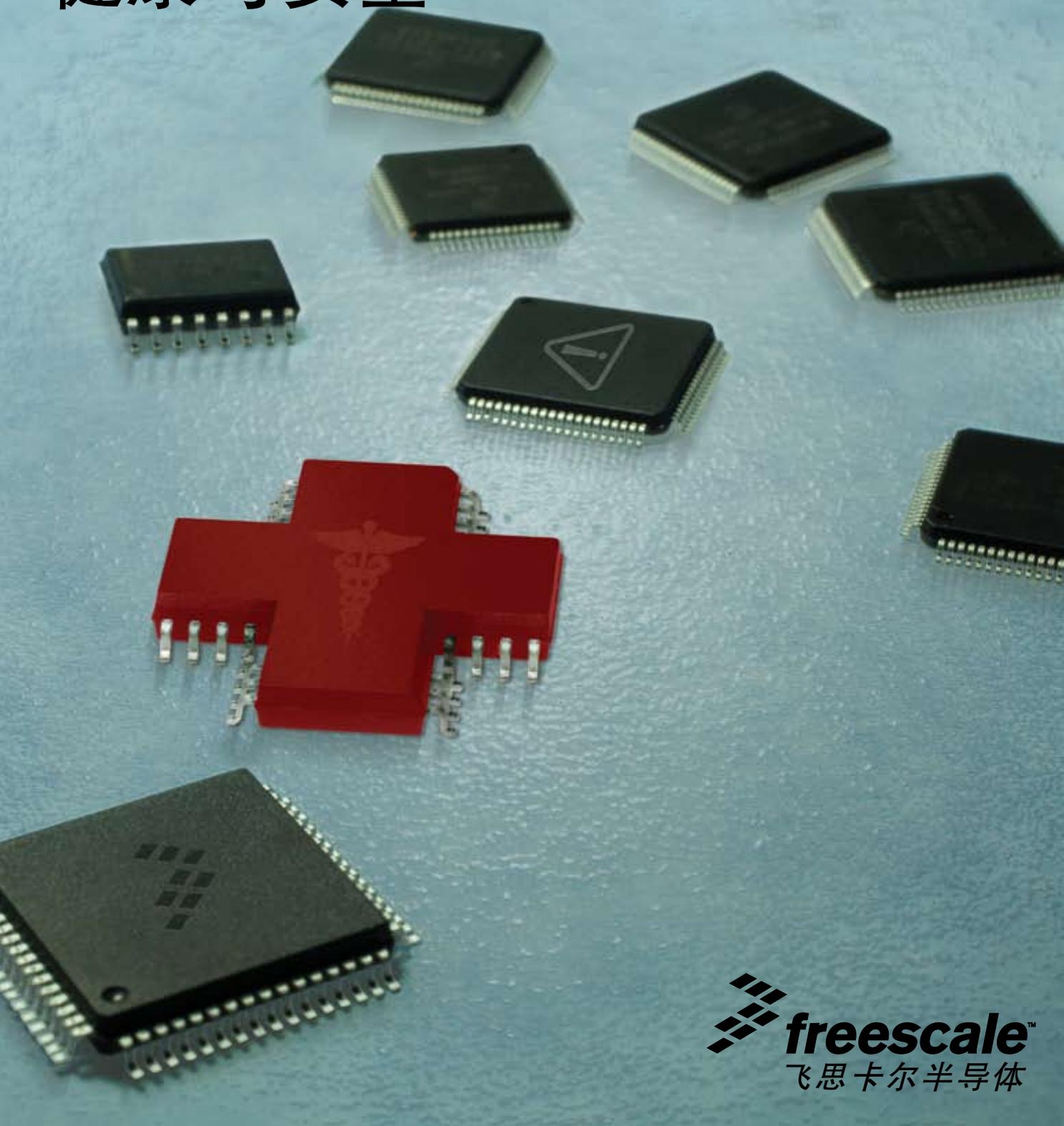
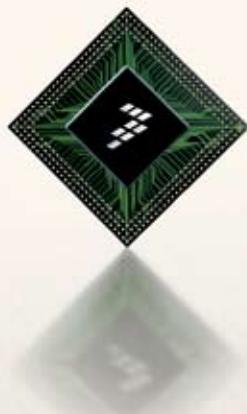


Beyond Bits

健康与安全





它，领创智能世界， 诠释先导。

飞思卡尔技术论坛 **Freescale Technology Forum** **Collaboration. Innovation. Inspiration.**

FTF中国 | 2009年8月27-28日 | 深圳洲际酒店

飞思卡尔技术论坛将飞思卡尔整个生态系统聚集一堂，营造出一个无与伦比、
生机勃勃的创新与协作的环境。

2009年度全球飞思卡尔技术论坛项目

vFTF	2009年8月27日-9月10日	www.freescale.com.cn/vFTF
FTF 中国	2009年8月27-28日	深圳
FTF 印度	2009年9月2-3日	班加罗尔
FTF 日本	2009年9月9日	东京

如需了解每个精彩活动的详情，请登录 www.freescale.com/ftf



飞思卡尔半导体

第四期

Beyond Bits

健康与安全

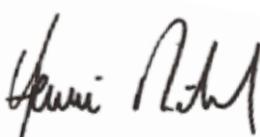
欢迎来到Beyond Bits第四期。本期将关注于健康和安全。

我们的世界一直在变化——世界人口中中年人的数量持续增加，同时寿命比以往更长。无论是个人还是全民，那些让生活得以更健康更安全的解决方案始终是我们最关心的。作为工程师，我们相信可以研发出更高效的嵌入式应用，致力于让全世界人民生活得更加安康。为了创造下一代产品，我们在本刊中向您介绍一些艺术级的平台和来自工程师们的专家建议。从传感器、微控制器到无线连接技术，本期Beyond Bits中介绍的飞思卡尔半导体产品将为您搭建面向健康与安全的先进应用方案提供帮助。

便携式医疗设备和技术在日常生活中的应用持续增长，医护人员利用它们来辅助进行卫生保健和医疗康复。例如在《ZigBee® 技术应用于长期护理》一文中，我们展示了如何将飞思卡尔微控制器、传感器和Zigbee无线传输技术结合在一起，为长期护理的病人提供尽可能独立的生活，同时减小残疾和疾病对生活的影响。通过阅读《无线语音提示系统》来了解如何通过基于IEEE® 802.15.4的飞思卡尔无线平台，来帮助视觉障碍者安全行走。

这只是Beyond Bits二十篇文章其中的两篇。阅读这些文章将激发你的想象，赋予你更多创造灵感来设计那些方案使我们生活得更加美好。

希望你可以享受本期Beyond Bits给你带来的乐趣。



Henri Richard

高级副总裁兼首席营销官



我们认真倾听您的反馈！

请把您的设计理念、技巧和问题发送到：freescale.com.cn/beyondbits

Beyond Bits

目录

血压监护仪 Inga Harris	4
ZigBee® 技术应用于长期护理 Matt Maupin and Sampath Raghavan	10
妊娠期糖尿病 Donnie Garcia and Alejandra Guzman Castellanos with Dr. Claudia Rentería Govillo	16
运动游戏站 Shen Li and Ju Yingyi with Dr. Gabriela López and Dr. Sergio Rosales	21
远程监护方案 Dr. Jose Fernandez Villaseñor and Jesus Gaytan	24
低能耗无线技术：正如医生所需 Raman Sharma	29
自动呼吸控制 Alfredo Soto with Dr. Juan Carrillo Jiménez	32
社会化医疗保健网络 Kurt Seifert	35
人因学和医疗设备过失的控制 Larry Fenningkoh and Diego Haro	39
远离意外摔倒 Rogelio Reyna and Kim Tuck with Dr. Daniel Copado	44
改变高复杂度的范例 Jaime Herrero with Dr. José Fernández Villaseñor	49
裁减 DICOM Rodolfo Gonzalez	54
电子测角器的实现 Leonardo Mangiapelo	57
扭矩控制问题 Thomas Böhm	61
定位监测系统 Oziel Hernandez, Varun Jain, Suhas Chakravarty and Prashant Bhargava	67
超越隔离 Jose Palazzi	74
低成本辅助驾驶系统 Suhas Chakravarty, Varun Jain, Nakul Midha and Prashant Bhargava	78
三维面部识别系统 Deepak V. Katkoria and Alberto Arjona	83
使工业系统更安全 Dugald Campbell	88
视障人士的福音：无线语音告知系统 Bogdan Holmanu	93
家族产品介绍	97

我们认真倾听您的反馈！

请把您的设计理念、技巧和问题发送到：

freescale.com.cn/beyondbits.

Inga Harris

血压监护仪

飞思卡尔参考设计

介绍

数字化血压监护让内科医生诊断出高血压并帮助他们的病人使高血压得到控制。便携式血压监护仪能让病人在家里无需医生就可以经济地测量血压，从而有助于早期诊断和高血压控制。家庭监护也可以帮助内科医生区分白大褂高血压（诊断室内血压始终增高而诊断室外血压正常）和真正的高血压。表1说明了人们对高血压的认识和控制在过去几十年间得到的改善。该表由美国国家高血压预防检测评估和治疗委员会在2004年的第七份报告中给出。

这篇文章包括了基本的血压监护以及精确的模数转换，后者在任何测量系统中都被视为最困难的挑战。高分辨率的模数转换(ADCs)提供了好的粒度(纳伏级的ADC分辨率)但并不提供高的精度，因为误差会很大。然而，广泛的ADC技术(例如：过采样和校准)可以被用来增加应用中测量结果的精度。

认识趋势，在年龄为18-74岁成年人中高血压的认识，治疗与控制的趋势*

美国国家卫生和营养测试与调查,百分比				
	II (1976-80)	III (Phase 1 1988-91)	III (Phase 2 1991-94)	1999-2000
认识	51	73	68	70
治疗	31	55	54	59
控制 [†]	10	29	27	34

*高血压是指血管收缩压(SBP)达到140mmHg或者血管舒张压(DBP)达到90mmHg或需要服用抗高血压药物后[†]SBP \leq 140 mmHg and DBP $<$ 90 mmHg

表 1

来源：非公开数据，1999~2000年由美国国家心脏、肺和血液研究所Mr. Wolz 统计得出；(美国国家高血压的预防检测评估和治疗委员会)指南6.1

血压监护仪

血压监护仪是当血液被泵离心脏时用来测量动脉压力的设备。典型的，从一个使用者的角度来说，这个监护仪包括一个可充气的袖套用来限制血流和一个压力计来测量血压。从一个系统设计者的角度来说，一个血压监护仪要复杂得多。它的组成部分包括：电源，电机，贮存器，压力传感器和用户接口（包括显示屏，小键盘或触摸板，发声装置，以及可选的USB或ZigBee[®]通讯接口）

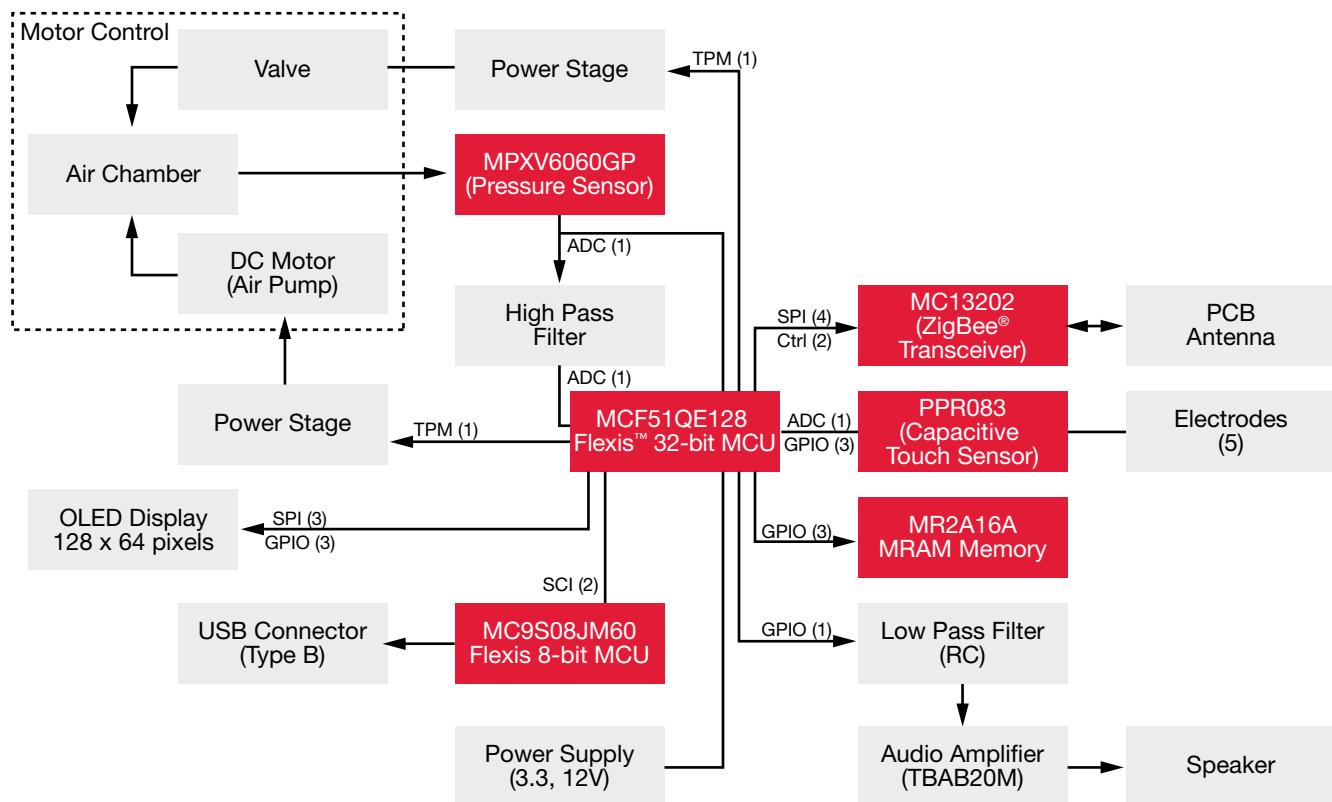
图1说明了飞思卡尔的血压监护仪的参考设计

RDQE128BPM。它演示了如何通过飞思卡尔的产品在信号获取，数据通讯和处理方面的能力，各个产品之间的相互工作实现一个完整的医疗手持式方案。要了解更具体的该参考设计，可以从飞思卡尔网站www.freescale.com下载血压监护设计参考手册的PDF文档（搜索文档号DRM101）

血压在血管收缩和舒张的过程中不停变化。血管收缩压是动脉中的峰值压力，它在心律周期接近开始时候发生，此时心室在收缩。血管舒张压是动脉中的最小压力，它在心律周期接近结束时发生，此时心室充满了血液。一个健康的，平静的成年人的典型血压测量值是：收缩压115毫米汞柱(mmHg)(15千帕斯卡[kPa])和舒张压75毫米汞柱(mmHg)(10千帕斯卡[kPa])。SBP和DBP动脉血压不是固定不变的，一天中的一次心跳和另一次心跳之间的血压值也在不断变化。同时血压也会因为压力，营养，药物，疾病和锻炼的影响而改变。

如何进行血压测量

当包裹着患者手臂周围的袖套被慢慢放走时，袖套中压力的小变化（图2的红色曲线）可以被察觉。这些压力的波动由患者



■ Freescale Technology

图 1

的心律周期产生，接着它通过一个1Hz的高通滤波后被放大和偏移，产生了灰色的血压曲线。这个新信号就是心跳信号。

使用前面所述心跳检测方法，可以通过简单的示波计法来测量SBP和DBP，这种方法被大多数自动非介入式血压监护设备所采用。当袖套被充气至收缩压以上，然后缓慢放气时，袖套中的压力变化的幅度被测量。当压力低于血管的收缩压时，这一幅度会突然增加。当袖套中压力进一步下降时，该脉冲幅度达到最大值并快速减小。舒张压是在这一快速变化的开始时被获得的。因此SBP和DBP是通过定义脉冲幅度的快速上升区域(SBP)和下降区域(DBP)来获得的。平均动脉血压(MAP)就在最大幅度处。

测量SBP和DBP能帮助诊断通常的高血压，但是仅仅靠临床监护不能区分两种通常类型的高血压。

原发性高血压

原发性高血压是没有明确的原因或可被纠正的原因而引起的高血压。对原发性高血压的判断是收缩压 (SBP) 持续高于

140mmHg或舒张压持续高于90mmHg。

白大褂高血压(环境刺激型高血压)

白大褂高血压是指仅当处在不同于一般家庭环境的高度压力的环境中而显现的高血压症状，如：在诊所或医生办公室（这就是“白大褂”的出处）引发的高血压症状。患有白大褂高血压的人在诊所环境下测量的血压读数偏高（SBP高于140mmHg，或DBP高于90mmHg），但是离开诊所后血压读数就恢复正常了。白大褂高血压可能被误诊为原发性高血压，这导致了不必要的治疗和额外保险费用的增加。为此，医学专家们通常建议在家进行几周的测量以确定诊断结果。因此，手提式，易于使用的血压计在家庭里变得普及。

患有白大褂高血压的人比一般无任何高血压症状的人更容易在未来发展成原发性高血压。这同其他的风险因素（如吸烟，高胆固醇）结合在一起，令家庭式的监护设备系统需求量增加。

Heartbeat vs. Diastolic Pressure

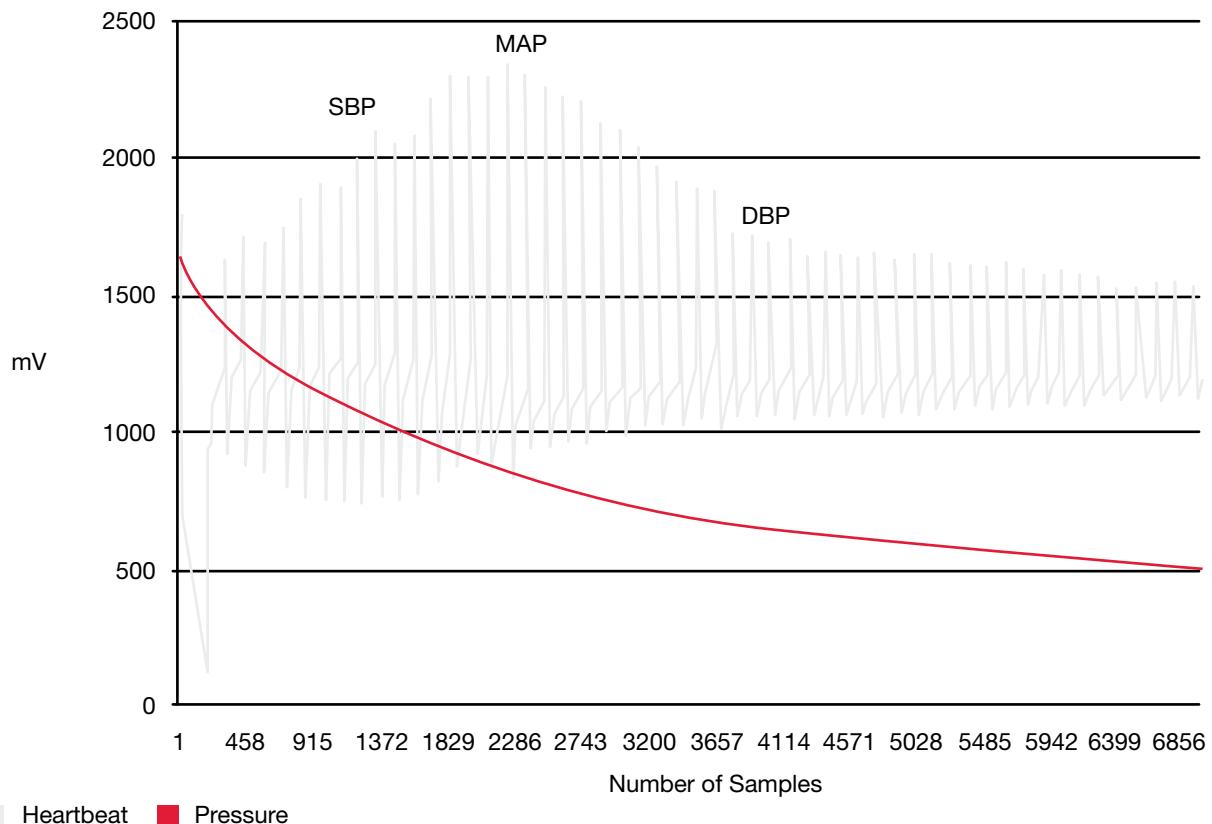


图2

治疗高血压的药物有许多，内科医生可以选择结合在一起使用，包括：

- ACE抑制剂(血管紧张素酶转化抑制剂)和血管紧张素II受体拮抗剂，它们避免了血管狭窄
- 阿尔法 α 阻滞药和贝它 β 阻滞药，他们能令血管和心脏相对放松
- 钙通道阻滞药，它能帮助扩张血管，促进血流
- 利尿剂能帮助驱除体内多余的盐份和液体

除了遵照医疗治疗计划之外，病人必须主动改变生活方式和饮食，并采用治疗性放松技术来帮助减低高血压。无论使用哪种医学手段，或改变哪些生活习惯，连续血压监护都是有效治疗的普遍基础。医生需要准确，实时的病情信息，以改变治疗的方案。这意味着如果患者希望过一种相对正常的生活，他（或她）就应该在诊所以外拥有血压监护设备。

如果我们希望高血压患者在家中或是旅行途中能够有效的进行血压测量，那么血压计就必须袖珍便携，并且使用过程不

需要过多额外的指导。今天先进的半导体技术能提供更为准确，可靠，经济的半导体器件，这能帮助患者更好的监视他们的高血压，因此实施更有效的治疗并改善饮食和不良的生活方式。

SAR DAC Block Diagram

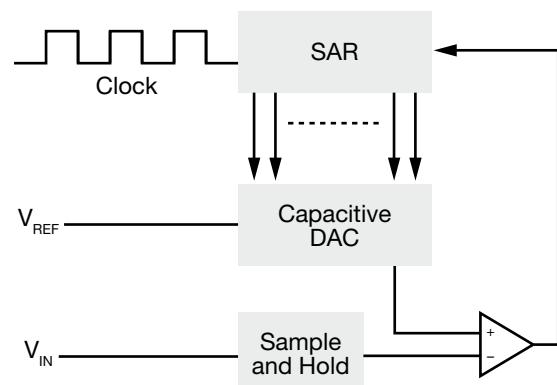


图3

模数转换精度

如图1所述，微控制器(MCUs)和压力传感器是血压计的核心技术。RDQE128BPM参考设计方块图也说明了在这一应用中最重要的MCU模块是ADC。飞思卡尔控制器片上的ADC模块是逐次逼近式ADC(见图3)。包含用于获取输入电压的采样锁存电路、一个比较器、一个逐次逼近式寄存器子电路和一个内部参照电压电容式数模转换器 (DAC)。DAC提供了比较器一个模拟电压，它等值于从渐近式寄存器(SAR)输出的数字编码，这个模拟电压是为了和V_{IN}相比较。

类似于血压监护仪这样的应用需要测量很小的信号。因此ADC分辨率通常是一个关键参数 (如，10-比特，12-比特 或16-比特分辨率)，这也是为应用设计选择MCU的重要因素。同样重要的还有ADC的精度。记住所有的ADC有其固有的不准确性，因为他们通过离散的步骤 (这一过程被称为量化) 来数字化信号。因此，数字输出不能完美的反映模拟输入信号。例如，一个12-比特的转换器将为一个最大5V的输入电压提供一个1.22mV最低有效位 (LSB)。因此，ADC仅能将数值数字化到1.22mV的倍数：. . . 1.22mV, 2.44mV, 3.66mV等。在这个例子中，它表明一个最佳测量永远不能比 ± 0.5 个最低有效位LSB ($\pm 610\mu\text{V}$) 更为精确。

不幸的是，一些其他嵌入式ADC特性引入了误差并降低了其精度，这些特性包括：偏移，增益，温度漂移和非线性性。一些ADC例如在飞思卡尔新的Flexis™产品上使用的16-比特ADC具有通过校准减低偏移和增益误差的能力。ADC通道上的片上温度传感器，许多ADC具有测量芯片温度的能力，这使温度补偿得以具体化。

一个ADC有效比特位(ENOB)是分辨率和精度的真实指标。这个数值表明了在一个特定系统中有多少比特提供了准确信息。它可以通过下面的公式计算：

$$\text{ENOB} = (\text{SNR} - 1.76 \text{ dB})/6.02 \text{ dB}$$

这里，信噪比(SNR)是在有意义信息 (信号) 和背景噪音 (噪音或误差) 之间的比率。信噪比值不仅受到ADC设计和芯片集成的影响，也受到印刷电路板(PCB)设计、布线和所选附加离散元器件的影响。一个大的信噪比值意味着更多

