

利用电力线传输电话的载波电话机

陈锦春

(电子工程系)

摘 要

本文介绍一种实用的载波电话机的原理电路及其基本工作原理。这种载波电话机直接利用电力线作为传输线,可以在一定的区域内传输电话信号,并不受通用电话系统的限制,因此,具有使用方便灵活、价格低廉、安全可靠等特点,有较好的实用性。

关键词 载波、传输、调频

一、前 言

目前、国内外广泛使用的电话系统,其电话信号的传输,都必须安装专用的电话传输线路经交换机转接控制。要新增设一部电话机,除必须由电话管理部门提供一个电话号码外,还要专门安装一条传输线路,既麻烦又安装费用高昂。此外,即使小范围内通话(如在本楼内通话),还要缴纳电话费、极不合算。对需要进行临时性电话通讯如不定点的维修、测试等的联络,而要利用通用的电话系统时,极不方便。

载波电话机则是为了弥补通用电话系统的不足而设计的。它的基本原理是把通话的音频信号调制在一个选定的载频上,然后送到电力线上(零线和任一相线)进行传输。每部电话机均包含有发送和接收两部分电路,只要有电力线的地方,在有效的距离内,两部相对应的载波电话机(发送与接收频率相对应),随时可以通话,非常方便、灵活。另外,由于电力线的导线较粗,安装牢固,则为载波信号提供衰减小、可靠性高的传输通道。

本文介绍的载波电话机从实际情况出发,着眼于实用性和合理性能价格比,单路载波电话机的价格只比普通电话机略高。因此,有较好的实用性。

二、载波电话机的基本工作原理

本载波电话机的性能设计既要尽量摹拟通用电话系统功能(响铃、回铃、对话等),又要能在电力线上安全可靠地发送和接收信号的特点,且在伺服状态下整机的耗电量要尽

本文1989年4月6日收到。

量小。因此，每部载波电话机都包含有发送、接收、响铃、控制和电源五部分，其原理方框图如图 1 所示。

假设有 A、B 两部载波电话机（每机的接收频率应是对方机的发射频率），如果两机均已接到电力线上进入伺服状态，它们的通话过程如何，待下进行阐述。

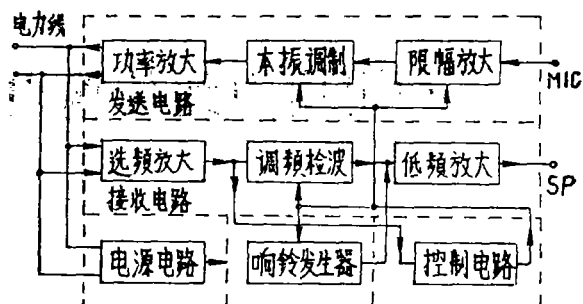


图 1 载波电话机原理方框图

当 A 机先摘下话筒对 B 机请求通话时：（1）A 机响铃信号发生器工作，并输出响铃信号推动本机的喇叭发出音量较小的响铃声，作为回铃声。（2）载波振荡器工作，并由发送端向电力线输出请求通话的载波信号；（3）B 机从电力线上接收到 A 机送来的载波信号后，由控制电路控制使响铃发生器工作，把响铃信号放大推动喇叭发出音量较大的响铃声，以通知 B 机受话人接电话。如果 B 机无人接电话，两机的响铃声将一直持续不断。A 机则可以从回铃声不被中止知道 B 机无人接电话。

当 B 机接受通话摘下话筒时：（1）中止本机的响铃声。（2）载波振荡器工作，并由发送电路向 A 机发送接受通话的载波信号。（3）A 机接收到 B 机的应答载波信号后，即由控制电路控制中止回铃声，让 A 机讲话人知道 B 机已接受通话。此时，A、B 两机均进入通话状态。

双方对话时，语言经微型麦克风转换成音频电信号。并以频率调制的方式对载波信号进行调制。已调载波信号经功率放大后，由电力线传输到对方机。接收电路则把接收到的已调载波信号放大、检波和音频放大后，推动喇叭发声。由于两部电话机发送和接收的载波频率不同，因此与通用电话系统一样，两机可以同时听和讲而不会互相干扰。

