

先进的负载点稳压器改善医疗成像质量

成像技术领域的创新

传统模拟 X 射线成像系统以专门的感光胶片为介质，将通过的 X 射线转变成可视图像。为了完成这一任务，该胶片必须经过一种化学显影过程，这个过程可能需要几分钟，因此推迟了开始对病人进行治疗的时间。此外，显影过程完成以后，医疗团队可能会发现，由于 X 射线曝光不正确，该图像需要重新摄取。胶片处理完成后，必须派人送给主治医生，然后储存在患者的医疗档案里，在医院里，患者的医疗档案有可能占用大量的储藏柜。此外，显影过程中使用的化学制剂使用寿命有限，必须仔细储存，而且一旦超过寿命期，就必须销毁。如果采用直接 X 射线摄影(Direct Radiography - DR)，所有这些挑战都没有了。直接 X 射线摄影是一种数字 X 射线成像技术，正得到越来越多的采用。

随着初始拥有成本的下降以及优势日趋明显，传统 X 射线成像向直接 X 射线摄影迁移的势头不断增强。采用直接 X 射线摄影时，给患者拍照几秒钟后，就可得到 X 射线图像，而且该图像可以立即发送到全球各地，以向任何一个地方的医学专家咨询。患者的 X 射线图像是数字形式的，可以在小型硬盘上归档和检索，而无需大型文件柜。流行的直接 X 射线摄影方法采用平板检测器板来获取经过的 X 射线。该平板检测器无需移动或手工挪动，就可显示不同的拍照角度，以拍出多种图像，而且传感器-图像尺寸比为 1: 1。较新的平板 X 射线检测器能以无线方式向控制单元发送图像，以供查看、归档和分发。有了平板检测器，就不必再购买、储存或销毁与处理胶片有关的化学制剂了。也许最重要的是，欧洲的两项研究表明，存档一幅与模拟照相记录胶片质量相当的 DR 图像所需的 X 射线剂量将减低 30%到 70%。有些平板设计可将照射率实时地传递至 X 射线源，从而确保正确曝光的图像和极低的辐射剂量。较低的 X 射线剂量可改善患者及附近医疗保健专业人员的安全境况，他们可能随后会遇到四散的 X 射线粒子。

为了产生图像，许多直接 X 射线摄影系统采用了全帧平板探测器，这种探测器由覆盖了一个闪烁层的 CMOS 传感器构成。这个闪烁层将入射的 X 射线的波长转变成硅材料能更好地吸收的波长。CMOS 传感器由于制造工艺的原因而常常受到青睐，这类传感器与混合信号及逻辑架构是兼容的，因而有助于形成集成度更高的解决方案。200mm 和 300mm 硅晶片制造技术的改进进一步促进了向直接 X 射线摄影转变的趋势。较大的晶片使更少的 CMOS 传感器模块能结合在一起，从而使得所形成的 X 射线平板传感器与 35cm x 43cm(14 英寸 x17 英寸)1.5cm 厚 ISO 标准 X 射线胶片暗匣的尺寸相一致，而世界各地的医院都使用这类胶片暗匣。毫不奇怪，系统的硬件设计对这类产品的图像质量、外形尺寸、人员安全和工作寿命产生了直接影响，起到了重要的作用。不过，这种起到重要作用的硬件设计中包括电源管理组件吗？

与电子噪声的艰苦斗争

为了让直接 X 射线摄影实现全部潜在优势，必须关注电子噪声、热量和尺寸问题。必须保持高信噪比 (SNR)，同时降低加到患者身上的 X 射线剂量也是一个关键目标。尽管传感器本身的噪声性能获得了极大关注，但是电源注入的噪声也值得仔细考虑。

