



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103596293 A

(43) 申请公布日 2014. 02. 19

(21) 申请号 201310517620. 8

(22) 申请日 2013. 10. 28

(71) 申请人 天津大学

地址 300072 天津市南开区卫津路 92 号

(72) 发明人 由磊 赵耀 侯春萍

(74) 专利代理机构 天津市北洋有限责任专利代

理事务所 12201

代理人 温国林

(51) Int. Cl.

H04W 84/18 (2009. 01)

H02N 11/00 (2006. 01)

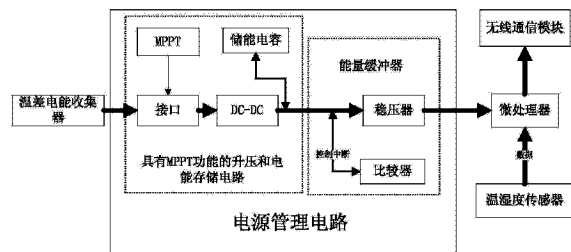
权利要求书1页 说明书8页 附图3页

(54) 发明名称

一种基于微型温差发电器的无线传感器节点
稳定供电系统

(57) 摘要

本发明公开了一种基于微型温差发电器的无线传感器节点稳定供电系统,温差电能收集器连接电源管理电路,电源管理电路将收集到的电能处理后稳定传输至由温湿度传感器、微处理器和无线通信模块组成的负载电路,为负载电路供电,微处理器将温湿度传感器采集到的湿温度数据通过无线通信模块发射;电源管理电路由两大部分电路组成,第一部分是具 MPPT 功能的升压变换器电路以及能量存储电路;第二部分是能量缓冲器电路,能量缓冲器电路又包含双电压比较器电路和稳压器输出电路。本发明提高了收集能量的效率,不浪费环境中的微弱温差能量,同时能稳定输出范围可调的电压,实现了在环境恶劣地区无需人工维护即可延长无线传感器节点的使用寿命。



1. 一种基于微型温差发电器的无线传感器节点稳定供电系统,包括:用于收集电能的温差电能收集器,其特征在于,所述温差电能收集器连接电源管理电路,所述电源管理电路将收集到的电能处理后稳定传输至由温湿度传感器、微处理器和无线通信模块组成的负载电路,为所述负载电路供电,所述微处理器将所述温湿度传感器采集到的湿温度数据通过所述无线通信模块发射;

其中,所述电源管理电路由两部分电路组成,第一部分电路包括:升压变换器电路以及能量存储电路;第二部分电路是能量缓冲器电路,所述能量缓冲器电路包括:双电压比较器电路和稳压器输出电路。

2. 根据权利要求1所述的一种基于微型温差发电器的无线传感器节点稳定供电系统,其特征在于,所述升压变换器电路以及能量存储电路包括:微型温差发电机 TEG,

所述微型温差发电机 TEG 输出的是温差电转换的裸电压,所述微型温差发电机 TEG 输出经过电阻 R_1 接入 BQ25504 芯片的 VIN_DC 端;电阻 R_1 经过高频扼流圈 LBST 接入 LBST 端;电阻 R_1 经过滤波电容 CHVR 接地;VIN_DC 通过电阻 R_{oc2} 连接 VOC_SAMP, VOC_SAMP 通过电阻 R_{oc1} 接地;VRDIV 通过电阻 R_{ov2} 和电阻 R_{ov1} 接地;VRDIV 和 VBAT_0V 之间通过电阻 R_{ov2} 相连;VRDIV 通过电阻 R_{uv2} 和电阻 R_{uv1} 接地;VBAT_UV 和 VRDIV 之间通过电阻 R_{uv2} 相连;VBAT_UV 接电阻 R_{uv1} 接地;VBAT_UV 通过电阻 R_{ok3} 、 R_{ok2} 和 R_{ok1} 接地;VBAT_UV 和 OK_HYST 之间通过电阻 R_{ok3} 相连;OK_HYST 和 OK_PRCG 之间通过电阻 R_{ok2} 相连;OK_PRCG 通过电阻 R_{ok1} 接地;VSS 和 AVSS 接地;VBAT 通过二极管 D1 接储能电容器 Cstor。

3. 根据权利要求2所述的一种基于微型温差发电器的无线传感器节点稳定供电系统,其中,所述双电压比较器电路包括:MIC841N 芯片,

MIC841N 芯片的 Vin 端接储能电容器 Cstor 的正极;Vin 端通过电阻 R2 接入 LTH 端;LTH 端和 HTH 端通过电阻 R3 相连;HTH 端接电阻 R4 然后接地;Vout 接稳压器输出电路。

4. 根据权利要求3所述的一种基于微型温差发电器的无线传感器节点稳定供电系统,其中,所述稳压器输出电路包括:TPS78001 芯片,

TPS78001 芯片的 IN 端接储能电容器 Cstor 的正极;EN 使能端接 MIC841N 芯片的输出端;OUT 端和 FB 端之间接电阻 R5;FB 端接电阻 R6 然后接地;OUT 端输出一个稳定的电压。

一种基于微型温差发电器的无线传感器节点稳定供电系统

技术领域

[0001] 本发明涉及供电系统领域,特别涉及一种基于微型温差发电器的无线传感器节点稳定供电系统。

背景技术

[0002] 在全球面临能源紧缺、气候变暖等严重问题的情况下,人类为了生存和发展转而去寻找和利用清洁能源技术。清洁能源包括太阳能、风能、热能、振动能、海洋能,以及其他能量如人体动能、生化能等能量。但是这些能量是动态变化着的,不能直接被我们利用,我们得利用动态能量采集技术将这些动态的能量存储到超级电容或者化学电池中,然后才能加以利用。

