

4 常见2.4G无线模块 横向对比

笔者在本刊今年第6期和第7期与大家分享了无线鼠标与无线键盘的改造，不知大家成功了没有？笔者自接触无线电以来，感受颇深的就是高频的电路难以调试，需要用到很多专用的仪器，而当时无线模块产品价格都比较昂贵，利用无线传输数据很难实现，而现在，无线数据传输已经逐渐走进了日常生活的方方面面：无线鼠标、键盘，还有非接触智能卡、无线网络、无线语音和无线监控等。

无线数据模块在传输速率方面，大致可以分成低速模块与高速模块两类。

低速模块一般最高传输速率为150kbit/s以下，它们的工作频段一般在315/433/915MHz，这个频段大家是不是很熟悉呀？对了，我们常用的PT2262与PT2272无线遥控器使用的就是315MHz或者433MHz频段，在这个频段传输数据有一个优点，就是穿透能力强，距离可以相对远一些，能传输数百米。但是由于应用范围广，满大街的汽车电子锁都用这个频段，干扰能不大吗？因此数据传输的速率也不能太高。

高速模块一般是指传输速率在500kbit/s以上的无线模块，一般工作在2.4GHz频段，这个频段干扰相对比较少，但是由于频率越高，穿透能力越弱，2.4G无线模块一般工作在直线无遮挡的环境下，距离大致在几十米。

两种模块各有优缺点，互为补充，本文着重介绍一下2.4GHz频段的无线高速数传模块。相对于低速模块，它们的普及程度离我们更近，在

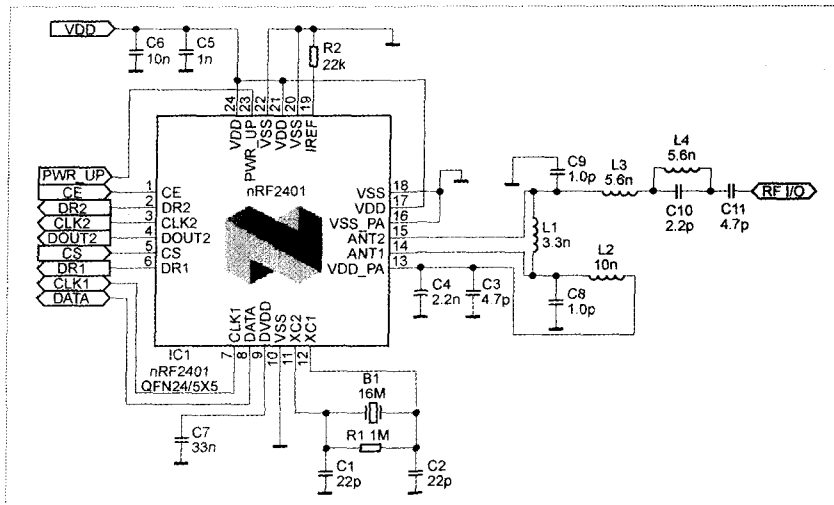


图1

不久的将来应用会越来越广泛。

在此，主要介绍4种高速模块，分别是nRF2401AG无线模块、CC2500无线

模块、BK2411无线模块和nRF24L01无线模块，为了比较它们之间的差异，就以nRF2401AG为例作一番比较。

nRF2401AG

nRF2401AG无线模块是Nordic公司的产品，工作频率范围为2.4GHz频段，125个频道。采用GFSK调制时的数据速率为高速率1Mbit/s，高于蓝牙，具有高数据吞吐量。nRF2401内置了CRC纠错硬件电路和协议。发射功率、工作频率等所有工作参数全部通过软件设置完成。使用1.9~3.6V低电压，满足低功耗设计需要。每个芯片可以通过软件设置最多40位的地址，只有收到本机地址时才会输出数据（提供一个中断指示）。nRF2401AG系列有一个只有发送功能的模块，使用的芯片为nRF2402G，如果只需要发送，可以考虑选用该模块。

典型应用见图1，外形见图2、图3。

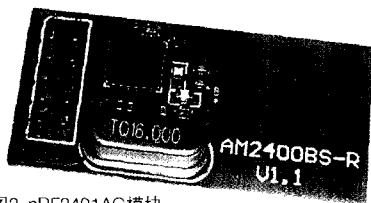


图2 nRF2401AG模块

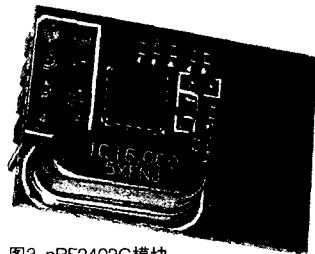
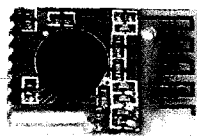
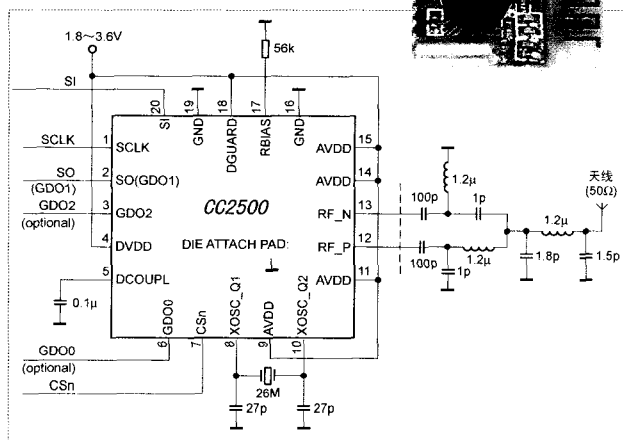


