

设计符合无线M-Bus标准的无线收发器系统

作者: Austin Harney

简介

不断推出的先进抄表基础设施(AMI)系统提高了公用事业公司收集水、电、气消耗数据的效率。用自动计量系统取代人工抄表的直接好处是可以削减人工成本。而更重要的是,自动化系统允许公用事业公司方便地提供更大的好处和更好的服务,例如:实时价格显示有助于提高能效,故障即时报告,以及利用更精确的数据描绘网络内的使用概况图。

用于实施网络化计量系统的技术多种多样,从高端的卫星技术到低端的红外发射器不一而足。然而,有两种技术脱颖而出并逐渐占据主导地位:无线短程设备(SRD)和电力线载波(PLC)系统。尤其是在水表和气表领域,SRD技术正在成为主流技术选择,因为电力线载波系统在这些环境中不稳定。

为了实现通信范围与低功耗的最佳组合,多数仪表制造商选择低UHF或sub-GHz频段作为仪表之间以及仪表与数据收集器之间的RF通信链路。例如,欧洲一般使用868 MHz的频率,北美则一般使用902 MHz至928 MHz的频率范围。

在某一给定的功率预算下,这些频率的无线传输距离比2.4 GHz频段更长,基站或数据收集器就可以覆盖更大的范围。此外,对于可能位于地下室或地下坑洞中的水表和气表而言,范围优势至关重要。不过,从公用事业公司的角度来说,使用此频段的一个缺点在于缺乏可用的标准。

sub-GHz频段显然是电池供电型气表和水表的最佳技术选择;因此,为使不同制造商的系统能够互通互用,要求标准化的呼声日益高涨。作为仪表之间的通信标准,发端于有线M-Bus用户组的无线M-Bus,正日益受到欧洲国家的青睐。M-Bus现已成为欧洲规范(EN)标准的一部分,详情可见EN 13757标准。无线M-Bus协议的详细内容在衍生标准EN 13757-4中。由于这一标准相对较新,市场上的现有解决方案不是很多。而公用事业公司日趋强烈地要求制造商们提供M-Bus兼容产品,这就产生了一些问题。

本应用笔记讨论EN 13757-4标准,以及使用ADI公司ADF7020设计M-Bus兼容设备时的系统要求。

目录

简介	1	小结	6
EN 13757-4技术概要	3	补充读物	6
符合无线M-Bus标准的技术考虑	4		

EN 13757-4技术概要

M-Bus规定了三种工作模式：R、S和T。这些模式的区别在于数据速率、通道频率和所用数据编码方式。每种模式都可以是单向的或双向的，将1或2附加到模式字母之后便可表示单向或双向。例如，T1表示单向T模式设备，S2表示双向S模式设备。表1列出了这些模式及相关的数据速率。

静止模式(S模式)主要用于静止或移动设备之间每天仅传输几次数据的通信情况，最适合固定基础设施或网络化抄表方案。

频繁发送模式(T模式)以线性调频方式每隔几秒发送一次数据，因而更适合近距离无线抄表或车载抄表方案。为使车载抄表系统具备远程断开连接或读取每小时数据等功能，必须使用双向通信或T2。

在频繁接收模式(模式R)下，接收器频繁唤醒，侦听来自移动收发器的消息。这种抄表方案通常比T模式更耗电，因为接收器需要开启较长的时间才能检测到足够的前导码位。这对于由主电源供电的电表来说一般不是问题，但若若要设计多年使用周期的电池供电系统，则可能很困难。R模式的优势在于带宽较窄，允许多达10个通道进行频分多路复用，进而可以同时读取多个仪表。

所有模式均使用ETSI 868.0 MHz至870 MHz通用频段中的子频段G1和G2。子频段G1的频率范围为868.0 MHz至868.6 MHz，G2则为868.7 MHz至869.2。这些子频段分别提供600 kHz和500 kHz的带宽。详情请参考REC 70-03(可从“补充读物”部分所介绍的ERO网站下载)。

表1. 无线M-Bus的工作模式

模式	数据速率(kcps)	标称载波频率(MHz)	标称偏差频率(kHz)	数据编码
R	4.8	$868.33 + n \times 0.06$	± 6	曼彻斯特编码
S	32.768	868.3	± 50	曼彻斯特编码
T	100	868.3/868.95	± 50	3至6

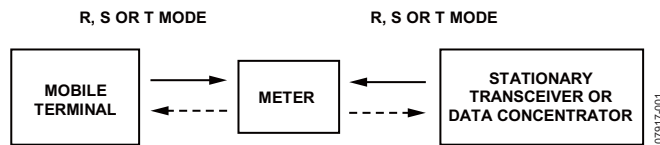


图1. EN 13757-4体系

符合无线M-Bus标准的技术考虑

ADF7020或ADF7021

ADI公司提供一系列sub-GHz、低功耗无线电器件，这些器件的细分标准是通道带宽。ADF7021涵盖12.5 kHz至60 kHz通道化，ADF7020则涵盖60 kHz至600 kHz通道化。如果将这些通道化与M-Bus S、T、R模式的600 kHz、500 kHz、60 kHz通道化相比较，就会发现：ADF7020适合所有三种模式，而ADF7021则更适合R模式。本应用笔记将着重讨论如何利用ADF7020满足S模式和T模式要求。