电源架构对信噪比性能有直接影响。电源轨上的电压纹波被馈送到图像传感器，而且 A/D 转换器可能将噪声注入到图像中。X 射线 CMOS 传感器制造商们声称，已经实现了 14 位甚至 16 位 A/D 转换，从而可支持很宽的对比度范围，进而产生非常详细的图像。使问题更加复杂的是图像传感器、A/D 转换器和/或仪表放大器要正常工作，除了需要一个稳定的正电压，常常还需要一个稳压的 -3.3V 至 -7V 负电压轨。此外，电池组或 AC/DC 电源可能仅提供一个未调节的正电压。因此，中间的 DC/DC 转换器必须具有低输出纹波性能 (几十 mV)、高工作效率和低的自发热量。

为了患者的舒适度和便利性，很多新的 X 射线成像单元 (包括传感器平板) 都是移动的。传感器平板的电源常常选择标称电压为 12V 的可再充电电池。为了充电一次就可拍摄并传送数百个图像，需要较高的工作效率，这促使人们使用开关稳压器。不幸的是，开关模式稳压器是一种电磁干扰 (EMI) 辐射源，这增加了系统的噪声水平。此外，为帮助医务人员与患者之间保持一个安全的边界，某些 X 射线传感器面板拥有无线数据传输能力。较高的 EMI 水平有可能导致所拍摄的图像失真，和/或干扰向用户终端的无线数据传送。也许更麻烦的是，EMI 辐射水平有可能超出政府监管机构所允许的值，从而使医疗产品无法进入市场，本文稍后讨论这个问题。

要求较高的工作效率还有第二个目的，即努力保持高信噪比 (SNR)。CMOS 传感器内部的暗电流会随温度的上升呈指数性增加。暗电流是由电荷移动形成的，在 X 射线曝光之前就存在了。根据一家 X 射线 CMOS 传感器制造商的说法，温度每上升 8° C，暗电流就大约增大一倍。尽管后期处理可以从图像中去掉一些暗电流假影，但是较高的工作温度以及反复进行的 X 射线曝光所累积的损伤加速增大了暗电流。最终，暗电流将淹没入射 X 射线粒子在传感器上沉积的电荷，这时候，平板检测器就必须更换了。此外，因为医疗设备常常接触人体组织，所以如果对散热不加以控制，那么除了会缩短设备的工作寿命，还有可能导致患者不舒服或烫伤。

与热量的斗争

正如之前提到的那样，较高的工作温度降低了 CMOS 传感器的信噪比性能，并缩短了这类传感器的寿命。此外，较高的工作温度还造成了患者的安全风险。为了保持卓越的图像分辨率，X 射线平板检测器会与患者的身体直接接触。当温度达到 40° C (100° F) 时，人的皮肤就开始受到灼伤。因此，有可能与人的皮肤接触之任何医疗设备的外部都必须保持低于这个温度限制。

所以，高工作效率以及能将在大面积上产生的热量散发出去，对很多方面都是至关重要的，例如对传感器寿命、图像清晰度和患者安全等。

保持紧凑的外形尺寸

从外科手术系统附件到手持式检查工具，新一代医疗设备的复杂性越来越高，而装入这么多组件以支持更多功能的可用空间却没有相应增大。就平板 X 射线探测器而言，现有的医院基础设施已经配置了一个被称为“滤线栅插槽”的固定尺寸插槽，而原先这个地方是用来摆放模拟 X 射线胶片暗匣的。这些胶片暗匣一般遵循 ISO4090 指导原则，可以有 46cm x 38.6cm x 1.5cm 的外部尺寸，所允许的 X 射线图像尺寸为 43cm x 35cm (14 英寸 x 17 英寸)。电源管理解决方案必须紧凑和高效，才能符合这么受限的尺寸要求，并最大限度地减少工作温度的上升。

