



[12] 实用新型专利说明书

专利号 ZL 200920033136.7

[45] 授权公告日 2010年2月10日

[11] 授权公告号 CN 201402520Y

[22] 申请日 2009.5.14

[21] 申请号 200920033136.7

[73] 专利权人 长安大学

地址 710064 陕西省西安市南二环中段33号

[72] 发明人 杨 澜 王海彬 邬 满 史 昕
张 楠 张立成 韩永军 赵祥模
徐志刚

[74] 专利代理机构 西安通大专利代理有限责任公
司
代理人 陈翠兰

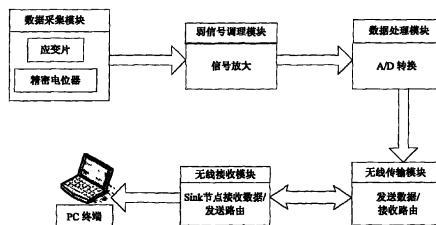
权利要求书1页 说明书9页 附图4页

[54] 实用新型名称

一种基于无线传感网络接口的桥梁应变采集仪

[57] 摘要

本实用新型公开了一种具有无线传感网络接口的多通道桥梁应变采集仪。该传感器的数据采集模块与弱信号调理放大器模块连接，弱信号调理放大器模块与数据处理模块连接，数据处理模块与无线传输模块连接，无线传输模块与无线接收模块连接，最后无线接收模块连接PC终端，数据处理模块中的ATmega128L单片机具有八通道的十位的ADC转换端口，据此该应变采集仪可以检测八通道的应变信号，从而由无线传输模块的CC2420射频芯片进行无线发送。并由无线接收模块接收后，通过SPI总线传输给PC终端。本实用新型检验既有桥梁的承载能力和验证发展桥梁的结构设计，具有无需布线，检测效率高和实时监测等特点。



1、一种基于无线传感网络接口的桥梁应变采集仪，包括数据采集模块、弱信号调理放大器模块、数据处理模块、无线传输模块以及无线接收模块五部分组成，其特征在于，该传感器的数据采集模块与弱信号调理放大模块连接，弱信号调理放大模块与数据处理模块连接，数据处理模块与无线传输模块连接，无线传输模块与无线接收模块连接，最后无线接收模块连接PC终端，其中数据处理模块中的单片机芯片ATmega128L具有八通道的十位的ADC转换端口。

2、根据权利要求1所述的采集仪，其特征在于，所述的数据采集模块是由一个平衡电桥组成，电桥中包含两个1K的应变片从Q1和Q2分别接入，两个精密微调的电位器R1和R2，电桥的半个桥臂由一个应变片和一个精密微调电位器串联构成，在两个电位器的非接地端，引出两根信号线作为放大模块的差分输入信号，当应变片因受力产生形变时，电桥失去平衡，从而产生差分信号，此差分信号与弱信号调理放大器模块相连接，接入弱信号调理放大器模块的仪表放大器AD620AN的2，3脚。

3、根据权利要求1所述的采集仪，其特征在于，数据处理模块和无线传输模块的数据通信是基于SPI总线的，其对应端口SI、SO、CSN、SCLK分别和单片机的MOSI、MISO、SS、SCK端口相连以实现数据通信，此无线传输的信号是数字信号，传输频率在2.4G~2.4835GHz，共有16个传输信道。

一种基于无线传感网络接口的桥梁应变采集仪

技术领域

本实用新型涉及一种桥梁荷载检测技术，特别涉及一种基于无线传感网络接口的桥梁应变采集仪。

背景技术

桥梁应变检测在桥梁的科研、设计及施工、验收等方面都起着重要的作用。目前常用的桥梁应变检测方法是基于有线线缆传输的桥梁应变检测。

有线线缆传输的桥梁应变检测中，传输均采用有线电缆方式完成。首先，虽然此技术手段具有数据传输效率高和技术成熟的优点，但是在在大跨度桥梁结构测试中，随着桥梁跨径的不断增大，从而传感器数量和有线电缆用量随之剧增，导致现场布置和撤离有线电缆工作量大、测试周期长、效率低，甚至可能导致几千米的有线电缆布线工作量难以实施。众多的有线电缆分布复杂凌乱，容易接错线位，为后期的数据处理带来难以补救的损失等。其次，传统有线线缆传输方式中采用模拟信号传输，使得线缆之间容易产生串扰。不仅如此，信号受温度、电磁波的干扰尤为明显。从而造成数据不能正确反应桥梁应变检测信息。最后，目前现有的桥梁应变采集仪价格昂贵，从而不适合我国国民消费水平。