的信号是数据并且误差很小，这能改进当测量微伏级变化的信号时测量结果的精度。小的信噪比意味着信号淹没在系统噪声中，精度受到了影响。“基于微处理系统的噪音减低技术” (文档号AN1705) 是能在www.freescale.com网站上下载的许多资料之一，它能帮助血压监护仪的设计者避免潜在的信噪比的降低。

提高精度的技术

在一个ADC的输入端增加少量受控的“抖动”噪声信号 (0.5LSB高斯白噪声)，能够影响一个信号在最接近最小分辨率的一位上向变动，通过这种方法就避免了再去四舍五入。转换的最低有效位 (LSB) 的状态随机在0~1之间抖动，而不是固定在一个数值上。通过引入微小噪声，我们扩展了ADC能够转换信号的有效范围，而不是简单去除了在这个低水平上的所有信号 (仅被量化成一比特的分辨率)。同样地，这在整个范围内都引入了量化误差。抖动仅仅增加了分辨率，改善了线性度，但是并没有提高精度。然而，通过在信号里增加1-2位最低有效位 (LSB) 的噪声并且采用过采样的技术是可以提高精度的。

当增加人工噪声到一个信号时，重要的是要记得噪声的平均值必须是零。然而，许多系统具有其他来源的白噪声，包括热噪声，CPU核，开关端口和电源中的变化。血压监护仪尤其易于产生白噪声，比如气泵产生的电磁干扰，振动等，这些能被PCB和微处理器所吸收。

过采样是通过一个比Nyquist采样频率显著提高的采样率来采集信号的过程。实际上，过采样被用来获取便宜的高分辨率的ADC转换器。例如，进行一个16-比特转换，使用一个运行于256倍目标采样率的12-比特的转换器就足够了。对每一个附加分辨率比特，信号必须过采样4倍。一组256个连续的12-比特采样的平均结果在分辨率上增加了4个比特，这样就产生一个16比特的分辨率。因为现实世界的ADC不能进行不间断的转换，输入值应当在转换器进行转换期间保持一定。

采样和保持电路通过这样的方法来完成这一任务：用一个电容贮存输入端的模拟电压，并用一个电子开关来使电容从输入端断开。使用设置好最适合输入信号的采样和保持时间的ADC将帮助改进转换结果的精度。

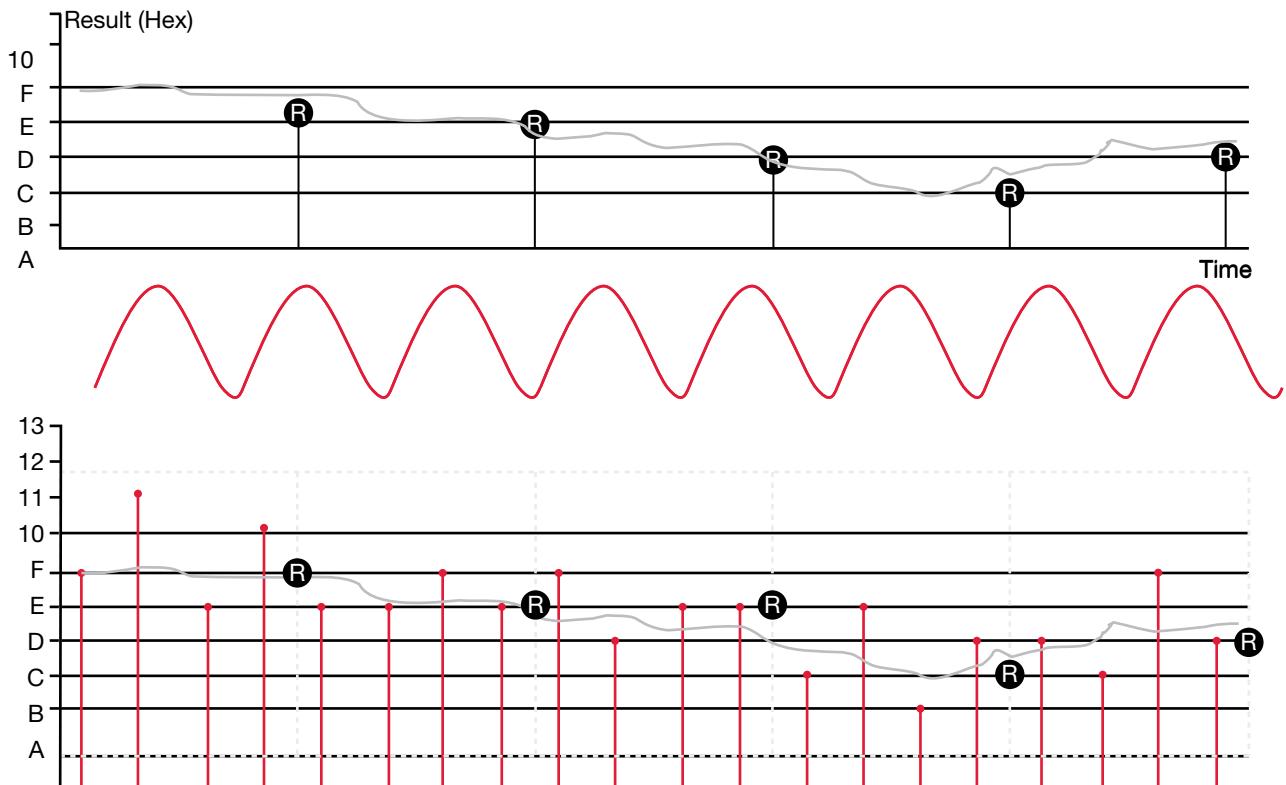


图4

上面的两种方法，噪声耦合和过采样能够结合在一起更进一步地改善精度。如图4所述。这一技术通常被认为是过采样和抽取滤波。顶部的曲线图表示了ADC转换器随时间产生的结果，并且显示了如果不采用附加噪声，单独使用过采样会是怎样的结果。通过增加1-2个LSB噪声，如在底部红色图线表示的那样，同时进行的采样不会有同样的结果。这个方法增加了信噪比(SNR)并且提高了有效比特位(ENOB)。通过在输入信号处增加1-2个LSB噪声和过采样，结果被平均以后可以提供一个更精确的值。从ADC测量中获得的平均数据，它使输入信号中的毛刺变平时，从而具有减小信号波动和噪声的优点。

还有4个可以管理的误差来源：偏移，增益，漏电流和较小范围的温度。一些嵌入式MCU片上的ADC模块，例如在一些新的飞思卡尔Flexis产品上的16-比特ADC，具有硬件校准特性，能在代码执行期间反复进行校准。不具有硬件校准的嵌入式的ADC模块仍然能进行校准，但这必须在工厂中完成，或者有为产品设计的方案。

校准是一个3步骤的过程：

1. 配置ADC
2. 开始校准转换并等待转换完成
3. 进行偏移和增益校准

偏移和增益校准值能够根据结果被减小或放大。这能在软件或在一些已实现的ADC硬件中完成。例如为监护应用设计的最新飞思卡尔Flexis产品里的16位ADC。

输入的偏移是三个需要补偿的来源中最容易处理的。对一个单端输入的转换，输入可以参考同样的内部电压。这应当能产生一个零结果。如果结果不是零，这就是偏移值，它必须从ADC结果中减去。如果使用差分转换模式，偏移值能够通过在两个输入引脚上变换同样信号来找到。

一旦偏移值已知，ADC的增益能够从满量程误差中找到。这是在最大量程的理想输出值(如12-比特ADC中的0xFFFF)与偏移值为零时实际输出值之间的差值。

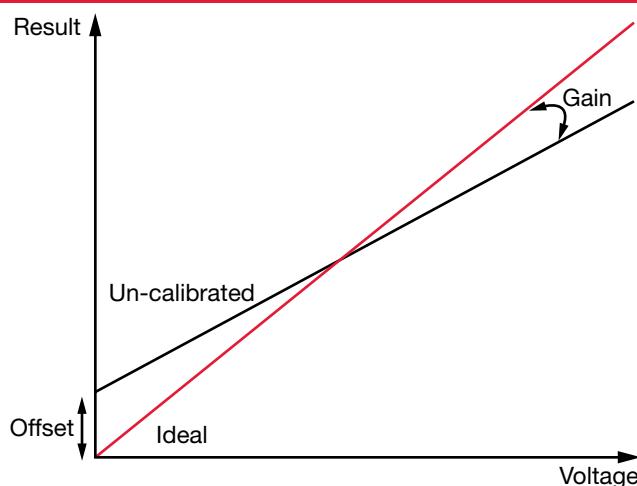


图5

图5显示了从接地到满量程一个未校准的斜线（黑色）对应理想斜线（红色）的偏移和增益被夸大的效果。在应用中取决于准确的ADC结果，例如血压监护仪，它被要求指示微小的读数变化(μ V)，校准应该经常进行，至少在每个重起之后。如果一个硬件功能不存在，校准可以通过设计接地和 V_{DD} 输入到应用部分，在每次转换后减去偏移并乘以计算的增益来获得。

还有一种输入误差的来源，它通常被忽略，但却很重要。在输入引脚上的漏电流能引起在输入端输入电阻上的压降。这一误差可以是在这些电池电压和温度检测电路中最低有效位LSB的数十倍，如果模拟DC输入阻值高，它使用高的电阻电压分压来形成模拟参考值。最好的消除这一误差的方法是在设计者的控制下减少模拟DC源电阻和任何形式的泄漏。一个运算放大器作为输入电压的缓冲能够减少模拟DC源的电阻。

MCU晶元的温度可以对ADC结果有影响。这是因为ADC的特性随温度变化而变化，同样也随MCU感应噪声，功耗和频率变化而变化。然而，温度是一个慢变因素。一个血压监护仪的常规的重复校准被设计在应用代码中，这使用户不用考虑理想条件，使温度的影响最小。然而，在工厂中的完全校准（其结果贮存在存储器的查询表中）能够几乎消除温度的影响。许多ADC具有片上温度传感器，它们可以用来监控温

度使调节可以进行。数据手册通常给出温度传感曲线，表示为mV/°C来指示典型的特性。

非线性几乎是一个无法被校准的因素，因为它通常是模块设计中所固有的。在每个编码转换之间的电压差应该等于1LSB。因此，非线性是指编码步长的不规则间隔，它导致一些信号变形。飞思卡尔应用笔记“ADC定义和规格”（文档号AN2438，可从www.freescale.com网站上下载PDF格式的文档）更具体地解释了积分和差分非线性误差的区别。

结论

数字化血压监护仪帮助医生诊断并帮助患者控制高血压。准确的血压监护不论在医疗中心和在家庭中都是很重要的，尤其是当诊断白大褂高血压和原发性高血压的时候。

在任何测量系统中最困难的挑战是将现实世界中的模拟信号转换到嵌入式控制器的数字域的精度。高分辨率ADC提供了好的分辨率结果（LSB指示nV的变化）但是不能提供必要的高精度。不同的ADC技术，例如过采样和抽取式滤波，校准，漏电流控制和温度补偿，可以被用来增加基于测量的应用中的精度和有效比特位。

飞思卡尔嵌入式控制器ADC具有高度集成的功能，从而使设计者能够用这些功能适应客户的应用特性，获得高精度的测量。在最新的Flexis产品系列中的16-比特ADC能使开发者通过调节ADC的偏移和增益提高精度，而不增加系统硬件和软件的要求。

飞思卡尔血压监护仪器参考设计演示了飞思卡尔的Flexis QE128，JM为控制器，传感器，和模拟产品在信号获取，数据通讯和处理方面的能力，他们在一起实现了一个完整的医疗手持式方案。更具体的参考设计可以从血压监护仪的设计参考手册中获得，该手册可以从www.freescale.com网站上下载(文档号DRM101)。

Inga从Strathclyde大学毕业具有电子与电气工程的荣誉学位。她在技术市场和应用工程领域的职业生涯专注于为消费和工业市场所设计的8位和ColdFire MCU。她出版了大量的文章和应用笔记。

Matt Maupin 和 Raghavan Sampath

ZigBee® 技术应用于长期护理 改善生活质量

序言

现在，在许多人们最关心的日常事务中，对健康的关心排在了靠前的位置。对健康的关心程度可通过昂贵的保险费用、降低的生产力甚至雇员的调整直接影响到公司的盈亏。然而，对健康关心，与比财务问题相比是个更深层次、更个人化的问题。2/3超过65岁的人需要长期护理，所需长期护理的平均时间超过3年^[1]，而绝大多数人在某些程度上都有可能受此影响。因此，随着人均寿命的持续提高，高质量的长期护理就成为了全世界关注的焦点。

通过在病人家中的远程协助，自动监护系统可帮助增加病人的安全性，改善生活质量。很不幸的，现在大多数监护系统仍然要限制病人的自由行动。然而，新近的无线技术使得病人摆脱医疗器械的束缚，自由行动成为了可能，同时又为护理者提供了更高效的建立护理网络的方法。这也使得健康工作者在这个过程中监护病人们成为了可能。

长期护理

长期护理包含了多种改善或维持病人生活质量而设计的服务。当有许多条件可要求长期护理时，高龄是寻求长期护理的第一条件。1900年，美国的人均寿命是49.2岁。到1997年，这一数字已增加到了76.5岁^[2]。另外，1999年10%的人口为老年人（60岁及以上），到2050年，这一数字将会增加到20%^[3]。

我们如何在优化病人护士比率的同时增加病人长期护理的安全性、改善其生活质量？对这个问题的广泛关注在病人、家属、护理提供者及商业公司中持续增长。2000年，光在美国的救济所就有平均1,400,000的患者^[4]。这些患者的护理要求大相径庭，18%抱怨护士常驻家中，而10%的患者则生了压迫性溃疡（褥疮）^[5]。

人均寿命

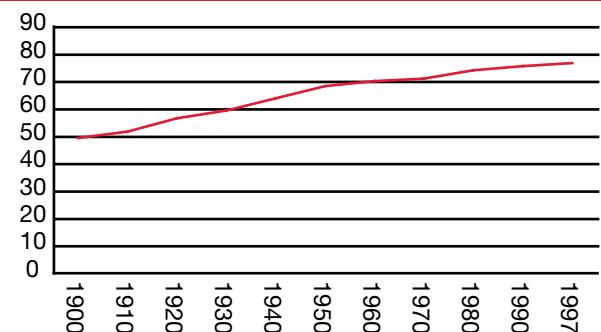


图1

ZigBee® 技术与其他无线协议的比较

Technology	优点	缺点
900 MHz	<ul style="list-style-type: none"> 频段无须注册 长距离传输 	<ul style="list-style-type: none"> 长距离传输有安全隐患 美国标准 (915MHz) 与欧洲标准 (868MHz) 不同
Wi-Fi®	<ul style="list-style-type: none"> 设备有被广泛安装的基础 为全世界所用频段设计 	<ul style="list-style-type: none"> 过长的数据包, 鲁棒性差 高功耗 相比ZigBee, 设备更昂贵, 更大
ZigBee	<ul style="list-style-type: none"> 低功耗 小数据包, 鲁棒性好 性价比高 设备很小 全球免费使用 	<ul style="list-style-type: none"> 在主机端需要协议栈 需要相应网络
Bluetooth®	<ul style="list-style-type: none"> 设备有被广泛安装的基础 为ad-hoc网络专门优化 	<ul style="list-style-type: none"> 每个微微网 (piconet) 只允许7个设备 高功耗 相比ZigBee, 更贵 传输距离短

表 1

远程病人监控系统

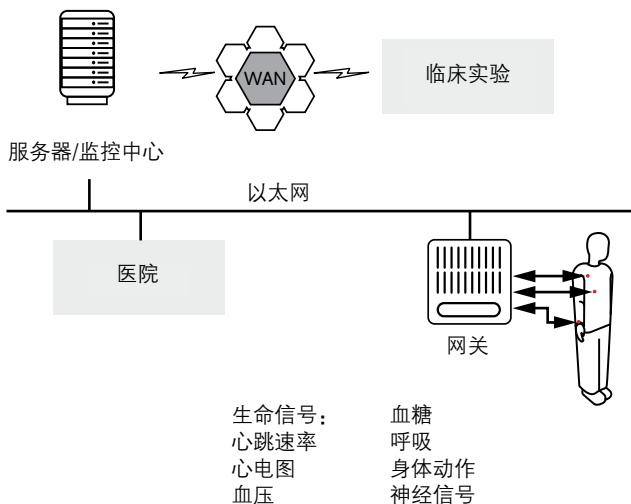


图2

Patient Monitoring System Wireless Link

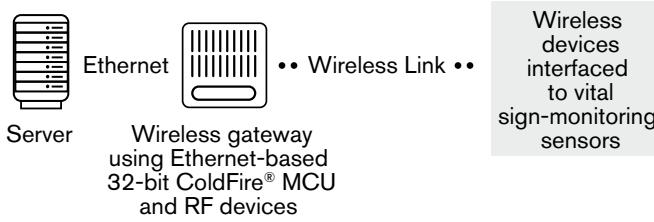


图3

ZigBee 技术和 IEEE® 802.15.4

因为长期护理是21世纪的问题, 所以我们用21世纪的方案去解决。对于医疗护理者来说, 快速、准确访问患者信息能提高护理质量。医疗对策不仅仅局限于患者床边, 护理质量往往取决于护理器械之外的与临床医生实时共享病人生理数据的能力。这意味着临床医生可以基于实时临床实验研究结果, 立即给主治医师提供反馈, 同时还能跟踪在医院之外的治疗途径和效果, 从而改进以后的治疗方法。

ZigBee技术被很快证明能有效应用在这些应用中, 用于帮助患者摆脱自动监控设备的束缚, 获得更大的自由行动能力。通过提供低成本、低功耗的无线技术, 利用网状网络, 它就能覆盖大厦和公共机构。ZigBee技术可以配置到许多产品中, 以帮助确保对患者更好的护理和更有效的护理跟踪。

为什么ZigBee能为生命监护提供理想的无线技术

一个用于长期护理的ZigBee网络包含患者监护系统和与监控中心或护理站通信的类似移动设备的网络组成。无线监控设备负责通过网关反馈数据给监控中心维护数据的服务器。这些数据可被医生、护士和其他专职护理人员访问, 当有情况改变时提醒他们注意。无线监控也为公共机构出于责任和保险需求的目的提供监护跟踪。

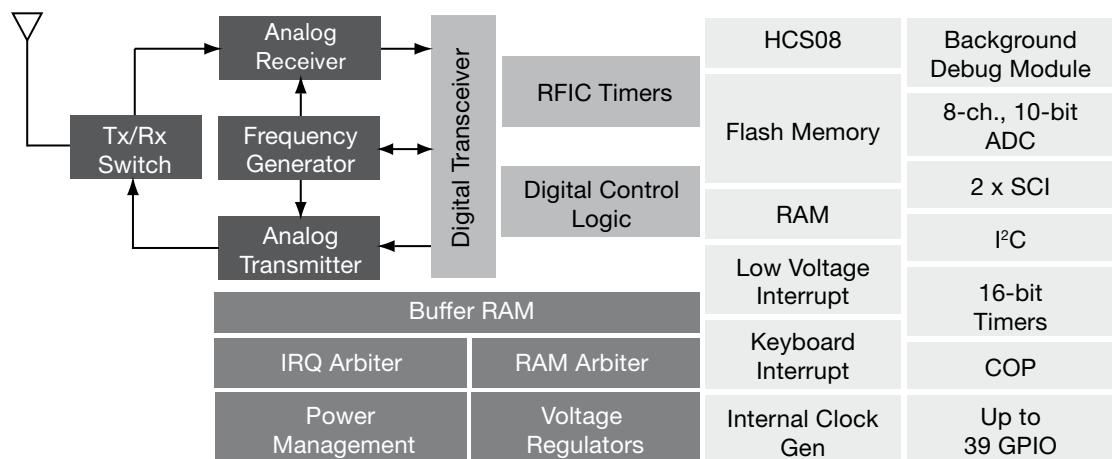


图4

长期护理患者所需的远程自动监控系统

远程自动监控系统可分为多种，包括：

- 患者监控
- 行动监控
- 安全监控
- 事件捕捉

患者监控系统通常检查生命迹象，如心跳速率和体温，或者疾征兆如血压和血糖等级。ZigBee可以用来传输数据到网关，当这些数据中的某个值超出极限时提醒监控人员。自动监控系统甚至可以设计为执行特殊命令。举个例子：监控血糖等级，根据预设间隔值记录血糖数据。如果血糖等级超出极限值，就自动注射胰岛素。

行动监控系统监控每天的行动。记录的数据可用来分析变化。从每天的运动或锻炼中，用加速度传感器跟踪运动数据是非常简单的。这些数据可与从患者身上采集的信息（如心跳速率）作比较，以确定一定量的锻炼对身体有多少作用。人体行动可以被跟踪任意长时间，然后与历史数据相比，以鉴别某种倾向。甚至可以利用行动监测系统来提醒患者做运动，或者提醒护理人员患者是否做了运动。

安全监测系统以事件提醒或潜在的可能影响患者安全的事件提醒为目标。如：当患者离开监测区域，监护者会收到提醒，并重新定位患者所在区域。

事件捕捉系统记录患者相关事件和监护者响应情况。这是重要的健康护理信息，并能保证事件信息和相应行动能被快速找回并检查。

MCF5223x 家族结构框图

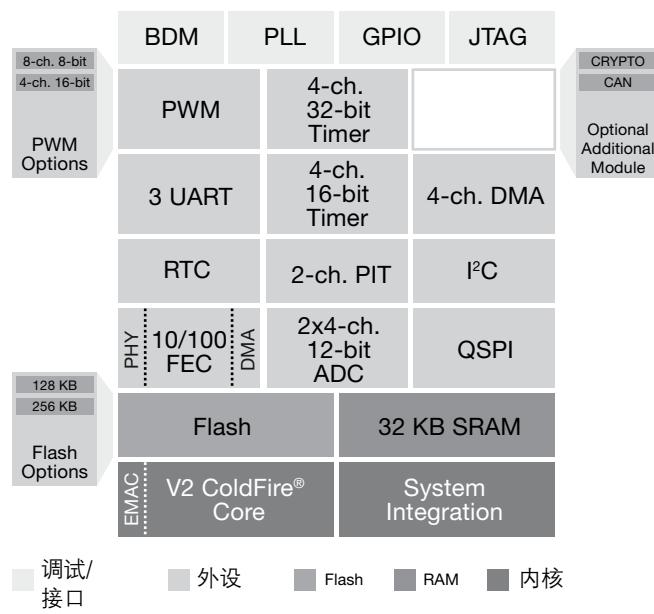
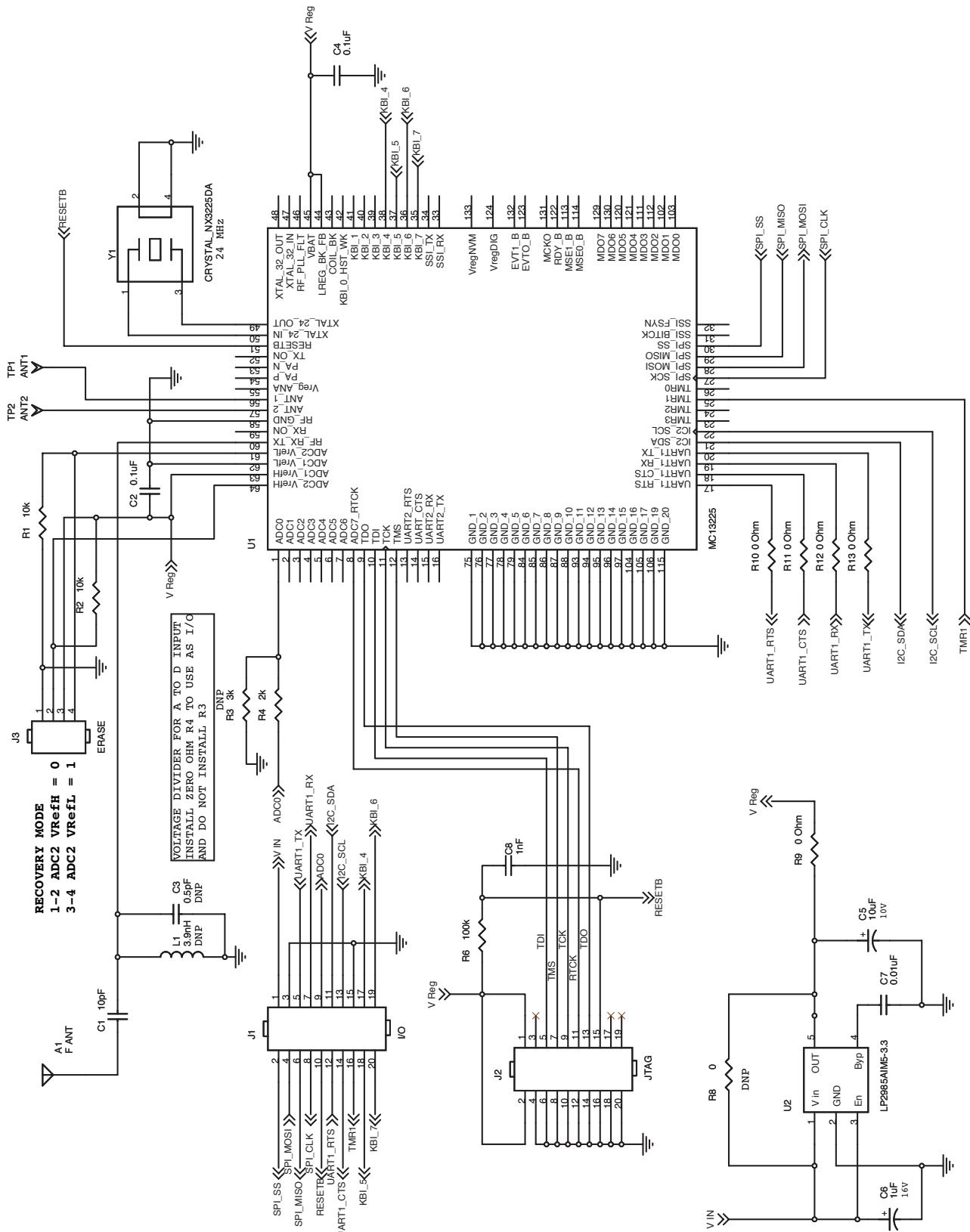