当通话结束后，如果有一方（如 B 机）已挂机，而另一方（如 A 机）尚未及时挂机，则挂机方在挂机 5 秒钟后将发出响铃，认为对方机请求通话。

三、载波电话机实用电路简介

载波电话机的电原理图如图 2 所示。该电路为单路机（即只能对一部机通话）电路，对方机的电路结构与之基本相同，只是发送和接收的载波频率不同而已。图中按所完成的功能可分为发送、接收、响铃信号发生器、控制电路和电源五部分。

1. 发送电路

发送电路由限幅放大器、本振调制器和载波功率放大器组成。由 TR_2 三极管组成的限幅放大器，把微型 MIC 转换的音频信号放大限幅后从 c 极输出经 C_8 、 R_4 加到 IC_1 的第 2 脚。其中， R_8 、 R_9 、 R_{10} 为 MIC 提供直流偏置以提高其转换灵敏度。 TR_2 c 极的另一路输出经 R_{33} 、 C_{36} 送到 IC_1 作为本机的监听信号。

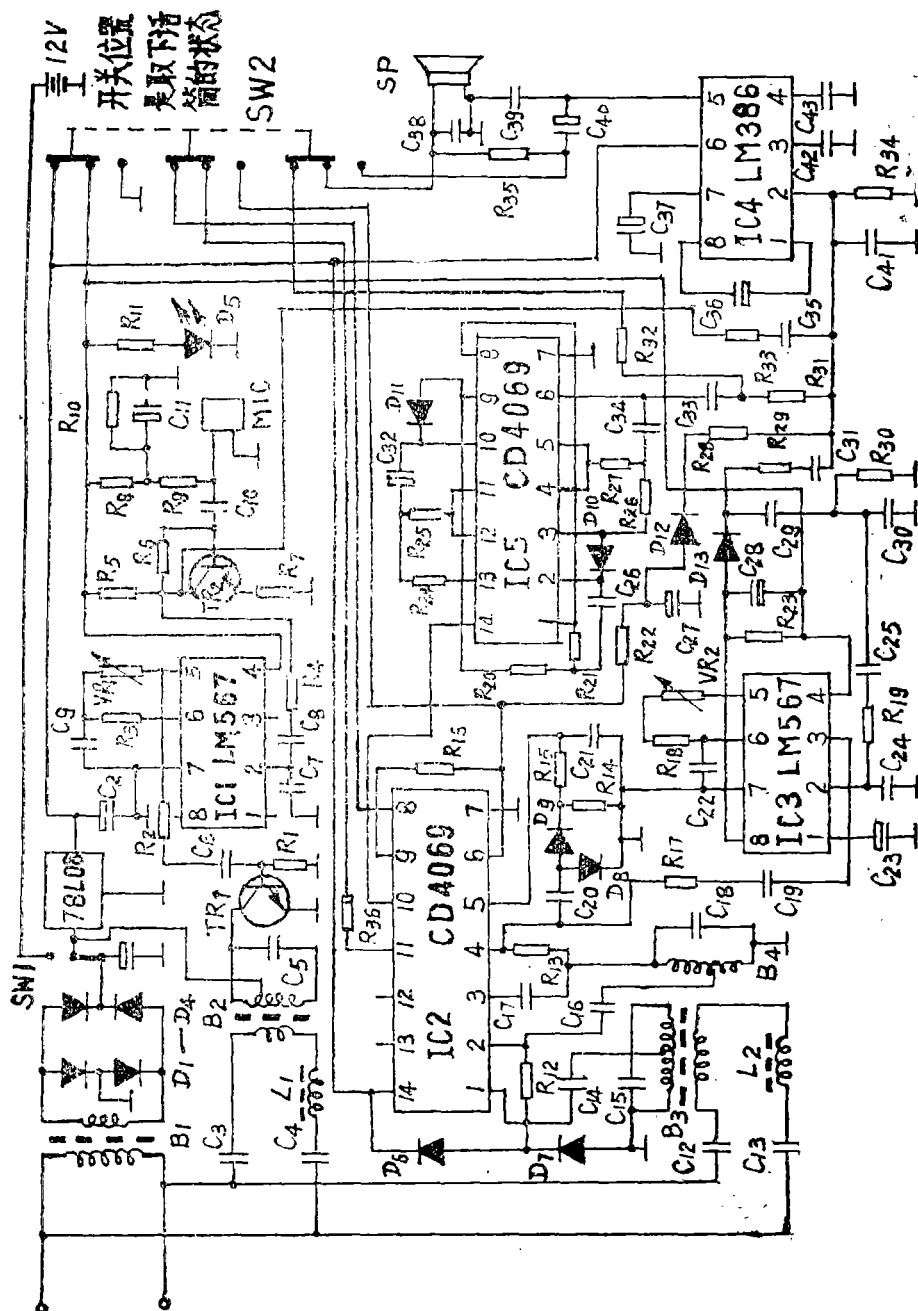


图 2 载波电话机原理图

本振调制器选择由 IC₁-LM567 及有关外围器件所组成。经限幅后的音频信号由 2 脚输入,对载波信号进行频率调制。由于 TR₂ 对强信号有限幅作用,则已调制载波的最大频偏约为 20KHz,已调载波信号从第 5 脚输出送到载波功率放大器。该电路具有电路结构简单、频率稳定度足够高、振荡频率能满足电话载波频率的要求等特点。载波频率可选择在几十到 500KHz 范围内,其中心频率可用 $f_0 \approx [1.1(R_3 + VR_1)C_9]^{-1}$ 进行估算。中心频率的调整也比较简单,只要调整 VR₁ 就可获得准确的数值。

载波功率放大器由 TR₁ 和 B₂ 等组成,TR₁ 工作于乙类状态以提高电路效率。B₂ 初级电感与 C₅ 并联谐振于发送载波频率上,在 TR₁ c 极可获得约 50V_{pp} 信号电压。输出端 L₁ 与 C₄ 亦串联谐振于发送频率上,使信号能有效地送入电力线。此外,输出端(接收电路的输入端)与电力线的连接,采用高压电容器 C₃ 和 C₄(接收端是 C₁₂ 和 C₁₃)耦合,可以确保人身和设备的安全。

