

300、600波特单片数传MODEM的研制

许昌继电器研究所 顾忠宝

摘要 本文介绍了一种适合于电力线载波系统用的复用数据调制解调器(MODEM),主要由高集成度的XR2206及XR2211芯片构成。与其它数据传输速率相同的传统数传MODEM相比具有简单、灵活和使用维护方便等特点,省去了复杂的滤波器设计,只需对外围电路的几个参数设计、计算,就能实现300、600bit/s的数据传输速率。实验结果表明,其频率稳定性和相位抖动性能又大大优于传统的数传MODEM,尤其误码率指标有新的突破,优于国内同类产品指标。因此,特别适合于县调一级运动通道中作为低速的MODEM使用,其性能价格比十分优越,并能满足电力系统电力线载波复用调制解调器技术要求。

关键词 调制解调器 电力线载波 数据传输速率 误码率

1 概述

由于电力系统通讯话路拥挤,因此充分利用复用电力线载波机的上音频段的频率具有十分重要意义。我们研制的MODEM采用FSK调制方式,其工作中心频率3000Hz,占用频带宽度±150Hz,即在电力复用载波机上音频段2650Hz~3400Hz频率范围内可以有效的传送300波特或600波特速率的数据信号,这样在有限的频带内解决了话路拥挤问题。