图5



飞思卡尔使得ZigBee技术能应用于医疗器械

飞思卡尔家族的ZigBee技术为医疗监护应用的需求提供了完美的低成本、低功耗、高集成度和高性能的解决方案。这些解决方案中包括了系统级封装（SiP）的8位MC13213，32位ColdFire[®]嵌入式控制器和平台级封装（PiP）的32位MC13224解决方案。

MC13213 SiP集成了MC9S08GT微控制器（MCU）和MC1320x射频传输器到一个9×9mm的LGA封装中。MC13213 SiP系统提供了60K flash和4K RAM。通过使用适用于MAC的IEEE 802.15.4或ZigBee协议栈，MC13213 SiP系统就是一个相当好的需要网状网络的传感控制器应用。

ColdFire MCF5223x家族包含了一个提供32位控制器和以太网接口的单芯片解决方案。它包括一个10/100快速以太网控制器（FEC）和以太网物理层（EPHY）以及一个V2 ColdFire核心，使得它价位合理并拥有优越的性能。MCF52235嵌入式控制器为设计者提供了集成以太网平台的合适的外设和储存器大小，大大缩短了开发时间和成本，帮助产品快速上市。

飞思卡尔的第三代MC13224是运用ZigBee技术的医疗应用的理想平台。它能为减小产品大小和降低产品成本提供关键技术改进，这对于穿戴在身上的设备来说尤为重要。高度集成的低功耗设计能使电池的续航能力大大增加，而且只需要一个外接电源和一个50欧姆的天线即可完成此方案。32位ARM7TM核心处理器拥有充足的储存空间，能在单个IC上运行ZigBee协议栈和用户应用程序。

飞思卡尔ZigBee解决方案不只包含了芯片本身而已，而且还包括了软件、开发工具和参考设计来帮助简化开发。飞思卡尔的ZigBee适用的BeeStackTM和BeeKitTM无线工具包提供了配置网络参数的简单软件环境。这个工具使得用户可以用向导和下拉菜单来帮助它们配置ZigBee网络参数，而竞争对手的解决方案却使用户不得不通过改动代码来配置网络参数。

同时，像MC13224这样的PiP解决方案简化了射频设计，用户则可不必有专业的经验来保证设计的鲁棒性和最优性。所以，飞思卡尔已经为客户在这方面做了许多工作，搜集了许多参考设计，用户可以拿到它们的BOM、印刷电路板文件和原理图，并可以通过简单拷贝参考设计来集成到用户自己的产品中^[6]。提供一个完整的平台方案可以帮助用户缩短产品开发时间并快速占领市场。

应用实例： RF Technologies[®]

飞思卡尔的客户之一，RF Technologies，健康监护方案的先驱。该公司已经基于ZigBee技术开发了许多用于改善健康和患者安全的产品，同时为监护者提供跟踪和责任。如：Code Alert[®]公司集成了护理管理方案，其中包括随身穿戴的紧急挂件式呼叫器，这样使得患者可以在它们需要帮助时呼叫监护人员。软件记录下呼救，同时紧急通知将以文字信息或邮件被发送到系统中的电脑和任一移动设备。当监护人员到达帮助患者时，就可以通过按下呼叫器上的一系列特殊编码来记录下事件并给系统一个回应。这能帮助监护人员确定患者已及时得到照料，并且能提供事件响应时间和突发事件场所信息，设备或管理人员就可评估事件责任。

RF Technologies采用了ZigBee技术的低成本、高可靠性和低功耗的优点。商务发展副总裁，James Herman 说：“ZigBee完美地满足了我们对数据采集、带宽和通信的需求。没有其他规格的产品能提供相同的优点，而ZigBee能在我们用户的环境下很好地工作。用户同样也想要一个这样的平台，而且他们对昂贵的并且锁定单一来源关联的私有平台感到厌烦。”

总结

老年人和长期医疗护理将持续成为我们社会的重要问题。先进的技术能针对需求改善患者的生活质量，而ZigBee无线技术能带给设计者们新的设计理念。低功耗的无线解决方案可用于患者行动监护和安全监护，ZigBee技术为患者提供了他们所要的更高自由度，同时也提供给监护人员许多重要优势，包括：

- 高性价比和可升级的网络以应对紧急响应处理情况下的瓶颈
- 实时提示不符合常规医疗惯例的输液方案，从而消除可预防的不良医疗事故
- 有机会改进治疗草案
- 医生可在他们的办公室内远程访问患者实时数据
- 实时分析药物疗效
- 实现所有相互连接的医疗器械的网络化管理
- 实时患者治疗能降低成本，改进护理

通过我们先进的ZigBee技术解决方案，飞思卡尔使用户能设计出新的产品以帮助用户快速占领医疗器械市场，并改善需要长期护理的患者的日常生活。

参考

- [1] Kemper, P., Komisar, H.L., and Alecixh, L., "Long-Term Care Over an Uncertain Future: What Can Current Retirees Expect?" *Inquiry* 42(4):335-350, 2005
- [2] National Vital Statistics System
- [3] National Vital Statistics System
- [4] National Center for Health Statistics Advance Data No. 297
- [5] NCHS Nursing Home Current Residents, June 2008
- [6] www.freescale.com/webapp/sps/site/overview.jsp?code=ZIGBEE_REFERENCEDESIGN_HOME

Raghavan Sampath于2006年加入飞思卡尔。他致力于半导体工业应用支持和商务拓展已超过9年。Matt Maupin于2001年加入飞思卡尔。他在高科技产业已有超过15年经验，主要致力于无线连接研究，包括Wi-Fi、蓝牙、802.15.4和ZigBee技术。他具有Park大学的管理与市场理学士学位。

Donnie Garcia and Alejandra Guzman Castellanos with Dr. Claudia Rentería Govillo

妊娠期糖尿病

帮助减少并发症的技术

介绍

飞思卡尔在低功耗和混合信号方面的先进技术导致出现更为灵活的微控制器(MCUs)，这些微控制器有许多关键的外围设备，可用来进行妊娠期监护的应用，包括妊娠糖尿病的监护。在所有对于医疗应用重要的领域——低压，混合信号物理集成，显示和连接——飞思卡尔提供了下一代医疗系统方案所需要的强大的技术。

妊娠期糖尿病

非糖尿病患者的孕妇仍然会在怀孕期间有较高的血糖(葡萄糖)水平。这被称为妊娠期糖尿病，它会对1%~3%的孕妇有影响。基本上，怀孕期间的妇女荷尔蒙的产生会增加，从而导致胰岛素抵抗，这意味着胰岛素不能有效地降低血糖水平，这迫使身体里产生更多的胰岛素来进行补偿，从而导致了妊娠期糖尿病。

此外，尽管任何妇女都可能患上妊娠期糖尿病，有一些人会比另一些人更易患上妊娠期糖尿病，这些人包括那些：

- 年龄大于25岁
- 有家族糖尿病史，或那些在前一次妊娠中患有妊娠期糖尿病的
- 已经生育过一个超过9磅重的婴儿或经历过一次不明原因死胎的
- 在怀孕前体重过重的

此外，由于不明的原因，西班牙人，印第安人，亚洲人和黑人妇女比其他妇女更容易患上妊娠期糖尿病。对那些已经患有糖尿病的妇女，受精前和怀孕期间良好的血糖控制不仅对于妇女本身，对胎儿的健康也是至关重要的。

在妊娠怀孕期间，如果血糖水平不能很好的受到控制，过多的血糖会通过胎盘抬高胎儿的血糖水平。这会使得胎儿的体格肥胖并形成新生儿巨大症（出生时体重超过的9英磅15盎斯）。巨大症婴儿会面临许多健康问题，包括容易患上呼吸系统疾病，小儿肥胖，在儿童时期发展成2型糖尿病，甚至在孕妇分娩期间造成身体伤害等。

因为这些原因，在怀孕前或怀孕早期，准确的血糖测量对于迅速诊断和治疗妊娠期糖尿病是至关重要的（见图1），尤其是，大部分妇女并不会表现出通常糖尿病有关的早期症状（过度口渴和尿频）。

最初诊断包括一个口服葡萄糖耐受试验。这通常在一个诊所环境中进行，要求患者喝一种葡萄糖溶液，然后以一定的时间间隔进行血液葡萄糖监测（见表1）。然而，对于后期连续的糖尿病症状的观察，最为方便的是在家进行，这就需要精确的家庭监测设备。

Example of Oral Glucose Tolerance Test (OGTT)

Fasting	95 or higher
At 1 hour	180 or higher
At 2 hours	155 or higher
At 3 hours	140 or higher

Note: Some labs use other numbers for this test

*These numbers are for a test using a drink with 100 grams of glucose

表 1

来自飞思卡尔的先进的半导体技术，具有低功耗，混合信号物理集成，显示和连接接口，这些使得设计出小巧，易于使用的设备成为可能。这种设备对于家庭血糖监测是很理想的方案。

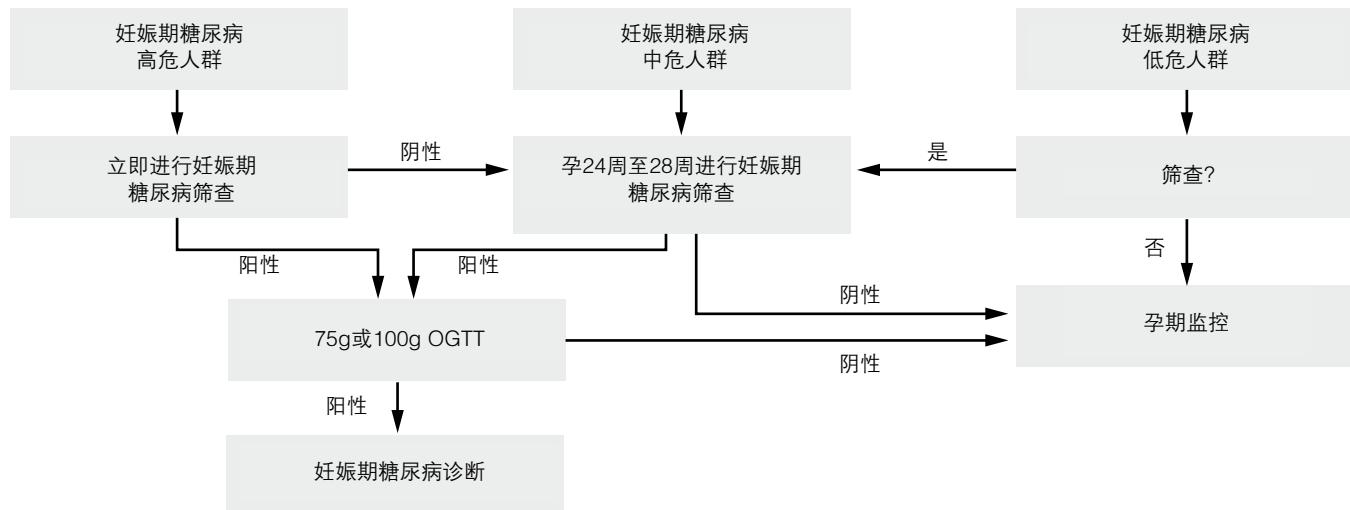


图1

Source: Am J Health-Syst Pharm © 2004 American Society of Health-System Pharmacists

飞思卡尔高度集成低功耗方案

通过将超低功耗平台和高精度模拟外围设备结合在一起，飞思卡尔在为妊娠监护市场提供自动化监护的整体系统方案方面有了很大进展。飞思卡尔的MCU能够降低血糖仪设计的成本，这使更多的母亲因为血糖水平得到检测而得利。

这里有一些关键领域，这些领域对于广泛的便携式医疗应用很重要：

- 低功耗技术
- 混合信号集成技术
- 显示技术
- 连接技术

飞思卡尔正在帮助医疗市场的用户能在这些领域中优化他们的产品。

超低电功耗平台

飞思卡尔MCU利用了创新技术使这些手提式医疗设备的应用获得绝对的最低功耗。下面所列的MCU的低压表现使它们成为手提式医疗设备的理想之选。

- MC9S08Lxx：有低成本入门级，具有LCD驱动模块和出色功耗的MCU
- MC9S08QExx：同等级产品中最出色的功耗，适用于传感器设备应用，具有中等的处理能力，并在价格上具有优势
- MCF51QE：出色的性能和低功耗特性，与9S08QE控制器的引脚兼容性，使它能够很好的满足医疗设备的复杂性和功能性的裁剪的要求

所有这些设备都具有四个主要特性，它们是低电压操作的基础。

低功耗振荡器

晶体振荡器在低功耗方面被优化，可以以低增益或高增益模式来驱动晶振。这种外围模块在低功耗模式时，驱动32.768kHz晶振时，电流消耗少于500nA。当使用这种低功耗振荡器时，可以使MCU在低功耗模式（停止模式）时保证精确的时间。

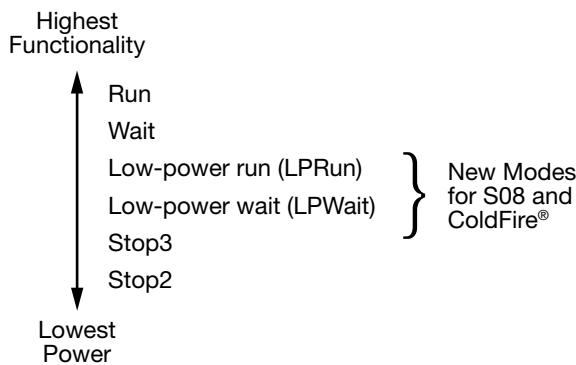


图2

操作模式

低功耗的MCU有许多操作模式，每一个模式都为特定的功能而设计，这使最高效的性能和功率损耗达到权衡。多样的操作模式(运行，低功耗运行，等待，低功耗等待，停止2和停止3)使一些设备的功耗低到250nA那样的水平，并且也能使医疗应用设备持续高效率的运作。使许多MCU的外围设备能够在低功耗运行模式下运行，在低功耗模式下提供适当的功能。

灵活时钟源

由于多种操作模式带来的好处，内部时钟(ICS)为低功耗方案的外围提供了提高或降低设备操作频率的能力。更高的操作频率导致运行模式下更高的功耗。根据应用的需求，在低频上运行使功率降低大约500 μ A每MHz。ICS使嵌入式开发的设计者能更好地调节MCU的性能来优化功耗。

时钟门控技术

为了进一步减低运行模式的功耗，每个低功耗平台上的外围设备有时钟门控的能力。时钟门控技术是将发送到外围设备上的时钟信号关闭。通过时钟门控技术，一个单一的外围设备仅仅减低几十微安的功耗，为了达到最的得功耗，有必要关闭每个不需要的内部时钟信号。当把所有外围设备时钟关闭时，时钟门控技术可以降低运行模式下大约1/3的功耗。

使用飞思卡尔方案的葡萄糖检测仪设计

前面描述的特性可以结合在一起在低功耗方面优化一个便携式医疗设备的设计，例如血糖仪。

低功耗振荡器可以被用来提供非常低的待机功耗并保持准确的时间，这就使血糖仪可用作保存准确的葡萄糖水平测量历史记录以备查询。

使用灵活的操作模式和内部时钟(ICS)，血糖仪固件可以设计成这样的情况：当需要复杂的计算来进行一个葡萄糖测量时，可以提高MCU性能来缩短处理时间，方便用户的使用。

最后，时钟门控技术可以节约额外的功耗。这些技术的使用可以使一节电池的工作时间更长。它能够使开发者使用一节更小的电池，这样一来就增强了便携性，方便了用户的使用。

Blood Glucose Meter Block Diagram

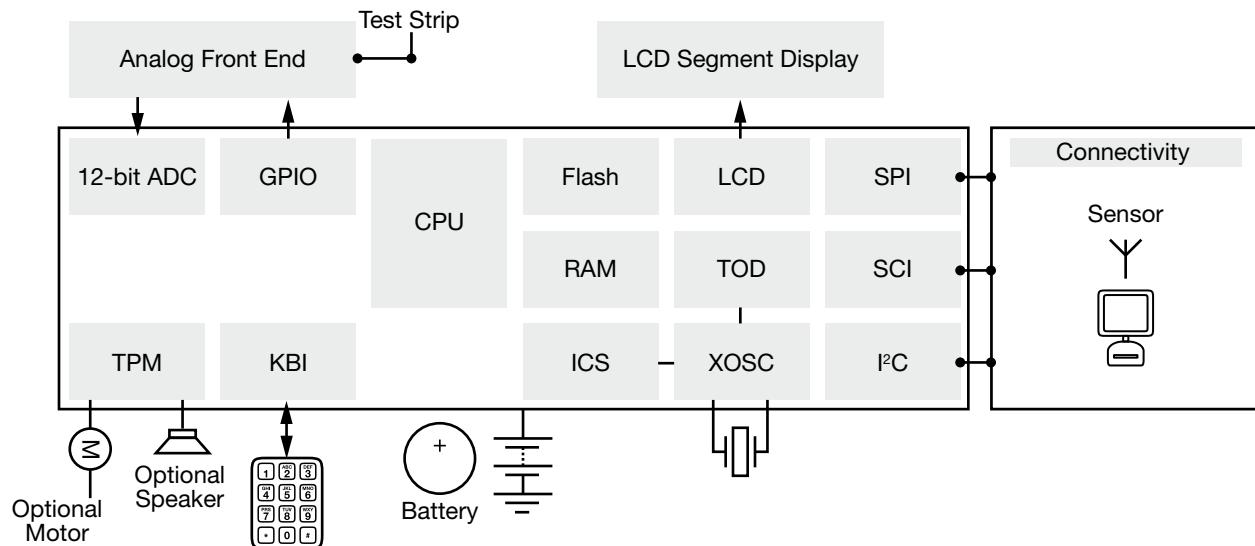


图3

对一个葡萄糖仪设计来说最重要的是进行葡萄糖测量中电化学反应中小信号分析的能力。一个分析步骤是要认识生物传感器电信号输出的峰值。利用模拟比较器(ACMP)外设，飞思卡尔的MCU能够在一个峰值达到时候的产生一个中断。

下一步骤是需要准确定时的模拟数字转换器对葡萄糖试纸的线性衰减输出进行模数转换。许多飞思卡尔期间都有一个特性丰富的12-比特模数转换器(ADC)，它能使这些测量成为可能。ADC具有这些特性：比如自动比较和灵活的转换时间的设置，它们对于这种应用是很理想的。

最后，8-比特或32-比特的CPU被用来进行数学分析。样品（血液）和葡萄糖试纸之间的化学反应会产生一个线性衰减信号，需要几秒钟的时间进行处理。CPU使用时间平均或更复杂的IIR滤波对输入信号就进行一些滤波。平均值在沿着输入信号线性衰减的一些点上被采集，从这些点上就可以计算出线性衰减的斜率。就是这个斜率将直接和血糖水平数值相关联。

在飞思卡尔MCU的片上集成模拟功能，为许多系统节约成本。一个明显的好处就是它降低了对外部IC的需求。这样一来就减小了BOM和板子的空间。同时，片上模拟功能也具有低电压检测和内部带隙参考电压的特性，这些能进一步降低成本。

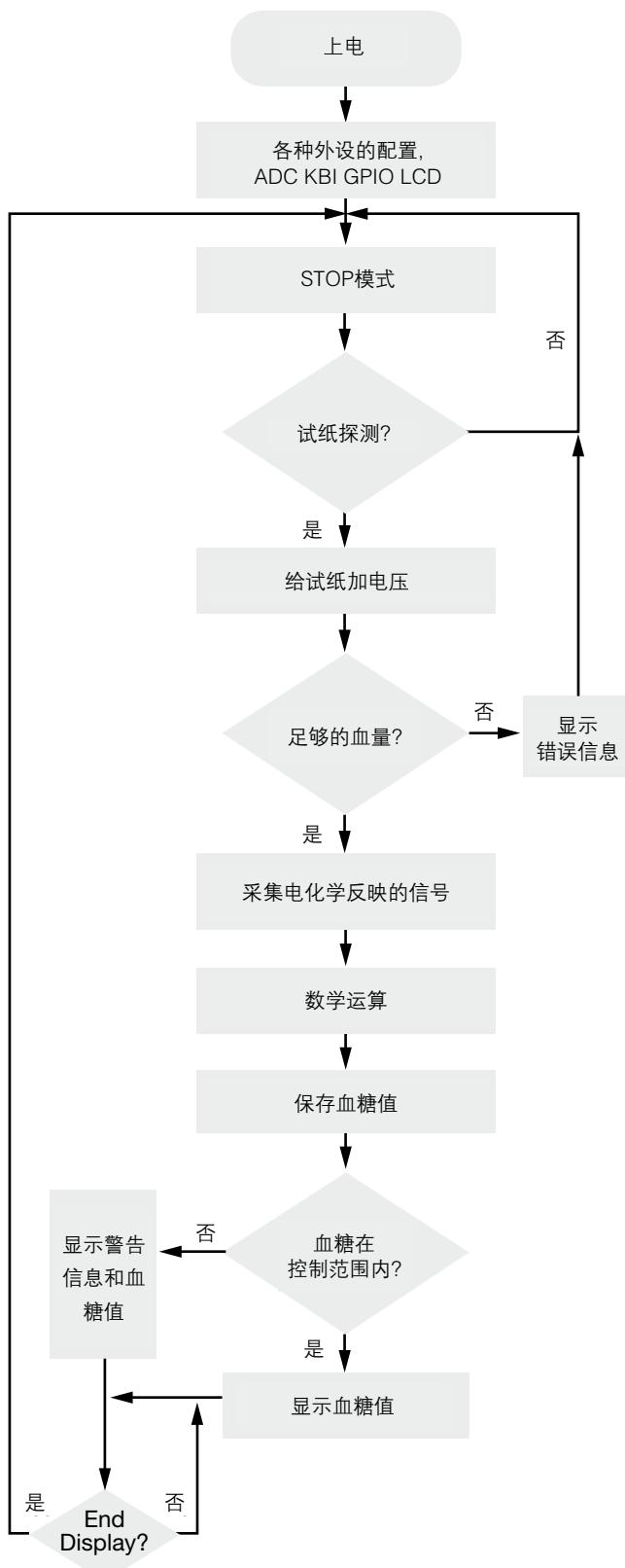


图4

随着L系列具有集成LCD驱动的8位MCU的发布，飞思卡尔为便携式医疗设备提供了理想的显示功能。在这些设备上的LCD驱动具有以下的特性，它能够降低成本并为血糖仪提供更多的功能。

首先，飞思卡尔增加了把任意MCU引脚功能配置成前线(segment)或背线(common)的能力。通过这种特性，信号布局可以被优化，从而使PCB板空间减小。这一特性也可快速适应LCD屏设计的变化，因为硬件的改变可以被软件升级来解决。在飞思卡尔的应用笔记 (LCD驱动说明) 中记录了一个灵活应用LCD驱动的例子，用户可以在www.freescale.com网站上下载PDF文档 (文档号AN3796)

其次，利用LCD信号的X8模式，新的LCD驱动可以用更少引脚驱动更多的段码。通过这种功能，它仅需使用28个引脚(8x20)就可以驱动160个LCD段码。在许多同类竞争产品上，同样的功能需要44个引脚来实现。通过使用更少的引脚，PCB板的尺寸和连接空间被减小了，这使更多袖珍的便携式医疗设计成为可能。