监管法规

作为美国和欧洲监管要求的一部分，医疗设备必须证明符合 CISPR11 (又称为 EN55011) 法规。因为开关稳压器辐射电磁场，所以设计师必须全面了解开关稳压器对 EMI 兼容性的影响，或者必须选择一种经过测试、满足制造商 EMI 辐射限制的电源解决方案。否则，为了实现与相关标准的符合性，有可能需要进行量大费时的产品迭代设计工作。对打算用于办公楼的医疗设备规定了最为严格的辐射 EMI 限值，Group 1 - Class B 设备的辐射限值等同于针对办公楼及家庭用信息技术设备所规定的 EN55022 Class B (CISPR22 Class B) 限值。

较长的产品寿命

对医疗设备而言，证明电源解决方案的可靠性是很有必要的。对于 X 射线平板传感器来说，必须一次就正确获得图像，否则患者和医护人员就会令人遗憾地再次面对辐射。最低限度，也会因诊断延迟而导致治疗延迟，按照现代医疗标准，这种情况是不可接受的。

另一个需要考虑的因素是：选定电子组件的供货时间能延续多久？经历了 CE、UL、IEC 和 FDA 等机构漫长的监管审批程序并获得认证之后，每种医疗电子设备都应能长期制造一达 15 年以上。这一时间长度比消费类产品的周期长得多，而消费类产品市场是很多电源管理半导体厂商的主要市场。仅由于组件淘汰而对产品重新进行鉴定，对于工程资源和公司收益都是一个沉重的负担。

解决方案：先进的 DC/DC 开关稳压器

为了帮助设计工程师应对医疗应用中的电子噪声、热量和尺寸挑战，凌力尔特提供了超过 50 种不同的微型模块 (μ Module) 电源产品，为客户提供

了广泛选择。这些产品每一种都是高效率、全面集成的 DC/DC 开关电源管理解决方案，采用紧凑的表面贴装封装(图

1)。这些开关模式稳压器经过仔细设计，在负输出电压和正输出电压电路配置中，以低输出纹波工作，如图 2 和 3 所示。微型模块电源产品的一个子类是通过了 EN55022 Class B 认证的微型模块稳压器，是克服医疗应用中发现 EMI 挑战之理想解决方案。这类开关稳压器经过 TUV 等独立实验室的认证，以在输出电流高达 8A 时，满足行业标准 EN55022 Class B(相当于 CISPR11/EN55011 Group 1 - Class B)对辐射 EMI 的要求。用各自的标准演示电路板进行测试所得的结果已公开在线提供。部分测试情况如图 4 所示。选择一个兼容和全面集成的降压型解决方案，例如微型模块稳压器，可在满足这类要求时，节省设计时间，并降低与常见开关稳压器或控制器相关的风险。

与高输出纹波和辐射 EMI 有关的风险不应该低估。这两种因素都影响产品第一次就能正常发挥作用以及满足严格的政府法规的能力。至于这两种因素对 X 射线平板工作的影响，产品设计如果良好地控制了输出纹波和 EMI 辐射，那么产品就能提供高信噪比，从而能提供高质量、高分辨率的图像，第一次就能获得正确的图像以避免治疗延迟以及不必要地重复暴露于辐射之中，还能提供可靠的无线通信，并加速 EMI 兼容性测试。出于这些原因，凌力尔特做了很多工作，以确保这些设备通过 TUV 等独立测试实验室的认证，并公开在线提供测试结果。在克服噪声和 EMI 问题以后，合适的电源管理解决方案就需要解决效率、可靠性和散热问题了。

微型模块电源产品是效率非常高的开关稳压器，采用由导热塑料构成的表面贴装 LGA 或 BGA 封装，封装顶部是平坦的。一整块平坦的封装顶部覆盖整个电源管理解决方案，有利于采取散热措施，以最大限度地减少医疗设备外部任何一点的温度上升(图 5)。正如之前提到的那样，保持较低的工作温度可提高对患者的安全性、信噪比以及设备的工作寿命。最大的微型模块电源产品的尺寸为 15mm x 15mm x 5mm，最小的则为 6.25mm x 6.25mm x 2.3mm，因此采用微型模块电源产品有助于为实现更重要的功能释放空间，例如增大电池尺寸以在两次充电之间工作更长时间。

