

如何为保健医疗设备设计选择合适的电池

Fahad Masood, 高级应用工程师

摘要

电池的化学组成和外形尺寸多种多样, 因此对于具体应用, 很难确定如何选择合适的电池。本文将介绍不同的标准, 旨在帮助工程师选择适合其使用场景的电池。此外, 本文还将讨论目前市场上常见的五种原电池化学组成及其可能适合的应用领域。本文将主要讨论医疗健康应用, 并提供采用原电池的各种不同产品的适用指南。

简介

选择合适的原电池可能需要在多个相互冲突的要求之间进行权衡。您希望电池容量足够大, 能够在较长时间内为设备持续供电, 并且输出电压范围符合集成电路供电需求。通常, 您会希望电池尺寸越小越好, 以尽量缩小产品的整体尺寸。此外, 还需要考虑成本、供货情况和保质期。作为工程师的职责, 我们还必须考虑设计决策对环境的影响。我们为产品选择的电池最终可能会被丢进垃圾填埋场, 一直堆放在那里很多年。为了帮助设计人员正确选型, 我们将重点关注常用的碱性电池、锂金属电池、氧化银电池和锌空气电池的化学组成, 并评估它们在一次性心电图(ECG)胸贴设计中的使用情况。

原电池与二次电池

原电池和二次电池之间的主要区别在于原电池不可充电, 而二次电池可以充电。原电池中发生的电化学反应是不可逆的。一旦阳极氧化, 电池就无法再产生电能。而在可充电电池中, 阳极可以被脱氧。因此, 电池可以充电并重复使用。二次电池通常比一次电池昂贵, 一般不会用于一次性系统。原电池由于自放电电流较低而具有较长的保质期, 但是可充电的二次电池可以提供更多电量, 尤其是在大电流应用中。

不同类型电池对环境造成影响的问题比较复杂。一方面, 二次电池可重复使用, 不需要经常更换, 这意味着产生的废物更少。另一方面, 二次电池含有可能对环境有害的危险物质。原电池也含有危险物质, 但浓度要低得多。在比较这两种类型的电池时, 单就一块电池而言, 二次电池比原电池排放的温室气体多, 产生的危险废物多。然而, 经过20次充电循环后, 二次电池产生的废物比一次性原电池少90%, 因此被认为更加环保。¹

医疗应用标准

医疗应用电池必须满足严格的安全和性能标准。针对医疗电气设备的ANSI/AAMI ES 60601-1标准规定了电池必须符合的几项监管标准, 包括针对原电池的IEC 60086-4和IEC 60086-5, 以及针对家用和商用电池的UL2054。此外, 还有针对不同应用的特定标准, 例如针对电动牙刷的ISO 20127。²

FDA对锂电池也有具体要求, 包括必须在经过UL认证的工厂生产, 并且每块电池必须可溯源以便进行故障分析。除了正确选择电池化学组成, 还必须仔细审查电池制造商, 以确保其符合FDA和IEC的相关应用法规要求。²

电压范围

原电池通常提供两种电压范围: 1.5 V和3.3 V。应选用哪个电压范围取决于具体应用。降压转换器通常比升压转换器更高效。³ 电池调节器一般采用降压-升压转换器, 以尽可能提高电池的电压范围。然而, 降压-升压转换器通常有四个(而非两个)开关, 所以比降压转换器更大, 并且需要更多的外部组件。

表1. 原电芯比较

原电芯	最小电压(V)	标称电压(V)	最大电压(V)	比能量
碱性	1.1	1.5	1.65	200 Wh/kg
锌空气	0.9	1.4	1.68	400 Wh/kg
锂锰	2	3	3.4	280 Wh/kg
二硫化锂	0.9	1.5	1.8	300 Wh/kg
氧化银	1.2	1.55	1.85	130 Wh/kg



图1. 原电池的化学组成。

碱性

碱性电池具有较明显的优势，例如适合为电视遥控器或时钟等模拟电路供电，是最常用的一种原电池。与其他电池化学组成相比，这些电池具有较高的内阻，内阻会随着电池放电而增加。由于这一特性，碱性电池通常不适合那些需要更高负载或具有不同占空比和工作模式的数字电路。随着电池物理尺寸减小，碱性电池的内阻也会增大。因此，较高电流应用（例如带有大量LED和扬声器的玩具）可能需要使用1号电池(D cell battery)，其中的时钟可由纽扣电池供电。一般认为碱性电池的使用和储存都比较安全，几乎不用担心爆炸或泄漏问题，碱性电池的监管标准与锂离子电池不同。