[0003] 随着科技的发展,无线传感器网络技术已经渗透到人类生产和生活的方方面面。无线通信网已经逐步发展到能为任何人和物件之间随时、随地通信的物联网,网络的规模极速扩大,但与此同时物联网的总体的稳定性和可持续发展问题也越来越突出。这是因为虽然单个无线传感器节点的能耗不是很大,但是物联网系统中有着数以亿计的节点,综合起来看这些节点的总能耗是很大的,因此能否稳定的为这些传感器节点供电就决定着物联网系统能否可持续发展。与此同时,为了满足人类生活的需要,越来越多的传感器需要被安放在人迹罕至或者环境恶劣的地区,这些地区恶劣的环境决定了人们无法使用化学电池为无线传感器节点供电,因为在这些地区更换化学电池往往是一件不太可能的事情。正因为这些原因,人们才想到采用可再生能源(动态能源)为无线通信节点供能来解决这些问题。本发明基于环境中温差能量采集,通过合适的能量管理最终供给无线传感器节点。

[0004] 相比较于其他的环境能量采集系统,温差电能量采集系统是有着特殊的优势。温差电池是利用环境中的温度差异,将热能直接转化为电能的装置。相比较于太阳能电池等能量采集电池,温差电池对于环境的要求相对较弱,能基本上工作在世界上的任何地区,受天气的影响不大,对于现在的热能转换芯片大约只要 5 摄氏度的温差就可以稳定驱动一个无线传感器网络节点;温差电池在一些特殊的环境中更是有着无可比拟的优势,而这些地区可利用的其他的环境能量很小,例如,我们在日常生活中常用它来测量冶炼及热处理炉的高温;太阳能电池的采集光能的电池板的表面积很大,无法在一些微型区域使用,而只要有足够大的温差和一定效率的热电转换材料,温差电池可以做得很小而不影响其输出功率。

[0005] 传统的温差发电机多应用于处理工业废热,而这些热量的总能量很大,可用的温差能也很大,因此在这些地方普通的温差发电机在转换效率不是很高的情况下也可以达到很可观的输出电压,这些电能经过一定的能量管理控制设备最终实现并网,实现了工业废热的再利用。传统的处理大型工业废热的温差发电机系统的特点如下:(1)自身温差电偶的很大,占有很大的空间,发电量很大,但其绝对发电效率较低。除此之外,其造价昂贵,应用场合很苛刻,无法应用于无线传感器网络系统。(2)工业级温差发电机系统往往需要进行并网发电,需要复杂的变电网设备,广泛的应用于地热发电等工业级供电领域,无法适应

无线传感器网络系统供电的要求。

发明内容

[0006] 本发明提供了一种基于微型温差发电器的无线传感器节点稳定供电系统,本发明基于微型温差发电机供给的无线传感器网络建立了比较完整的能量自供给的无线传感器网络系统,有效地解决了微型温差发电机发电量微弱不足以提供无线传感器网络节点使用的问题,详见下文描述:

[0007] 一种基于微型温差发电器的无线传感器节点稳定供电系统,包括:用于收集电能的温差电能收集器,所述温差电能收集器连接电源管理电路,所述电源管理电路将收集到的电能处理后稳定传输至由温湿度传感器、微处理器和无线通信模块组成的负载电路,为所述负载电路供电,所述微处理器将所述温湿度传感器采集到的湿温度数据通过所述无线通信模块发射;

[0008] 其中,所述电源管理电路由两部分电路组成,第一部分电路包括:升压变换器电路以及能量存储电路;第二部分电路是能量缓冲器电路,所述能量缓冲器电路包括:双电压比较器电路和稳压器输出电路。

[0009] 所述升压变换器电路以及能量存储电路包括:微型温差发电机 TEG,

[0010] 所述微型温差发电机 TEG 输出的是温差电转换的裸电压,所述微型温差发电机 TEG 输出经过电阻 R_1 接入 BQ25504 芯片的 VIN_DC 端;电阻 R_1 经过高频扼流圈 LBST 接入 LBST 端;电阻 R_1 经过滤波电容 CHVR 接地;VIN_DC 通过电阻 Roc2 连接 VOC_SAMP, VOC_SAMP 通过电阻 Roc1 接地;VRDIV 通过电阻 Rov2 和电阻 Rov1 接地;VRDIV 和 VBAT_OV 之间通过电阻 Rov2 相连;VRDIV 通过电阻 Ruv2 和电阻 Ruv1 接地;VBAT_UV 和 VRDIV 之间通过电阻 Ruv2 相连;VBAT_UV 接电阻 Ruv1 接地;VBAT_UV 通过电阻 Rok3、Rok2 和 Rok1 接地;VBAT_UV 和 OK_HYST 之间通过电阻 Rok3 相连;OK_HYST 和 OK_PRCG 之间通过电阻 Rok2 相连;OK_PRCG 通过电阻 Rok1 接地;VSS 和 AVSS 接地;VBAT 通过二极管 D1 接储能电容器 Cstor。

[0011] 所述双电压比较器电路包括:MIC841N 芯片,

[0012] MIC841N 芯片的 Vin 端接储能电容器 Cstor 的正极;Vin 端通过电阻 R2 接入 LTH 端;LTH 端和 HTH 端通过电阻 R3 相连;HTH 端接电阻 R4 然后接地;Vout 接稳压器输出电路。

[0013] 所述稳压器输出电路包括:TPS78001 芯片,

[0014] TPS78001 芯片的 IN 端接储能电容器 Cstor 的正极;EN 使能端接 MIC841N 芯片的输出端;OUT 端和 FB 端之间接电阻 R5;FB 端接电阻 R6 然后接地;OUT 端输出一个稳定的电压。