发明内容

本实用新型的目的在于克服现有技术的不足，提供一种基于无线传感网络接口的桥梁应变采集仪。由于传感器与Sink节点之间数据传输采用数字信

号，这就有效的提高了数据的抗干扰性。以及本实用新型将采集、处理、无线传输高度集成在一起，从而该节点的集成度大大提高。

本实用新型的技术方案是这样实现的：

具有无线传感网络接口的多通道桥梁应变采集仪

包括数据采集模块、弱信号调理放大器模块、数据处理模块、无线传输模块、无线接收模块、5V供电模块与3.3V供电模块七部分组成，该传感器的数据采集模块与弱信号调理放大模块连接，这两部分由5V供电模块供电。弱信号调理放大模块与数据处理模块连接，数据处理模块与无线传输模块连接，无线传输模块与无线接收模块连接，最后无线接收模块通过SPI总线连接PC终端。无线传输模块和无线接收模块是由3.3V供电模块提供电压。

其中数据处理模块中的单片机芯片ATmega128L具有八通道的十位的ADC转换端口，据此该应变采集仪可以检测八通道的应变信号，从而由无线传输模块的射频芯片CC2420进行无线发送。

数据采集模块是由一个平衡电桥组成，电桥中包含两个1K的应变片从Q1和Q2分别接入，两个精密微调的电位器R1和R2，电桥的半个桥臂由一个应变片和一个精密微调电位器串联构成，在两个电位器的非接地端，引出两根信号线作为放大模块的差分输入信号，当应变片因受力产生形变时，电桥失去平衡，从而产生差分信号，此差分信号与弱信号调理放大器模块相连接，接入弱信号调理放大器模块的仪表放大器AD620AN的2，3脚。

偏置电压实质上是一个分压器，由一个1K的电阻和一个2K的精密微调电位器串联组成，并在其两端加入+5V的电压，然后从电阻和电位器的连接点引出一条信号线接入仪表放大器AD620AN的5管脚，用以将负电压变为正电压。引脚6输出放大后电压。将此电压信号与数据处理模块相连的单片

机芯片 ATmega128L 的模数转化(ADC)端口。电压信号经过 A/D 转换成为数字信号，将此数字信号与无线传输模块的射频芯片 CC2420 相连。

数据处理模块和无线传输模块的数据通信是基于 SPI 总线的，无线传输模块中的射频芯片 CC2420 对应端口 SI、SO、CSN、SCLK 分别和数据处理模块中的单片机芯片 ATmega128L 的 MOSI、MISO、SS、SCK 端口相连以实现数据通信。此无线传输的信号是数字信号，CC2420 传输频率在 2.4G~2.4835G Hz，共有 16 个传输信道，传输的路径由路由仿真平台生成的路由信息而确定，从而实现数据的多跳无线传输。

数据处理模块与无线传输模块的组合实现了数据的处理与无线发送。他们的组合与无线接收模块结构是一样的，其区别在于：数据处理模块是与弱信号调理放大器模块相连接，实现数据的 AD 转换，然后由射频芯片将数据进行无线发送；而无线接收模块是整个无线传感网络总的汇节点。是用于与上位机连接，实现接收了来自于传输模块所发送的数据。