选择Xtal以达到32.768 kbps和100 kbps

为了达到S模式和T模式数据速率(分别为32.768 kbps和100 kbps)，需要选择适当的外部晶振(xtal)。所选xtal应使得由xtal分频得到的用于ADF7020时钟与数据恢复(CDR)电路的时钟频率，位于32倍理想数据速率的2%范围内(CDR时钟以32倍数据速率过采样)。可以创建一个简单的电子表格来测试具有所需容差的各种xtal。一些有效的值包括12.8 MHz、18.867 MHz和19.2 MHz。这些值全都能在一个数据速率时提供0%误差容差，在另一个数据速率时提供1.7%误差容差。

请注意，如果打算实施一个额定码片速率差异为±12%的T2模式接收器单元，则必须旁路CDR电路。这种情况下，晶振的选择不那么重要，10 MHz至20 MHz范围内的任何常用值都是可行的。关于CDR旁路的详情，请参见“码片速率容差”部分。

达到ETSI发射屏蔽要求

遗憾的是，就发射屏蔽而言，M-Bus规定的是FSK调制，而不是高斯FSK或升余弦FSK。这使得测量结果为-36 dBm的ETSI调制带宽要求更难以达到。不过，利用ADI公司提供的ADI SRD Design Studio™免费工具，可以轻松模拟ETSI调制带宽。

影响调制带宽的一个重要参数是PLL开环带宽，必须将它设置得足够高，以便让发射数据速率通过而不产生明显的失真，但又不能太高，以至于提高整体PLL积分噪声电平，从而提高调制带宽。对于FSK数据，PLL环路带宽最低可以设置为数据速率的1倍，而不会影响调制质量。因此，为了支持S、T和R模式，PLL环路带宽应设为100 kHz。

图3显示了一个S模式设备的仿真图，它工作在从868.0 MHz到868.6 MHz的ETSI G1子频段，PLL环路带宽为100 kHz，偏差曼彻斯特编码PRBS数据为±50 kHz，输出功率为+13 dBm。-36 dBm调制带宽估计在426 kHz，这完全在ETSI通道G1的600 kHz要求范围内。

类似地，对于T模式设备，该调制带宽估计在408 kHz(见图4)，这同样在通道G2的500 kHz要求内。虽然仿真根据ETSI规范而使用PRBS数据调制载波，但由于调制指数为1.0，因此T模式频谱看起来像音调。事实上，EN 13757-4规定偏离频率容差范围为±40 kHz至±80 kHz，因而调制指数范围为0.8至1.6。ADF7020接收器可以采用0.4至5.0或以上范围内的调制指数工作，能够处理调制指数的变化，而灵敏度几乎不会下降。如果偏差从50 kHz变为48 kHz，调制带宽将显著降低。

数据速率			
100	kbps		
理想 CDR		检查此XTAL	
3200	kHz	19.2	MHz
	理想 XTALS	解调时钟	
1	3,200	9.60	
2	6,400		
3	9,600	CDR分频	
4	12,800	3.00	
5	16,000		
6	19,200	%误差	
7	22,400	0.00%	
8	25,600		
9	28,800		

图2. 计算能够达到M-Bus数据速率的合格晶振所用的电子表格示例

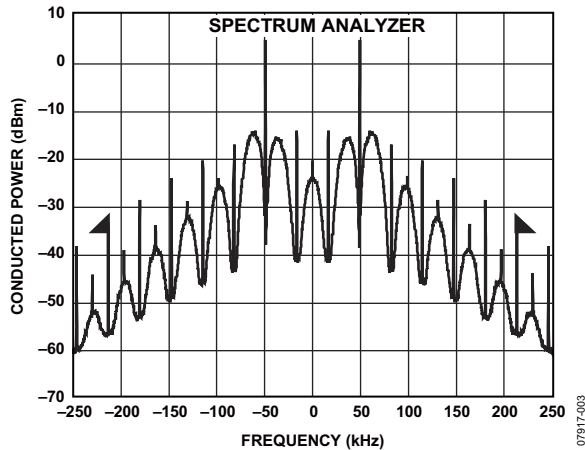


图3. 曼彻斯特编码S模式频谱的ADI SRD Design Studio仿真

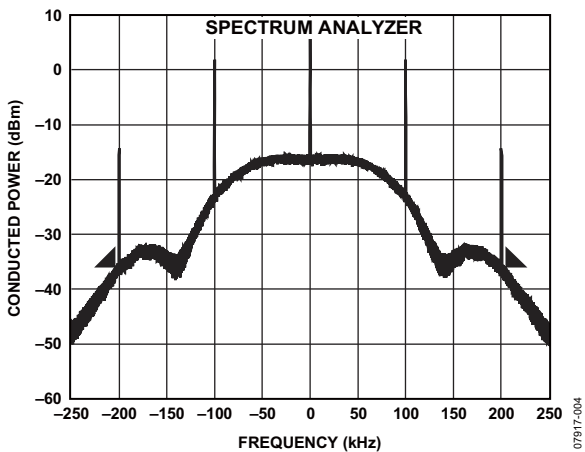


图4. T模式频谱的ADI SRD Design Studio仿真

频率容差

针对与仪表通信的设备，EN 13757-4规定频率容差至少为 ± 25 ppm，而针对仪表频率精度本身，其规定则较宽松，为 ± 60 ppm。为了在这一频率误差要求下精确解调FSK信号，必须使用具有较大频率误差容差的系统(如ADF7020的线性解调器)，或者采用自动频率控制(AFC)方案。