[0015] 本发明提供的技术方案的有益效果是:本发明通过将微型温差发电机与传感器节点的结合,使无线传感器节点可以在没有电池供电的情况下自行供电,解决了无线传感器网络的能源瓶颈,在环境恶劣地区无需人工维护即可延长无线传感器节点的使用寿命。本发明采用最新的电能管理芯片和电能存储设备,实现了对于微弱温差能的有效储存和利用,达到了可以从低至 80mv 的超低能源汲取能量,为我国在微型环境能量采集电路方面提供了一定的参考价值。为了能够更有效的利用微型能量,本发明设计了能量缓冲器,可以在采集能量不足时暂时充当能量供给源的角色,保证无线传感器节点稳定工作。同时,本发明利用能量缓冲器巧妙的解决了能量采集管理电路中对于储能电容器充放电工作状态的切

换难题,不使用单片机等复杂控制,依靠比较器和稳压器实现了对储能电容器充放电的控制,有效地节约了能耗。是无线传感器网络自供给系统的重要组成部分,有力地支持了国家绿色节能产业技术的发展,为我国在“十二五”期间建设“低碳”环保的通信行业做出了贡献。

附图说明

- [0016] 图 1 为基于微型温差发电器的无线传感器节点稳定供电系统的示意图;
- [0017] 图 2 为电源管理电路的示意图;
- [0018] 图 3 为带 MPPT 功能的 DC-DC 升压电路和能量存储电路原理的示意图;
- [0019] 图 4 为 MIC841N 双电压比较器工作参考电路的示意图;
- [0020] 图 5 为 MIC841N 芯片工作功能图;
- [0021] 图 6 为稳压器输出电路原理图。

具体实施方式

[0022] 为使本发明的目的、技术方案和优点更加清楚,下面将结合附图对本发明实施方式作进一步地详细描述。

[0023] 可再生能源供电技术已经越来越广泛的应用于无线传感器网络节点的设计中,然而可再生能源的采集很困难,与此同时产生的能量也极其微弱,因此就需要一种从采集能量、能量管理到能量使用的系统的提出,用来使整个传感器网络稳定的工作下去。目前国内外的一些研究主要集中于大型的太阳能可再生能源发电并网或者是大型温差发电设备和变电的研究,很少有研究针对微型温差发电机供电的无线传感器网络。目前针对微型可再生能源采集进行的研究多处于这样一种两难的境地中:要想最大程度的从微小能量源采集能量就必须采用复杂高级的能量采集和管理模块电路,而往往这部分电路的耗能也十分可观,总体来看,对于整个能量采集系统得不偿失。本发明为了解决这个问题,在能量采集和能量管理两个方面采用了复杂度不同的电路设计,在能量采集方面,采用相对复杂的升压和最大功率点跟踪电路设计,实现对于更微小能量的利用;在能量管理使用方面采用了能量缓冲器设置,该模块可以在能量充足时储存部分能量,用以在能量不足时使用,有效地解决了微型温差发电机发电量微弱不足以提供无线传感器网络节点使用的问题。同时本电路抛弃单片机控制这一相对高耗能的电路设计方式,而采用了比较器和稳压器搭配相应的分立元件的方式来控制输出,可以实现电压的稳定输出供给后面的无线传感器节点使用。

[0024] 如图 1 所示是微型温差发电机供电的无线传感器网络节点的发射端的结构。由图 1 可知,微型温差发电机供电的无线传感器网络节点的发射端结构由温差电能收集器、具有 MPPT 功能的升压电路、能量缓冲器和系统负载(无线传感器节点)组成。温差电能收集器是由热电转换芯片组成的,可以根据实际的应用场所的大小和所需电能的多少决定热电转换芯片表面积大小和叠加的层数,用以满足不同的应用环境。电源管理电路主要是由最大功率点跟踪模块(MPPT)、电能输出接口、充电器(DC-DC 升压模块)、能量缓冲器构成。其中能量缓冲器电路由超级电容、比较器电路和稳压器电路构成。负载主要包括温湿度传感器、微处理器和无线通信模块,微处理器将采集到的温湿度数据,通过无线发射模块发射出去。

[0025] 由图 1 可知,在微型温差发电机供电的无线传感器网络节点中,电源能量管理电

路(PMC)是极其重要的一环,它所包含的电路功能多而重要,是微型温差发电器能量采集系统的关键所在。在本发明中电源能量管理电路主要包含了如下功能,最大功率点跟踪、DC-DC 升压转换和能量缓冲。

[0026] 如图 2 所示,该电源能量管理电路主要是由芯片 BQ25504、MIC841N、TPS78001 和储能电容器以及它们相应的外围电路构成。超低电压升压转换和管理芯片 BQ25504,低功耗多功能电压比较器 MIC841N 和线性稳压输出芯片 TPS78001 一起构成了微型温差发电器供给的无线传感器网络节点的温差能量采集和管理使用的多重功能。

[0027] 在本发明中,德州仪器(TI)公司生产的 BQ25504 电源管理芯片主要实现了从热能转换模块中以超低功耗汲取能量。BQ25504 是一个 16 个引脚的、3mm*3mm 分装的高效率能量管理芯片,16 个引脚依次逆时针分布,本发明通过合理地应用这些引脚的相应的功能,实现了微型能量的高效管理。除此之外,该芯片的一个显著优点是拥有超低的工作启动电压,这使得它可以在稳定工作时从低至 80mv 的能量源提取能量,并对超低电压进行升压转换,以便后续电路进行存储使用。在本发明电路中,搭配合适的外围电路实现了从超低功率能量源采集电能的最大功率点跟踪,这对于微型温差能量自供给系统有着至关重要的作用。同时通过外围电路设定过压和欠压的电路保护,保证芯片的稳定工作。

[0028] MIC841N 是一个超低功耗的具有内部参考电压的双电压比较器。在本发明中通过设置其电压比较的上限和下限来驱动后面的线性稳压器。其工作的特点是,通过不断的检测引脚 VDD 上的电压,并与引脚 LTH 和 HTH 上设定的工作电压进行比较,从而确定输出的电压(即引脚 OUT 的输出信号)的高低,进而控制稳压器 TPS78001 的工作状态。