碱性电池通常不用于医疗设备，因为与其他电池化学组成相比，碱性电池的功率输出有限且使用寿命短。在医疗应用中，碱性电池可用于低成本血糖仪、温度计和其他不常用、非关键功能的设备中。



图2. 锂离子原电池：锂-二氧化锰 (Li-M或LiMnO₂) 和二硫化锂(Li-FeS₂)。

市场上有几种锂基原电池，它们都将锂用作阳极材料，将金属用作阴极。这些电池通常称为锂金属电池。使用最广泛的两种锂金属原电池是二氧化锂锰(LiMnO₂)和二硫化锂(LiFeS₂)。

LiMnO₂电池的标称输出电压为3 V，内阻较低。非常适合需要不同负载曲线和占空比的数字应用。LiFeS₂电池的标称输出电压为1.5 V，内阻与LiMnO₂电池类似。LiFeS₂电池通常可以直接取代碱性电池，用于需要1.5 V电压的设备。

锂金属电池容易泄漏和爆炸，因此需要进行特殊处理和施加运输限制。然而，与碱性电池相比，锂金属电池具有许多优势：在相似外形尺寸下，容量是碱性电池的两倍、使用寿命更长、重量更轻。

因此，在许多应用中，锂金属电池正逐步取代碱性电池。锂金属电池还用于关键医疗设备（如连续血糖监测仪、输液泵和除颤器等植入设备）。⁴



图3. 氧化银电池通常用作手表电池。

氧化银电池

另一种常见的原电池是氧化银(Ag-O)电池，它将银用作阴极，将锌用作阳极。氧化银电池具有与碱性电池相似的标称输出电压（即1.55 V），但容量更高，放电曲线更平坦，因而适合数字应用。由于阴极中存在银，大尺寸氧化银电池会非常昂贵，因此氧化银电池主要用于纽扣电池或扣式电池。

以往的实际应用表明，氧化银电池容易泄漏，因此会在电池中添加汞来抵消腐蚀。近年来，电池制造商找到了其他方法，在不使用汞的情况下也能尽量减少腐蚀，从而使氧化银电池对环境更具可持续性。与锂电池相比，氧化银电池通常更安全、运行时间更长，两种电池的放电曲线相似，但由于氧化银电池采用银阴极，导致其成本更高，因此限制了其在低成本场景中的应用。由于银涂层可以降低植入式设备引起感染的风险，因此Ag-O电池化学材料越来越多地用于植入式设备。⁵



图4. 助听器通常由锌空气电池供电。

锌空气电池

与以前的电池化学组成相比，锌空气电池具有独特的电池化学组成。锌空气电池采用锌阳极，周围空气是阴极，中间有电解膏。该电池采用典型的纽扣电池形状，外壳上有一个开口，可让空气进入。在电池使用之前，开口是密封的，这样可防止空气进入电池。一旦密封破损，氧气就会从阴极进入，电子开始从锌阳极流过电解膏，到达阴极。由于锌空气电池的阴极不是金属（其他电池的化学组成），因此锌空气电池重量轻且经济高效。它们还能保持电荷并具有相对平坦的放电率。锌空气电池的输出电压范围为0.9 V至1.4 V。

由于锌空气电池必须暴露环境中才能工作，因此其在医疗设备中的使用受到限制。许多医疗设备要求在一定程度上与环境隔离，而锌空气电池不允许这样做。由于这些电池构造轻巧且使用寿命长，因此主要用于助听器电池。

应用示例

上面我们概述了目前常见的电池化学组成及其可提供的功能，现在我们通过应用示例逐一介绍。在本例中，我们考虑一个预期运行时间为5天的ECG胸贴。这个可穿戴贴片设计为一次性、完全密封（无法更换电池）、防水，并具有蓝牙®通信功能，可通过无线方式传输ECG数据。该贴片还将包括一个MAX30208温度传感器（用于记录患者体温）和一个ADXL367加速度计（用于监测患者活动信息）。它可以在医院环境、门诊诊所和患者家中使用。在本应用中，我们将MAX30001用作ECG模拟前端(AFE)，将MAX32655用作微控制器单元(MCU)。将根据电池来选择电源管理方案。