无线接收模块是由 AVR 单片机芯片 ATmega128L、存储器 AT45DB041 和射频芯片 CC2420 以及外围电路组成的，它将无线接收到的数字信号，通过 SPI 总线与 PC 终端进行串行通信。ATmega128L 中 AVCC、VCC 端口与 3.3V 供电模块的 8 端口相连。将 ATmega128L 的 28、30、48 和 27 引脚分别与存储器 AT45DB041 的 1、2、4 和 8 引脚相互连接，以实现单片机和辅助存储器之间的通信。引脚 10、11、12 和 13 端口分别与 CC2420 的 31、32、33 和 34 引脚相互连接，以实现单片机与射频芯片之间的数据通信。ATmega128L 的引脚 51、50 和 49 分别接入三个发光二极管，用来表示数据发送状态、数据接收状态和路由接收状态。引脚 2 和 3 与上位机的串口相连，用以实现 Sink 节点与上位机之间的通信。ATmega128L 引脚 18 和 19 外接一个 32.768K Hz 的有源晶振，引脚 23 和 24 外接一个 7.3728M Hz 的无源晶振，ATmega128L 的两个晶振分别用于节点的工作状态和休眠状态。CC2420 只需

要极少的外围元器件，它的外围电路包括晶振时钟电路、射频输入 / 输出匹配电路和微控制器接口电路三个部分。CC2420 的 38, 39 引脚外接 16 MHz 晶体振荡器和两个 22 pF 负载电容。射频输入 / 输出匹配电路主要用来匹配芯片的输入输出阻抗，使其输入输出阻抗为 50 Ω ，同时为芯片内部的 PA 及 LNA 提供直流偏置。CC2420 可以通过 4 线 SPI 总线(SI、SO、SCLK、CS_n)设置芯片的工作模式 并实现读 / 写缓存数据 读 / 写状态寄存器等。通过控制 FIFO 和 FIFO P 管脚接口的状态可设置发射 / 接收缓存器。

首先数据采集模块是通过在桥梁的最不利正弯矩截面上布置分布式等距多个应变片与相同个数的精密可调电位器形成惠斯登电桥，从而可以测量到实时的代表桥梁物理特性的差分信号——压力形变信号。然后将该信号接入弱信号调理放大器中，通过AD620AN芯片，将采集到的模拟信号进行适度放大，系统通过数据处理核心芯片AVR单片机将接收的数据进行A/D转换，然后通过专门的射频芯片CC2420将该数字信号转换为数据帧，并以802.15.4协议方式发送到Sink节点。最后无线接收模块通过SPI总线与上位机进行通信。上位机通过解析帧格式得到检测数据。从而对桥梁结构的健康状况和损伤状况作出实时准确的分析和判断。

本实用新型具有以下优点：

- 1、本桥梁应变采集仪采用IEEE802.15.4/Zigbee协议进行数据传输。避免了传统桥梁应变检测设备大规模布线，实现了检测过程无需布线，检测周期缩短，效率提高等优点。
- 2、传感器采用数字信号无线传输，避免了有线传输中模拟信号易产生各线缆串扰以及易受温度、电磁波干扰等问题。从而有效的提高了

抗干扰能力。

- 3、本桥梁应变采集仪具有体积小、方便携带、以及能耗低等优点。由于数据采集、信号调理、数据处理以及数据无线传输模块均采用低功耗芯片，加之单片机具有独特的睡眠模式，从而有效的保证了传感器和网络的低功耗和高寿命的特点。
- 4、传感器之间采用不低于250kbps的传输速率与Sink节点进行通信，并且传输采用中级多跳模式，从而提高数据传输的安全性，延长了传输距离，适合于大跨度桥梁的检测。

本实用新型中节点实现了无需布线、抗干扰性强、传输速率高，检测桥梁跨径大、测试周期缩短等技术难点，完成了一个高精度，高实时性，高性价比的具有无线传感网络接口的多通道桥梁应变采集仪的开发。

附图说明

图 1 是本实用新型结构流程图

图 2 是电路设计图

- (a) 数据采集模块与弱信号调理放大器连接电路图
- (b) 数据处理模块中的单片机芯片电路图
- (c) 无线传输模块与无线接收模块中的射频芯片电路图
- (d) 5V 供电模块电路图
- (e) 3.3V 供电模块电路图