[0029] TPS78001 是德州仪器公司生产的超低功耗稳压器,它可以实现电路输出电压的稳压作用,通过设置相应的外围电路的电阻参数,可以使输出得到一个稳定的电压,这样就可以稳定地驱动后面的无线传感器节点。

[0030] 下面对上述电路图的各个模块包含的芯片和相关电子元件,以及工作方式和功能进行详细的描述。

[0031] 图 2 中的电路是微型温差发电器自供电系统的总体电路图,根据实际电路的作用可将其划分为三个电路,在此以电路 A、B 和 C 来代替。

[0032] 电路 A 是以 BQ25504 芯片为核心的具有 MPPT 功能的 DC-DC 升压变换器电路以及能量存储电路;电路 B 是以 MIC841N 芯片为核心的双电压比较器电路;电路 C 是以 TPS78001 芯片为核心的稳压器输出电路。

[0033] 1、电路 A 的详细电路原理图如图 3 所示:

[0034] 如图 3 所示,电路 A 主要是由电能管理芯片 BQ25504 及其外围电路构成。

[0035] 首先按照如图 3 连接电路 A 的相关电子元件。TEG 即是微型温差发电器,它输出的是温差电转换的裸电压。TEG 输出经过电阻 R_1 (实际为 TEG 等效内阻) 接入 BQ25504 的 VIN_DC 端;电阻 R_1 经过高频扼流圈 LBST 接入 LBST 端;电阻 R_1 经过滤波电容 CHVR 接地;VIN_DC 通过电阻 Roc2 连接 VOC_SAMP,VOC_SAMP 通过电阻 Roc1 接地;VRDIV 通过电阻 Rov2 和电阻 Rov1 接地;VRDIV 和 VBAT_OV 之间通过电阻 Rov2 相连;VRDIV 通过电阻 Ruv2 和电阻 Ruv1 接地;VBAT_UV 和 VRDIV 之间通过电阻 Ruv2 相连;VBAT_UV 接电阻 Ruv1 接地;VBAT_UV 通过电阻 Rok3、Rok2 和 Rok1 接地;VBAT_UV 和 OK_HYST 之间通过电阻 Rok3 相连;OK_HYST 和 OK_PRCG 之间通过电阻 Rok2 相连;OK_PRCG 通过电阻 Rok1 接地;VSS 和 AVSS 接地;VBAT

通过二极管 D1 接储能电容器 Cstor。

[0036] 电路 A 的主要功能是 MPPT、DC-DC 升压变换,以及能量存储电路,以下对如何实现这三个功能进行详细叙述。

[0037] 最大功率点跟踪(MPPT)是一种最大化利用微型温差发电器所产生电能的技术。本发明通过一定的电气模块调节微型温差发电器的温差芯片的输出电压,从而实现温差发电器输出功率的最大化。根据已知的微型温差发电器的输出特性曲线,当输出的电压大约等于开路电压的 50% 时可以得到最大的输出功率。从 TEG 提取最大功率的技术主要是动态改变 DC/DC 转换器开关频率,本发明根据这一特性利用 BQ25504 采用了电阻比例分压法实现了输出电压为开路电压的一半,进而实现了输出功率的最大化。

[0038] 如图 3 所示,为了实现 MPPT 功能,在引脚 2 (VIN_DC) 和引脚 3 (VOC_SAMP) 分别接电阻 R_{OC2} 和电阻 R_{OC1} 。引脚 2 通过 R_{OC2} 接引脚 3,引脚 3 通过 R_{OC1} 接地,具体如电路原理图所示。

[0039] 然后按照以下的方式确定 R_{OC1} 和 R_{OC2} 的阻值:

[0040] VIN_DC 是电压输出端,通过 R_{OC1} 和 R_{OC2} 的分压作用,使得 VOC_SAMP 处的电压为:

$$[0041] \quad V_{VOC_SAMP} = VIN_DC \times \left(\frac{R_{OC1}}{R_{OC1} + R_{OC2}} \right)$$

[0042] 又因为 TEG 输出的电压大约等于开路电压的 50% 时可以得到最大的输出功率,因此

此 $\frac{R_{OC1}}{R_{OC1} + R_{OC2}}$ 的值应为 $\frac{1}{2}$,因此 $R_{OC1}=R_{OC2}$,在电路设计实际中,我们选择了 $10M\Omega$ 作为其阻

值,因此 $R_{OC1}=R_{OC2}=10M\Omega$ 。

[0043] BQ25504 芯片每 16s 采样一次 VOC_SAMP 的电压值,可以保证在温差发电器的输出功率发生变化的情况下,在较短的时间内可以准确跟踪到微型温差发电器输出功率的最大点,实现最有效的电能采集。

[0044] BQ25504 的另一个最重要的功能就是可以实现在稳定工作时从低至 80mV 的电压持续汲取能量,这对于微型温差发电器十分重要。BQ25504 的充电电路是集成在芯片内部的 DC-DC 升压模块构成。内部升压模块是通过脉冲频率调制将输入电压调节到芯片的能量存储设备需要的电压。为了实现保护电能存储(储能电容器)设备的长寿命高效率工作,本发明结合 BQ25504 为充电电路设定了欠压阈值(UV),充电完成阈值(VBAT_OK),过压阈值(OV),欠压和过压阈值的设定分别用于避免储能电容器储能设备过度放电和过度充电,尽可能延长储能电容器的工作使用寿命。VBAT_OK 的设定用于控制充放电过程,进而控制整个电路的工作流程。

[0045] 在本发明中,结合充电电路的实际情况,设定,VBAT_OV=3.5V,VBAT_UV=2.8V,VBAT_OK=3V,VBAT_OK_HYST=3.2V。