微型模块稳压器经过了广泛的器件级和电路板级测试，以确保可靠工作。迄今为止，该产品系列已经累计经过了逾 2350 万个器件-小时的电源周期和 300 万次器件-小时加速寿命测试，从未发生故障。全套设计、应用和制造指导原则确保这些微型模块的性能满足产品预期，这进一步为可靠性提供了支持。在网址 www.linear.com.cn/umodule 上，有一份完整的报告，列出了已进行过的所有可靠性测试以及测试结果。在长生产寿命以支持医疗设备方面，凌力尔特一直坚定不移地贯彻执行产品的“不停产政策”， μ Module 电源产品将继续秉承这一政策，因而可支持具有长生产期限的医疗设备。

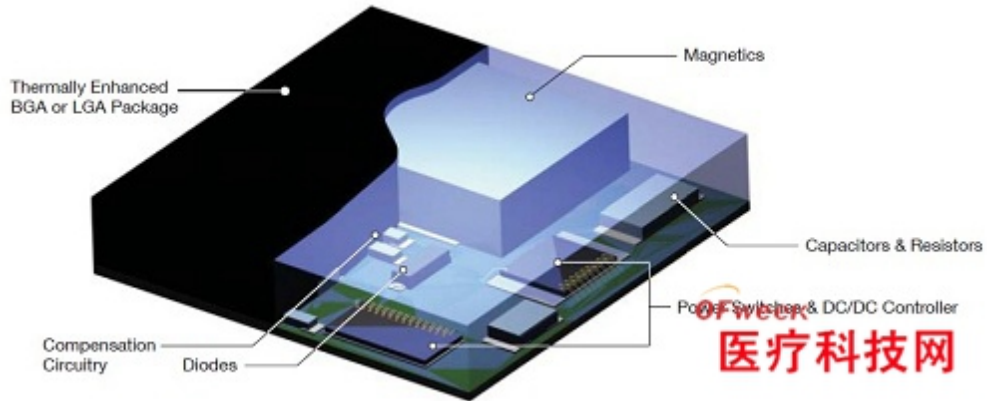


图 1: 微型模块电源产品是完整的 DC/DC 开关解决方案, 采用耐热增强型 LGA 或 BGA 封装, 为通过封装的顶部和底部散热提供了一条便利的途径。

Thermally Enhanced BGA or LGA Package: 耐热增强型 BGA 或 LGA 封装

Magnetics: 磁性材料

Compensation Circuitry: 补偿电路

Diodes: 二极管

Capacitors & Resistors: 电容器和电阻器

Power Switches & DC/DC Controller: 电源开关和 DC/DC 控制器

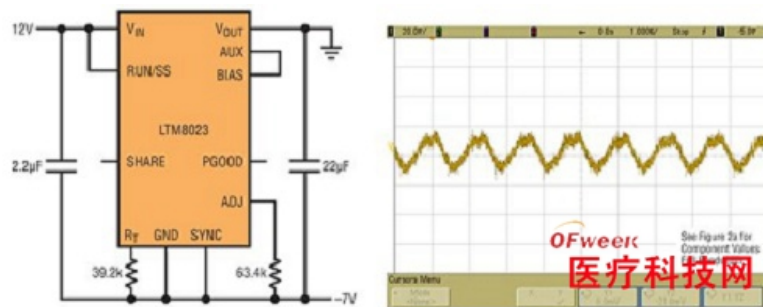


图 2a 和 2b: LTM8023 原理图, 12VIN 至-7VOUT/1A, 以不到 30mVpp 的输出纹波工作, 最大限度地减少了注入 CMOS 传感器和信号调理组件的噪声, 需要一个负电压源。