本调制解调器一发一收装在尺寸为253×146mm的印制板上,采用我厂生产的标准的JJX—12绕接式机箱,机箱尺寸为720×180×290mm,接插件接触可靠,插拔灵活。根据用户需要其通道数任选,一机箱最多可以提供10路通道数,也可为用户单独设计提供1路MODEM插件板。

- ~~~~~
- [24] 张之哲。自适应式微型计算机距离保护的研究。华中工学院博士学位论文,1985。
 - [25] 张自哲,陈德树。微型计算机距离保护中的自适应对策。中国电机工程学报,第8卷第3期,1988年。
 - [26] CHen Deshu Liu Pei et al. Adaptive Principle in Protective Relaying. International Conference on Power System Technology, Beijing, 1991.
 - [27] J.S.Jhorp, S.H.Horowitz and A.G.phadke, The application of an adaptive techonology to power system protection and control, CIGRE 1988.
 - [28] S.H.HOROWITZ, A.G.Phadke, and S.J.Thorp. Adaptive transmission system relaying, IEEE PES, Summer Meeting, July 1987.
 - [29] 南京电力自动化设备厂产品目录,1992。

2 技术数据

- (1) 调制方式：二进制移频键控 (FSK)。
- (2) 数据传输速率：300、600波特。
- (3) 信号频率：
 - 中心频率：3000Hz；
 - 对应于数据“1”：3150Hz \pm 10Hz；
 - 对应于数据“0”：2850Hz \pm 10Hz。
- (4) 输出、输入阻抗：600 Ω 平衡式输出、输入。
- (5) 发送电平：0~-20db连续可调，对应于数据“0”与“1”的发送电平偏差不大于1db。
- (6) 最低接收电平：-40db。
- (7) 通道监视电平：当接收电平大于-40db时，通道监视灯亮，当接收电平小于-40db时，通道监视灯灭，同时发出告警音响。
- (8) 接口特性：RS232接口。
- (9) 误码率：收发背对背连接，当信噪比为13db时，对511伪随机码的误码率小于或等于 10^{-5} 。
- (10) 码元失真：收发背对背连接，511伪随机码非等时失真不大于10%，其误码率小于或等于 10^{-5} 。
- (11) 当环境温度为0~45 $^{\circ}$ C变化时，装置可靠工作。当信噪比为15db时，发511伪随机码，其误码率 $P_e \leq 10^{-5}$ 。
- (12) 周围环境温度在20 \pm 2 $^{\circ}$ C时，当电源电压在80~110%范围变化时，装置仍应可靠工作，发511伪随机码，其误码率 $P_e \leq 10^{-5}$ 。

3 工作原理

MODEM由以下几部分组成：调制器由接口电路、调制器芯片、外围电路、放大电路、匹配变压器等组成；解调器由匹配变压器、解调器芯片、外围电路以及低电平告警、接口电路等组成。其原理方框见图1所示。

3.1 调制器原理

调制器接口电路采用RS-232接口芯片MC1489，其输入为RS-232电平，输出为TTL电平。

调制器电路主要由调制器芯片

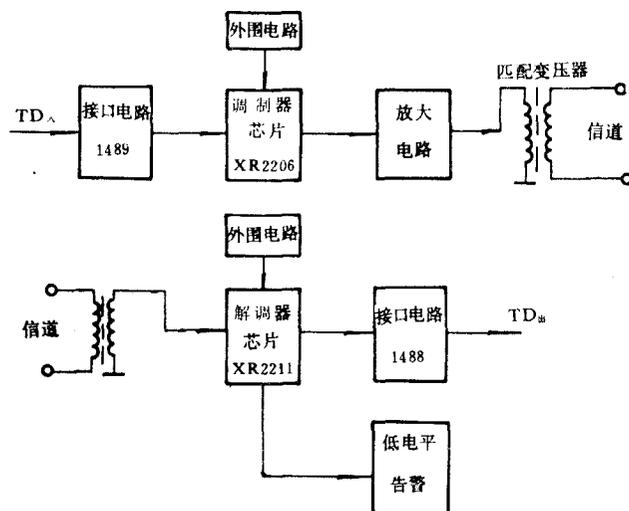


图1 调制解调器原理方框图

XR2206及外围电路组成,调制器芯片内部由四个功能电路组成,包括VCO压控振荡器、模拟相乘器、正弦波和脉冲波形成电路,单位增益缓冲放大器和电源开关等,外围电路主要由 C_3 、 R_3 、 R_4 、 W_1 、 W_2 、 W_3 、 W_4 、 W_5 等组成,其内部功能及外围电路见图2。