图3 nRF2402G模块

CC2500

CC2500 无线模块是美国 TI 的产品，与 nRF2401AG 相比，具有 OOK/ASK/2-FSK/MSK 等多种调制方式，在不同的环境中可以根据需要采取相应的工作方式，提高了工作效率，CC2500 的输出功率比 nRF2401AG 高，最高可达 1dbm；支持每个数据包连接质量指示；具有单独的 64 字节 RX 和 TX 数据 FIFO，能依次发送或者接收更大的数据包，在芯片中集成了各种纠错评估指示电路，属于一种比较严谨的数传模块。它的不足之处在于传输速率不如 nRF2401AG，不过对于一般应用，500kbit/s 的速率也足够了。

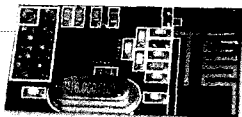
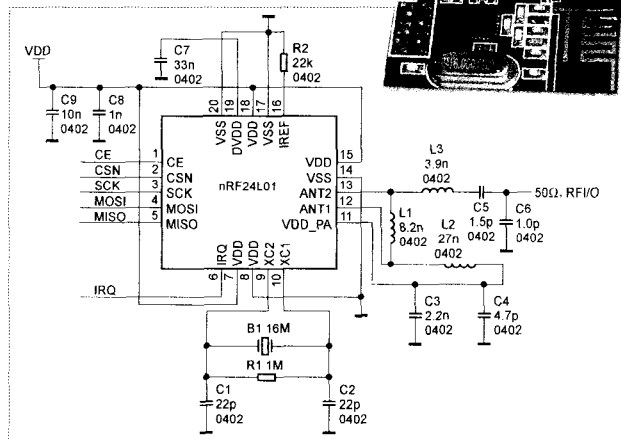
典型应用见图4，外形见图5。



nRF24L01

nRF24L01无线模块是Nordic公司在nRF2401AG基础上的升级产品，具有130 μ s的快速切换和唤醒时间，与BK2411一样，特有的MultiCeiverMT硬件同时提供6个接收机的功能，另外，将nRF2401AG的1Mbit/s的速率提升至2Mbit/s，使得高质量的VoIP成为可能；nRF24L01在低功耗方面尤为出色，特别适合采用钮扣电池供电的2.4GHz应用，整个解决方案包括链路层和MultiCeiver功能，提供了比nRF2401AG更多的功能和更低的电源消耗，与目前的蓝牙技术相比，在提供更高速率的同时，只需更小的功耗。

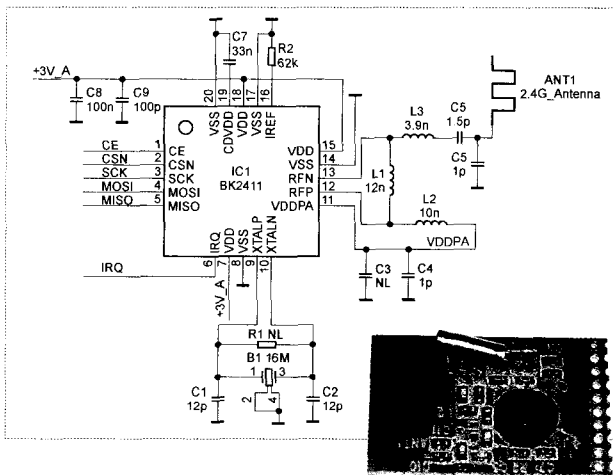
典型应用见图8，外形见图9。



BK2411

BK2411无线模块是上海博通的产品，采用FSK与GFSK调制方式，具有1Mbit/s或者高达2Mbit/s的传输速率，而且可编程输出功率：-35dbm、-25dbm、-15dbm、0dbm、5dbm；与前两款模块相比，它最大的优势在于具有6个数据管道，可组成1：6星形网络；同时，每个数据管道具有收发32字节的FIFO。它的缺点在于功耗控制相对于其他模块稍弱，而且同等误码情况下，距离不及其他模块，但是由于价格因素，该模块还是比较有性价比的。

典型应用见图6, 外形见图7。



在此，将各个模块重要参数进行简单的比对，见附表，希望对大家的选择有所帮助。

附表

	NRF2401AG	CC2500	BK2411	NRF24L01
工作速率 (bit/s)	1M	MSK:500k OOK/ASK/ 2-FSK:250k	1M、2M	2M
发射功率 (dbm)	0	可编程, 最高1	-35、-25、 -15、-5、0、5	0
工作电压(V)	1.9~3.6	1.8~3.6	1.9~3.6	1.9~3.6
工作频率范围 (MHz)	2400~2524	2400~2483.5	2397~2483.5	2400~2524
信道数	125	90	85	125
调制方式	GFSK	OOK ASK 2-FSK MSK	FSK、GFSK	GFSK
数据包	RX:28B FIFO TX:28B FIFO	RX:64B FIFO TX:64B FIFO	RX:32B FIFO TX:32B FIFO	RX:32B FIFO TX:32B FIFO
接口	SPI	SPI	SPI	SPI
工作温度(℃)	-40~85	-40~85	-40~85	-40~85
多点通信	不支持	不支持	1: 6星形网络	1: 6星形网络
参考价格 (十片以上)	15元	13元 (裸片绑定封装)	10元 (裸片绑定封装)	18元

结束语

2.4G模块其实远不止这几款，但是大多在工作方式、传输速率和网络构成上都大同小异，掌握一种自己熟悉的2.4G模块也许会在很多开发应用上开辟一种新的思路。

另外，最近在搜索网络时发现有人在研制无线编程器，通过两块无线模块配合对单片机进行无线编程，这其实也是一种很好的应用，有兴趣的读者可以试试。☞