下面结合附图对本实用新型的内容作进一步详细说明。

具体实施方式

本实用新型的具有无线传感网络接口的多通道桥梁应变采集仪由粘贴式

应变片电桥，电源供电电路、放大调理滤波电路、单片机芯片ATmega128L、CC2420射频电路与计算机等组成。

参照图1所示，数据采集模块与弱信号调理放大模块相连，用于采集桥梁受压时的形变。该数据采集模块是由应变片和精密微调电位器组成的电桥电路。信号调理将采集的毫伏级电压通过放大滤波至0~3.3V范围，然后传送至数据处理模块进行A/D转换。数据处理模块由ATmega128L芯片及其供电模块组成。该单片机具有8通道的10位ADC端口，保证了A/D转换精度精确高的特点。数据处理模块与无线传输模块相连，用于将转换后的数字信号通过内置PCB天线进行无线发送。该无线传输模块可以向Sink节点发送数据，同时也可以接收由Sink发送的无线路由。数据帧以基于802.15.4的协议方式通过PCB天线发送到Sink节点。无线接收模块与PC终端相连。Sink节点将接收到的数据帧进行帧解析，提取出所需要的检测数据。由于此时采集到的数据是电压信息，这就需要通过应变仪进行物理量标定。从而PC机可以显示采集到的桥梁荷载参数。

参照图2所示，数据采集模块是由一个平衡电桥组成，数据采集和弱信号调理放大器模块由5V供电模块提供这部分电路连接工作电压，该图中的VCC端连接5V供电模块的5端口。电桥中包含两个1K的应变片（从Q1和Q2分别接入），两个精密微调的电位器(R1和R2)，电桥的半个桥臂由一个应变片和一个精密微调电位器串联构成，在两个电位器的非接地端，引出两根信号线作为放大模块的差分输入信号。当应变片因受力产生形变时，电桥失去平衡，从而产生差分信号。此差分信号与弱信号调理放大器模块相连接，接入弱信号调理放大器模块的仪表放大器AD620AN的2,3脚进行放大调理。弱信号调理放大器模块主要由仪表放大器芯片AD620AN组成。由

引脚 5 提供输出偏置电压，引脚 6 输出调理放大后的电压。

由于单片机的 ADC 端口只能识别正电压，而差分信号的放大输出有正负，因此在弱信号调理放大器模块中加入偏置电压。偏置电压是一个分压器，由一个 1K 的电阻和一个 2K 的精密微调电位器串联组成，目的使放大输出的信号始终为正值。AD620AN 放大输出引脚（6 脚）与 AVR 单片机的 A/D 转换脚（59 脚）相连。

参照图 2 (b) 所示，芯片中 AVCC、VCC 端口与 3.3V 供电模块的 8 端口相连。将该芯片的 28、30、48 和 27 引脚分别与存储器 AT45DB041 的 1、2、4 和 8 引脚相互连接，以实现单片机和辅助存储器之间的通信。引脚 10、11、12 和 13 端口分别与 CC2420 的 31、32、33 和 34 引脚相互连接，以实现单片机与射频芯片之间的数据通信。引脚 51、50 和 49 分别接入三个发光二极管，用来表示数据发送状态、数据接收状态和路由接收状态。引脚 2 和 3 与上位机的串口相连，用以实现 Sink 节点与上位机之间的通信。引脚 18 和 19 外接一个 32.768K Hz 的有源晶振，引脚 23 和 24 外接一个 7.3728M Hz 的无源晶振，该系统的两个晶振分别用于节点的工作状态和休眠状态。由于在无线传输的过程中为了延长传输的距离，特采用了多跳中继的方式，这种方式会使某个节点的处理器汇集大量的数据，而处理器内部的存储空间是十分有限的，在此加入了辅助存储器模块——AT45DB041，该存储器模块包含 2048 个页面，每个页面有 264 个字节的存储空间，从而大大的增加了每个处理节点的存储容量。单片机与辅助存储器之间的通信是基于 SPI 总线的，单片机根据辅助存储器的读写操作码，在严格的时钟控制下，完成对辅助存储器的读写操作。