2. 接收电路

接收电路由选择限幅放大器、调制检波器、和音频放大器组成。选频限幅放大器由 C₁₂、C₁₃、L₂、B₃、B₄、IC₂-CD4069 的第 1—4 脚内包含的两级倒相器及外围器件组成。其中 L₂ 和 C₁₃、B₃ 次级电感和 C₁₅、B₄ 和 C₁₆ 均谐振于接收载波频率上。放大器输入端的 C₁₂ 及两个选频回路可以有效地抑制工频电压和本机发送的载波信号,并选出欲接收的信号经 IC₂ 两级放大限幅后,由第 4 脚输出至调频检波器和控制电路。

调频检波器采用以 IC₃-LM567 为核心的电路形式。IC₂ 第 4 脚输出的信号从 IC₃ 的第 3 脚输入进行调频检波,由 8 脚输出音频信号至音频放大器。由于 LM567 的内部电路具有锁相环,因此用它组成的调频检波器,能有效地克服对方机发送载波中心频率的漂移《而且不用电感器,可以减小体积。LM567 第 5、6 脚外接的定时元件 R₁₈、VR₂ 和 C₂₂ 的参数应与对方机发送电路中 LM567 的定时元件完全相同。

音频放大器由以 IC₄-LM386 为核心器件所组成。其第 2 脚的输入信号有:IC₅ 响铃信号发生器输出的响铃信号、以及 TR₂ 的 c 极送来的监听信号。这些信号在通话过程中将被选择、放大,从 IC₃ 的 5 脚输出。该放大器有较高的增益和足够大的输出功率。当两机通话时,输入 2 脚的信号是音频信号和监听信号;当对方机请求通话时,输入响铃号;当向对方机请求通话时,输入信号将被 C₂₇、D₁₂、R₂₉ 衰减,而 IC₅ 第 6 脚输出的响铃信号经 C₃₃、R₃₂、SW₂ 直接送到喇叭上发出回铃声。LM386 第 5 脚与喇叭间串接的 R₃₅,由 SW₂ 控制用以改变送到喇叭上信号的大小。当输入为响铃信号时,R₃₅ 被 SW₂ 短接,使喇叭发出音量较大的响铃声以通知受话人。转出功率大约为 300mW,在半径为 15m 的范围内可听到清晰的响铃声。当通话时,R₃₅ 对信号有较大的衰减以降低通话的音量。