最后，LCD驱动有出色的低功耗的表现。低功耗在设计的各个方面均考虑到。最终结果是当LCD被连接到整个系统时，系统的功耗低到仅有 $1.5\mu\text{A}$ 。这一表现，加上低功耗闪烁模式 (当停止模式时显示闪烁的能力) 使产品开发者能为他们的便携式医疗设计降低平均70%的功耗。这将导致显著的电池使用寿命的延长，更进一步的在最终设备中改变需要的电池类型而节约成本。

在血糖仪设计中，一个可视化的显示是必要的。它使病人能够读到测量结果。用飞思卡尔的S08L系列微控制器，可以用单芯片获得LCD显示功能和一流的低功耗性能。飞思卡尔也提供软件方案允许简单的LCD屏的定制和快速的LCD GUI开发。此外，通过参考“LCD驱动说明”参考设计，设计者可以减少他们总的开发时间。

连接

从血糖仪到计算机的信息传输能力对新的血糖仪的设计者来说是一个重要的选项。飞思卡尔的MCU集成了许多外设可以提供这类连接，例如：SPI，SCI和I²C,这使得系统时间的数据传输得以实现。使用SPI，MCU可以容易地连接到ZigBee[®] 收发器来提供灵活的，低功耗的无线连接。

结论

飞思卡尔在低功耗和混合信号集成方面的领先技术使其开发的MCU成为血糖监测仪应用的关键部件，血糖监测仪可以在妊娠期糖尿病的诊断和治疗中被使用。虽然目前飞思卡尔的设备提供了许多益处，但是公司一直致力于进一步改进低功耗，混合信号集成，显示和连接特性使其更有利妊娠监护市场。

参考书目

www.diabetes.org

www.diabetes.niddk.nih.gov/dm/pubs/gestational/

Gestational diabetes: Test and diagnosis—www.mayoclinic.com

www.familydoctor.org/online/famdocen/home/women/pregnancy/complications/075.html

Donnie 和 Ale 都是飞思卡尔微控制器事业部的工程师。Donnie加入公司已经有10年了，他担任过应用工程师，现在担任系统工程师参与S08MCU新产品的定义。Ale服务于飞思卡尔技术信息部门(TIC)，负责客户支持，尤其是医疗应用客户的支持。Dr. Renteria 有10年以上的妇产科经验，是这方面的专家。

谌利、居颖轶、Gabriela López和Sergio Rosales

运动游戏站

集锻炼、娱乐和癫痫监测于一体

引言

现在，有越来越多的人愿意参加体育运动，在健身车或跑步机上锻炼身体。然而，于此同时，却有许多孩子浪费大量时间在电视游戏上而把锻炼身体抛之脑后。缺乏锻炼、过多的游戏时间不仅仅使孩子们的体重增加，而且紧张刺激的游戏可能会诱发那些对光敏感而身体失调的孩子出现突发性痉挛（癫痫）。

癫痫可能由光刺激（闪烁）或空间上周期性发生的光栅引起^[1]。这些光刺激被发现存在于多人在线角色扮演类游戏、掌上游戏、电视游戏和一些特殊的游戏控制台中^[2]。意识到这些潜在的危险后，为了保护这些特殊个体，国际组织，包括国际电信联盟(ITU)和国际标准化组织(ISO)已经开始为在公众媒体上出现的光刺激或光栅刺激着手制定一些国际标准^{[1] [2] [3] [4]}。

飞思卡尔的工程师们设计了一个无线游戏控制器，并将它安装在健身车上，这样人们就可以边玩游戏边健身。并且，在集成了ZigBee[®]发送接收器和三轴低重力加速度传感器(MEMS)之后，飞思卡尔运动游戏站就被设计成为能够侦测诸如小儿癫痫发病时的症状，而且能将报警信号无线传输给孩子的父母或照看人。这个设计理念能使视频游戏更健康、更安全。

小儿癫痫病理

某些时候，观看电视和视频游戏会直接诱发感光性癫痫。1997年12月，日本报道了一个名为《宠物小精灵》的动画片导致许多孩子出现突发性痉挛。进一步研究发现，一段节目中含15Hz的红蓝交替闪烁光线。由此确认，之前报道提到的那些对光敏感而出现癫痫症状的孩子更容易受到闪烁的单色长光波的影响。1999年，《光敏感性癫痫和影像安全》作者得出结论：视频游戏中的闪烁效果和50Hz间歇性光刺激（IPS）会诱使有光敏感性癫痫的游戏者出现癫痫症状^{[3] [5]}。

减少小儿癫痫发病风险

游戏程序员可以通过以下手段帮助减少因视频游戏而引发癫痫的风险：1) 消除间歇性光刺激(IPS)例如当深红色和亮色这两种亮度截然不同的光线互相变换的情形。2) 限制闪烁不超过每秒3次。

为了帮助游戏者减少突发癫痫的风险，癫痫病基金会推荐：

- 在光线条件好的房间里，至少坐在离屏幕2英尺处
- 降低屏幕亮度
- 如果孩子累了，别让他们继续玩游戏
- 多休息，每隔一段时间让视线离开电视屏幕；游戏中盯着屏幕时不要频繁眨眼，这会使对光敏感的孩子更容易突发癫痫。
- 在游戏时可以定时交替蒙上一只眼睛
- 当感觉不好或者身体开始抽搐时，立即结束游戏

飞思卡尔运动游戏站：集锻炼、娱乐及癫痫监测于一体

运动游戏站系统概图

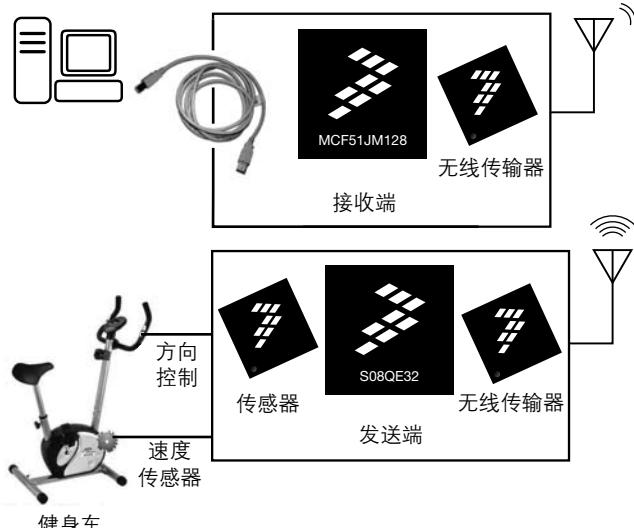


图1

SGS由两部分组成：接收端和发送端。接收端（图1）由一个集成了USB OTG的32位V1 ColdFire®内核的主控芯片MCF51JM128和一个短距离、低功耗，2.4GHz工控、科研和医疗(ISM)频段的无线发送接收器MC13192组成。

发送端框图



图2

发送端（图2）则使用了超低功耗的8位MC9S08QE32（S08QE32）作为主控芯片，另外搭载了一个2.4GHz的无线发送接收器MC13192和一个3轴低重力加速度传感器MMA7260QT。

作为整个系统的一部分（图3），发送端可以安在人身上或装在运动器材上，用来记录并识别人体动作或器械运动。加速度传感器就是用来探测这些运动（特别是人体动作），将运动转化为模拟电信号。主控芯片(S08QE32)读取这些模拟电信号，将它们转换为合适的键值。然后，MCU将这些键值通过SPI端口无线发送到接收端。当接收端上的无线发送接收器接收到这些键值数据包之时，便告知MCU(MCF51JM128)，MCU则从SPI端口读取键值数据包并将数据包通过USB发送给PC。这样，PC就能将人体动作识别为简单的键值。

在这个例子中，发送端作为传感器感知器械运动或人体动作，并将转换后的数据发送给接收端，而接收端则作为USB人体工学设备(USB HID)——键盘。当接收端连接到PC时，

图3

就被认为是一个简单的USB键盘，这样就使得许多可以用键盘或游戏手柄玩的游戏可以使用此系统进行游戏。

对于不同的游戏控制器，此平台可运用不同的传感器，如简单的按键或游戏手柄。例如，利用飞思卡尔三轴低重力加速度传感器MMA726x来探测倾斜角度，可用此来控制一些著名游戏；对于健身自行车来说，则采用转速传感器和方向控制按钮；对于一个格斗对战游戏来说，则可利用游戏手柄来控制方向，而加速度传感器则用来探测和识别出拳或者踢腿动作。

用发送端来监测癫痫

作为飞思卡尔游戏运动站的重要附加值，发送端可为那些有光敏感性癫痫游戏者提供平和的心境。无需改动发送端的硬件设计，只需要加入特别设计的软件算法即可用于监测癫痫的发生。当有短促而强烈的电波群作用在大脑的某部分时，癫痫就可能发生。癫痫可能持续几秒钟到几分钟，其症状多表现为目光凝滞、口咽部非自主动作、运动僵硬乃至更危险的抽搐和丧失意识。

监测癫痫发病时症状，可靠的软件算法是必须的。设计这个特殊的算法，必须由加速度计采集足够的癫痫发病时全身抽搐的波形样本，才能保证监测异常状态的准确度。一旦癫痫信息发送到接收端时，接收端立即将信息发送至电脑，电脑上运行的程序会将文字信息发送到其父母的手机或者通过游戏控制台发出蜂鸣报警以提示癫痫已经发生。这些数据也可提交给神经科医生核实这些波形并确认任何异常状态的发生。

强大的电池续航能力

由于运动游戏站的接收端是无线的游戏控制器，电池续航能力便成为设计的关键。接收端的三个主要芯片都是超低功耗设计：主控芯片S08QE32（在STOP模式下，大约消耗0.4 μ A），无线传输接收器MC13192和低重力加速度计MMA7260（在睡眠模式下，大约消耗3 μ A）。另外，在几分钟内如果传感器没有信号输入，则接收端将自动进入休眠模式以延长电池寿命。

SMAC

SSMAC是基于IEEE®802.15.4的简单软件协议栈，可配合飞思卡尔8位传输控制器工作。SMAC可用于快速开发和系统评估，并可从飞思卡尔免费获得。SMAC可方便用于实现Zigbee协议栈或者完整的802.15.4协议层。它是那些要求仅实现基本传输传送、低功耗多通道的小成本应用的理想选择。更多SMAC细节，可至www.freescale.com参考SMAC协议栈参考手册（搜索SMACRM）。

结论

飞思卡尔具有开发集娱乐、促进健康和监测光敏感性癫痫的娱乐系统的技能力。运动游戏站（SGS）就是由无线传输器（MC1319x/MC1320x家族）、免费的传输协议栈（SMAC）、加速度传感器（MMA726x家族）、低功耗的8位主控芯片（S08QE家族）和具有高性能互连性的主控芯片（MCF51JM家族）等关键元素组成的。飞思卡尔的设计者们定期地和医疗人员探讨新产品的开发以提高人们的生活质量，并为客户提供广泛技术支持。

参考

- [1] "Photic- and Pattern-Induced Seizures: Expert Consensus of the Epilepsy Foundation of America Working Group," Graham Harding, Arnold J. Wilkins, Giuseppe Erba, Gregory L. Barkley and Robert S. Fisher, *Epilepsia*, 46(9): 1423–1425, 2005
- [2] "Massively Multiplayer Online Role-Playing Game-Induced Seizures: A Neglected Health Problem in Internet Addiction," Yao-Chung Chuang, *CyberPsychology & Behavior*, August 1, 2006, 9(4): 451–456
- [3] "Game-Related Seizures Presenting with Two Types of Clinical Features," Yao-Chung Chuang, Wen-Neng Chang, Tsu-Kung Lin, Cheng-Hsien Lu, Shang-Der Chen, Chi-Ren Huang, *Seizure* (2006) 15, 98–105
- [4] "Mechanisms of Video-Game Epilepsy," F. Fylan, G. F. A. Harding, A. S. Edson and R. M. Webb, *Epilepsia*, 40(Suppl. 4): 28–30, 1999
- [5] "Video-Game Epilepsy: A European Study," D. G. Kastelein-Nolst Trenité, A. Martins da Silva, T. S. Ricci, C. D. Binnie, G. Rubboli, C. A. Tassinari and J. P. Segers, *Epilepsia*, 40(Suppl. 4): 70–74, 1999

软件结构框图

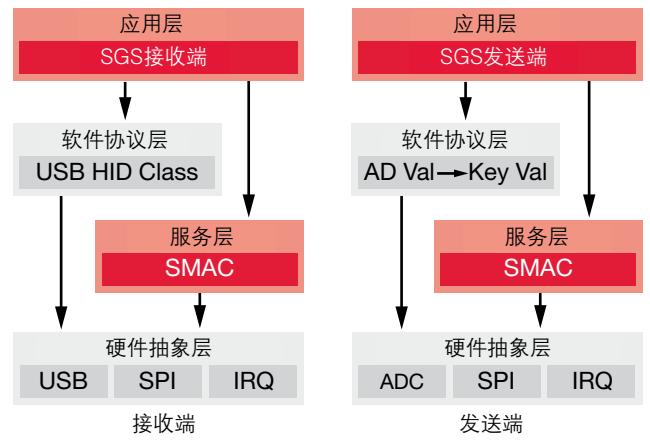


图4

SGS固件设计

接收端和发送端的固件设计并不复杂（图4）。接收端包括了USB驱动，USB-HID键盘协议和简单媒体访问控制（SMAC）协议。（更多ColdFire MCU的USB驱动和USB-HID协议，请参考www.freescale.com上的CMX_USB-LITE协议栈）

对于发送端来说，则需要SMAC协议栈和一个简单用于探测倾斜角度、运动和速度信号，并将这些信号转换为键值或游戏手柄信号的算法。在接收端上，加速度计MMA7260QT可将其检测到的X, Y或Z轴的倾斜信号或加速度信号以电压的形式输出。主控芯片S08QE32的模数转换模块（ADC）则可将这些模拟电压信号转换成数字信号，以便识别这些运动信号。而通过SMAC协议栈，就可以方便而有效地发送或接收任何简单数据包。

居颖轶，ColdFire应用工程师，熟悉SMAC、FAT/FAT32和microWindows（GUI）。谌利，ColdFire应用工程师，通信与信息系统硕士，已在飞思卡尔工作5年。Gabriela López-Armas，医学博士，神经系统学实验室（墨西哥学院，Western Biomedical Research Centre）生物医学博士后。Rosales博士，神经退化性紊乱医学博士，小儿外科医生，他在这个领域的研究，使他被认为是Alzheimer组织的创始人。

Dr. José Fernández Villaseñor and Jesus Gaytan

远程监护方案

一种更好监护患者健康的新途径

人口老龄化和慢性退行性疾病

世界人口的老龄化是我们所处社会的一个现实。随着婴儿潮一代的年龄正在逐渐增长，人口老龄化的趋势进一步加剧。为了适应人口年龄层次的巨大变化，急切需要对我们的医疗体系作出重大的改变。如今，这些变化包括一些新颖的采用先进传感器和微控制器技术进行治疗和早期诊断的工具，普通大众即可使用这些工具。

根据世界卫生组织的数据显示，非传染性疾病差不多占了全球疾病的50%。其中，发病率最高的是慢性退行性疾病，如心血管疾病，其中高血压占据了其中很大一部分（全球6亿人）以及代谢性疾病，如糖尿病（9千万人）。

慢性退行性和代谢性疾病的一个显著问题是病人需要在很长一段时间内保持病情动态平衡以及生理平衡。这意味着病人需要在日常生活中养成新的习惯，如测量血压和血糖等。这些是非常烦人的事务，容易被人遗忘，甚至病人会故意回避，因而无法帮助医生了解有关治疗措施是否对有助于改善病人健康状况。

由于无法通过症状检测和有关知识获悉身体的某部分工作情况发生了问题，诸如糖尿病和高血压等慢性疾病已成为全球公共卫生的难题。预防和早期治疗此类病理的急性突发症对于减少它们引起的死亡至关重要。

此外，长期的病症对于病人是一个沉重的经济负担，所以医疗费用会成为一个大问题。出于这种原因，保险公司了解如何利用技术和新的医疗设备来防止急性并发症就变得十分重要，因为这和大笔的保险赔偿申请相关。

让医生或保健提供者随时获得病人的监测数据有助于帮助医生改善病人的治疗。例如，如果有非正常的症状发生，监测系统可以将数据传送给合适做出诊断决定的人员以避免并发症。另外，由于有些病症可能是潜在的并发症，因而有系统性监测生命体征和数据可以预防进一步并发症的发生。

远程监护系统可以防止慢性退行性疾病引起的急性并发症

远程监护方案可以直接解决慢性退行性疾病的问题。通过智能系统从各种终端设备获取的数据可以提醒患者在适当时候进行新的测量和接受治疗，这些设备包括血糖仪，心率监测仪，血压计，数字称重仪等。远程监护系统也必须确保数据得以分析并安全地传送给保健提供者。

远程监护系统可以收集，分析和监测病人的生命体征数据，并使用通信技术将这些信息传送给远程的医疗提供者作进一步分析，如跟踪慢性退行性疾病或观察术后治疗。这种类型的远程监护系统可通过附加不同的数据采集设备进行定制，这些设备包括血压计、血糖仪、脉搏血氧浓度计（用于测量血液中的血氧饱和度）、数字称重仪和温度计等。

这种系统的优势之一是能够迅速传送患者的生命体征数据至远程医疗中心。为此，可以使用不同类型的网络。比如通过一个安全的虚拟专用网络（VPN）以有线或无线的方式接入以太网，而对于那些生活在农村地区无法访问宽带网络的患者则可以使用通用分组无线业务（GPRS）网络。

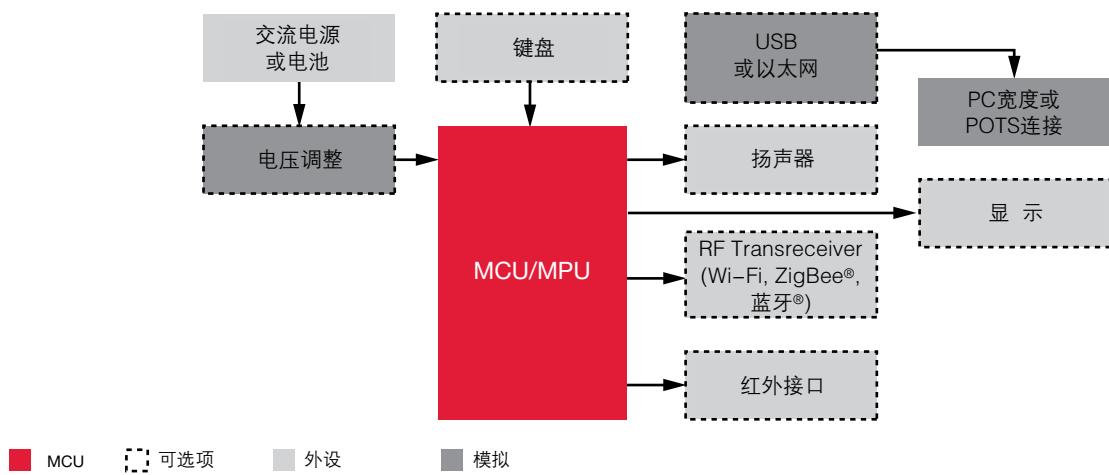
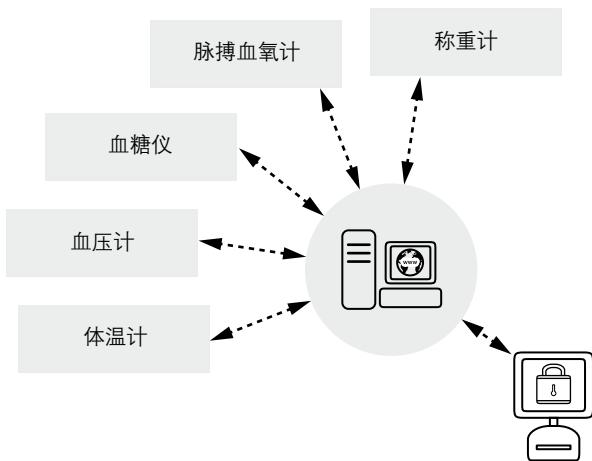


图1

远程监护网络



远程监护系统的设计主要针对家庭医疗环境，丰富的图形用户界面(GUI)可以帮助引导患者了解测量其生命体征的流程。本文概述了如何使用飞思卡尔的软件解决方案来实现远程监护系统，并通过飞思卡尔32位处理器系列来提供良好的便携性。

对于远程监护设备而言，个性化以处理具体的疾病或状况和照顾病人的特殊需要是至关重要的。这对于系统设计师和原始设备制造商是一个挑战。可扩展性、低功耗和丰富的外设是远程监护系统设计工程师的主要设计考虑。本文讲述了高血压和糖尿病的医疗风险以及远程监护方案如何帮助患者解决这些问题。

图2

便携式无线远程监护系统

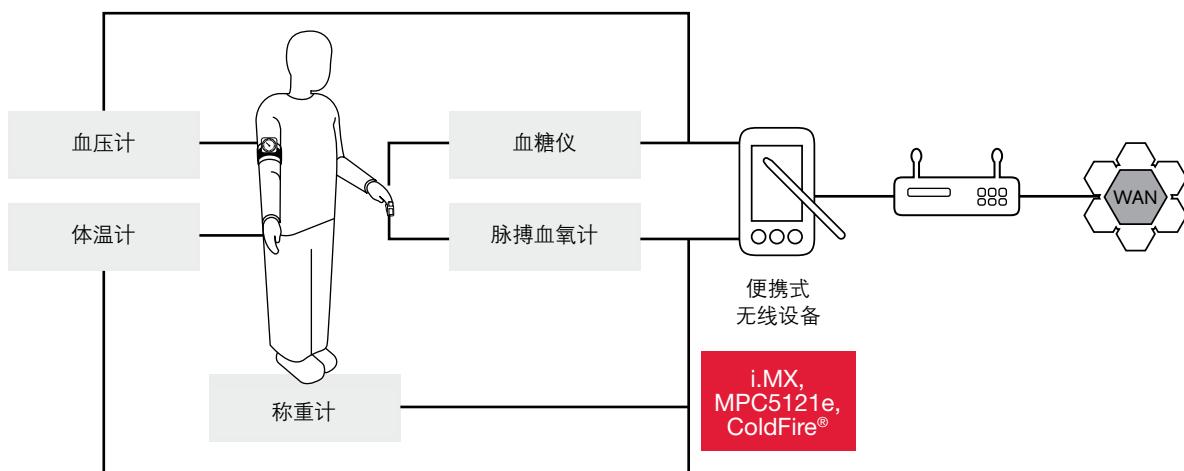


图3

高血压和糖尿病预防、检测和评估的医学标准

预防、评估和治疗高血压的国家联合会(JNC7)的第七次报告公布了一些重要的关于高血压防治和处理的指导原则。以下是从该报告中提取的一些关键点：

- 对于超过50岁的患者，收缩血压超过140mmHg相比而言，舒张压具有更高的心血管疾病(CVD)的危险系数
- CVD的危险系数从115/75mmHg开始，每增长20/10mmHg就增加一倍。年龄在55岁，正常血压的人一生中有90%的几率变为高血压
- 收缩压在120–139mmHg，舒张压在80–89mmHg的人可以看作具有高血压的前兆，他们需要变更生活习惯，提升健康程度以防止CVD的发生
- 噻嗪类利尿剂应该单独使用或配以其他类别的药品给大部分患有无并发症高血压的病人做药物治疗。某些高危病症则非常需要在早期使用抗高血压的药物（如血管紧张素转换酶抑制剂，血管紧张素受体拦截剂，受体阻滞剂，钙通道阻滞剂）
- 多数高血压患者需要两个或更多的抗高血压的疗程来达到目标血压值（对于糖尿病或慢性肾病患者应该<140/90mmHg或者<130/80mmHg）
- 多数细心的临床医师提出的最有效的疗法仅在患者积极参与治疗的情况下才能控制高血压。如果患者与医师有相同的正面的经历并相信该医师，则有助于提高患者参与治疗的积极性和配合度。相同经历有助于建立这种信任，是一个有力的动因

高血压的急性并发症

最危及生命的急性并发症有和高血压紧迫症和高血压急症。高血压急症表现为严重的血压突升(超过180/120mmHg)，并引起一些功能器官失效，如脑血管病，肺水肿，冠状动脉缺血，肾衰竭等。高血压紧迫症则不包括功能器官的逐渐失效。

了解高血压急症和紧迫症的区别对于进行适当的病症处理十分关键。使用具有患者病史以及患者正在进行的治疗数据的远程监护设备使得诊断变得很容易。另外，观察患者所处的和病理不相关的其他一些现象和症状也会有所帮助，具体见下面的表格。

高血压的现象和症状，高血压急症和紧迫症				
现象和症状	高血压几率, %	高血压急症, %	高血压紧迫症, %	P
头痛	17.0	22.0	3.0	<.001
流鼻血	13.0	17.0	0.0	<.001
胸痛	13.0	9.0	27.0	<.005
呼吸困难	12.0	9.0	22.0	<.02
虚弱无力	10.0	10.0	10.0	NS
精神运动性兴奋	7.0	10.0	0.0	<.004
神经功能缺损	7.0	3.0	21.0	<.001
眩晕	6.5	7.0	3.0	NS
麻木	6.5	6.0	8.0	NS
呕吐	2.5	2.0	3.0	NS
心律失常	1.0	6.0	0.0	<.04
其他	5.6	2.0	3.0	NS