参照图 2 (c) 所示，3.3V 供电模块的 8 端口与 CC2420 芯片的 DVDD_3.3V 端

口相连，提供芯片工作电压。复位（21脚）、帧起始分隔符（27脚）、信道空闲标志位（28脚）、FIFO（29脚）、FIFOP（30脚）、片选信号（31脚）、SPI 时钟信号（32脚）、SPI 输入（33脚）、SPI 输出（34脚）、电压调整器使能（41脚）与ATmega128L相连。它采用SPI接口，当 CS变低，CC2420的SPI通信周期开始。在芯片“被选”以后，开始驱动SCLK时钟信号。在SCLK信号上升沿，CC2420对SI、SO上的数据进行取样。在SCLK信号下降沿，如果SO的操作模式是输出，CC2420将改变SO上的数据。当这一周期完成时，停止SCLK的驱动并将CS信号变高。CC2420的30端口与单片机的端口17相连，FIFO(30引脚)为高电平时表示接收缓冲区有数据，低电平时表示缓冲区为空。CC2420的FIFOP (29引脚)为高电平时表示接收缓冲区溢出，否则没有溢出。CCA (28引脚)为高电平时表示数据传送信道空闲，否则信道繁忙。SFD (27引脚)为高电平时表示帧起始符接收完毕，开始接收数据(包含地址信息)，该端口会一直保持高电平，直到数据接收完毕为止。在接收数据过程中，如果地址识别出现错误的，SFD的电平会跳转到低电平，从而终止数据的接收。

参照图2 (d) 所示，它主要为数据采集模块与弱信号调理放大器模块提供5V的工作电压。首先利用两节干电池为MAX631芯片提供1.5V~3.0V的输入电压，MAX631的4端口作为电池电压的输入，1、3和7端口接地，然后它的5端口作为升压后的输出端口，在电池供电正常的情况，该端口的输出电压为+5V。同时，MAX631的外围电路十分简单，在4端口和电池正极之间接上一个330mH的储能电感，在5端口和地之间接上一个100uF的电解电容，用以去除噪声。图中所示的VCC即接的是MAX631的5端口。

参照图 2 (e) 所示，该供电模块主要是用来给数据处理模块的单片机芯

片 ATmega128L、无线传输模块与无线接收模块中的射频芯片 CC2420 供电。该供电模块采用的是 MAX1678 芯片，两节干电池的正极输入与它的 1、4、7 端口连接，5、6 端口跟电池的负极相连，8 端口输出升压后的 3.3V 电压，在 1 和 7 端口之间连入一个 47 μ H 的电感，8 端口与地之间接一个 10 μ F 的电解电容。该 8 端口与图 2 (b) 中的 AVCC、VCC 相连，提供 ATmega128L 芯片的工作电压；该 8 端口与图 2 (c) 中的 DVDD_3.3V 相连，提供射频芯片 CC2420 的工作电压。