[0046] 然后依照以下的公式确定外围电阻的阻值:

$$[0047] \quad VBAT_UV = VBIAS \left(1 + \frac{R_{UV2}}{R_{UV1}} \right) \quad (1)$$

$$[0048] \quad VBAT_OV = \frac{3}{2} VBIAS \left(1 + \frac{R_{OV2}}{R_{OV1}} \right) \quad (2)$$

$$[0049] \quad VBAT_OK_PROG = VBIAS(1 + \frac{R_{OK2}}{R_{OK1}}) \quad (3)$$

$$[0050] \quad VBAT_OK_HYST = VBIAS(1 + \frac{R_{OK2} + R_{OK3}}{R_{OK1}}) \quad (4)$$

[0051] 在电路中, VBIAS 是芯片 BQ25504 的内部参考电压, 其值为 1.240V, 并且在电路设计中我们约定 $R_{UV1} + R_{UV2} = 10M\Omega$, $R_{OV1} + R_{OV2} = 10M\Omega$, $R_{OK1} + R_{OK2} + R_{OK3} = 10M\Omega$; 结合方程(1), (2), (3), (4), 得到:

$$[0052] \quad R_{UV1} = 4.43M; R_{UV2} = 5.57M;$$

$$[0053] \quad R_{OV1} = 5.31M; R_{OV2} = 4.69M;$$

$$[0054] \quad R_{OK1} = 3.875M; R_{OK2} = 5.5M; R_{OK3} = 625K;$$

[0055] 本发明设计的能量缓冲器电路是在 BQ25504 芯片的输出位置通过一个二极管 D1 接入一个储能电容器。通过储能电容器的应用, 我们可以实现在温差能充足时, DC-DC 转换过后的能量不仅能够供给无线传感器节点使用, 而且多余的能量可以存储在储能电容器中, 实现能量的最大节约; 温差发电器采集到的电量不足的时候储能电容器可以暂时充当能量源的角色, 保证后面的无线传感器节点有效的工作, 并且由于二极管 D1 的存在避免了储能电容器反向给温差发电器充电的情况。

[0056] 在实际应用中按照这些阻值选择电阻连接电路即可实现对于储能电容器充放电的监测和保护, 延长储能电容器的工作寿命。

[0057] 2、电路 B 是以双电压比较器 MIC841N 为核心的比较器电路。

[0058] 在本发明中, 采用 MIC841N 作为电压比较器, 通过该比较器可以实现对超级电容存储电压的检测, 并对后续的线性稳压器的的工作状态进行控制。如图 4 所示是 MIC841N 的工作参考电路, 本发明依托参考电路, 合理设置外围电阻等器件参数, 来实现其比较控制功能。

[0059] 首先, 如图 4 所示, 连接好电路, 其 V_{in} 端接前面电路的储能电容器 Cstor 的正极; V_{in} 端通过电阻 R2 接入 LTH 端; LTH 端和 HTH 端通过电阻 R3 相连; HTH 端接电阻 R4 然后接地; V_{out} 接 TPS78001 芯片的 EN 端。

[0060] 然后按照以下的方法确定 MIC841N 的外围电阻的阻值:

[0061] 根据 MIC841N 芯片的特性, 低电压阈值为:

$$[0062] \quad V_{IN(lo)} = V_{REF} \left(\frac{R_2 + R_3 + R_4}{R_3 + R_4} \right) \quad (5)$$

[0063] 高电压阈值为:

$$[0064] \quad V_{IN(hi)} = V_{REF} \left(\frac{R_4 + R_2 + R_3}{R_4} \right) \quad (6)$$

[0065] 对于 MIC841N 芯片来说, $V_{REF} = 1.240V$ 。

[0066] 由于本发明是要驱动一个无线发射模块, 根据所使用的无线发射模块的工作电压范围(2.4V-3.0V), 所以 $V_{IN(lo)} = 2.4V$, $V_{IN(hi)} = 3.0V$, 由此可以确定外围电阻 R_4, R_2, R_3 的阻值。在实际操作中, 设定 $R_4 + R_2 + R_3 = 1M\Omega$, 结合公式(5)和公式(6), 可以计算出: $R_2 = 484K\Omega$, $R_3 = 413K\Omega$, $R_4 = 103K\Omega$ 。

[0067] 微型温差发电器采集到的能量给储能电容器充电是一个储能电容器两端的电压逐渐升高的过程,而其放电过程是一个电容器两端的电压缓慢下降的过程。输入双电压比较器 MIC841N 的 V_{in} 处的电压即是电容器两端的电压,那么 MIC841N 的输出结果如图 5 所示。

[0068] 从该输出结果可以看出,只有电容器的电压在一定的范围内的时候才能输出一个高电平,这恰恰可以用来控制后续稳压器模块的中断,进而最有效的利用能量。

[0069] 3、电路 C 是使储能电容器能够以稳定电压放电的稳压器电路

[0070] 在实际的应用中,储能电容器这种电能存储设备两端的电压会随着放电时间的延长逐渐下降。在本发明研究的实例中,微型温差发电器采集到的能量很有限,而后续的无线射频发射模块需要工作在一定的电压范围内,如果任由储能电容器自由放电,那么无线射频发射模块只会工作很短时间,其他时间电容器的电压都不够无线射频发射模块使用,这部分电能就会被浪费掉,为了解决这个问题,必须需要添加一个受控的稳压器来使储能电容器的放电电压稳定在一个可以使无线射频发射模块工作电压值。

[0071] 本发明采用了 TPS78001 芯片作为稳压输出设备。如图 6 所示为 TPS78001 的工作参考电路图。

[0072] 首先按照图 6 连接电路图。IN 端接储能电容器的正极;EN 使能端接 MIC841N 的 OUT 端;OUT 端和 FB 端之间接电阻 R_5 ;FB 端接 R_6 然后接地;OUT 端输出一个稳定的电压,可设置,在本发明中为 3V,供给后面的无线发射模块使用。

[0073] 然后根据以下方法确定外围电阻的阻值。

[0074] TPS78001 的输出电压可以通过设定电阻 R_5 和 R_6 的值稳定在 1.2V-5.1V 之间的任何一个值。 V_{out} 和 V_{FB} 的关系如方程(7)所示。

$$[0075] \quad V_{OUT} = V_{FB} \times \left(1 + \frac{R_5}{R_6}\right) \quad (7)$$