高血压急症和紧迫症，流行病和临床报告。Bruno Zampaglione; Claudio Pascale; Marco Marchisio; Paolo Cavallo-Perin

表 1

高血压紧迫症可通过口服抗高血压药物并进行门诊或当日观察。高血压急症则需要患者到重症监护病房进行肠外治疗。对于高血压紧迫症的治疗，目标是通过口服治疗在第一个24小时降低平均动脉血压至不超过25%。

$$MAP \approx DP + \frac{1}{3}(SP - DP)$$

对于高血压急症，MAP应该在第1个小时减低10%并在之后的2到3个小时降低15%。显而易见，在这些情况下自动化采集数据对于医师准确地处理并发症是十分重要的。

糖尿病

对于糖尿病，如果不很好地控制血糖浓度会导致血管的并发症，如动脉微血栓，视网膜病变，肾疾病和神经性疾病。这些现象主要是由过氧化物的产生、蛋白质激酶C的激活、血清糖基化以及糖基化最终产物的形成等因素造成。

糖尿病的急性并发症

糖尿病最常见的急性并发症是低血糖（极低的血糖浓度），这主要由于患者过于担心高血糖浓度而补充了过量的胰岛素。胰岛素主要和一些慢性并发症有关，如糖尿病引起的视网膜病变、肾疾病、神经性疾病、感染和其他病症等。

血糖的严格控制对于有些患者是不建议的，比如那些低年龄段的对降血糖症状无所知的人或者那些无法描述自己症状的孩子。然而，通过使用由血糖计和与胰岛素阀门组合成闭环系统的远程监护方案，这些病症都能得以避免。

低血糖的一个最主要的原因是一些老年人过量地服用了抗高血糖的药物。有时候他们忘记了自己已经服用过药了，而错误地再次服用这些药。

飞思卡尔提供了相关技术用于避免慢性退休性疾病的急性并发症和代谢疾病

方案支持层

飞思卡尔的方案支持层(SEL)^[1] 是一个运行标准操作系统如Linux和uClinux的嵌入式软件平台，提供了应用程序框架和硬件抽象驱动（称为服务）。SEL被设计为支持编译-运行的软件重用模型以覆盖所有飞思卡尔的32位处理器。

SEL服务主要是一个抽象机制，设计为允许将应用程序划分为硬件相关的软件组件。由于服务可以针对特定的硬件编写，应用层的代码能够保持一致而不与特定的处理器相关。从一个平台跨越至另一个平台只需简单地重新实现新的硬件设备的服务即可。另外，服务对实时操作系统是不可知的，能够由多个应用程序共享。服务被设计为可在多个应用中重用。事实上，飞思卡尔和第三方厂商提供了一整套的服务以消除软件方案的冗余部分，同时仍然能发挥特定处理器的最好的性能。

应用程序框架和SEL服务是SEL技术的主要组成部分。

- 应用程序框架定义了预先验证过的应用程序的结构用于快速原型设计和应用开发。大多数应用程序框架由一整套相互关联的C++类组成，它们确定了统一的应用程序的行为和外观，并提供了丰富的用户接口

- SEL服务是用于从底层的硬件设计中分解软件组件的应用程序分解机制，因而应用程序只需重新编译即可从一个平台（硬件和实时操作系统）转移至另一个平台

从概念上说，SEL是作为运行在嵌入式处理器上的操作系统的扩展，允许另一层次的应用程序抽象。因此，SEL服务是应用程序的和操作系统无关的组件并能够共享。

SEL 服务

SEL服务是软件解决方案实现的核心组件。当应用程序开始使用SEL时，可以先将某段复杂硬件相关的代码抽象为单一的服务，而其他部分直接调用操作系统。随后，越来越多的功能可以分解为服务，最终应用程序变为越来越抽象于底层硬件但并不丢失其功能。这一逐渐的过程使得用户经过一个或多个项目转移到使用SEL。

SEL 服务的特点

- SEL服务将应用程序和操作系统以及硬件的差异隔离，并可在运行时动态加载
- SEL服务接口可在应用程序或命令行中直接使用
- SEL扩展服务可基于现有的SEL服务扩展其功能

远程监护系统服务

在远程监护系统中，从软件方案到硬件实现，开发者希望编写易于在不同的硬件设备和实时操作系统平台上移植的应用层代码。SEL运行将应用程序分割为如下：

- 定义独立于SEL服务的GUI
 - 个性化的主要控制项用于显示患者生命体征的GUI
 - 血压GUI，显示急性并发症的症状
 - 血糖GUI，显示急性并发症的症状，并防止两次服用药物的情况
 - 血氧GUI，观察慢性阻塞



图4

MCF5329 ColdFire处理器上的医疗服务SEL



图5

José Fernández Villaseñor是一位医学博士和一名电子工程师，他将其作为医疗产品市场工程师和医生的经验很好的结合起来运用在飞思卡尔的工作中。他拥有超过8年的汽车、工业和医疗工程系统和应用以及半导体产品开发的经验。他目前在飞思卡尔的微控制器事业部工作。Jesus Gaytan是飞思卡尔位于Guadalajara的扩展软件平台团队的软件经理。他从2006年就开始在飞思卡尔工作，拥有计算机科学学士学位。

- 定义硬件平台和RTOS独立的应用程序服务，如重新实现部分服务，帮助用户方便地在32位微处理器系列中移植
 - 血压服务（收缩压，舒张压和平均动脉血压）
 - 血糖服务
 - 脉搏血氧服务
 - 体温计服务（传染性疾病并发症）
 - 数字称重服务（用于观察患者体内在心脏阻塞的情况下留有的水分）

根据这样的软件划分，一个远程监护系统应用程序可以有很多服务运行在高端的处理器如飞思卡尔的i.MX，MPC51xx或者Coldfire[®]，它也可以裁剪为只实现某些服务而运行在低端的处理器上。图4显示了一个采用医疗服务套件设计的完整的远程监护系统。

结论

由于人口老龄化的加速和老龄化人群的病理数据的增加，现代社会面临着巨大的公共卫生问题。这意味着需要远程观察患者生命体征和服药情况以帮助避免急性并发症导致的入院急诊患者所产生的高额护理费用。

为了解决这些问题，飞思卡尔为医疗设备设计者和原始设备制造商提供了硬件工具和新的软件平台（SEL），可以同时进行软件和硬件的开发，加速硬件设计者将产品推向市场的进程。

通过重用SEL服务并在32位处理器系列上推广其使用，会有助于远程医疗应用的准确和起步阶段的研发工作，从而创建医生和患者之间沟通的桥梁。

参考文献

- [1] Solution Enablement Layer Architecture V1.0 Benedek Aaron, Hemstreet Greg

Raman Sharma

低能耗无线技术 正如医生所需

介绍

在分析应用技术被市场采纳比重的时候，处于人类科学前沿的医疗器械市场，总是显得保守和谨慎。当其他工业和消费类市场沉浸于无线连接、网络及英特网的潜在应用时，医疗领域仍继续采用传统的已经测试使用的技术。然而诸如人口老龄化、高涨的医疗保健费用和快速发展的技术趋势等一系列事件，让我们正目睹一场医疗领域的技术革命。

全球人口老龄化以及医疗成本上升导致世界卫生保健基础设施的紧张。例如，曾经的婴儿潮一代正进入一个受到慢性疾病影响的年龄段。由于疾病负担的加重，医疗保健系统将无法提供足够的专业人士来照顾病人。^[1] 我们正处在一个用以往成熟科技满足当今急需解决的医疗需求的时期，例如提高卫生保健覆盖率和质量、降低卫生保健成本。无线技术就是这其中之一。

无线技术可以使用于各种医疗应用中 – 在医院里、家庭、随身携带乃至植入体内。虽然本文重点是低能耗无线技术在家庭和随身的医疗应用，但仍有必要简单提一下可体内植入医疗设备的无线标准 – 医疗植入通信服务(Medical Implant Communication Service, 以下简称MICS)。MICS由美国联邦通信委员会(FCC)在1999年制定，使用402MHz到405MHz频段（与气象气球同一频段）。虽然MICS不是这个频段的主要应用对象，但它被美国，欧盟，新西兰，日本和加拿大所采纳，为被植入“罐体”的设备提供了一个通信媒介。例如心脏起搏器和外部的程序员的通信。该通信的范围一般为2米，而功耗限制在25mW以内。

无线远程保健概数

远程保健是低能耗无线连接技术在医学领域的一个主要应用。远程保健涵盖远程医疗，远程监控和远程照顾。无线技术正对远程监控产生着巨大的影响，它可以实现对人员健康状况（预防医学）以及需要管护的慢性疾病进行远程监护。无线技术可以为医生提供全新的高效率低成本收集相关数据的方法，从而提高医生的服务质量。

正如我们前面看到的，接下来，随着这个技术的出现，唯一可能产生问题的就是缺乏互动和协调。幸运的是，正是因为医疗领域在采用新技术方面比较缓慢，这个问题已经在其他相似应用上得到验证并获得成功。医疗领域的解决方案是标准化。标准化使得医疗设备可以互连，并提供远程保健的保证。这里有两个组织在卫生保健领域推动低能耗无线技术的标准化：康体佳(Continua)健康联盟(Continua Health Alliance)和IEEE® 802.15.6无线人体局域网(IEEE® 802.15.6 wireless body area network – WBAN)。

标准化无线远程保健

Continua的任务是为卫生保健（包含远程保健）和健身监测应用范围的医疗设备和系统建立一个标准。其中核心标准是选择一种或几种适用于全球的技术。因此，工作在868MHz和/或915MHz频带的无线标准锁定了更广阔的世界市场，包含中国、日本和韩国。

飞思卡尔，拥有丰富的微控制器系列产品，传感器和模拟器件系列产品，可以为Continua的标准提供包括收集数据的节点设备和分析管理数据的基础构架设备在内的解决方案。没有其他同等规模和类型的公司可以为此领域提供一站式的服务。

可供医疗领域应用选择的无线标准

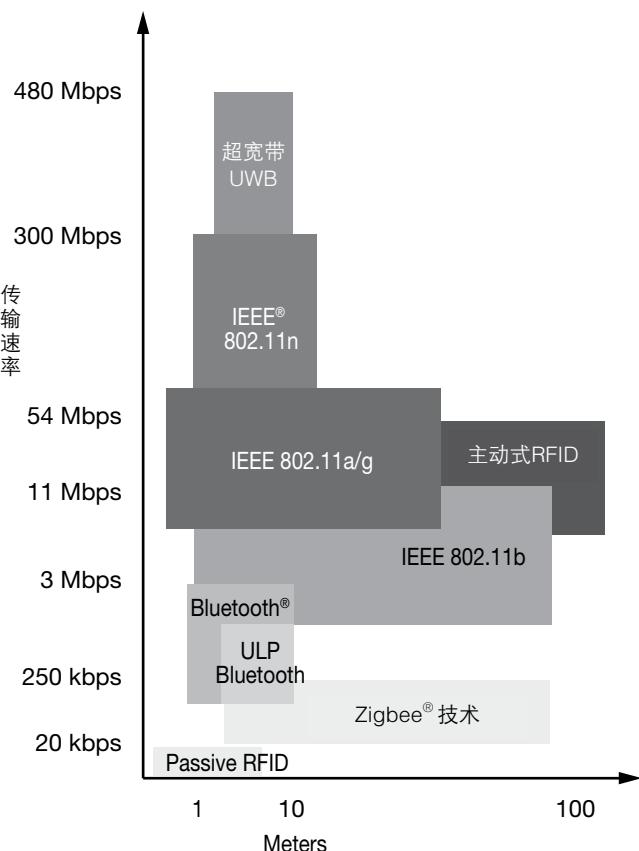


图1

远程保健系统概念

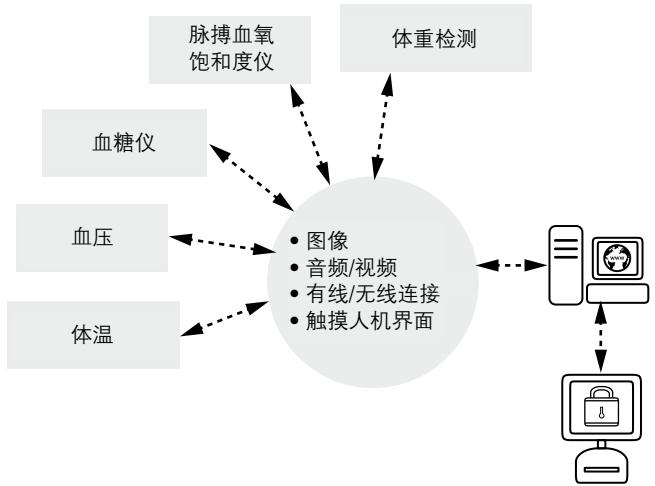


图2

Continua最近发布了便携式医疗/远程保健应用无线连接规范的指导书第一版(VI)。在这个初始版本中，Continua选定蓝牙技术作为无线标准(USB被选定为有线连接标准)。我们不久将看到顶级设备制造商所生产的可以互动协同的医疗设备通过Continua的标准认证。

从减少风险的角度看，蓝牙无线技术当然满足医疗市场的需求。根据市场分析，在过去两年中，蓝牙芯片每年都有超过10亿片的出货量。就这些数字而言，蓝牙技术毫无疑问是经得起考验的。然而，许多人认为蓝牙技术并不是要求低速率，低功耗和短距离传输的医疗领域的最佳选择。在这种情况下，蓝牙低功耗技术(Bluetooth Low Energy – BTLE) 被选入Continua 的第二版技术规范中。

蓝牙(Bluetooth®)无线技术和蓝牙低功耗(BTLE)技术优点比较

	蓝牙Bluetooth	蓝牙低功耗BTLE
频带	2.4 GHz	2.4 GHz
数据速率	1–3 Mbps	1 Mbps
传输范围 (米)	5–10	5–10
最大功耗	+20 dbm	+10 dbm
调制方式	GFSK, PSK	GFSK
低功耗能力	不理想	睡眠模式保存电量 用于电池供电应用

表1

BTLE是特别针对短距离、低功耗以及短突发数据传输(例如非数据流传输)的应用。低延迟和睡眠模式使得BTLE著称。此外，基于简单的BTLE框架，处理器对内存和性能的要求较低。虽然BTLE目前是蓝牙特别兴趣小组(Bluetooth Special Interest Group—SIG)的一部分，两者却有着显著的不同。

蓝牙无线技术和BTLE最关键的区别是BTLE是为低功耗、电池供电应用所设计的。这将有效的服务于便携式医疗市场，因为不同的制造商都要求便携式医疗监测设备能够达到电池供电18个月的能力。然而，必须指出的是蓝牙技术和BTLE不是固有兼容的，蓝牙设备必须足够新才能兼容BTLE。对于已经在使用的蓝牙设备，这将是很困难的事。因此，只有下一代的蓝牙设备才开始真正兼容BTLE，而非今天已有的蓝牙设备。

争取进入Continua的第二版规范的无线协议

无线标准	数据速率	传输距离	支持节点	寿命电池	频带
ANT	1000 Kbps		65,000 + 1	约4年	2.4 GHz
Sensium	50 Kbps	3m	8 + 1	大于1年	862–870 MHz 902–928 MHz
Z-Wave	9,600 Kbps	30–100m	232	大于1年	900 MHz
BodyLAN	1000 Kbps				2.4 GHz
BTLE	1000 Kbps	5–10m	7 + 1	1年	2.4 GHz
ZigBee®	250 Kbps	1–100m	65,524	大于3年	868 MHz 915 MHz 2.5 GHz

表 2

BTLE是Continua第二版规范的领先竞争者，然而ZigBee®技术也是一个强大的和可行的候选。除了BTLE之外，还有其他5个无线协议在争取成为第二版的规范：

- **ANT:** Dynastream开发的2.4GHz技术协议。ANT目前主要应用于一些健康和健身产品中，采用Nordic的nRF24发射器。迄今为止出货总量达几百万片，并且已经有一个联盟来推广其生态系统
- **Sensium:** 由Toumaz公司开发的868/915MHz无线技术
- **Z-Wave:** Zensys公司的技术。迄今总的出货量在几百万单位并且有一个联盟来促进其生态系统
- **BodyLAN:** Fitsense公司的2.4GHz技术。这是一个更大的健身器材和健身中心的一部分，出货总量不确定，但小于一百万单位
- **ZigBee:** 唯一基于国际标准组织(IEEE)的技术。ZigBee联盟，作为开放组织，拥有个人、家庭、医院护理(personal, home and hospital care – PHHC)组合配置来迎合Continua定义的应用。IEEE802.15.4目前总出货量在2500万片左右，并还在迅速增长

虽然Continua希望在第二版规范中只添加额外的一个无线技术，但并不强制仅添加一个。飞利浦、摩托罗拉和飞思卡尔等公司正一起努力使ZigBee成为Continua认可的标准之一。

IEEE同时也在为医疗应用领域建立一个无线标准。

IEEE802.15.6或叫WBAN，严格专注于随身的传感器无线连接。相比较而言，Continua致力于创造针对WBAN和个人局域网PAN的应用。PAN应用包含了便携式医疗设备到远程监测网关的无线连接(见图2)。

为IEEE802.15.6标准最近成立的一个工作小组，将制定WBAN标准，其中包含物理层(PHY)和媒体访问控制层(MAC)协议。虽然这个小组处于起步阶段，已经提出了许多包含低功耗、安全性、多节点网络、抗干扰和共存在内的上层技术需求。无线应用在医疗应用市场正处于一个突破口。想象一下，一个采用传感器的系统嵌入到您的衣服中来监测您的心跳，然后发送到无线监测网关，并提醒您的医生。所有都是无线的，互不干扰。实现这一切的唯一方法就是建立标准，以便各种传感器和便携式医疗监测设备可以相互。这就是Continua、IEEE和像飞思卡尔这样的技术提供商所正在努力的。目标已经建立，标准已经制定，一场医疗领域的技术革命正在进行。

参考资料

- [1] “Tele-What?: It's Time to Re-Think the Industry's Terms,”
Wuorenma, Jan K, TeleHealth World, Vol. 1, p. 7, Fall 2008

Raman Sharma有10年的高科技领域经验。他曾在若干领域工作，从ASIC设计工程师到应用工程师，销售和市场以及管理工作。Raman拥有卡内基梅隆大学的电气和计算机工程硕士学位，凯洛格管理学院的MBA学位。在卡内基梅隆大学，拉曼重点研究可穿戴计算技术和生物医学工程。在飞思卡尔半导体公司，Raman是全球医疗部门的经理，负责业务战略，市场营销，新产品路线和收入增长。

Alfredo Soto with Dr. Juan Carrillo Jiménez

自动呼吸控制

比手动方式呼吸更经济有效

介绍

这篇文章介绍了一个便携式自动呼吸控制系统的设计，它也能处理从一个脉动血氧计中获得的动脉氧气饱和度的(SpO_2)数据。这个系统在飞思卡尔的8位MC9S08QG4微型处理器(MCU)的基础上构造起来。它被设计为一个便携式的，作为人工脉搏血氧和呼吸监测和控制的自动化替代产品，它在手术中需要较少的人员干预。它特别能在婴儿手术中被使用。

概述

所有的组织都通过血管来供氧，以帮助组织生长和修补组织损伤。通常身体依靠红细胞中血红蛋白的化学特性，通过自身调节，在细胞外液体中保持一定的氧气浓度。

然而，对多数外科手术而言，医生们必须引入一定量的麻醉剂，同时这种麻醉剂也抑制了肌肉。这就会使病人的呼吸减弱，当伴随着手术中血液的损失时，会使病人供氧不足，这使得病人身体中缺乏足够的氧气。这就是为何医生们必须使用麻醉呼吸机和一个测量血液中氧气饱和度的仪器（脉动血氧定量计）来调节实际手术中的麻醉剂和氧气的混合比例。

传统的机械式呼吸设备，有一个外部设备被直接连接到病人通过人工方式进呼吸气体的交换。机械呼吸设备被用来维持足够的气体交换，尤其是在呼吸频率减小并且心肌能力减弱的时候。它能被用来在呼吸机能减弱的时候获得足够的肺扩张，它也能使麻醉镇静剂和肌肉放松类药物正确结合，以稳定胸壁。

呼吸机可以分为五类，这取决于吸入气体的过程是怎样终止的：

- 压力周期呼吸设备：当设定的压力达到时，中止吸入气体
- 体积周期呼吸设备：当设定的体积达到时，中止吸入气体

- 时间周期呼吸设备：吸气和呼气被程序化，类似于气焊助焊剂的工作方式
- 溢流周期呼吸设备：当吸入的溢流低于一个预定水平时，中止吸入气体中止
- 混合呼吸设备：被最广泛使用；结合了其它设备的特性

内科医生能够设置血氧容量的限制，当血氧饱和度过低时，呼吸设备可以从手动模式转换到自动模式，帮助病人可以获得足够的血氧饱和度。当血氧达到正常的水平时，系统就退出自动模式。

如何为儿科病人选择合适的呼吸设备

新生儿具有一个较高的新陈代谢水平，这使氧气的消耗增加（5–8ml/kg）。体重少于1600克和怀孕周期小于37周的早产儿患有视网膜发育不全的风险很高，这是由于高压氧气传送导致的氧气中毒和肺部发育不良引起。自动呼吸系统在这些病例中起到至关重要的作用，它保证了新生儿不会接收100%氧气浓度的空气。

在新生儿中，压力限制的持续溢流设备和时间周期呼吸设备使充分的自主呼吸不受任何限制。在学龄儿童和年龄大于12岁的儿童中，脉搏–溢流呼吸设备被用来控制体积和压力。新一代的体积呼吸设备令溢流体积达到20ml，结合了传感器的作用，呼吸设备能够周期性的工作，医生能在2~3千克的婴儿中使用这一设备。

电路

电路是机械呼吸设备和病人之间的接口。它有三种类型：新生儿型（11mm直径），儿童型（15mm直径）和成人型（22mm直径）。一些电路配备可以伺服控制温度湿度的电热丝，虽然比较昂贵，但是它能让儿科病人获得更舒适的湿度和温度。

这些设备轻便，灵活，具有安全连接的吸收阻抗和最小的溢流阻抗，并且他们具有标准尺寸(15–22mm)

系统如何工作

自动呼吸系统根据血氧水平反馈来为婴儿提的安全可控的呼吸设备。主要性能包括：

- 接收和处理血氧计发出的动脉血氧饱和度数据的能力
- 便携性，可用于偏远地区
- 在血氧计和MCU之间通过串型接口(SCI)通讯的能力
- 能根据设置的呼吸频率和压力的参数提供精确设备控制的步进电机

归功于MCU的作用，我们可以实现自动化呼吸控制系统，重要的数据可以被处理和贮存以确保特定身高和体重病人的合适的呼吸量。程序只需要改变患者的参数，而不用改变系统其他方面的参数。图1说明了自动呼吸控制的实现。

自动呼吸控制系统示意图

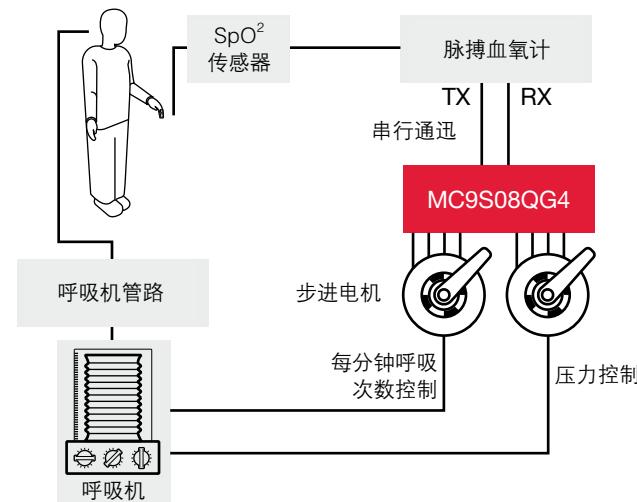


图1

选择合适的MCU

有很多MCU可以满足这个系统的要求。飞思卡尔的MC9S08QG4(S08QG)设备既可以满足系统所需要的所有特性，同时在价格上也很有优势。该处理器把飞思卡尔S08核的优势延展到了小低引脚数，小封装的领域。S08QG设备是低功耗的产品，可以在低至1.8V的供电电压时对片上闪存进行擦写操作，它具有所有S08MCU的标准特性，包括等待模

