ 叫做调幅指数也叫调幅度, 通常以百分数表示。}$$

数学表示式表示的波形与图1-2 (c) 图完全一致, 由此, 我们可以求得:

$$\begin{aligned} m &= \frac{\frac{1}{2}(U_{max} - U_{min})}{U_{cm}} = \frac{U_{max} - U_{min}}{U_{cm}} \\ &= \frac{U_{cm} - U_{min}}{U_{cm}} \end{aligned}$$

不难看出, m 的取值范围可自0 (未调幅) 至1 (百分之百调幅), 它的值不应该

超过1。如果一旦出现 $m > 1$ 的情况，其调幅波形变为如图1—3所示的波形。由图1—3显然可知，有一段时间振幅为零，这样，已调波的振幅变化规律已不再反映调制信号的变化规律。换句话说，已调波包络不再与调制信号的形状相一致。这就是通常所说的产生了严重的失真。因此，过量调幅必须避免。

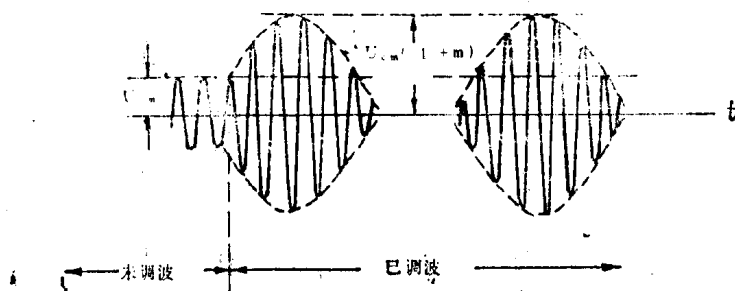


图1—3 过调幅的波形

1.2.3 调幅波的频谱

图

为了既方便又明晰地表示一个信号中包含的频率分量和各分量之间所占的大小，采用“频谱图”来表示信号分析结果。为了说明频

谱图的意义，我们可以将一个周期性信号，如图1—4所示，分解为付里叶级数后，信号的三角级数表示为：

$$f(t) = \frac{4}{\pi} \left(\sin \omega_1 t + \frac{1}{3} \sin 3\omega_1 t + \frac{1}{5} \sin 5\omega_1 t + \frac{1}{7} \sin 7\omega_1 t + \dots \right)$$

由此可见，信号中只有奇次谐波分量，不包含有偶次谐波分量。而奇次谐波的振幅为 $\frac{4}{n\pi}$ 式中 n 为奇数。现在，用一些不同长度的线段分别代表基波、三次谐波和五次谐波等等的振幅，然后将这些线段按其频率高低依次排列起来，如图1—5所示，此图称为“频谱图”。

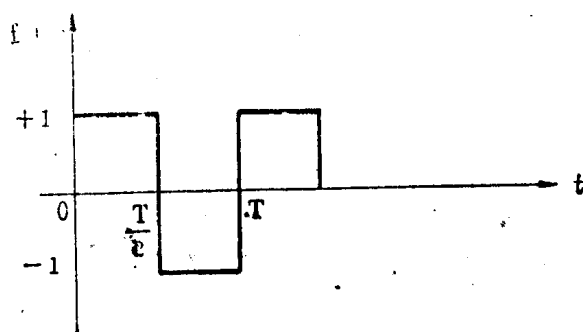


图1—4 方波

由图1—5可以看出，这种周期信号频谱图的几个特点：

第一，这种频谱由不连续的线条组成。

第二，这种频谱的每条谱线，都只出现在基波频率 ω_1 的整数倍的频率上。

第三，各条谱线的高度，即各次谐波的振幅。

由前面数学表示式可以看出，调幅已经不是一个简单的正弦波，用三角公式展开得到，

$$u(t) = U_c m \cos \omega_c t + \frac{1}{2} m U_c m \cos(\omega_c + \Omega)t + \frac{1}{2} m U_c m \cos(\omega_c - \Omega)t$$

此式说明, 由正弦波调制的调幅波, 是由三个不同的频率分量组成的, 式中第一项为载波; 第二项为上旁频; 最后一项为下旁频。显然, 后两项的两个频率是由调制产生的新频率。如把它们按其振幅与频率的关系画成频谱图, 就得到如图 (1—6) 所示的频谱图。由于 m 的最大值为 1, 因此, 边频振幅的最大值不超过载波振幅的一半。