[0076] V_{FB} 是一个内部设定的参考电压,它的值为恒定的 1.216V,而 V_{out} 需要稳定在 3V 左右,因此可得两个电阻之间的关系。我们在实际应用中设定 $R_6=1M\Omega$,因此

$$R_5 = \left(\frac{3}{1.216} - 1\right) \times R_6 = 1.467M\Omega。$$

[0077] 结合图 2 的系统整体原理电路图,本发明电路的整体的工作方式如下:TEG 将温差能转换为电能,电能通过 MPPT 接口实现电能功率的最大化利用,然后经过 DC-DC 升压装置将电压升到 3V 左右,开始给储能电容器充电。如果 TEG 产生的电能的功率很大,电路则一边给储能电容器充电,一边驱动后面的比较器、稳压器以及无线发射模块。若 TEG 产生的电能比较微弱,则首先给储能电容器进行充电,随着充电的进行,当储能电容器中的电压达到双电压比较器 MIC841N 的阈值电压时,比较器输出一个高电平,该高电平将使稳压器 TPS78001 处于使能工作状态,稳压器稳定工作,然后储能电容器开始给后面的无线传感器节点供电;当储能电容器放电一段时间后,其电压下降,当电压下降到 MIC841N 的低压阈值时, MIC841N 输出低电平,此时稳压器 TPS78001 处于中断状态,储能电容器不再对外放电,而开始继续充电,循环往复,本发明电路会一直工作下去。

[0078] 最佳实施方式:本系统是将温差能源与传感器节点进行一体化集成,可实现传感器节点自行供电,从而延长传感器网络的使用寿命。本系统包含温差电池,具有 MPPT 功能

的 DC-DC 升压模块,能量缓冲器模块,以及负载。如图 1 所示,在应用本发明时将温差电池的输出接入带有 MPPT 功能的 DC-DC 升压模块,然后将升压后的输出能量储存在储能电容器中,比较器通过比较储能电容器中的电压值来控制储能电容器的充放电状态,然后通过稳压器实现稳定输出,输出给后续的无线传感器节点使用。

[0079] 下面再结合图 2 详细的描述该 PMC 电路的结构,TEG 即是微型温差发电机,它输出的是温差电转换的裸电压。TEG 输出经过电阻 R_1 (为微型温差发电机内阻) 接入 BQ25504 的 VIN_DC 端; R_1 经过电感 LBST 接入 LBST 端; R_1 经过滤波电容 CHVR 接地;VIN_DC 端通过电阻 Roc2 连接 VOC_SAMP 端,VOC_SAMP 端通过电阻 Roc1 接地;VRDIV 端通过电阻 Rov2 和电阻 Rov1 接地;VRDIV 端和 VBAT_OV 端之间通过电阻 Rov2 相连;VRDIV 端通过电阻 Ruv2 和电阻 Ruv1 接地;VBAT_UV 端和 VRDIV 端之间通过电阻 Ruv2 相连;VBAT_UV 端接电阻 Ruv1 接地;VBAT_UV 端通过电阻 Rok3、Rok2 和 Rok1 接地;VBAT_UV 端和 OK_HYST 端之间通过电阻 Rok3 相连;OK_HYST 端和 OK_PRCG 端之间通过电阻 Rok2 相连;OK_PRCG 端通过电阻 Rok1 接地;VSS 端和 AVSS 端接地,VBAT 端通过二极管 D1 接储能电容器 Cstor 正极。Cstor 正极接入 MIC841N 的 VDD 端;Cstor 的正极通过电阻 R2 接入 LTH 端;LTH 端和 HTH 端通过电阻 R3 相连;HTH 端接电阻 R4 然后接地;Vout 端接 TPS78001 的 EN 端;GND 端接地。Cstor 正极通过一个滤波电容 C1 接入 TPS78001 的 IN 端;FB 端通过电阻 R6 接地;FB 端和 OUT 端之间接 R5;GND 端接地;OUT 端输出给后面的负载(无线传感器节点)供电。

[0080] 在实验中,经过测试,本电路可以在从温差电压 0.08V 的超低电压下汲取能量,最大程度的利用了微型温差能。在温差电池输出电压过低时,要对储能电容器进行充电,当充电到合适的电压值时,后面的无线传感器模块才开始工作,所以其工作状态是间断工作的。经过测试若温差电池的裸输出电压达到 1.2V 及以上时,可以直接为无线传感器节点供电,可以保证无线传感器节点连续稳定工作。

[0081] 本领域技术人员可以理解附图只是一个优选实施例的示意图,上述本发明实施例序号仅仅为了描述,不代表实施例的优劣。

[0082] 以上所述仅为本发明的较佳实施例,并不用以限制本发明,凡在本发明的精神和原则之内,所作的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