式和多种停止模式，以及强大的模拟外设能力，完全的串行通讯能力，片上温度传感器和强大的内存选项。

MC9S08QG8/4 Features

Core	HCS08
Flash	8K/4K
RAM(byte)	512/256
Bus Frequency	10 MHz
ADC	Up to 8 channels (10-bits)
Analog Comparater	Yes
Keyboard Interrupt	Up to 8-pins
Timers (up to)	One 16-bit timer (2 channels) One 8-bit timer
SCI	1
SPI	1
I ² C	1
Operational Voltage	1.8–3.6V
Package	8 DIP/SOIC/QFN, 16-π DIP/TSSOP/QFN

图 2

系统的功能描述

脉搏测氧法是一种非介入技术，它使用光波来测量病人血液中的氧气的饱和度。这一过程采用了一种叫做脉搏血氧定量计的设备，这是一种可携带的，低成本的设备，它包括一个SpO²传感器和可通讯DB-9接头。在SpO²型传感器的一端有两个发光二极管(LEDs)，在另一端有一个光探测器。这个传感器通常被连接在指尖，这样光就能完全穿过组织到达光探测计。

从LED发出的光线有两种波长传播：660nm（红光）和915nm（红外光），它们分别对应氧血红蛋白和总血红蛋白。探测计捕捉到从LED发出的光，脉搏血氧定量计处理红光和红外光之间吸收率的差异。测量仪内的MCU能测出动脉脉搏读数并计算出氧气饱和度。

从脉搏血氧计读出的SpO²值能通过连接到S08QG的串行接口(SCI)被传递到自动呼吸系统。该系统使用了标准的串行协议，它由一种商业化血氧计的规格所定义。从脉搏血氧计出来的数据通过SCI接口被连续传送到呼吸系统。

数据由S08QG处理，根据处理得结果通过控制步进电机来控制氧气呼吸设备的运转。

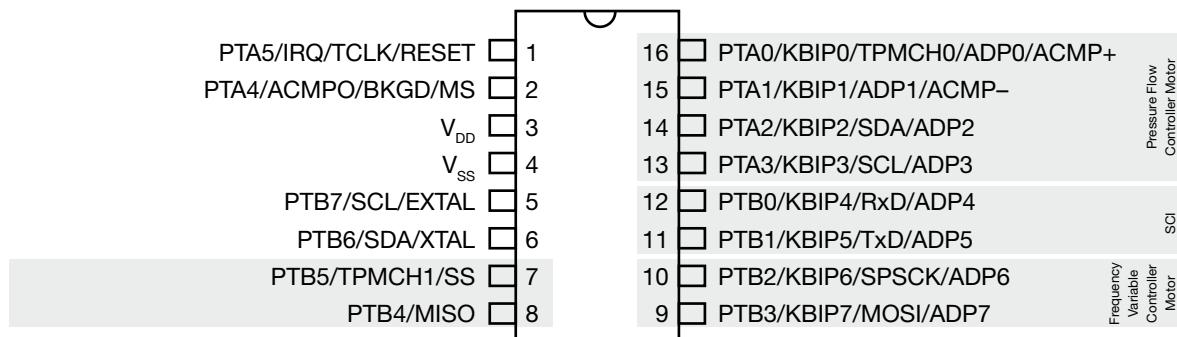


图3

针对不同种类步进电机的控制软件是基于不同频率或压力流来进行控制的：

- 不同频率从时间脉冲中获得信息来控制希望的步数
- 压力流控制意味着电机能进行复杂的运转步，具有大力矩的运转步（双步），改变方向和不改变位置的运转步（抑制步）

图3表明了一个简单的方法通过S08QG来实现步进电机控制。

步进电机的一个显著特性是它的最大电流损耗为20mA。电机提供的力矩并不大，最大静态力矩是4mNm，最大动态力矩是1.3mNm。但是它的力量足够运转标准化的计量器。S08QG MCU的驱动电流达到25mA，所以它很合适这种应用。电机被直接连接到MCU的端口A或端口B，基于先前的条件，只需要很小的外接电路（见图1）。系统需要VCC，GND和电机控制信号，不需要附加的外部的电子元件。

氧气呼吸设备有三个简单的控制手柄，他们控制吸入的气流和每分钟的呼吸次数。一个手柄根据病人的身材和体重控制适当的呼吸。第二个手柄控制每分钟所需要的呼吸次数，第三个手柄控制氧气流的压力。在这个特殊的系统设计中，第二和第三个手柄是由步进电机自动控制的。

软件程序根据由脉搏血氧计通过SCI接口传来的氧气饱和度计算步进电机的运动。氧气饱和度数字也为医生提供了必要的信息来进行一系列比较，从而得出安全的范围，如表1所述。

Oxygenation Security Ranges

Range (%) SpO ²	Motor Movement		Diagnostic
	Pressure Flow	Frequency	
93–98 %	Disable Step	Disable Step	Good Oxygenation
80–92 %	Disable Step	Movement to the right	Low Oxygenation
<80%	Movement to the right	Movement to the right	HIPO Oxygenation
>98%	Movement to the left	Movement to the left	HIPER Oxygenation

表 1

频率规定了每秒钟的电机步数，这决定了电机旋转有多快。电机的物理限制决定了他们的运行频率。一些电机因为应用于特殊用途，在10Hz到500Hz之间运行，另外一些能够在kHz的范围内运行。对于这个系统，最大频率是100Hz,但是为了在手术中更容易被医生使用，它被设定在50Hz。

结论

自动化呼吸控制系统是一个低成本的对人工呼吸控制的可选方案，它为婴儿和手术中的其他病人以最小的人为干预提供了可靠的呼吸机制。这个概念很简单：脉搏血氧计依靠SCI串行接口提供氧气饱和度数据，系统完成所有其余的工作。它使医生们能集中精力于病人的护理上，并且它能被用于通用外科手术，儿科和新生儿护理，甚至于兽医门诊。

参考资料

[1] AN3602: 基于MC9S08QD4 和其他8-位系列微控制器驱动一个步进电机；飞思卡尔半导体，2008/4, 版本0.

Alfredo Soto is a systems and applications engineer in the Technical Information Center at Freescale Semiconductor. He has a degree in electronic engineering with a specialty in control and instrumentation from Technologic of Sonora Mexico, and a master of science in electrical engineering with a specialty in bioelectronics from CINVESTAV I.PN Mexico. Dr. Carrillo holds an anesthesiology and palliative medicine degree. He has been an attendant for eight years in the Pediatric Hospital of high-risk surgery and also attends terminally ill patients as a palliative medicine specialist.

Kurt Seifert

社会化医疗保健网络 采用低成本射频器件

2007年，美国全国的医疗保健支出大约为2.26万亿美元，平均到每个居民大约7,439美金，据预测其趋势将继续增长。即使有如此庞大的预算，根据美国中央情报局的《世界概况》（2007年）估计，美国在最长寿国家排名中仅名列第45位。由于医疗保健费用的持续上升，政府开始着力寻找新的，更有效的方法来预防和治疗疾病。为此本文提出了一个基于超低成本、低功耗的射频器件的解决方案。

介绍

根据世界卫生组织报告，24%的可预防疾病是由环境因素导致。这意味着，数以千计人的过早死亡是因为环境恶化，例如空气和水的污染。据美国卫生和公共服务部(HHS)的调查，个人行为如吸烟和缺乏运动，加上食品质量不佳也可能导致不健康。每年用于治疗直接由这些因素导致疾病的费用多达数百万美元。通过定期监测危险因素，政府将能够预防一些疾病，而对于一些其他的疾病可以在其恶化前及时治疗。

卫生和公共服务部还指出，一些最常见威胁人类健康的因素与人们在餐馆吃饭的次数有关^{[1][2]}，因为这样更容易使人们暴露在高浓度的香烟烟雾中。在外就餐比在家就餐会导致摄取更多的脂肪和热量。这些过量部分会导致严重的疾病，例如肥胖和II型糖尿病，而这些疾病反过来又会导致心脏的疾病。仅在美国，每34秒钟就有一人死于心脏病^[3]。截至目前还没有完全准确和经济的方法来监测这些不同的危险因素以及它们对人体的影响。

香烟是众所周知的严重影响健康的因素，会导致包括心脏病、呼吸系统疾病和多种类型的癌症，但也有许多其他的空气污染物，会对人类健康产生不利影响。人们常常不知不觉地暴露在这些空气污染物中，并随着时间的推移，污染物毒素会逐渐累积在人体内。

如果可以监测所有这些危险因素并收集数据，许多与这些因素相关的疾病是可以被预防甚至消除的。实施该解决方案的主要问题依赖于监测独立个体内所有相关危险因素的复杂性以及处理这些信息的有效途径。如果这些都能够实施的话，那些可能威胁生命的疾病可以在恶化之前诊断出来，并采取积极的预防措施，从而避免了昂贵的诊疗费用。

对人类健康产生威胁的主要因素已经是众所周知的，但目前来说，这些相关威胁信息的收集花费巨大，并且无法被公众充分访问。政府每年在医疗保健上花费大量资金来研究、治疗和预防这些危险因素造成的疾病，但由于这些危险没有被有效监测，导致进展非常缓慢。如果人类以及他们日常生活中遇到的危险因素可以以较低的成本被准确监测的话，整体的医疗保健状况将会得到改善。

无线传感和监测解决方案

通过监测一个人在餐厅吃饭的次数以及锻炼的次数，并利用废气传感器以及空气污染物传感器来检测空气污染，有可能预测出该个体发生某些疾病的概率。一些预防性的诊疗就可以在疾病恶化并导致昂贵诊疗前实施。

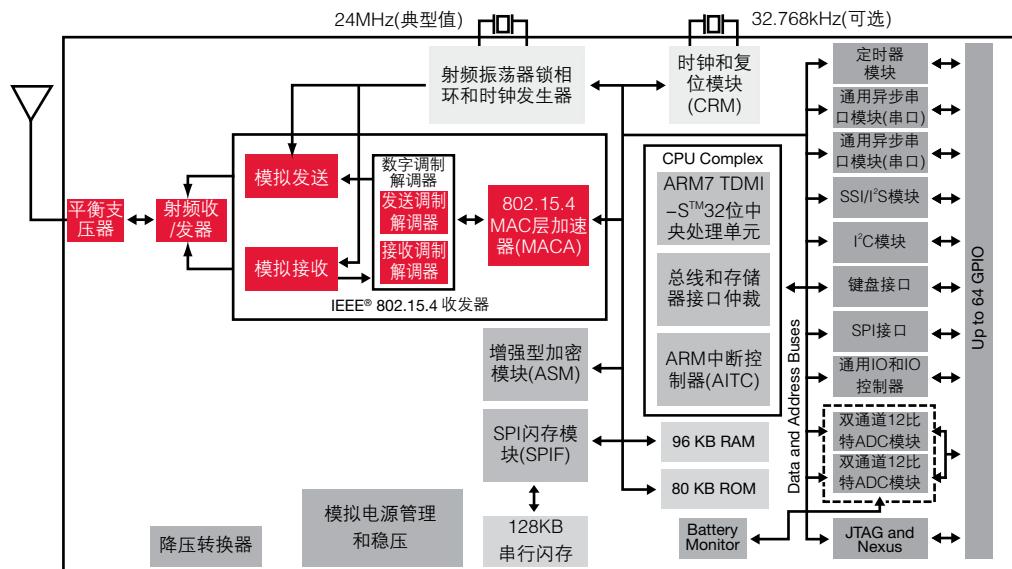


图1

结合目前最先进的低功耗技术，智能无线设备，例如集成了ARM7™处理器内核的飞思卡尔MC13224V平台级封装芯片(Platform-in-Package™-PIP)，可以开发实现低成本高效无线监测解决方案。

监测解决方案是基于这样的一个情况：即人们所处的环境在任何特定的时刻是可以被测量或分级的。这一点是可以实现的，只要低功耗无线传感器被系统地尽可能多地安装在人们日常所经过的场所。为了成功实现该方案，必须使用两种类型的无线节点：静态节点和动态节点。逻辑上可以假设大多数人的主要时间不是花在家里，就是花在工作中，或者在某些情况下花在旅行中。因此，静态的节点可以安装在个人的工作场所，家庭以及交通工具上来收集环境的质量，包括香烟的烟雾，燃烧的气体和危险化学品。餐厅的静态节点可以用来提醒某动态节点它的携带者正在餐厅就餐。

系统不会记录就餐者摄取了多少卡路里热量以及食物质量是否符合要求，但正如卫生和公共服务部门所认为，这些信息可以用来了解人们的饮食习惯，而这正是该应用所需要的。

这个解决方案有许多的方法来监测个体。例如，它可以收集个人在餐厅停留的时间，或者在付帐的时候来给个体所携带的动态节点发送信号。图2显示了该方案的硬件框图。

IEEE® 802.15.4无线通信协议对于这个应用来说非常合适。该协议支持在中等数据率(约250Kbps)情况下支持低功耗网络模式，加上适当的设计，在用于超低占空比的通信系统中，可以达到用一节纽扣锂电池支持数年的能力。IEEE 802.15.4协议的媒体访问控制层(MAC)本身并不足够网络通信使用，但是网络层协议，例如ZigBee® 无线协议可以提供所需的网络服务。推荐的协议栈如图3所示。

无线传感和监测硬件框图

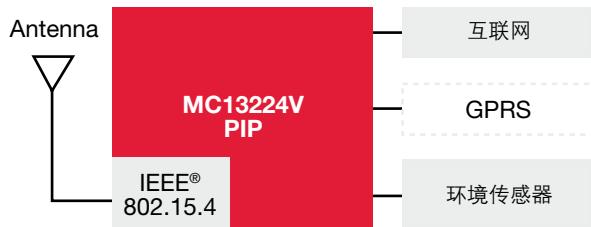


图2

推荐的健康网络协议栈

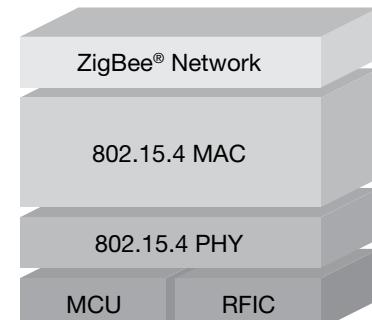


图3

Zigbee协议层支持不同类型的设备。由于功耗需求的限制，静态节点将作为一个Zigbee网络的协调节点(coordinator)来启动和管理网络。协议栈的Zigbee层通过不同的职责来管理健康数据，例如时间，输入数据，产生该协议层的数据帧以及处理新接收到的数据。由于所面向应用的特殊性，传输的周期可能高达10秒钟。从静态节点发出的一个数据帧通常应包含监测对象的数字ID、环境的质量信息以及该监测对象是否包含例如健康告警等的特殊信息。

即使将传感器放到最热闹、的位置也不足以收集完整每个人的精确信息。个人的移动节点用来收集个人的运动信息。这个移动节点将配备有一个加速度计，例如飞思卡尔的三轴加速度传感器MMA7361L，使它能够测量佩带者的身体运动量。如同在《采用3轴加速度计对人体下落的检测》(MMA7260QHFRDM，可从www.freescale.com下载)一文中描述的，使用一些简单的算法，可以记录下包括跑步、走路和跳跃等的一些特殊的肢体运动。移动节点还可以通过增加自定义功能来记录一些特殊的信息，例如温度或有特殊需要的个体的血糖浓度。移动节点还可以有能力识别个人是否处于医学紧急状态。这样就可以提醒处于危急健康状况的个人并使得他/她可以寻找紧急医疗救护。

一个移动节点的数据帧通常应该包含个人的身份认证ID号和一些统计信息，包含一天当中所收集风险因素的测量信息，以及个人要求的其他监测的特殊信息。

移动和静态节点都将是无线网络的一部分。它们可以使用相同的数据传输软硬件，其中包括IEEE802.15.4无线协议和一个微控制器。这里重申MC13224V平台级封装芯片作为推荐的控制器，这因为它集成了高性能的ARM7处理器和所有IEEE802.15.4协议的射频硬件。设计移动节点时还需要增加一个灵活的传感器接口，来支持3个或多个除了加速度计以外的其他不同类型的传感器，从而可以为特殊的病人增加自定义的功能。在这个方案中，移动节点将作为Zigbee的终端设备。

由于该设备是移动的且由电池供电，设备的功耗是很重要的考虑因素。微控制器的关键在于功耗管理，假设采用0.1%的数据收发占空比，平均电流可以低至40uA。如果设备采用AA可充电电池供电的话，则意味着工作数年才需要充电。

Possible Hardware Configuration Block Diagram

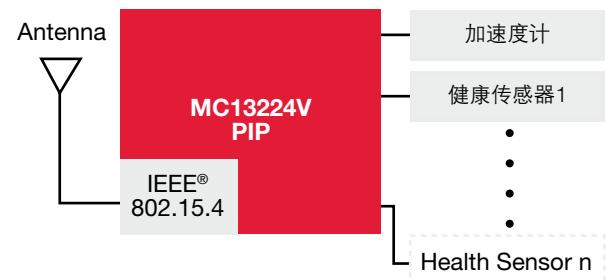


图4

由于移动节点的低功耗特性，导致它们无法进行远距离传输。它首先要通过IEEE802.15.4无线协议与静态节点进行通信，然后静态节点再通过互联网或者蜂窝数据网络（如通用分组无线业务GPRS）将信息发送到诊断中心。如果无法使用互联网，可以使用GPRS来通过短消息(SMS)方式传送信息，从而为系统提供额外的基础设施灵活性，并使之成为划算的非互联网数据传输方案。

诊断中心可以识别特定风险因素的模式。在确认有潜在健康风险的情况下，还可以将调查结果提供给专家。专家可以及早获得这些信息，从而能够分析并及时将信息传送给病人。

The system could be flexible enough to facilitate outsourcing overnight data to another location to avoid night shifts. 由于每个人有一个唯一的ID，想要记录个人数据并判断是否有潜在健康风险的专家可以迅速的访问和浏览这些个人数据。如果存在潜在健康风险的花，诊断中心将与静态节点的重新取得联系，并由其通过无线发送指示给个人的移动传感节点。图5显示了传感节点和诊断中心之间的逻辑通信链路。

健康网络的物理层建立过程是非常简单的（见图6）。一个静态节点首先自己建立一个不包含其他节点的网络。然后，其他静态节点可以添加进去组成一个更大的无线网络。一旦完成，每个新的移动节点都可以通过发送一个信标请求来加入该网络。每个静态节点都可以响应该请求，允许该移动节点探测到网络。而移动节点将依据信号质量来决定加入到哪个静态节点的网络中。一旦决定，移动节点将发送一个连接请求加入到这个指定的静态节点网络。

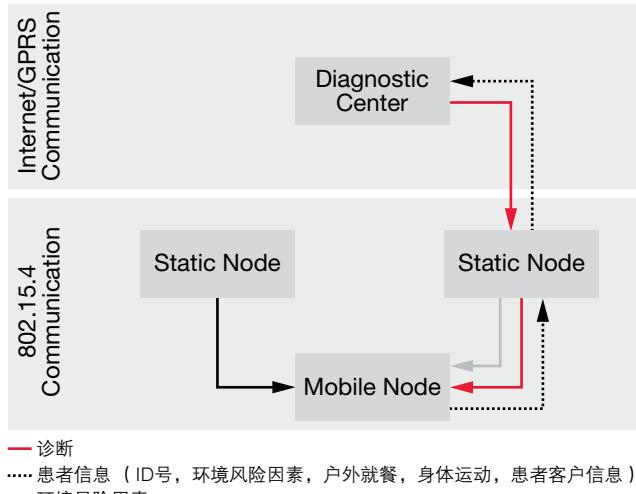


图5

由于网络中每个成员处于同样的环境条件下，数据将采用广播方式发送给所有的成员。静态节点也可以单独发送数据给特定的移动节点，但仅限于诊断中心判断该移动节点有潜在健康风险的情况。

理论上来说，一个静态节点可以同时最大连接65536个移动节点。但网络中会放置许多的静态节点，因此在拓扑结构上移动节点的个数是不存在任何问题的。

采用低成本、低功耗器件来监测最常见的风险因素，这将为医疗保健机构提供一个易于实现且经济有效的技术平台，为预防和有效医疗护理提供关键数据。这点针对健康高危人群尤其重要。低功耗高性能的MC13224V平台级封装芯片以及配备的IEEE802.15.4协议栈将作为该应用的器件选择方案，从而为卫生保健的总预算提供高额投资回报。此外虽然只需要少量的外部元件，平台仍然可以为不同的应用需求提供丰富的自定制能力。

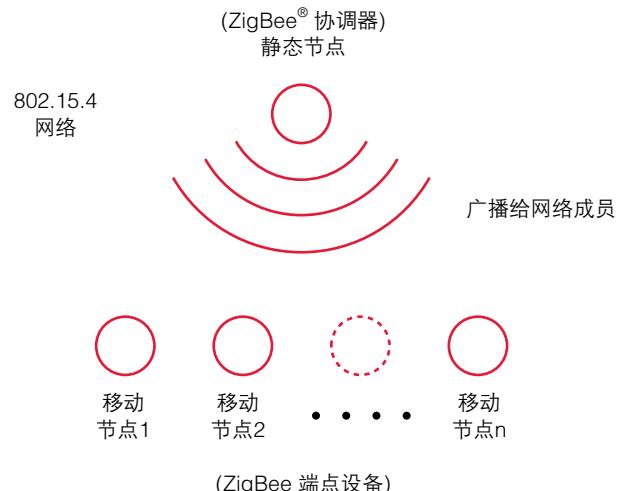


图6

结论

此类的无线传感和监测系统，有助于降低医疗保健开支，延长个人寿命。此外，该系统本身将是一次性投入，而且设备一旦安装后，除了一些定期的充电和传感器微调之外只需要极少的维护。总而言之，卫生保健网络可以提供及时的健康检查，从而减少社会在医疗保健上投入的时间和金钱，并全面提高生活质量。

参考文献

- [1] "Away-from-Home Foods Increasingly Important to Quality of American Diet," Lin BH, Guthrie J, Frazao E., Economic Research Service, U.S. Department of Agriculture, Agriculture Information Bulletin No. 749; 1999
- [2] "Eating out in America, 1987-2000: Trends and Nutritional Correlates," Kant AK, Graubard BI., Preventive Medicine 2004; 38:243-9
- [3] American Heart Association, "Heart Disease and Stroke Statistics-2005 Update"

库尔特塞弗特 (Kurt Seifert) 毕业于墨西哥瓜达拉哈的西方高等技术研究所并获得电子工程与通信专业学位。他在飞思卡尔的无线连接组工作，主要的职责是测试，设计和维护软件应用。

人因学和医疗设备过失的控制

引言

医院已经成为极端复杂的高科技环境，使用危险的设备和程序就如家常便饭。在科技带来巨大好处的同时，其复杂性也造成了人类的损失，即：医疗事故造成的患者死亡使人们徒增烦扰。就如2004年的医疗等级报告《美国医院中的患者安全》中所说：“从2000年到2002年，在美国医院发生了2,500,000例患者安全意外过失，其直接结果造成了超过575,000例可避免的死亡。”^[1]平均每年大约有191,000例死亡，这差不多是1999年医药协会报告《人为失误：建设安全的医疗系统》中提到的每年98,000例的两倍之多。^[2]

这两份研究报告的作者应受到表彰，因为他使政府和健康护理协会开始关心医疗过失的问题。如今，医疗文献中包括了更多相关案例的研究和对医疗安全的提倡。尽管人们对此关心有所增加，但仍未理解医疗过失的重要性和严重性。非正常意外死亡和正常死亡混淆在一起，并且相关的报告也很简略，这使得获得精确的非正常死亡数字相当困难。

1999年医药协会报告的主要结论是把绝大多数错误归咎于医疗护理系统中系统和步骤的不完善，这也是该组织的主流意见。就是这些有缺陷的系统直接或间接地造成了医疗过失，而不是那些护理人员。系统问题需要系统级的解决方案。而与人因学相关的跨学科的系统科学为此提供了最大的保证。

虽然由于医疗过失的范围太广泛而无法作出充分的介绍，但那些由非最优化设计的医疗设备造成的过失将成为讨论对象。也就是说，只要使用了人因学原理，许多常见的与设备相关的过失在不能完全避免的情况下也可以降低其程度。

因此，本文的主要目的是鼓励医疗设备设计者和生产者完全接受这些已确立的人因学原理。相同的原理已成功应用于很多航天和航空工业，包括军队、【美】国家航空和航天管理局以及其他高风险、高科技的企业。^[3]人因学，作为一项科学的、系统的学科，可轻松识别和解决许多医疗系统的常见问题和特定设备相关的缺陷。

系统科学的人因学

人因学的研究是一门高度跨学科的系统科学。^{[4][5]}从其跨学科的观点来看，它来源于临床和认知心理学的理论研究。这样的原理包括但不限于人如何进行交流、感知和处理信息、人与器械及所处环境（即用户接口）的交互和人如何犯错。在设计和工具的优化以及工作地点和过程等方面则大量借鉴了工业管理学、生物力学和人体测量学。在这里，主要目的是减少工作错误及其引起的伤害，并使工人的效率最大化。然而，正是人因学的基本原理和它在系统科学人因学与