3. 响铃信号发生器

响铃信号发生器由集成电路 IC₅-CD4069 及外围元件构成。为了模拟通用电话系统的响铃声,该电路包括三个不同振荡频率的振荡器。CD4069 内部有六个反相器,由 10—13 脚内部的两个反相器及外接元件构成振荡频率约 0.3Hz 的振荡器;1、2、8、9 脚的振荡频率为 30Hz;3—6 脚为 500Hz,它们的有关波形及彼此的对应关系如图 3 所示。本电路的电源电压由 IC₂ 的第 10 脚提供,控制由路根据通话过程需要响铃信号时,才供给 IC₅ 电源,这样可以减少不必要的功率损耗,以及消除对话时响铃信号产生的干扰噪声。

4. 控制电路

控制电路包括手动开关控制和电信号控制两部分。手动开关 SW_2 是由话筒控制的二刀双开关。电信号控制电路由 IC_2 第 5、6、8—11 脚的三个反相器及外围元件构成。控制电路的控制过程简述如下:

(1) 挂机伺服控制:

载波电话机处于伺服状态时, 应满足两个条件: ①对方机一旦送来请求通话信号时, 即能发出音量较大的响铃声; ②整机的耗电量应尽可能小。

挂机时, 话筒重量的压迫使 SW_2 每刀的中间触点与下方触点连接 (见图 2), 则 IC_1 、 IC_3 和 TR_2 的电源被切断, TR_1 也因基极为零偏置而截止, 因此可以减少这部分电路在伺服状态的功耗; R_{35} 被短接可增大对方机请求通话时响铃声的音量; IC_2 的第 11 脚与 6 脚接通使响铃信号发生器处于伺服状态。当对方机也处挂机伺服状态时, IC_2 的因无信号输入其第 5 脚为地电平, 6、11 脚为高电平, 10 脚及 IC_5 的 14 脚 (V_{DD} 引脚) 为低电平, 响铃信号发生器不工作。

当对方摘下话筒发出请求通话的载波信号时, 接收电路把接收到的信号放大, 由 IC_2 的第 4 脚输出经 C_{20} 、 D_8 、 D_9 、 R_{14} 、 R_{15} 和 C_{21} 正向整流电路的整流、滤波, 使 5 脚由地电平变为高电平, 6、11 脚由高电平变为低电平, 10 脚则向 IC_5 第 14 脚提供 8V 电压, 响铃信号发生器工作, 从 6 脚输出响铃信号。由于 IC_2 第 6 脚为低电平, D_{12} 截止, 响铃信号经 C_{33} 、 R_{31} 输入到 IC_4 放大, 且因 R_{35} 被短接, 喇叭发出音量较大的响铃声。

(2) 摘下话筒请求通话及应答的控制

摘下话筒有两种工作方式, 向对方请求通话和应答对方的请求。摘下话筒时, SW_2 将自动回到图 2 所示的连接方式: 接通 IC_1 、 IC_3 、 TR_2 的电源; 响铃信号发生器的输出端与喇叭连接; IC_2 的第 11 脚与 8 脚连接。

当摘下话筒向对方请求通话时, IC_1 工作, 经 TR_1 向对方发送请求通话的无调制载波信号。如果对方尚未摘机接受通话, IC_2 的第 6、9 脚为高电平, 第 8、11 脚为低电平, 第 10 脚输出 8V 电压, 响铃信号发生器工作并输出响铃信号。由于 IC_2 第 6 脚为高电平, D_{12} 导通, R_{28} 的电阻值远小于 R_{31} 、 R_{34} , 因此, 经 R_{31} 送到 IC_4 第 2 脚的响铃信号被旁路; 而经 R_{32} 的信号直接推动喇叭发出音量较小的回铃声。如果对方摘机应答, 则 IC_2 的第 6 脚变为低电平, D_{12} 截止, IC_3 第 8 脚至 IC_4 第 2 脚的音频信号不被旁路; 此外, 响铃信号发生器的电源自动切断停止工作, 回铃声中止, 让通话人知道对方已应答。此时两机均进入通话状态。