诸如ADF7020之类的现代收发器已经集成AFC电路，可以将误差限制在 ± 60 ppm以内；但是，此电路通常要求最少48位的前导码。M-Bus规定前导码长度为48码片，但其中包括同步字，因此前导码可能只有30码片(S模式)或38码片(T模式)。

鉴于此，在M-Bus系统中，建议使用ADF7020的线性调制器，并关闭AFC功能。中频带宽应设置为最大值200 kHz，以便让带有频率误差的信号通过。另外，建议在设计中使用 ± 25 ppm或 ± 10 ppm的低ppm晶振。许多晶振制造商都可以提供这种晶振。

码片速率容差

相当宽松的M-Bus规定引出了另一个设计问题：对于来自仪表的数据传输，额定码片速率范围高达10%至12%。建议使用的线性解调器可以接受如此之大的数据速率差异。但是，时钟与数据恢复(CDR)电路则有问题，它只能接受3%以下的码片速率容差。

要处理如此之大的码片速率差异，必须旁路片内CDR，并对微控制器中的数据重新定时。在线性解调器模式下，将0x0000 C00C写入测试模式寄存器，可以使能此模式并旁路CDR电路。而在相关解调器模式下，将0x0001 000C写入测试模式寄存器，也可以旁路CDR电路。不过如“频率容差”部分所述，M-Bus系统最好使用线性解调器。

旁路CDR的一个后果是同步字检测(SWD)特性不在 $\pm 12\%$ 的完整码片速率范围内工作，而是在 $\pm 3\%$ 的较窄范围内工作。这种情况下，必须在微控制器上执行同步字检测(SWD)。

符合最小接收灵敏度限制

M-Bus规定：对于 $1e-2$ 的BER，最小接收灵敏度为-100 dBm。数据速率较低的S模式更容易达到这一要求，其预期灵敏度为-107 dBm，不需要使用外部天线开关或LNA。在T模式下，ADF7020的100 kcps灵敏度为-103 dBm。ADF7020还有一个优势，即其灵敏度与调制指数的关系曲线(见图5)很平坦。因此，灵敏度能够保持稳定，不随调制指数而变化，如“达到ETSI发射屏蔽要求”部分所述。

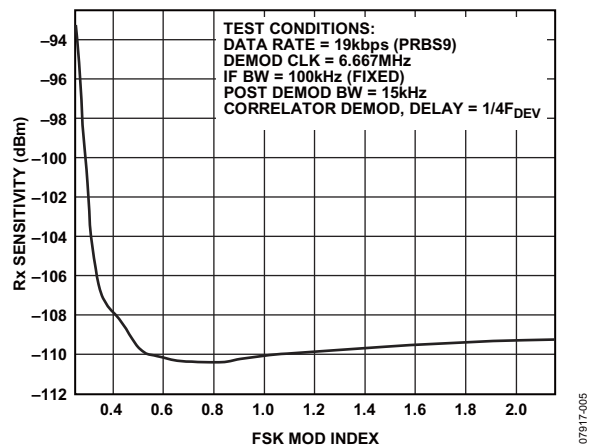


图5. ADF7020灵敏度与FSK调制指数的关系

偏离容差

按照“达到ETSI发射屏蔽要求”部分的建议，使用线性解调器可以处理 ± 40 kHz至 ± 80 kHz范围内的偏离容差。中频带宽应设置为最大值200 kHz，以便让带有频率和偏离误差的信号通过。

小结

无线M-Bus标准正在发展成为设计欧洲无线AMR/AMI系统的仪表制造商的重要标准。本应用笔记介绍了利用ADF7020设计无线M-Bus系统时应当注意的一些设计问题。

ADF7020适合在S、T和R所有三种模式下工作。虽然在R模式下带宽相对较窄，但ADF7021更适合用来优化相邻通道抑制(ACR)性能。

ADI公司专注于为计量抄表市场提供一流的技术和产品，包括RF收发器、电能计量芯片组、隔离产品和电力线控制产品。ADF7020是一款高性能、全集成收发器，适用于无线M-Bus系统，为欧洲及全球仪表制造商提供了紧凑、可靠和低成本解决方案。

补充读物

欲了解M-bus系统的更多信息，请访问不莱梅大学和伦敦大学所维护的消息总线网站。此外，也可以访问欧洲无线通信委员会(RCO)所维护的ERO网站。

欲了解ADI公司产品的更多信息，请访问www.analog.com，并可免费下载ADI SRD Design Studio工具。

注释

注释