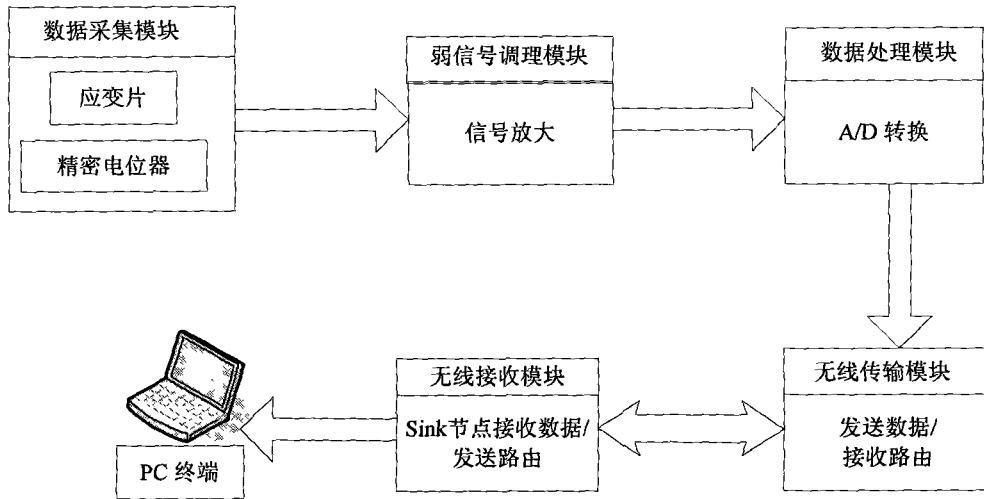


图 1

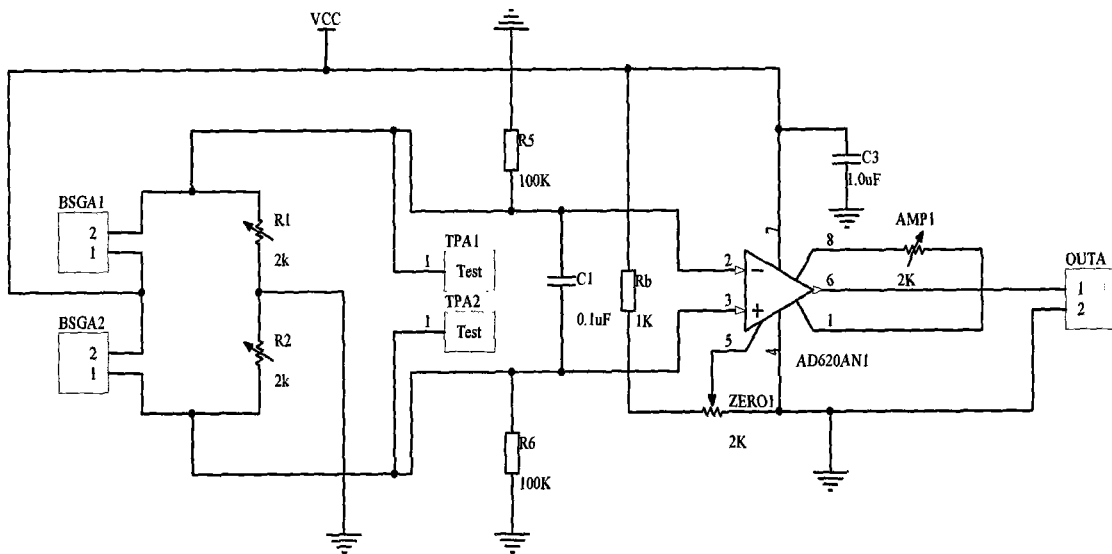


图 2 (a)