参见图 2a, 获取组件值

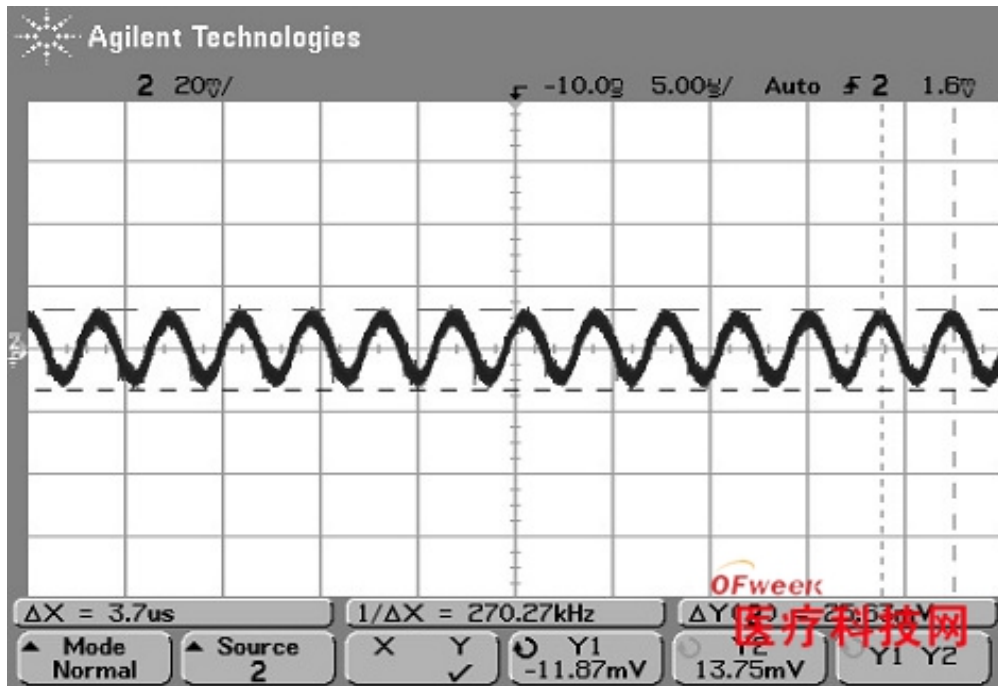


图 3: LTM4613 仅有 26mVpp 的输出纹波(12VIN 至 5VOUT/5A), 可最大限度地降低注入到 CMOS 传感器和信号调理组件中的噪声, 从而提供高质量图像。