当摘下话筒应答对方的请求时, 一方面 IC_1 、 TR_1 开始工作, TR_1 向对方发送应答请求的无调制载波信号, 以中止对方的回铃声, 告诉对方已应答请求。另一方面, 把 IC_2 第 11 脚接到第 8 脚高电平, 停止响铃信号发生器的供电, 中止响铃声, 进入通话状态。此外, R_{35} 串接在输出电路中以降低通话的音量。

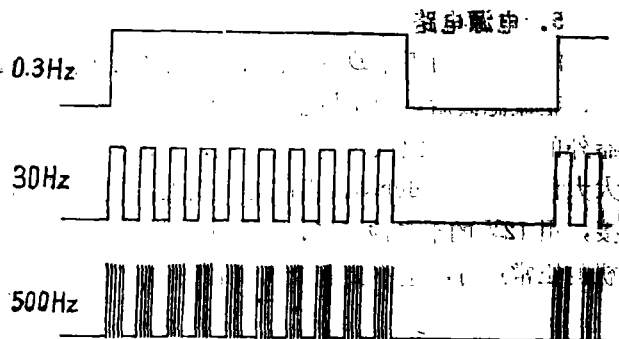


图 3 响铃发生器的有关波形示意图

5. 电源电路

电源电路由 B_1 、 D_1 — D_4 、78L08、 C_1 、 C_2 组成。220V 工频电压经 B_1 、 D_1 — D_4 、 C_1 变压、整流滤波后, 为 TR_1 提供 12V 直流电压。再经 78L08、 C_2 稳压后, 为除 TR_1 功率放大器外的其它电路提供 8V 直流电压。整流在伺服状态的工作电流小于 12mA, 其它状态的最大工作电流小于 60mA。当电力线上无工频电压时, 为了保证能正常通话, 可由 SW_1 开关转接, 用 12V 的干电池供电。用于电池供电时, 电力线有无工频电压, 均不会影响载波电话机的正常运行, 也不会危及人身和设备的安全。

四、几点看法

1、本文所介绍的单路载波电话机电路, 具有调试简单, 使用方便, 价格低廉等特点。实际传送距离为 1000m 左右。由于整机在伺服状态的工作电流比较小耗电量小于 100mW, 因此, 可以长期接到电力线上伺服工作。本系统的最大缺点是传送范围不能超越电力系统的变压器, 因此, 只能在同一电力变压器的供电范围内通话。而且接收电路的通频带较宽, 抗临近频率干扰的能力较差。

2、如果要加大传送距离, 只需增大发送功率, 即用输出功率较大的电路替换图 2 中用 TR_1 组成的电路。由于伺服状态 TR_1 截止, 因此替换的电路应工作在乙类或丙类状态, 使整机的伺服耗电量尽量小。

3、在图 2 所示电路的基础上稍加改进, 便可实现多路通讯。主要是改变 LM567 的定时元件参数、调谐电路的电容器, 增加接收电路的选频放大器通路及相应的控制电路。但是图 2 所示接收电路的通频带 (也即每路载波信号的最小频率间隔) 比较宽 (约为 50KHZ), 致使在有限的载波频带内所能增加的通道数只能做到 3 至 4 路。

4、在压缩通频带的情况下 (比如可以采用窄带选频电路或数字技术等措施), 就可以摹拟通用电话系统, 制作成小规模载波电话通讯系统。使之能发挥使用方便灵活的特点, 又可获得较大的通讯容量。

参 考 文 献

- [1] 陈维千, 电力线载波通道, 水利电力出版社, (1983)。
- [2] 卢淦, 高频电子电路, 中国铁道出版社, (1986)。
- [3] 汤永厚等, 电子电路大全, 卷 2 通信电路计量出版社, (1985)。
- [4] 戚诒孙, 通信电路: 分析与设计, 人民教育出版社, (1981)。

A Carrier Telephone Which Transmitting Phone by Power Lines

Chen Jinchun

Abstract

The author presents a practical carrier telephone with special reference to the circuit and its operational principle. This carrier telephone uses directly the power lines as transmission lines instead of erecting special transmission lines. The phone signals in a definite area can be transmitted by them and not be restricted by the general phone system. This practical telephone has proved to be easy of handle, safe and reliable, and quite cheap.

Key words carrier wave, transmission, frequency modulation