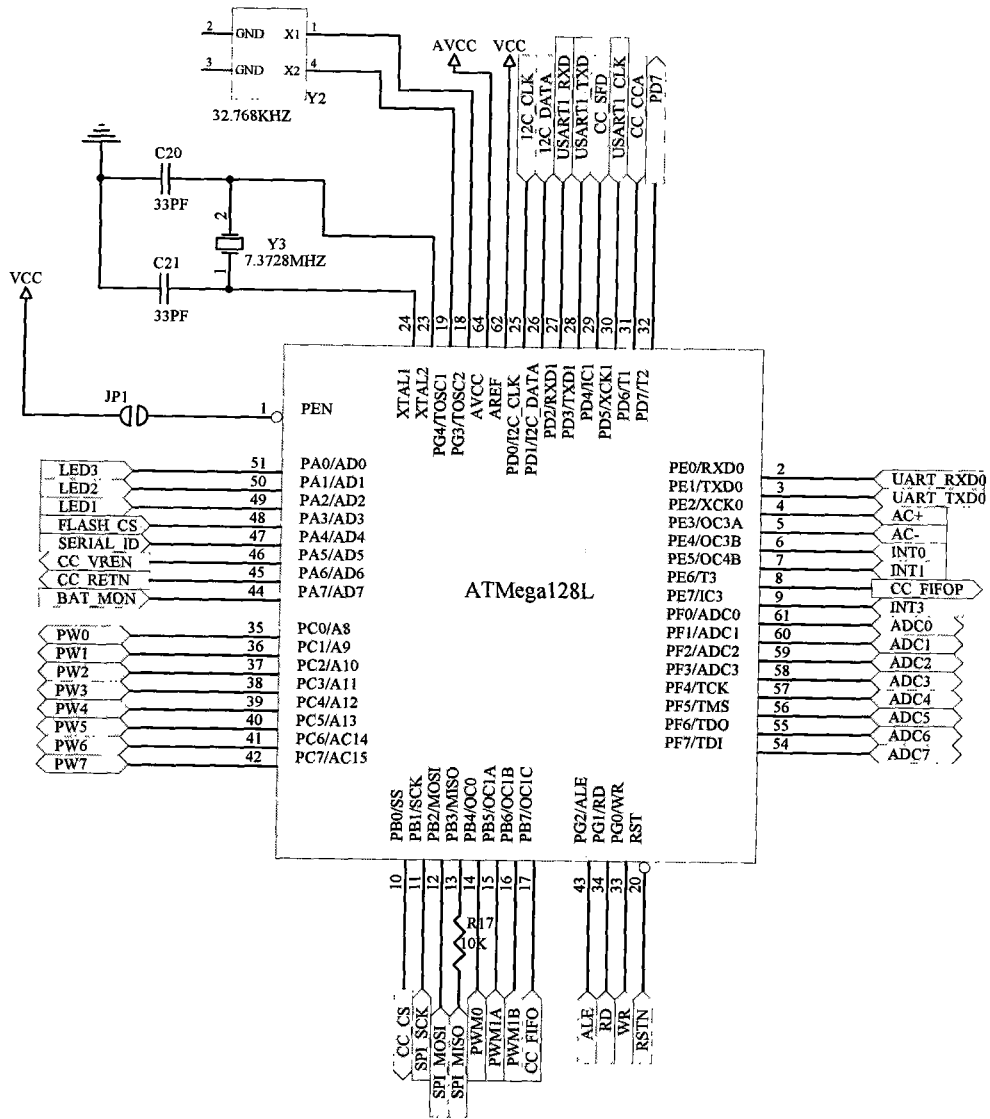


图 2(b)