医疗系统示意图

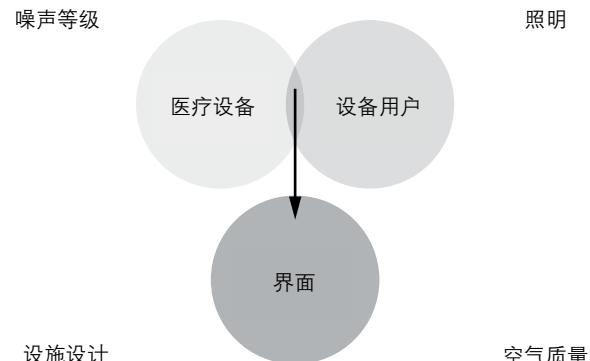


图1

医疗设备事故控制方面的重视，为医疗设备设计的改良提供了极大的商机。在本文中，正如生物工程学创始人之一的阿尔方斯·查帕尼斯所定义的那样，系统是一个任何由人、原材料、工具、机器、软件、设施和过程等复杂事物组成的为某种共同的目的一起工作并相互影响的复合体。^[5]对于医疗设备设计者和其临床用户，这样一个系统的本质就如图1所示。

大多数设计者都专注于设备功能的开发，尽管这也是可以理解的，但设备的极限性能、安全性和效率仍会受用户和工作的特定环境所影响。这恰好说明为什么跨学科的设计团队在组织内外都是必不可少的。这样的设计团队可以从他们所信任的供应商那识别出特有的技能和专业的组件，并将两者整合在一起。在设计中，良好的人性化不仅仅指用户友好并具装饰性的界面。它们还涉及到设备的方方面面，从组成到固件，以至网络的连接。想象一下，图1中的那些独立的元素是如何以微妙而复杂的方式相互作用的。

医院环境

噪声等级

医院中的环境噪声等级能以两种严重的方式影响设备操作的安全性和正确性：

- 噪声会严重掩盖生命维持设备的报警声。例如：如果不能听到报警声，依赖呼吸机的患者就会死亡
- 过度、持续的噪声会增加患者和医务人员的压力。持续呆在65–70dB的噪声中，虽然不至于伤害听力，但是会使工作效率降低、引起暂时性听闻位移。在这样的噪声环境下还会发生许多生理变化^[6]

2005年约翰霍普金斯大学的医院噪声研究也指出：全球医院噪声等级在过去50年中持续增加，它干扰患者和医务人员，增加了医疗过失的风险，并妨碍了现代化医院的语音识别系统。^[7]

设施设计

医院里的患者经常在整个设施内移动，而且还连接着各种监测设备及其相关的电缆和输液管及试管等装置。连接了许多设备的病人走过长且曲折的走廊并上下电梯时，会经过许多不同的地面和门槛，有太多的机会发生电缆和试管掉落的意

外。而且，在患者的移动过程中，那些连接的医疗设备需要用内部电池可靠供电来保证正常工作。

总之，这些与设施相关的问题极可能会导致事故和过失。据医疗保健机构认证联合委员会(JCAHO)报导说，大约15%的突发事件的根源牵涉到物理环境。^[8]

空气质量

电子医疗器械、患者和监护人员会受到下列情况的不良影响：

- 太高或者太低的环境温度，或者温差控制的变动过大
- 过度或不足的湿度和湿度控制
- 不充分的空气过滤、手术烟雾疏散或空气流通

这里，我们鼓励设计者运用他们产品的嵌入式智慧和处理能力来以监测设备内部的临界温度和其他因素，如空气过滤嘴的压力差，如果有必要就告警，让使用者采取适当的措施。

照明度

头顶上的强光或放置在不合适位置的光源能让人看不清仪器上的显示，并增加工作人员的压迫感。

人为因素

在开发一款新型医疗设备时，设计者有必要从用户的观点出发考虑最终产品。也就是说，设备需要符合什么样的人性特点以满足操作的正确性和安全性？在这点上，医疗设备设计者必须在早期设计中就考虑到人为因素，如视觉、听觉和触觉等感知能力。他们应当：

- 使用简单明了的标签和显示内容
- 用色彩和对比使歧义最小化，并尽可能增加说明，举例来说，用红色警报灯来进一步传达危险的条件
- 识别针对视障用户的信息
- 进一步评测是否有可视角度的限制，如那些LCD或LED显示在预定的使用条件下是否会有问题
- 控制报警声的音量、强度和类型，以避免在不同的告警条件下有相同的报警音量和强度，确保设备的警告音与其他在同一工作场所使用的设备不同，不要提供给用户能永久屏蔽警告音的设置，或者能把警告音调整到环境噪声以下的设置，如55–65dB
- 力求使报警声符合其危险等级。人们往往将报警的音量等同于警报的严重性。换而言之，不要为一个相对较小的警告条件设置一个震耳欲聋的高音

- 在尽可能合适的条件下为用户提供触觉反馈。人类拥有的触觉对位移和粘弹性阻力敏感。凸出的制动按键和键盘足以胜任这一工作。然而，现在有些新技术，如接近式电容感应，不再需要凸出的制动按键。用户可能会失去那种传统按键的触感，但是声音或视觉上（光或者LED）的反馈信息可被设置到系统中来返回一个符合用户要求的答复。而且由于用户不必直接接触到设备内部电路，清洁和维护这些接口也变得十分简单

例如，（大约上世纪70年代的）心脏去纤颤器面板就由许多这样的人体感应设计元素组成，详见图2。

特别地，请注意用户标签“ECG SIZE”（其大小与当时流行术语“Gain”成反比），制动按钮的数字编号方式、亮度控制以及单背景色的有效应用表明了所有该区域内的控制方式是有相互关系的，即使没有标签特别指出这点。在这个设计中还有其他一些有效元素，包括和许多控制相关的冗余反馈机制。例如，电源开关传达给用户三种不同的信息，使用户了解到当打开电源时他们做了正确的操作。首先，按钮上的“1”表示“先按下我”。第二，简洁的制动开关具有触觉和声音反馈以表示操作的正确性。第三步，开关发出亮光，表示设备已确实上电。

用户培训

不适当的培训或者缺乏对用户的培训，经常被用来解释为什么临床医生会犯错。但是正确的培训常常能使用户避免一些会真正导致事故的设备或系统因素。因此提供适当的培训对

于设备安全正确使用是重要且必须的。然而，用户培训不能有效代替友好、直观明了的设备设计。任何需要花费几小时阅读说明书和多卷用户手册的医疗设备都是不友好的。持续以培训来解决医疗过失的问题会掩盖更大的系统问题。过分强调培训也会使设备使用者觉得那是在侮辱他们的智慧。

机械装置

拙劣的医疗设备设计和可用性测试的缺乏被认为是对许多设备相关事故的主要因素，人们也对其进行了反复的讨论。^{[9][10][11][12]} 虽然FDA与许多医疗设备生产厂商已经在设备设计中认识到人因学的重要性，并在这方面取得了大量的进步，但上市前和预售方面的可用性调查也仍未得到充分应用。举例来说，请思考一下图3中两个输液泵面板设计的差异之处。尤其请注意右图中传统（且熟悉）的电话式键盘布局，并将其与左图中不为人们熟悉的键盘布置相比较。如此细小的差别却会影响到登录资料的速度和准确性，而缺乏标准化的设计会引起用户操作失误。

人机界面

人机界面可能是在设备/用户环境下最具变化性和复杂性的元素。这是人和机器的交互点。设备通过声光显示、指示光、颜色编码控制、图标、控制面板设计、功能和标签等方式与用户进行交流，而用户则尝试及时和正确地感知、理解和回应这些刺激讯息。在这点上，人机界面就相当于它自身的闭环激励反馈系统。这也正是虽然有诸多方便但还是会出现不

心脏去纤颤器面板

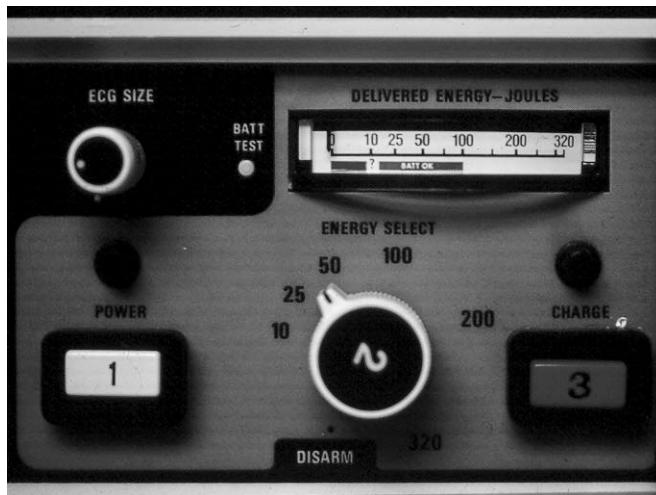


图2

传统 vs. 非传统键盘设计

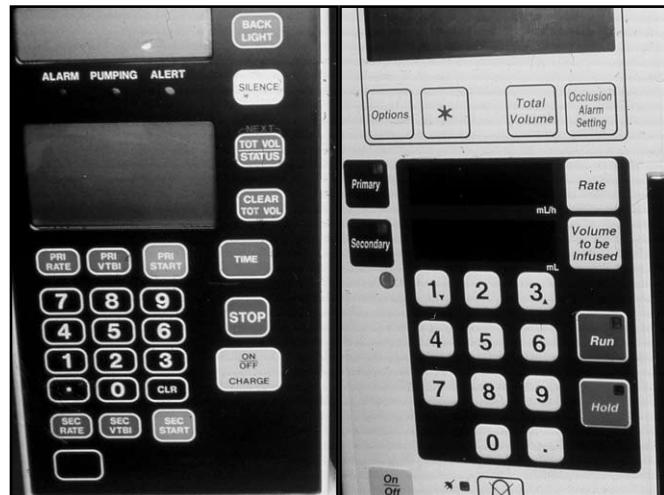


图3

恰当的“用户错误”指示的原因。如果设备的设计允许用户犯错误，甚至引诱或怂恿用户犯错误，那么把责任归咎于客户是毫无根据的，尽管这样解释原因很方便。也正是在人机界面上，使用者会遭遇很多挫折，而且会造成严重的后果，伤害到设备甚至是用户自己。类似的事在家中发生可能只会导致DVD播放器的损坏或仅仅错过一场电影，而在尝试使用输液泵、通风设备或去纤颤器时发生却会危及患者健康。

可用的代码和规范

在回顾了一些可能影响未来设备的使用的因素后，以下重点涉及到已定义的规范，其中一些还是相对较新的规范。其中包括了如何更好和更有效地设计医疗设备的策略和重要特点，从而降低甚至消灭错误。美国食品药品管理部门(FDA)已经认识到人因学在医疗设备设计中的价值，并鼓励生产厂家和设计者从下面的可用规范中采用适当的部分用于他们的产品。

ANSI/AAMI HE74:2001医疗设备的人因学设计过程

AAMI人因工程委员会开发了这个面向过程的标准，用以提供给生产厂家结构化用户接口的设计，帮助他们开发安全可用的医疗设备。同时也帮助他们适应持续增加的国家和国际在医疗领域的人因学标准和新颁布的关于医疗设备用户接口设计的政府规章(基于ISO9001)^[13]。此标准包含了人因工程(HFE)的概述、HFE好处的讨论、HFE过程和相关分析及设计技术的回顾以及实现上的问题和相关国家、国际标准和规则的讨论。

改进可用性

医疗设备用户(如医生、护士、临床医学家、技术专家、患者和服务人员)认为可用性是设计中考虑重点之一。他们知道一个高可用性的医疗设备可能大量减少终端用户的培训时间，可以帮助临床医生取得更高的效率。给无人监管患者使用的设备，如家用糖尿病血糖监测仪，其易用性可以影响到患者是否能独立操作此设备。医疗设备生产厂家将投入更多的资源去改进设备的可用性。从商务的观点上来看，从这个投资的潜在回报可能包括了：

- 加快上市速度(通过避免以后的开发周期中用户接口问题)
- 简化用户手册和相关的学习工具
- 通过对关于设备的可用性和用户效率的增长的可靠声明来改善市场

- 增加销售(归功于用户接口质量的提高)
- 减少客户的培训和支持要求
- 延长市场生命
- 更清晰地适应需求调整
- 减少责任索赔
- 用户满意度的增加

IEC 62366: 2007年医疗设备——医疗设备的可用性工程应用

开发这个标准是为了能帮助生产厂家改进医疗设备的可用性和安全性。此标准承认使用所有的医疗设备有相应的风险，并提供一个工程方法来识别、评估和降低风险。

IEC 62366描述了一个定位医疗设备使用错误，并把这些错误分门别类以便于分析的方法。这个方法可用于评估和降低与正常或非正常使用医疗设备相关的可用性问题导致的风险。如图4所示，使用错误首先可被分为有意或无意的用户操作或不操作造成的错误^[14]。所有无意操作，同有意操作一样，可被分为操作过失、正确使用两类，这两种操作被归类为正常使用的一部分，因此是可预知的。生产商只为正常使用造成的错误负责。非正常使用造成的错误在生产商的职责范围之外，而这些必须为医院自己所控制。

如果设计者按照可用性工程过程所制定的细则来做，那么设备可用性相关的残留风险是可推测的，因此这是可接受的。未来遵守此规范的医疗器械将会改善患者的安全性问题。

结论

如果能在开发过程早期就集成人因学概念并全程应用其原理，那就能显著改善医疗设备使用的安全性和正确性。这么做的边际成本经常可以被忽略，但是回报却是巨大的。这样能改善用户满意度、减少与使用相关的错误、减轻不利于患者的后果。飞思卡尔正在用新一代强大的、高质量的医疗半导体产品使医疗界成为一个更智能、更安全的地方。飞思卡尔通过广泛的产品系列和支持生态环境，来帮助开发者找到完美适合他们的下一个医疗设备开发方案。简而言之，融合了人因学原理的医疗产品设计再加上先进的半导体技术必将使产品质量更好，其自身的安全性更高——并且提供一个更安全的健康护理环境。

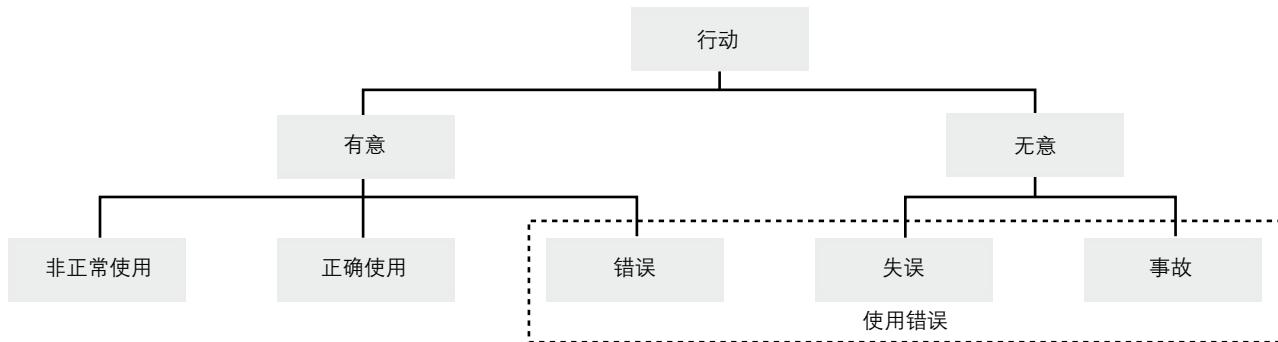


图4

参考文献

- [1] Health Grades, Inc. "Patient Safety in American Hospitals," July 2004. Available at www.healthgrades.com/media/english/pdf/HG_Patient_Safety_Study_Final.pdf. Accessed December 31, 2004
- [2] Institute of Medicine. "To Err is Human: Building a Safer Health System," Washington DC: National Academy Press. 1999
- [3] "Aviation Industry Provides Roadmap to Improve Patient Safety," Hart CA, Biomedical Instrumentation & Technology. 2004; 38(6):466-9
- [4] "Human Factors in Engineering and Design," Sanders MS, McCormick EJ, New York: McGraw-Hill, 7th ed., 1993
- [5] "Human Factors in Systems Engineering," Chapanis, A., John Wiley
- [6] "Ergonomics: How to Design for Ease and Efficiency," Kroemer, K, et al., 2nd ed, New Jersey. Prentice-Hall, 2001
- [7] www.jhu.edu/news/home05/nov05/noise.html. Accessed November 4, 2008
- [8] Joint Commission on Accreditation of Health Care Organizations. Sentinel event statistics: September 30, 2004. Available at: www.jcaho.org Accessed December 31, 2004
- [9] "Human Factors in the Health Care Facility," Welch DL, Biomed Instrum Technol. 1998, 32(3):311-6
- [10] "Poor Interface Design and Lack of Usability Testing Facilitate Medical Error," Fairbanks RJ, Caplan S, Joint Commission Journal on Quality and Safety, 2004; 30(10):579-584
- [11] "Human Factors Engineering and Patient Safety," Gosbee J, Qual Saf Health Care. 2002; 11:3524
- [12] "Design Paradigms: Case Histories of Error and Judgment in Engineering," Petroski, H, Cambridge University Press, 1994
- [13] ANSI/AAMI HE74:2001, "Human Factors Design Process for Medical Devices" (Arlington, VA: AAMI, 2001)
- [14] IEC 62366:2007, "Medical Devices—Medical Devices" (Geneva: IEC, 2007)

Larry Fennigkoh: 理学博士, 职业工程师, 现任美国威斯康星州密尔瓦基工学院生物医学工程教授。Diego Haro: 电气工程学理学学士, 前飞思卡尔系统方案工程师。

Rogelio Reyna and Kim Tuck with Dr. Daniel Copado

远离意外摔倒 采用加速度计检测人体跌落

意外摔倒是65岁以上人群主要的健康威胁以及死亡原因。在因摔倒而需要医疗护理的人群中，65岁及以上的占到超过30%，而因摔倒致死的人群中，40%是80岁以上的老者。在超过85岁的人群中，2/3的意外摔倒直接导致死亡。报告显示，在老年之家和养老院中，66%的居民每年至少会有一次意外摔倒。而这并不包括未报告的情况，因此这个数字还是可能被低估的。^[7]

然而，采用飞思卡尔的MMA7260Q三轴加速度计，56F8013数字信号控制器(DSC)以及MC13192射频收发器，可以很容易的检测出人体的跌落并立即报告以作出反应。本文介绍的参考设计可以在几种人体跌落状态发生时进行识别与分析。文章同时描述了实施该方案的硬件设计和软件开发方面的细节。

介绍

健康护理中心估计约有2/3的老年人摔倒是可以避免的。确定危险因素（包括内在主体因素以及外在环境因素）作为开发先进的跌落检测报告系统的第一步是很重要的。内在因素包括头晕，头昏眼花，虚弱，心里混乱，残疾和其他行走障碍等的症状。环境因素则包括光滑或崎岖的路面，缺乏照明以及各种障碍。

在评估和治疗老年人并开发避免意外摔倒的系统时，一些重要的老人医学（老年人的社会，生理和心灵层面的研究）理论需要加以考虑。

- 储备功能的概念：事实上在目前所有的生理系统上这是一个多余的功能。一段时间内可观数目的这类功能可以在临床症状出现前失去
- 老龄化的多样性：生理因素的不同随着年龄增长而增长，而且按年代顺序和按生理年龄之间比较也有较大的差距。因此，很难在一些身体系统中检查年龄所带来的影响
- 整体机能的下降：这大约相当于生理系统中丧失的功能总和。当一个系统中只有某个功能丧失的时候，补偿机制将发挥作用来维持系统。当多个功能丧失的时候，任何补偿机制都将严重受损，从而导致整个系统无法正常运行
- 身体灵活性和平衡性恶化的后果：这取决于社会，情感和行为的外界环境。一个有效的社会网络以及对健康认知的判断可以减轻个体缺乏平衡性带来的影响并降低摔倒的风险

预防摔倒是非常重要的，但一旦发生时，及时的医疗救护也很重要。评估摔倒者伤情需要多医生，治疗师，心里医师和护士等多学科的联合工作。集成加速度传感器技术的应急网络可以为他们提供及时准确的跌落信息，从而大大提高他们的反应速度。

经过FIR滤波器输出的行走和摔倒的能量曲线图

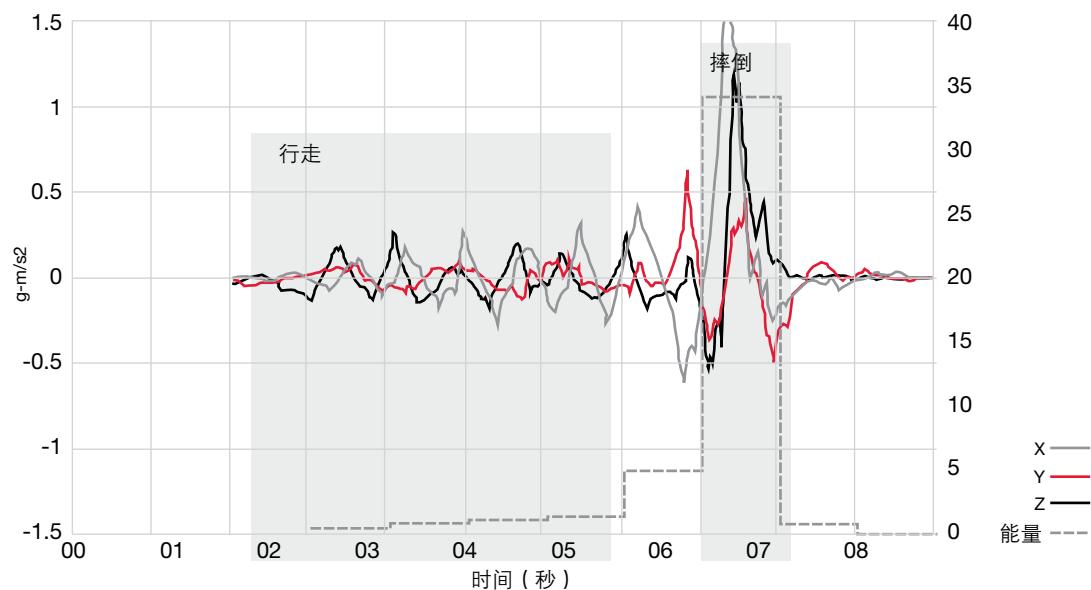


图1

第一次的摔倒报告是最关键的。一旦加速度计感应到摔倒，信息将立即被处理并发送到救护中心，整个维护和评估系统开始启动来治疗伤者，查询导致摔倒的所有的生理、心理和环境因素并启动后续的预防措施。

心理专家或社会工作者可以收集有关社会和财政福利的信息，以及任何抑郁症的症状，当前认知功能的状态和其他可能导致摔倒的可能因素。

物理治疗师可以收集有关任何身体功能恶化的信息，这些恶化可能导致某些残疾，从而导致摔倒。

在这个评估系统中医生的职责最为重要。他/她可以了解患者的临床病史，并推荐使用基于加速度计的跌落检测系统来记录摔倒状态。这可以帮助医生对治疗进行必要的调整。临床病史包括：

- 目前病人正使用的药物（安眠药，止痛药，抗抑郁剂，镇静剂，抗过敏药物和其他一些药物）
- 可能影响病人平衡稳定性的医疗情况（例如神经损伤，心血管疾病，失明，耳损伤等）
- 一些表现在平衡失调或导致病人不稳定的代谢条件的疾病（用来估计下一次摔倒可能性的重要信息）

监测人体活动

人体跌落检测系统可以被视为人体活动检测系统的一个子系统。已经有很多针对人体动作检测的研究（^[1],^[2],^[3],^[4]等）评估了不同的传感器技术，包括使用加速度计来测量人体的移动。

飞思卡尔的人体跌落检测参考设计基于加速度传感器技术，这些传感器有以下几方面的优势：

- 加速度计体积小，容易安装在身体上
- 易于连接便携式处理单元
- 属于低功耗传感器

加速度计只是一个传感器，因此对于检测设备只需要一个输入信号源。系统中真正核心的东西是分析用来检测人体动作的传感器输入信号的软件。这需要处理加速度计的输入信号，计算人体状态并与网络沟通来报告当前的状态以及报警情况。