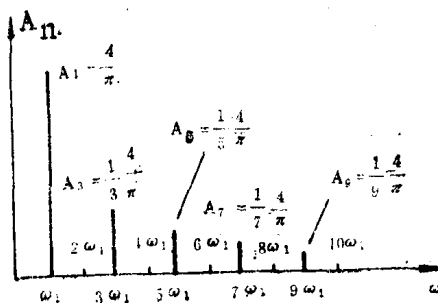


图1—5 周期性方波信号的频谱图

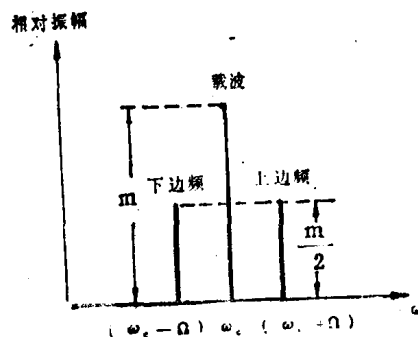


图1—6 正弦调制的调幅波频谱

实际上调幅的本质是一个频率的变换过程。或者说是频率搬移到很高的高频率上来了。

1.2.4 调幅波的矢量图

调幅波的另一种表示方法是旋转矢量图。我们知道, 一个正弦或者余弦振荡可以用旋转矢量表示。因而调幅波中的三个分量可分别由三个旋转矢量来代表, 如图1—7所示

但应注意, 这三个矢量的旋转角速度不同, 分别等于 $(\omega_c - \Omega)$, ω_c 和 $(\omega_c + \Omega)$ 。三个矢量之和在实轴上的投影构成了调幅波。由于下旁频矢量的旋转角速度比载波矢量的旋转角速度慢一个 Ω , 而上旁频则比载波快一个 Ω , 因此下旁矢量相对载波矢量以速度 Ω 按顺时针方向旋转, 上旁相对于载波则角速度 Ω 按逆时针方向旋转。三个矢量之和永远是与载波矢量的方向一致。

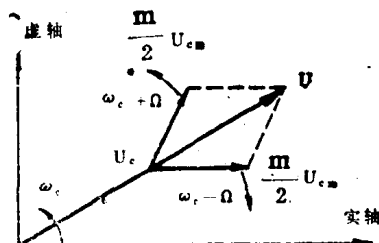


图1—7 调幅波矢量图

而大小则随调制信号而变, 所以合成矢量的旋转角速度就必然等于 ω_c

这里强调一点的是, 波形图、数学表达式、频谱图和矢量图四种不同形式的表示只是从四个不同的角度描述了同一个调幅波而已。

1.2.5 调幅波中的功率关系

了解调幅波中的功率关系对传送信号, 提高效率很重要。若仍以调制信号为单频正弦波, 负载电阻设为 R , 那么根据载波、旁频分量的幅度关系, 就可写出负载上所消耗的功率, 包括三个部分:

$$\text{载波功率} \quad P_c = \frac{1}{2} \frac{U_{cm}^2}{R}$$

$$\text{上边频功率} \quad P_1 = \frac{1}{2} \left(\frac{m}{2} U_{cm} \right)^2 \cdot \frac{1}{R} = \frac{m^2}{4} P_c$$

$$\text{下边频功率} \quad P_2 = \frac{1}{2} \left(\frac{m}{2} U_{cm} \right)^2 \cdot \frac{1}{R} = \frac{m^2}{4} P_c$$

$$\text{总边频功率} \quad P_1 + P_2 = \frac{m^2}{2} P_c$$

$$\text{载波、边频总功率} \quad P = \left(1 + \frac{m^2}{2} \right) P_c$$

§ 1.3 调幅波的产生原理

区别调幅波与迭加波，对初次接触调幅概念的读者尤为重要。初学者往往把图1—8的迭加误认为调幅波。的确，图1—2和图1—8都是由一个低频信号与一个高频信号合成的结果，但是仔细比较它们，就不难发现它们的区别。从外形看，图1—8迭加波是一条弯曲而等宽的“带子”，其中高频信号只随低频信号的变化而扭动，振幅却保持不变它的表达式是两个信号之和，即：

$$u(t) = U_{\Omega m} \cos \Omega t = U_{cm} \cos \omega_c t$$

由此可见，相加以后的波形虽然上下摆动，而幅度不变。从其频谱图显而易见，合成的信号的频谱图中没有 $\omega_c + \Omega$ 和 $\omega_c - \Omega$ 的旁频成分。所以，这不是调幅波，因此，