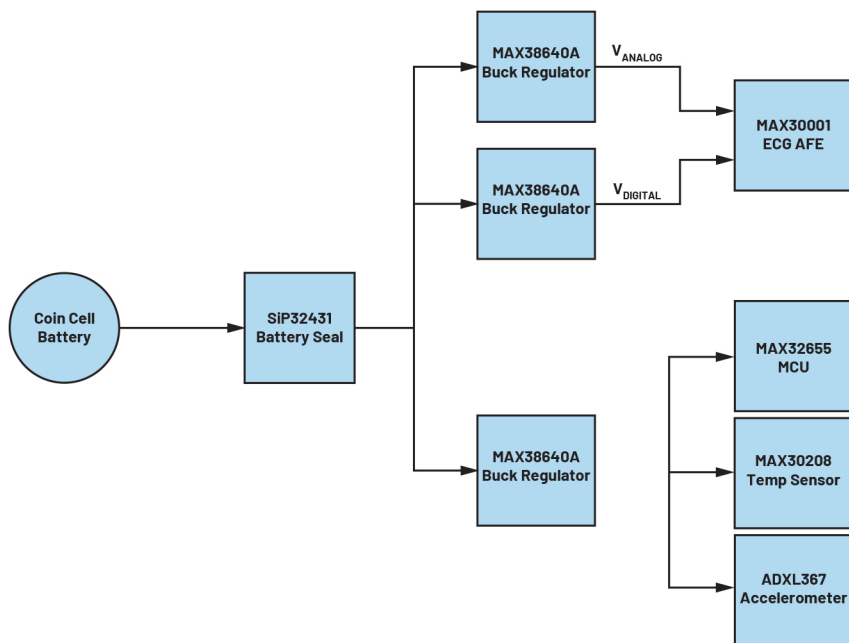


图5. ECG贴片示例方框图。

根据这些要求，我们可以决定应使用哪种电池。可穿戴产品设计紧凑，这意味着电池的外形尺寸应当小巧轻便，因此应使用纽扣电池。首先可以排除二硫化锂电池，因为纽扣电池不会采用这种类型。由于贴片是一次性的，所以不能使用二次电池或可充电电池。此外电池是完全密封的，因此无法选用锌空气电池。还要支持蓝牙通信，而且MAX32655具有不同的工作模式，根据这些要求，碱性电池由于内阻高，显然无法支持此应用。我们只能选择锂锰和氧化银原电池化学组成。

锂锰电池的标称输出电压为3.0V，比氧化银电池具有更高的比能量。我们可以轻松地用容量为235 mAh的（氧化银）CR2032电池供电。氧化银电池的标称输出电压为1.55 V，我们能找到的、现有最大的纽扣电池是容量为200 mAh的SR44W电池。我们再来看一下设计要求，贴片需要运行5天时间。通过构建负载曲线（在上一篇文章中进行了更深入的讨论⁵），我们发现该贴片每天预计消耗45 mA的电流，或者在5天内消耗225 mA的电流。对更高容量电池的要求削弱了氧化银纽扣电池的竞争优势，因此针对此应用我们将选择锂锰电池。

结论

针对具体应用选择电池时需要认真考虑外形尺寸、适配性和功能。通过了解每种电池化学组成的优缺点，可以合理选择适合系统设计要求的电池。

参考资料

- ¹ Giovanni Dolci、Camilla Tua、Mario Grosso 和 Lucia Rigamonti。“[能耗产品的生命周期评估：家用一次性电池和可充电电池的比较](#)。”《国际生命周期评估杂志》，2016年第21卷。
- ² Jeff Shepard。“[工业锂电池和医用锂电池有何不同？](#)”电池电源提示，2023年。
- ³ “[使用SIMO延长智能手表的使用寿命](#)。”ADI公司，2019年。
- ⁴ David C Bock、Amy Marschilok、Kenneth J. Takeuchi、Esther S. Takeuchi。“[用于为植入式生物医学设备供电的电池](#)。”《电化学学报》，2012年第84卷。
- ⁵ J. M. Schierholz、L. J. Lucas、A. Rump 和 G. Pulverer。“[镀银医疗器械的功效](#)。”《医院感染杂志》，1998年第40卷。
- ⁶ Fahad Masood。“[由原电池供电的远程患者监护仪的电源设计要素](#)。”ADI公司，2022年4月。

作者简介

Fahad Masood是ADI公司负责健康和医疗生物传感应用的高级应用工程师。他在医疗保健、计算和工业应用的电子产品开发方面拥有近十年的经验。Fahad获得了罗彻斯特理工学院生物医学电子学学士学位。

在线支持社区



访问ADI在线支持社区，中文技术论坛

与ADI技术专家互动。提出您的棘手设计问题、浏览常见问题解答，或参与讨论。

请访问ez.analog.com/cn