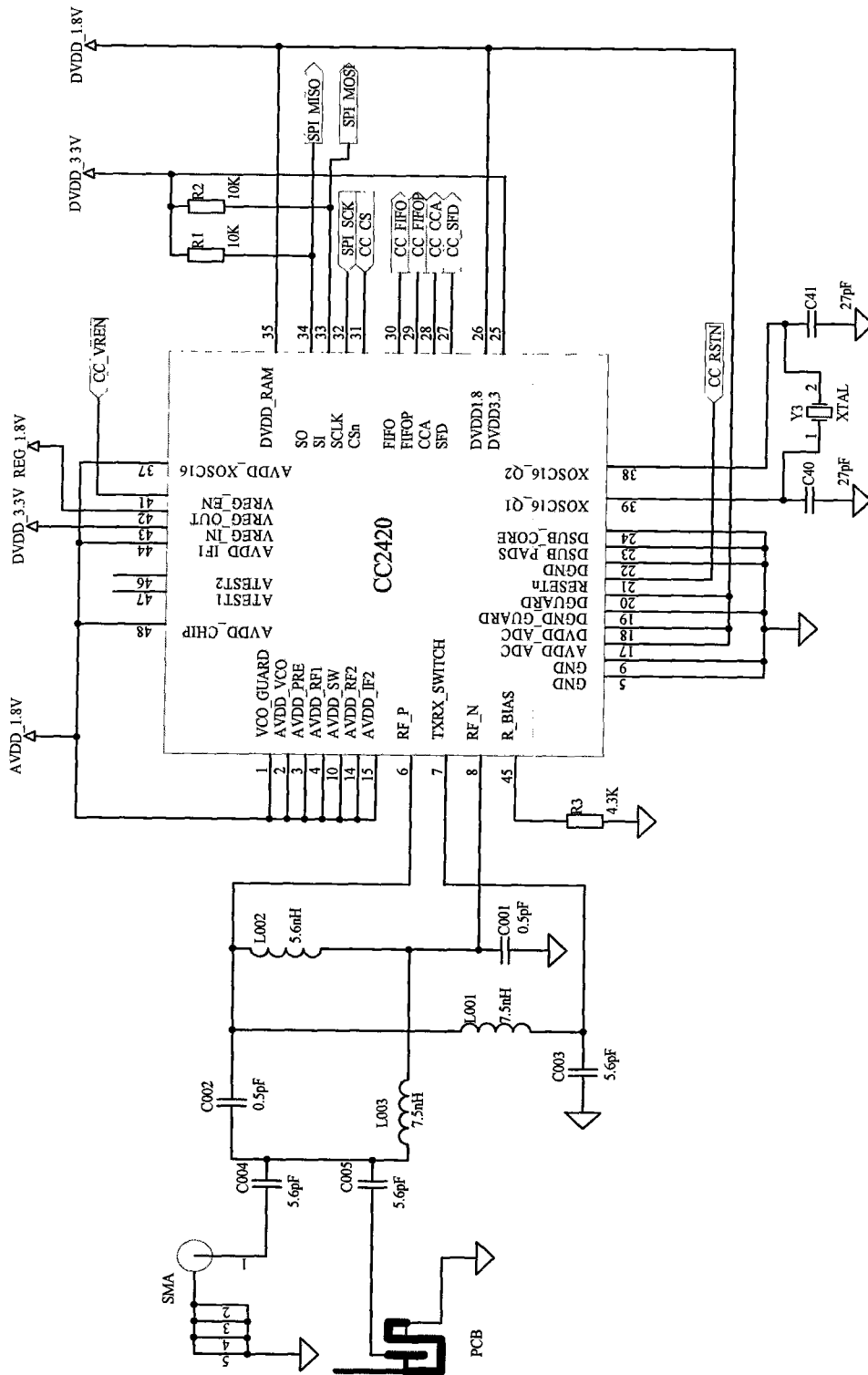


图 2 (c)

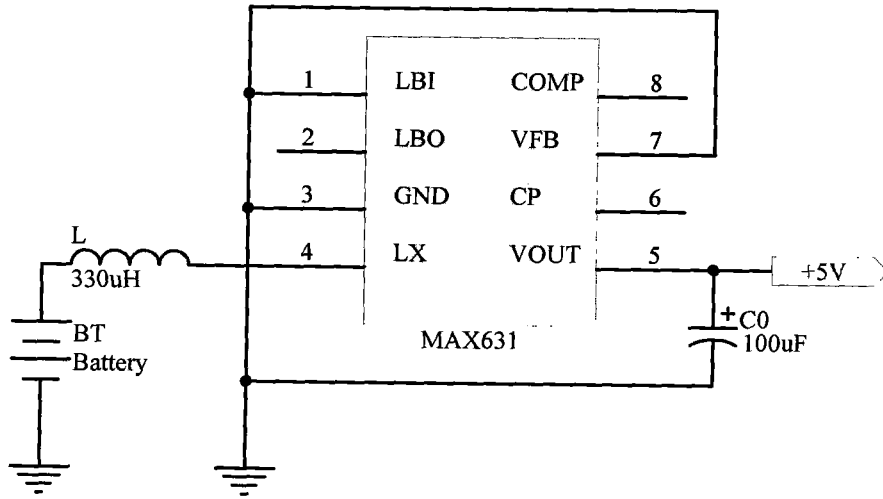


图 2 (d)

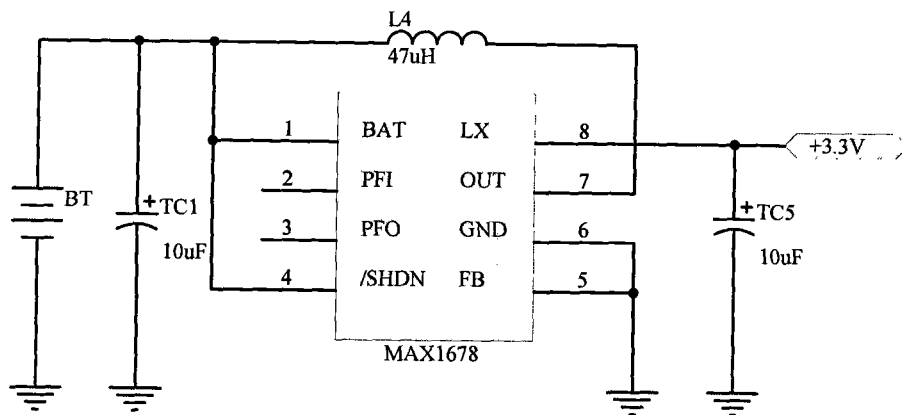


图 2 (e)