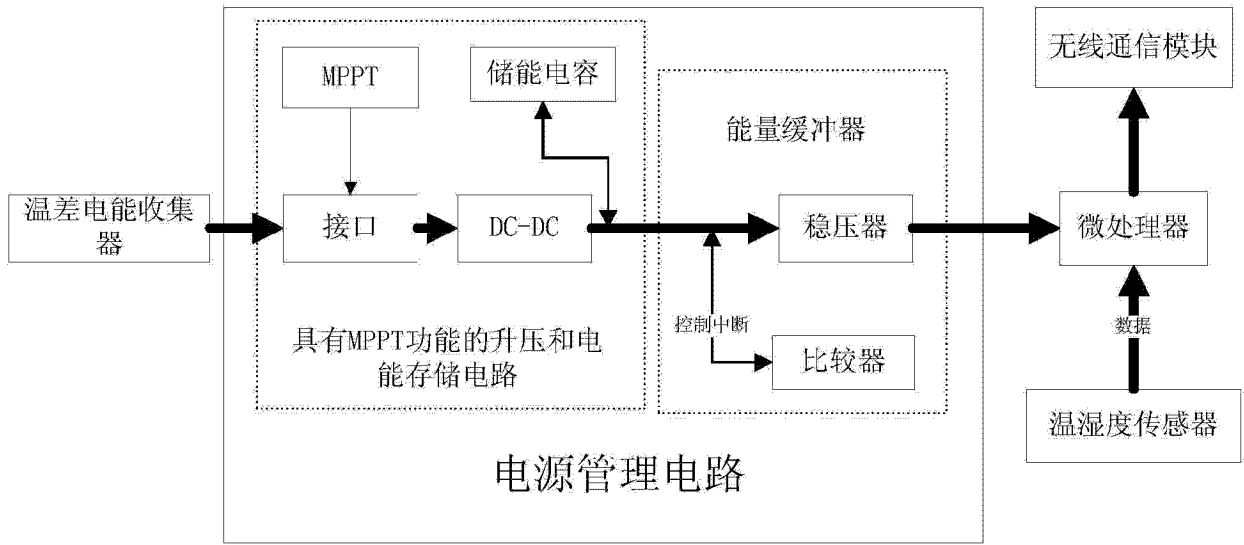


图 1

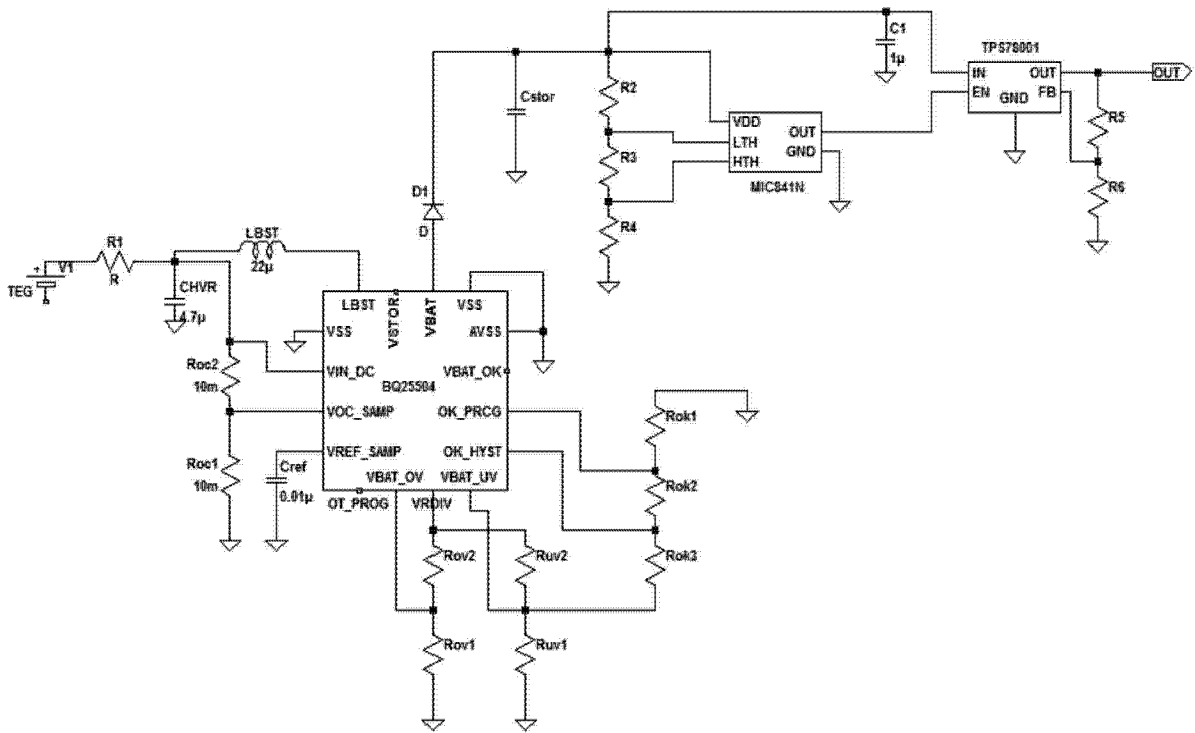


图 2

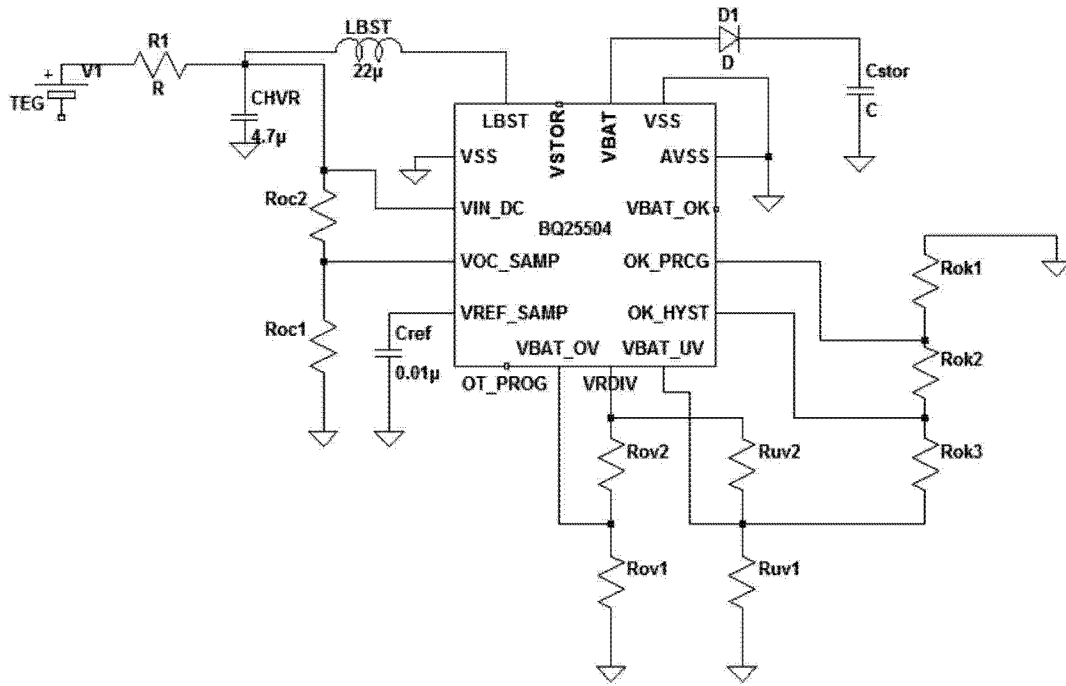


图 3