当数据信号送入XR2206芯片⑨脚后,信号经芯片内部电路及外围电路处理后被调制成正弦载波信号。XR2206芯片内部VCO电路实际是一个输出频率与输入电流成正比的可控振荡器,其振荡频率取决于外围电路的定时电容 C_3 和两路定时电阻 R_3 及 R_4 ,其值决定于对应数据“1”的频率和对应数据“0”的频率。本调制器的“1”频率 f_1 为3150Hz,“0”频率 f_2 为2850Hz,因此,根据计算公式:

$$f_1 = \frac{1}{R_3 \cdot C_3} \quad (1)$$

$$f_2 = \frac{1}{R_4 \cdot C_3} \quad (2)$$

任意选取一个标称的定时电容值 C_3 ,就可分别计算出定时电阻 R_3 和 R_4 。在 R_3 和 R_4 回路中接入 W_4 和 W_5 的目的为了保证“1”频率和“0”频率的频偏要求。

XR2206芯片内部FSK键控信号切换电平为1.4V。当数据输入信号电平大于1.4V时,对应频率 f_1 的定时电阻 R_3 有效;当数据输入信号电平小于1.4V时,对应频率 f_2 的定时电阻 R_4 有效。因此,当数据信号输入时,信号经XR2206芯片被调制成两个离散的载波信号频率,而且移频信号的相位是连续的,提高了调频信号的质量,不会由于数据信号突变点发生在 f_1 或 f_2 方波边缘时出现正弦载波信号相位不连续。

为了改善已调制成的正弦载波信号的失真度,在XR2206芯片的⑬脚与⑭脚,⑮脚与⑯脚之间接入 W_2 和 W_3 电位器,通过调节其电位器,使正弦载波信号失真最小。

经调制的连续的正弦载波信号经射极送入到发送放大器,发送放大器输入端前经过一发送电平调节电位器 W_6 ,可调节输出信号电平的大小,保证发送信号电平可在0~-20db范围内可调,其电路如图3所示。

信号经放大后送入匹配变压器,目的是使输出阻抗和线路阻抗匹配。信号经匹配变压器次级送入信道。

3.2解调器原理

接收端从信道接收到的连续正弦载波信号送入匹配变压器,然后通过耦合电容送到解调器芯片XR2211②脚输入端。XR2211芯片内部包含前置放大器、VCO、鉴相器、正交相位检波器、相位检波比较器、FSK比较器和内部参考电压等部分。其中VCO、鉴相器和外接环路

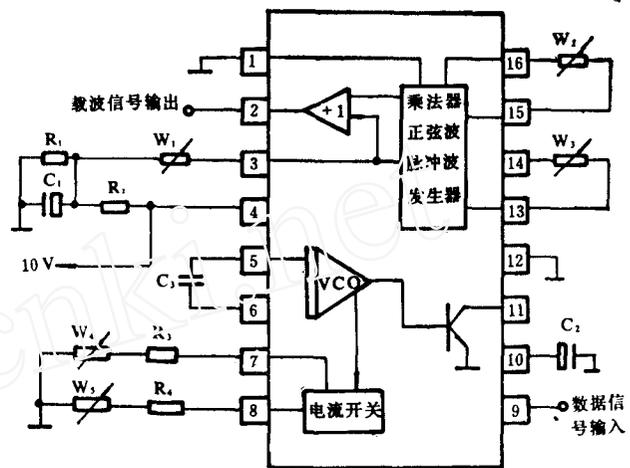


图2 XR2206内部功能及外围电路图

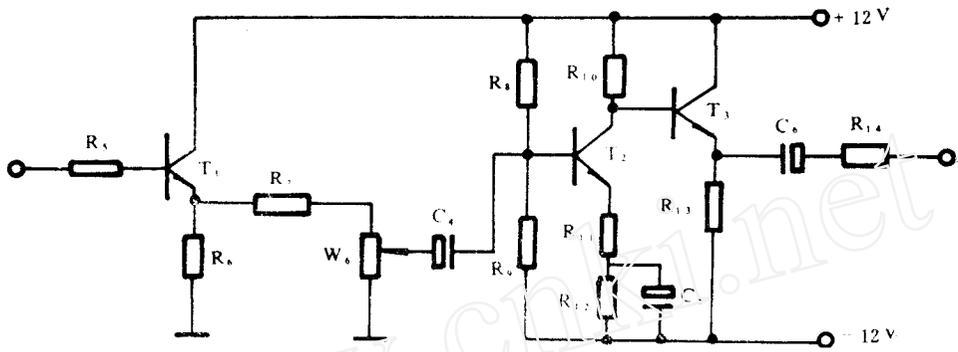


图3 放大电路

滤波器组成基本锁相环路，基本锁相环路和FSK比较器一起实现FSK解调功能。其解调器设计主要也是对外围电路的定时电容、定时电阻及环路滤波器的参数计算，XR2211内部功能及外围电路见图4所示。

定时电容 C_1 的计算：

在计算定时电容 C_1 值时，首先确定XR2211内部VCO的射极偏置电阻 R_1 ，通常取 $R_1 > 20\text{k}\Omega$ ，本电路采用 $27\text{k}\Omega$ 固定电阻和 $5\text{k}\Omega$ 电位器串联。根据计算公式：

$$C_1 = \frac{1}{R_1 \cdot f_0} \quad (3)$$

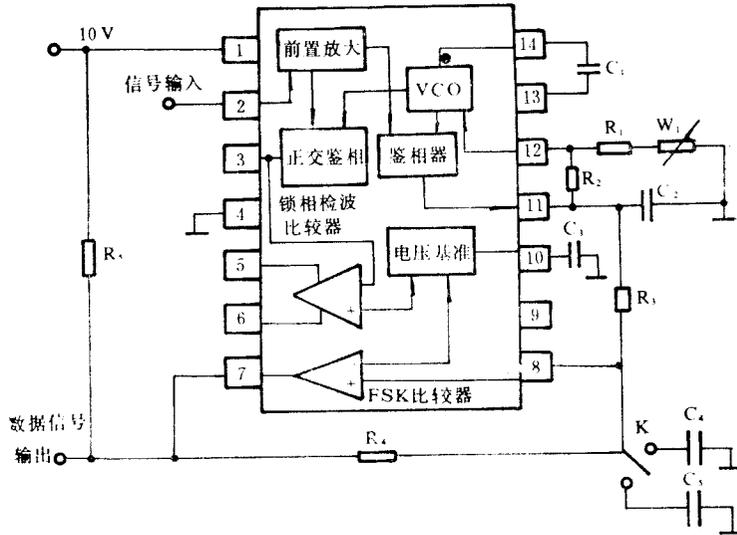


图4 XR2211内部功能和外围电路

可以求出定时电容 C_1 的值，(3)式中 f_0 为中心频率、其值为 3kHz 。

我们知道数据信号经调制后从发送端经过信道传输到接收端，最后在接收端经解调后恢复原来的数据信号。在这种异步通信方式中，虽然收到的码元仍为原发送码，但是由于整个系统可能存在各种缺陷，使得已恢复的码元宽度不一致，造成信号码元畸变，影响解调质量。所以在 R_1 回路里接入 W_1 电位器的目的可以调节码元失真，调整 W_1 ，可以将码元畸变得纠正，使解调后输出的双极性数据信号与发送数据信号一致，其调整能力可以达到大于一个

码元的20%的宽度。

R_2 的计算:

R_2 取值的大小决定了XR2211内的基本锁相环路的带宽,因此在设计中既要考虑到影响输入信号的中心频率,同时又要照顾到它的最高频率和最低频率,这样,锁相环路才能工作在最佳状态。因此,它与VCO的射极偏置电阻 R_1 、中心频率 f_0 、工作频率 f_1 和 f_2 有关。 R_2 可以按下公式计算:

$$R_2 = \frac{R_1 \cdot f_0}{f_1 - f_2} \quad (4)$$

C_2 的计算:

C_2 值的大小直接影响XR2211内的基本环路的阻尼系数 ζ ,它与 R_2 一起组成环路滤波器,其值可由定时电容 C_1 确定

$$C_2 = \frac{C_1}{4} \quad (5)$$

C_4 、 C_5 的计算:

C_4 、 C_5 的值决定于数据传输速率 f_s ,其值可以用近似的关系确定:

对于600波特传输速率

$$C_4 = \frac{3}{f_s} = \frac{3}{600} (\mu F) \quad (6)$$

对于300波特传输速率

$$C_5 = \frac{3}{f_s} = \frac{3}{300} (\mu F)$$

本调制解调器300、600波特传输速率可以通过开关K切换。

其他参数如 R_3 、 R_4 为输入电阻和正反馈电阻, R_5 为FSK比较器的上拉电阻。

3.3 低电平告警

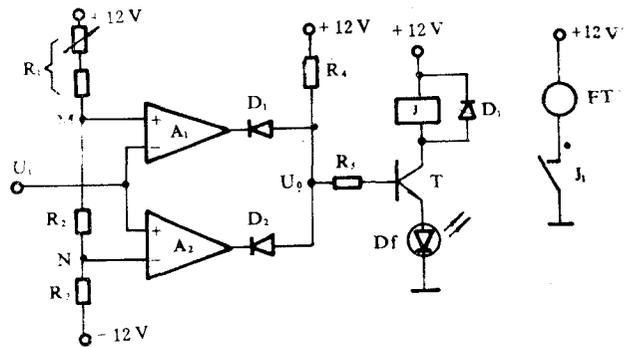


图5 低电平告警电路

XR2211芯片的③脚为锁相检波滤波器输出端,当无载波信号或接收到的载波信号小于-40db时,其输出的波形近似等宽的方波信号;当有载波信号或载波信号电平大于-40db时,其输出为负的窄脉冲信号,因此可以利用作为低电平告警信号。本电路采用窗口电平检测原理,其原理图如图5所示。

图5中的电路实际为由二个并联工作的电平检测器,改变电阻 R_1 、 R_2 、 R_3 的比例关系,即可得到M、N两点的监视电平。当 $U_M > U_i > U_N$ 时, U_o 输出为正电平,三极管T导通,继电器J动作,发光二极管Df点亮,表示通道工作正常。同时 J_1 触点断开,蜂鸣器电源回路切断,无告警音响。一旦通道中断或通道电平小于-40db,此时 A_1 、 A_2 总有一个输出低电平,相对应的一个二极管导通,使 U_o 输出为低电平,三极管T截止,发光二极管Df灯灭,同时蜂鸣器发出告警音响,表示通道异常。

4 误码率的测试

误码率是数字通信系统的一项重要指标，常用它作为衡量数字通信系统的质量标准，它的含义是指在测试时间内总误码数对总传输码数之比，可以用下式来表达：

$$P_e = \frac{N}{f_s \cdot T} \quad (7)$$

式中： f_s —传输速率 N —在 T 时间内总误码数 T —时间，单位为 S

误码率测试线路如图 6 所示，

测试方式为闭环测试，即收、发设备在同一侧。

以下是传输速率为 600 波特时的测试结果：

从以上测试结果表明，用高集成度专用 MODEM 芯片制成的 FSK 调制、解调器，其误码率指标是相当优越的，大大优于国内同类产品的指标。

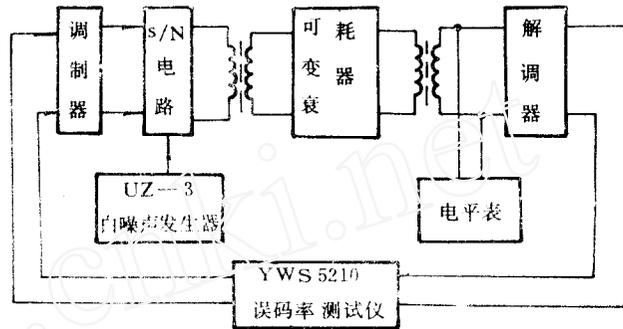


图 6 误码率测试线路

表 1

电平值 (mV)		信噪比 (db)	测试时间 (min)	误码数	误码率 (P_e)
信号(S)	噪声(N)				
400	70	15.14	30		10^{-6}
400	80	13.98	30		10^{-6}
400	90	12.96	30		10^{-6}
400	100	12.04	30		10^{-6}
400	110	11.21	30		10^{-6}
400	120	10.46	30		10^{-6}
400	130	9.76	30		10^{-6}
400	140	9.12	30		9.999×10^{-7}
400	150	8.52	30		5.999×10^{-6}

5 结束语

XR2206和XR2211专用电路芯片制成的300、600波特MODEM，其各项技术性能指标完全符合电力线载波系统复用数据调制解调器技术要求，而且造价低廉，是一种十分理想的数据传输设备。

参考文献

顾宝良. 单片数传MODEM及专用电路芯片. 电子技术应用, 1989年9.