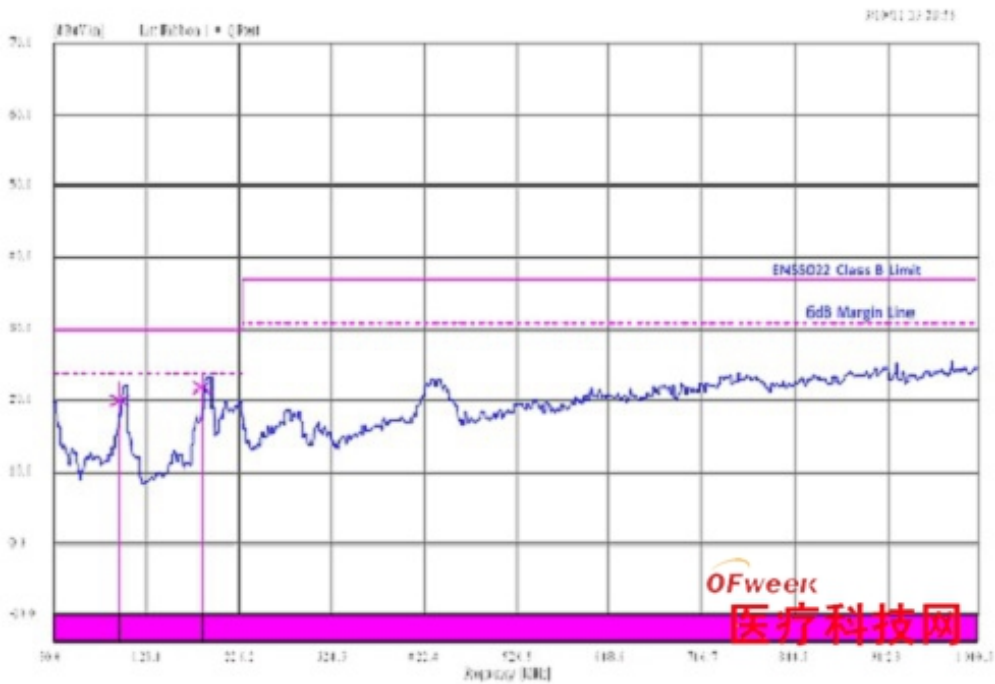


图 4: LTM4613 以超过 6dBuV/m 的裕度, 满足 EN55022 ClassB (相当于 CISPR11 Group 1 Class B) 的要求 (12VIN 至 5VOUT/8A)。

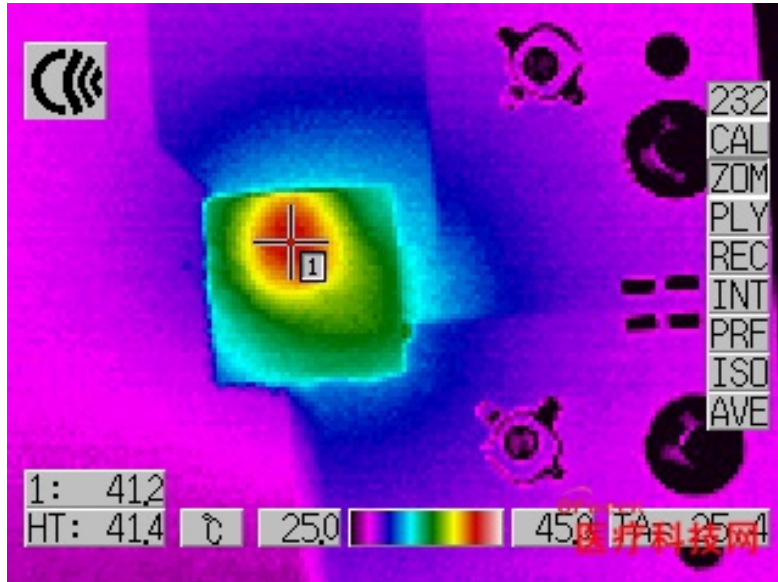


图 5: 没有散热器、在空气自然对流情况下, LTM4613 的最高外壳温度为 41° C (12VIN 至 5VOUT/5A)。如果热连接到金属外壳 (无需额外费用的散热器), 那么最高温度会进一步降至低于 40° C。

AMBIENT TEMPERATURE: 环境温度

NO FORCED AIRFLOW: 无强制气流

NO HEAT SINK: 无散热器

结论

尽管本文专注于论述与数字 X 射线平板检测器有关的设计挑战, 但是本文所述挑战并不是此产品独有的。从外科手术系统附件、内窥镜到便携式成像和监视系统, 医疗专业人员始终在寻求最有效、最可靠和最小的可用工具。在这些方面不断实现突破的设备使医疗实践得以取得进步, 最大限度地减少了患者的不适、结疤和恢复时间, 同时提高了人员的安全性。这类产品中的电子组件使医生能更准确地实施治疗、更全面地了解病情、以及有更好的控制能力, 甚至能延长训练有素的外科医生的职业生涯。再加上商业企业对于有限的工程资源、产品上市时间、需要得到证明的产品可靠性和相匹配的长生产寿命, 什么样的电源解决方案才能满足这些业务需求呢? 凌力尔特的微型模块电源产品线经过仔细设计, 已经证明能满足这些令人生畏的需求。

致谢



中国高科技行业门户

Jaino Parasseril, Yan Liang, Jason Sekanina, Dongyan Zhou