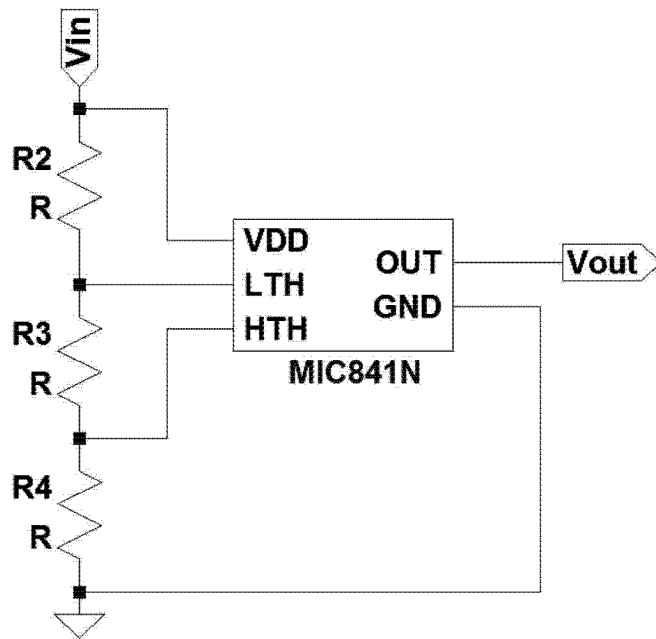


图 4

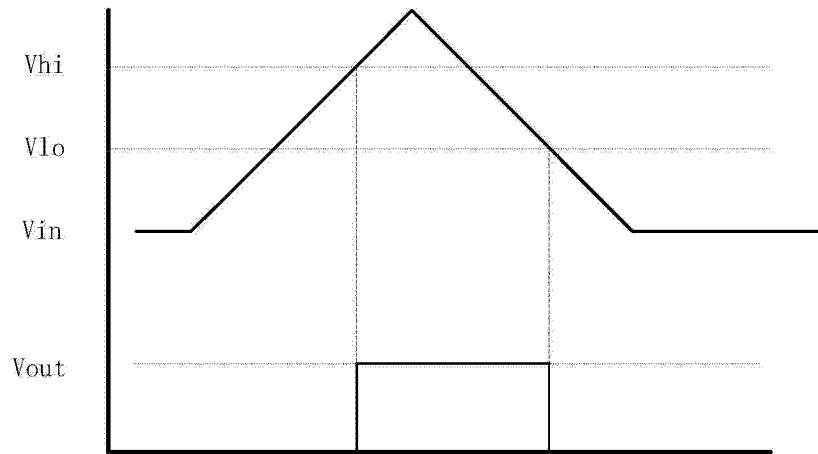


图 5

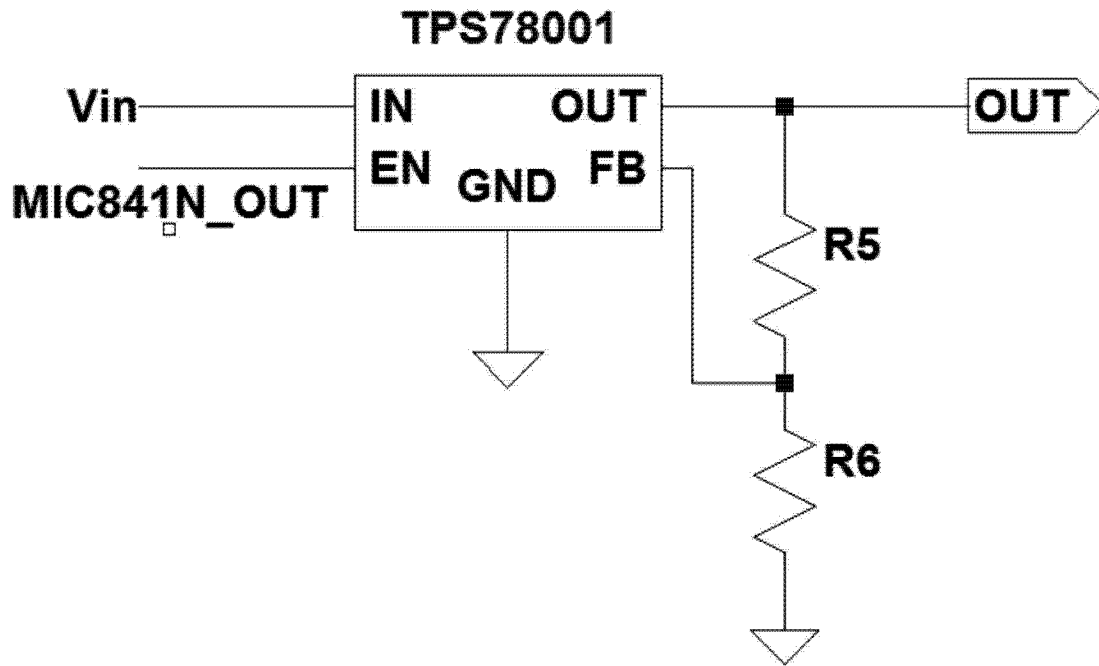


图 6