简单的线性相加不能产生调幅波。

如果把调制信号和载波同时加到一个非线性元件上（例如晶体二极管）经过非线性变换的作用，就可以产生新的频率分量，再利用谐振回路选出所需要的频率成分，就可实现调幅。

图1—9(a)就是按上述原则构成的电路。根据二极管的特性曲线，我们不难画出相应

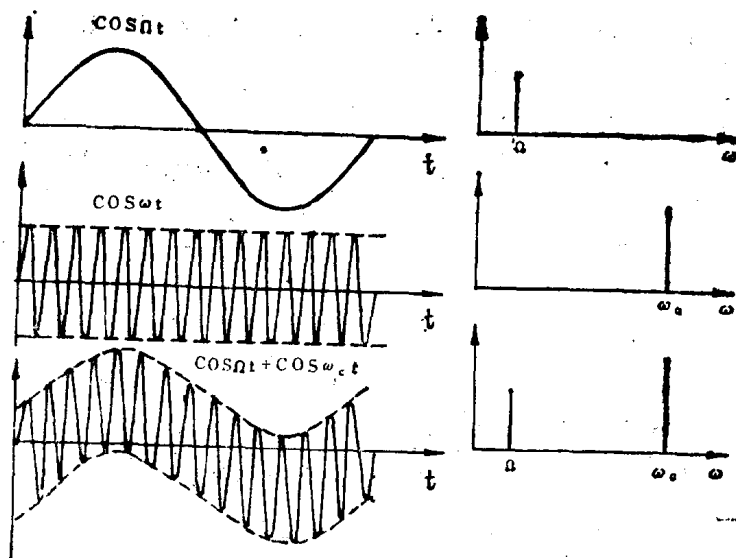


图1—8 调制信号与载波相加不能产生调幅波

的波形关系如图1—9 (b) 所示。从图中波形看出，在调制信号的正半周，电流*i*的高频输出幅度较大，但在调制信号的负半周，由于特性曲线的弯曲，高频幅度大大压缩，这就是高频幅度随着调制信号产生变动。但是，由于这一波形还包含其它频率成份，因此，并不是一个真正的调幅波。假如利用谐振回路，将其它无用频率成分滤除，只

保留下载波及旁频分量,就可以得到一个真正的调幅波如图1—9(b)的右下角的调幅波。

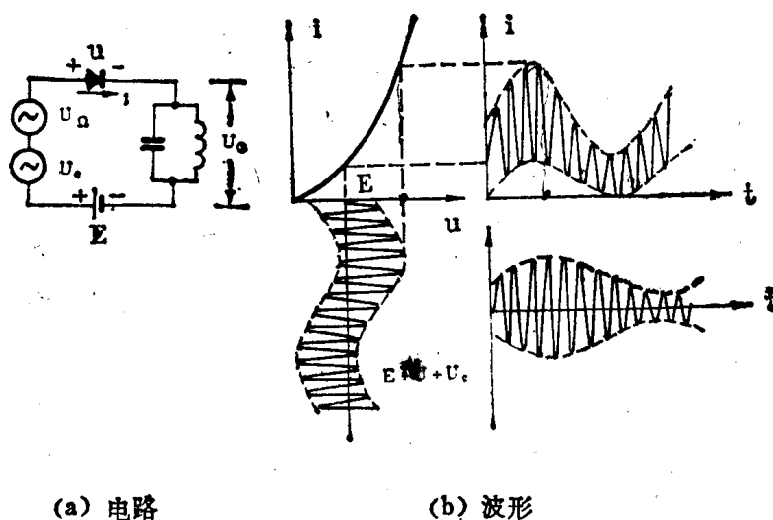


图1—9 利用非线性元件产生调幅波

我们再做进一步的定量分析:

设输入信号就包括以下几部分:

调制信号 $u_a(t) = U_a m \cos \Omega t$

载波信号 $u_c(t) = U_c m \cos \omega t$

直流电势 E

在忽略输出电压对调制过程的反作用时,可以认为,加在二极管两端的电压为:

$$u = u_a(t) + u_c(t) + E$$

为了求得电流 i , 将二极管的弯曲特性在 E 点 (工作点) 上展开幂级数:

$$i = a_0 + a_1(u - E) + a_2(u - E)^2 + \dots$$

将式中 $u = u_a(t) + u_c(t) + E$ 代入上式 i 中。若所加信号幅度不很大, 级数的高次项可以忽略。我们只取前两项, 即得:

$$\begin{aligned} i &= a_0 + a_1 [u_c(t)] + a_1 u_a(t) + \\ &\quad a_2 [u_c^2(t) + u_a^2(t) + 2u_c(t)u_a(t)] \\ &= a_0 + a_1 u_c(t) + a_2 u_c^2(t) + a_2 u_a^2(t) + \\ &\quad a_1 u_c(t) + 2a_2 u_a(t)u_c(t) \end{aligned}$$

将 $u_a(t)$ 和 $u_c(t)$ 的表示式代入上式, 就可清楚的看到:

$$\begin{aligned} i &= a_0 + \frac{a_2}{2} (u_a^2 m + u_c^2 m) \dots\dots \text{直流分量} \\ &\quad + a_1 U_{\Omega m} \cos \Omega t \dots\dots \text{调制频率分量} \\ &\quad + \frac{a_2}{2} U_{\Omega m}^2 \cos 2\Omega t \dots\dots \text{调制信号两次谐波} \end{aligned}$$

$+ \frac{a_2}{2} U_{cm}^2 \cos 2\omega_c t$	载波二次谐波	
$+ a_2 c U_m U_{\Omega m} \cos(\omega_c - \Omega)t$	下旁频	调 幅 波
$+ a_1 U_{cm} \cos \omega_c t$	载波	
$+ a_2 U_{cm} U_{\Omega m} \cos(\omega_c + \Omega)t$	上旁频	

将上式结果绘成示意频谱图,如图1—10所示。如果输出端的谐振回路具有一定的选择性,那么就可滤除其它无用频率成分而选出调幅波。

§ 1.4 高电平调幅电路

实际上,很少采用一只二极管构成的调幅电路,因为,它的输出信号很弱,而且输入与输出信号之间相互影响(反作用)比较严重。但是,上节讨论中,显然得到了一个结论:产生调幅波必须使信号在电路中经过非线性元件。

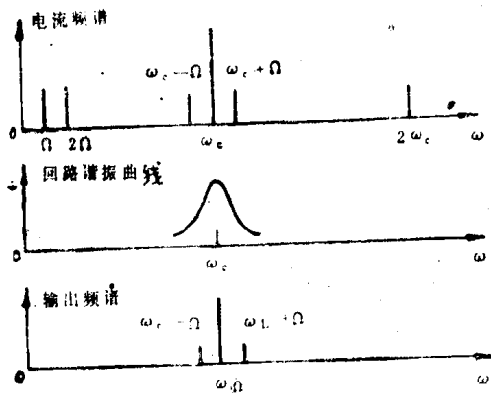


图1—10 产生调幅波的频谱示意图

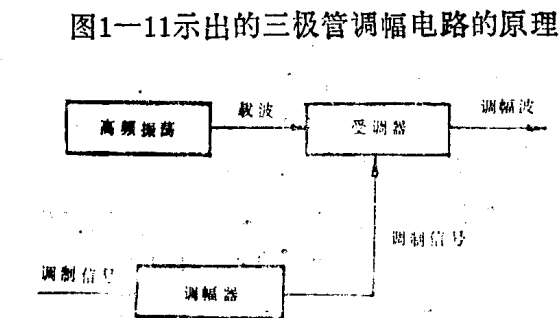


图1—11 三极管调幅原理框图

方框图。高频振荡给出载波信号,受调器(被调放大器)是一个高频放大器,载波信号加到它的输入端,同时接受调制信号的控制作用,得到调幅波。

被调放大器可以是低功率放大器(即低功率小信号调谐放大器),也可以是高功率电平的大信号谐振功率放大器。前一种称低电平调幅,后一种叫高电平调幅。两情况各有各的用处。低电平调幅常用于输出电平低的系统,如仪器中的信号发生器等;高电平调幅可以直接得到高功率输出,所以,广播电台的发射机常采用高电平调幅。

高电平调幅电路主要性能从以下几方面考虑:

一、调制特性(即调幅特性)

这是指所产生的调幅度随调制信号电压变动的规律。图1—12所示就是理想调制特性曲线。横坐标为调制电压,纵坐标是输出载波幅度。理想情况下,调制特性是一条直线,这时的调幅波包络与调制信号波形完全一致,不存在失真。实际的调制特性并不是理想的。图1—13示出不理想情况下的波形图。可见调幅波包络存在失真,只不过尽力使得这种失真减到最小程度。

二、集电极效率