在研究不同的人体跌落检测方案后，论文《使用三轴加速度计检测运动》^[1]中所研究的检测人体运动的方法成为参考设计所选的方案。参考设计的简介如下：

- 思卡尔MMA7260Q三轴加速度计的测量采样频率为45Hz
- 采用13阶的中值滤波器来滤除加速度计采样值的噪声
- 采用一个截止频率为0.25Hz的高通FIR滤波器以及一个0.8秒（36个采样点）的非重叠窗叠加来消除重力因素，以便滤出动态加速度信息作为下一步运算所需
- 在每个采样点窗体都会计算能量的消耗。图1显示了FIR滤波器输出的能量曲线信息。正如《使用三轴加速度计检测运动》一文中提到的，一个0.8秒宽度的非重叠窗足够通过佩带在腰部的设备来确定人体的运动
- 每个采样窗体内的能量计算出来后可以与特定的阈值进行比较，从而确定人体的运动，例如站立，行走和摔倒。这是通过实时计算出来的能量与实验测试出来的阈值进行比较来实现。系统可以判别出跌落，因为人体受到跌落影响会产生最大的能量消耗阈值。请参阅本文的结论部分的推荐应用，以提高系统可靠性

开发过程

1. 建立和实验
 - a. 实验环境包括一个带有IEEE®802.15.4收发器和加速度计的电路板，另外一个是通过RS232连接着电脑的并带有IEEE®802.15.4收发功能的电路板，同时还连接着一个舒适的座垫（可以用来实验摔倒而不会导致受伤）。这些是用来收集信息源并评估算法的
 - b. 10位实验者被要求执行21个动作，重复3遍。这些包括行走然后摔倒，慢跑，跑步，上楼和下楼
2. 将结果归档、研究并确定算法
 - a. 在网上查找相关论文，尤其是在IEEE.org上
 - b. 查阅论文并选定《使用三轴加速度计检测运动》一文中推荐的算法。选定该算法是因为它使用三轴加速度传感器并提供了详细的算法以及较好的结果

3. 建立模型并验证算法

- a. 使用Matlab和数字信号处理工具包来建立选定算法的模型
 - b. 使用建立的模型，以及保存的实验数据文件作为输入，来模拟算法的输出。这只是对一系列具体动作的仿真运算（实验数据只是模拟人体的跌落，而不是完整的人体动作）
 - c. 对算法进行微调，例如改变FIR滤波器的阶数来更好适应实际应用（适应0.8秒的采样窗）
 - d. 使用数据来将站立，行走和摔倒的能量消耗范围归类（确定阈值）
 - e. 使用部分数据来测试阈值
4. 在DSC中建立模型
 - a. 调整好算法后，将浮点数据类型转换成定点数据类型以便在DSC中实现
 - b. 定义好软件架构并通过串行接口在DSC中实现
 - c. 使用串行接口来载入日志文件数据并在56F8013DSC上验证算法
 5. 实现其他的功能需求
 - a. 实现无线通信，flash驱动和串行通信模块
 6. 验证参考设计
 - a. 开发完成后，在部分人群中评估该设计方案

系统要求

为了适合实际应用，人体跌落检测系统需要达到以下要求：

- 体积轻巧，易于携带
- 电池供电
- 可以检测人体跌落，报告给基站，并保存到非易失性存储器中
- 设备可以接收并执行基站发来的命令以控制非易失性存储器

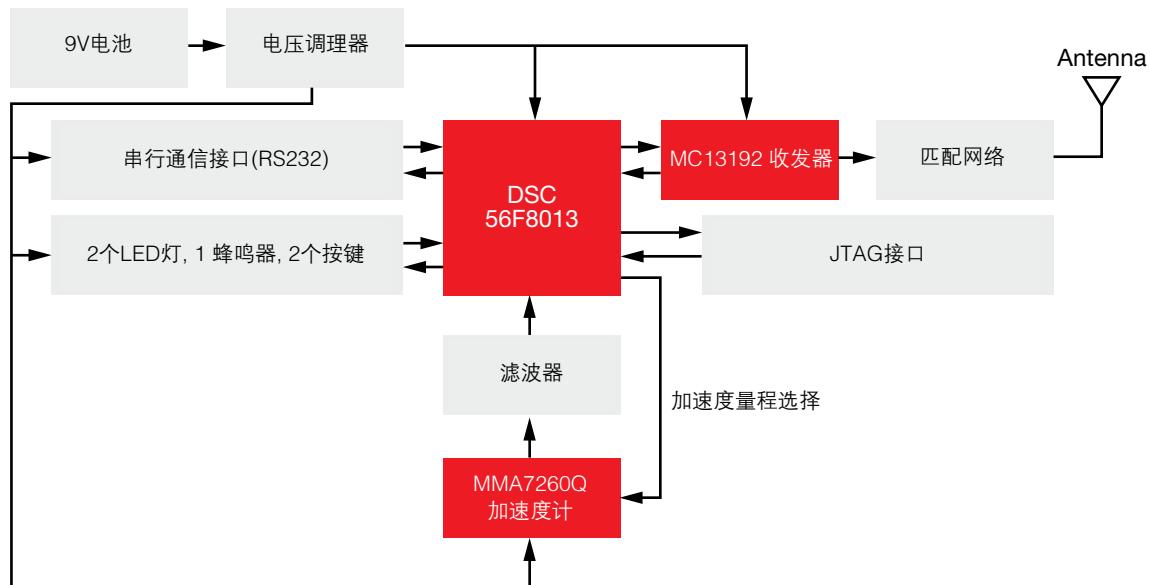


图2

软件架构

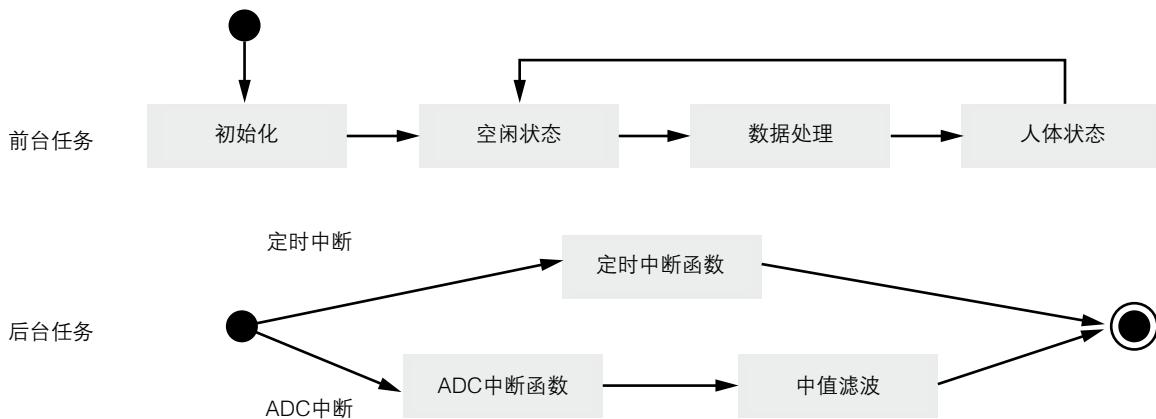


图3

硬件描述

三轴加速度计提供了三个模拟信号量对应每个轴线上的加速度量。加速度量程选择 (G 选择) 由DSC来直接控制，并决定设备的灵敏度 (本应用选择 $+/ - 1.5g$ 的量程)。省电引脚连接到 V_{dd} 让加速度计持续采样工作。在目前的方案中，不需要动态改变加速度计的灵敏度，不过在将来的应用中可以动态改变测量范围以改变灵敏度，从而让系统可以获得特定人体运动的更多信息。

56F8013DSC控制加速度计MMA7260Q的行为、处理用户输入、显示、I²C存储器以及射频收发器MC13192的行为。它处理加速度计的输出信号来产生关于人体状态的信息，从而判断他/她是否摔倒。

射频收发器让系统可以通过无线发送事件和紧急情况的报告给基站。同时也是访问I²C存储器的通道。存储器的大小取决于需要存储事件的多少。该系统采用了32K字节的存储器。用来发送数据的协议是基于SMAC4.1的修改版本。该协议代码可以在www.freescale.com下载。

软件描述

软件分为两个主要任务 – 后台任务和前台任务。

后台任务处理加速度计信号的来检测人体的状态。前台任务主要用来处理硬件事件，例如响应中断，模数转换(ADC)以及通信模块（串口和SMAC）。

在ADC模块采样率为45Hz情况下，算法按照以下几步数字信号处理过程来检测跌落运动：

- ADC采样数据通过13阶的中值滤波器来滤除高频噪声
- 截止频率为0.25Hz的30阶高通滤波器用来滤除重力分量
- 在能量损耗计算阶段将结果与特定的人体动作的阈值（包括站立，行走和摔倒）进行比较

结果

这个项目的最初目标是开发一个参考设计，以便飞思卡尔的用户可以据此来开发自己的产品。所以，不论收集了多少数据信息，这个项目的分析之基于三类人体活动 – 即站立，行走和摔倒。

鉴于此，并没有就此方案进一其他更多的评估。通过阅读《使用三轴加速度计检测运动》，用户应该可以重现这个参考设计。论文可以从www.freescale.com下载（搜索文件编号MMA7260QHDFDRM）^[6]。

为了提高系统的可靠性和灵活性，可以通过分析历史采样窗来检测摔倒，甚至防止其中的一些摔倒发生。

能量值连同重力因素（用来检测自由落体状态和倾斜状态）可以产生可靠性更高的系统响应。

结论

飞思卡尔有着非常丰富的低功耗8位和32位处理器、DSC、低功耗的加速度计以及802.15.4收发器，因此，飞思卡尔为此类应用提供的组合服务处于非常有优势的地位。

这个人体跌落检测装置只是整个意外事件检测系统中一个组成部分。该系统的其他部分包括用于无线接收摔倒事件并向远程监控中心发送事故报告的相关装置。这个中心接下来可以在摔倒信息上附上伤者的实际情况（如本文前言所述）用以提醒医疗和紧急服务中心，并通过电话或寻呼方式联系家庭成员提醒事故发生。

参考

- [1] "Determining Activity Using a Triaxial Accelerometer," M. J. Mathie, N. H. Lovell, A. C. F. Coster, B. G. Celler, Second Joint EMBS/BMES Conference, 2002
- [2] "A Triaxial Accelerometer and Portable Data Processing Unit for the Assessment of Daily Physical Activity," C.V.C Bouter, K.T.M. Koekkoek, M. Verduin, R. Kodde, J.D. Janssen, IEEE Transaction on Biomedical Engineering, 1997
- [3] "Detection of Static and Dynamic Activities Using Uniaxial Accelerometers," P. H. Veltink, H.B.J Bussmann, W. de Vries, W.L.J. Martens, IEEE Transaction on Rehabilitation Engineering, 1996
- [4] "Activity Monitoring with Accelerometry," H.B.J. Bussmann, P.H. Veltink, W.L.J. Martens, H.J. Stam, 1994
- [5] "Exploring the Information Content and Some Applications of Body Mounted Piezo-Resistive Accelerometers," W.L.J. Martens, Symposium supplement, "Dynamic Analysis Using Body-Fixed Sensors" of the 2nd World Congress of Biomechanics, 1994
- [6] "Human Fall Detection Reference Design" www.freescale.com/files/sensors/doc/ref_manual/MMA7260QHDFDRM.pdf?fsrch=1
- [7] CDC (Centers for Disease Control and Prevention) www.cdc.gov/NCIPC/FACTSHEETS/ADULTFALLS.HTM

Rogelio Reyna在飞思卡尔公司负责传感器和驱动器解决方案部门的软件工程师。Kimberly Tuck在滑铁卢大学获得系统设计工程学位，她有着丰富的微机械（MEMS）设计经验，并作为MEMS应用工程师为多种微型装配项目的研究环境设计工具工作5年。在过去的2年里，她一直在飞思卡尔的消费类和工业类传感器部门作为应用工程师负责加速度传感器产品。Copado博士在墨西哥的卫生医院研究所有着4年的创伤学和整型外科领域经验，有着专业的髋关节置换经验。

Jaime Herrero with Dr. José Fernández Villaseñor

改变高复杂度的范例

简化健康和安全解决方案设计

介绍

人们担心自己的健康和安全，所以今天他们寻找紧凑、轻便、易于使用且精美设计的个人设备来完成特定的安全和健康目标。

本文重点介绍利用微软®.NET微架构来设计家用医疗器械，并介绍如何按照客户需求设计终端产品的观感。这可以通过设计吸引人的图形接口，集成各种通信接口（串口，I²C，SPI，以太网，USB，WiFi等）以及利用i.MX微处理器的优异性能来实现。其结果可能是一个高端的监测解决方案，例如血糖计，或其他一些满足特定客户需求的健康及安全设备。这些应用在价格，功能，易用性，外观及感受上有着显著区别。

在慢性疾病例如糖尿病影响年轻人的同时，医生也在让患者协作进行数据采集（疾病监测）以更好控制疾病上面临更大挑战。例如，糖尿病青少年患者往往会选择关闭用以监测血糖的葡萄糖监测系统的警报器，这可能导致长时间的血糖控制被中断（见表1）。然而，集成多媒体功能的监测系统可能会让患者易于接收且更好的使用该仪器，包括对警报的回应。

来自美国糖尿病学会（ADA）美国临床内分泌医师协会（ACCE）及国际糖尿病联盟（IDF）的血糖控制目标

	ADA	ACCE	IDF
HgA1c	<7.0	≤6.5	≤6.5
禁食/餐前	90–130 mg/dL	<110 mg/L	<100 mg/dL
	5.0–7.2 mmol/L	<6.1 mmol/L	<5.6 mmol/L
餐后2小时	<180 mg/dL	<140 mg/dL	<135 mg/dL
	<10.0 mmol/L	<7.8 mmol/L	<7.5 mmol/L

表 1

葡萄糖监测系统（CGMS）监测的血糖过高，过低及正常的几种状态 (CGMS对17位I型糖尿病的孩子和青少年的监测)

	分钟	百分比
血糖过低	(<70 mg/dl)	224
血糖正常	(70–180 mg/dl)	1650
血糖过高	(>180 mg/dl)	2446

表 2

数据来源：Taken from “Efficacy of continuous glucose monitoring system to detect unrecognized hypoglycemia in children and adolescents with type 1 diabetes,” Frederico F.R. Maia and Levimar R. Araújo

个人医疗设备除用于慢性病外也可以用于通常的健康和健身应用。集成先进软件和硬件的高智能设计是成功创造未来健康及安全应用的关键。这些应用将供数百万计的人使用。本文介绍一种通过.NET微架构以及i.MX微处理器系列来开发小型低成本解决方案的方法。

i.MX应用处理器和.NET微架构

飞思卡尔的i.MX系列应用处理器是基于ARM®内核技术并针对多媒体应用进行了优化设计。.NET微架构可以移植到这些处理器中，以应用这些软件所带的各种功能。

.NET微架构是微软提供的.NET架构中最紧凑的系统架构，且可以配置到最小的内存空间(64KB内存，256KB闪存)。这个架构为嵌入式设备优化设计，充分提供了最常用的嵌入式开发任务，同时裁减了一些.NET完整架构中不必要的任务。它使得开发人员可以使用通信接口（以太网，WiFi，USB，串口，SPI，I²C）、LCD（直接在显示器上显示或通过视频元件）、触摸屏和存储器（闪存，内存，SD/MMC记忆卡）。

由于结构限制, .NET微架构限于运行一个应用, 但它可以支持多任务运行。.NET架构的库具有最常用的对象和功能, 使用它们需要从微软获得授权许可证。

飞思卡尔提供的i.MXS应用处理器可以用于.NET微架构的应用。处理器的特点有:

- ARM920T®内核, 主频100MHz
- 彩色LCD控制器
- 直接内存访问控制器DMAC
- 外设接口EIM
- SDRAM控制器
- 多种外设接口 (SPI, USB和UART)
- 低功耗模式让系统在降低成本和功耗预算的同时还可以获得额外性能

移植.NET微架构可以让用户使用微软的Visual C#来开发嵌入式应用。使高端编程人员在开发嵌入式应用时获得优势。

用来采用.NET微架构来开发i.MXS嵌入式健康与安全应用的工具包括:

- 微软Visual Studio 2008
- 微软Visual C#
- .NET微架构
- USB数据线
- i.MXS开发板

要获得关于.NET微架构更多的信息, 请访问

www.microsoft.com/netmf。

设计技巧及需考虑因素

下面是在设计图形用户界面(GUIs)和数据监测功能时的一些技巧和考虑因素。具有C#编程经验的开发者能够为特殊的健康和安全嵌入式应用需求来配置硬件。

通用输入输出(GPIO)

几乎所有的健康和安全设备都使用GPIO来配置LED灯 (用来显示一些特定的设备状态), 特殊的按键 (复位, 测试模式及校准) 以及信号 (用以检测准确的传感器读操作的额外中断)。根据不同的应用需求, .NET微架构可以通过3种方法来配置GPIO:

1. 作为输入引脚

```
InputPort inputPin = new InputPort(Pins.GPIO_PORT_C_5, true, Port.ResistorMode.PullUp);
if (inputPin.Read()) runInputAction();
```

2. 作为中断引脚

```
InterruptPort interruptPin = new InterruptPort(Pins.GPIO_PORT_C_6, true, Port.ResistorMode.PullUp, Port.InterruptMode.InterruptEdgeHigh);
interruptPin.OnInterrupt += new GPIOInterruptEventHandler(inputPinInterrupt_onInterrupt);
```

3. 作为输出引脚

```
OutputPort outputPin = new OutputPort(Pins.GPIO_PORT_C_7, true);
outputPin.Write(true);
```

配置线程如下:

```
Thread t1 = new Thread(new ThreadStart(thread1));
t1.Priority = ThreadPriority.Highest;
t1.Start();
```

在存储器中保存数据

嵌入式开发中另外一个常用的任务是将数据保存的闪存中。数据会被保存在诸如血压计、血糖计等多种不同种类的医疗设备中, 利用.NET微架构来把数据存储到闪存中, 采用以下几步:

1. 建立序列类 (serializable class)

```
[Serializable]
public class Device
{
    private String name;
    private byte value;
    public String Name
    {
        set { name = value; }
        get { return name; }
    }
    public byte Value
    {
        set { value = value; }
        get { return value; }
    }
    public Device(byte Value, String Name)
    {
        value = Value; name = Name;
    }
}
```

2. 建立序列类日志

```
[Serializable]
class DeviceLog
{
    private ArrayList log = new ArrayList();
    public ArrayList Log
    {
        get { return log; }
    }
    public void AddToLog(Device device)
    {
        log.Insert(0, device);
    }
    public void RemoveFromLog(Device device)
    {
        log.Remove(device);
    }
    public void ClearLog()
    {
        log.Clear();
    }
}
```

3. 建立并使用闪存参考

```
ExtendedWeakReference flashReference;
uint id = 0;
public Object load()
{
    flashReference = ExtendedWeakReference.
    RecoverOrCreate(
        typeof(Program),
        // marker class
        id,
        // id number in the marker class
        ExtendedWeakReference.c_
    SurvivePowerdown); // flags
    flashReference.Priority = (Int32)
    ExtendedWeakReference.PriorityLevel.Important;
    Object data = flashReference.Target; // recovering data
    return data;
}
public void save(Object data)
{
    flashReference.Target = data;
}
```

图形用户接口GUI

.NET微架构还可以帮助程序员开发更具吸引力的界面，从而可以为终端客户提供与众不同的选择，也影响开发者选择芯片供应商的决策。

运行在i.MXS处理器的.NET微架构提供两种开发用户界面的方法。一种是使用.NET提供的用户界面元素，另外一种是使用位图类来直接刷新屏幕。

NET 微架构提供的用户接口元素

用户接口元素	描述
帆布	定义一个区域或帆布，在其中用户可以通过以左上角为原点的坐标明确子类的位置
图像	显示一幅位图
列表	实现一个项目可选的列表
列表项	在列表中实现一个可选的项目
面板	包含所有面板元素的基类
堆面板	在一条线上或垂直或水平的排列子元素（子类）
文字	显示文字块
文字流	提供一个用来控制文字在显示设备（屏幕）上流动的成员
文字串	提供用于创建和使用的文字串，字串都使用同样的类型设置
图形	代表在显示设备上显示的一维或两维图形。这些图形包括：椭圆，线，多边形和矩形

表 3

表中所列所有的元素都可以通过类似的方法编程，程序如下：

```
// Create a panel
StackPanel _panel = new StackPanel();
_panel.Height = _mainWindow.ActualHeight;
_panel.Width = _mainWindow.ActualWidth;
// Create and configure user interface elements
Text textTitle = new Text();
textTitle.Font = Resources.GetFont(Resources.
FontResources.small);
textTitle.TextContent = "Title Text";
textTitle.HorizontalAlignment = Microsoft.SPOT.
Presentation.HorizontalAlignment.Center;
textTitle.ForeColor = (Microsoft.SPOT.Presentation.
Media.Color)0xFF0000;
// Add the user interface elements to the panel
_panel.Children.Add(textTitle);
```

上面的代码首先创建一个面板对象，定义它的尺寸，然后建立好文字对象并定义好字体、大小及颜色属性。再将文字对象加入到面板子类堆中。

一旦用户接口元素被加入到显示面板中，更新元素内容的唯一方法就是异步更新，代码如下：

```
delegate void UpdateTitleTextDelegate(String hint);
private void UpdateTitleText(String text)
{
    if (textTitle != null) textTitle.TextContent =
    text;
}
```

```
// When the update of the textTitle is required,
use the following code
_mainWindow.Dispatcher.Invoke(
new TimeSpan(0, 0, 1),
new UpdateTitleTextDelegate(UpdateTitleText),
new object[] { "New Title Text" });
```

当使用位图来更新屏幕时，项目的坐标和画面刷新则不是自动的。开发者需要通过代码函数，状态变量，计时器和线程来进行目标定位和画面刷新。下面是一个简单的例子：

```
Bitmap _back = new Bitmap(240, 320); // bitmap
used for flush
Bitmap _screen = new Bitmap(240, 320); // based
bitmap to be updated
Font font = Resources.GetFont(Resources.
FontResources.small);
_back.DrawImage(35, 10, Resources.
GetBitmap(Resources.BitmapResources.freescale), 0,
0, 170, 57);
_back.DrawRectangle(Color.White, 1, 35, 10, 170,
57, 2, 2, Color.White, 0, 0, Color.White, 240,
320, 0);
_screen.DrawImage(0, 0, _back, 0, 0, 240, 320);
_screen.DrawTextInRect("State: Background", 10,
300, 220, 20, Bitmap.DT_AlignmentCenter |
Bitmap.DT_TrimmingCharacterEllipsis,
(Color)0xFFFF, font);
_screen.Flush();
```

Complex GUI with Interface Elements and Canvas

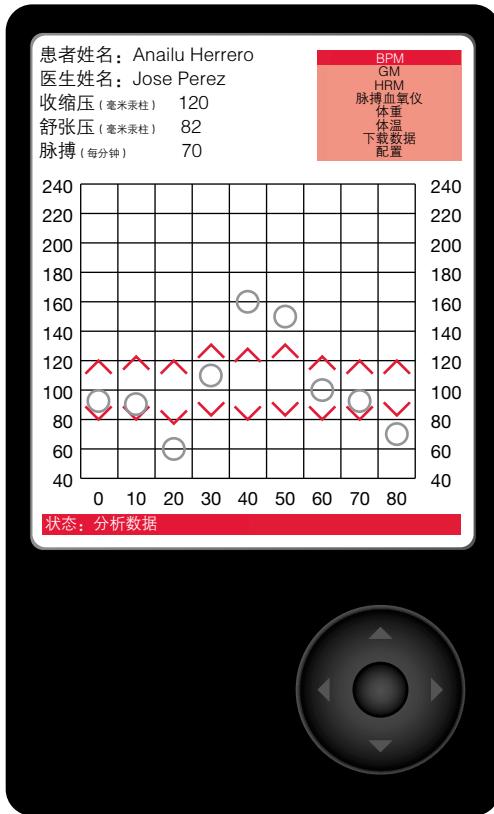


图1

图表提供了检验历史数据以及进行分析的方法。个人健康和安全设备通常使用图形，例如柱状图和点图来显示，采用统一格式来比较多个变量。下面介绍两种图形处理的方法。

第一是使用用户接口元素中的图像元素，开发者可以通过位图的属性从象素级别来控制显示的信息。

可以通过下面的位图类方法来操作图像中的象素

方法	Visual Studio .NET MF的帮助中的描述
清空Clear	清空整个画面
画椭圆DrawEllipse	在显示设备上画一个实心椭圆
画图DrawImage	在显示设备上画一个矩形块的象素图像
画线DrawLine	在显示设备上画一条线
画矩形DrawRectangle	在显示设备上画一个矩形
画字符DrawText	在显示设备上画字符
在矩形中画字 DrawTextInRect	在指定的矩形中画字符
设置象素	设置指定的象素点为亮或灭

表 4

第二种方法，采用用户接口元素中的帆布元素，开发者可以操作坐标和在指定的区域显示用户接口元素，如下例所示：

```
Canvas _canvas = new Canvas();
_canvas.Height = SystemMetrics.ScreenHeight;
_canvas.Width = SystemMetricsScreenWidth;
Shape shape = new Rectangle();
// Getting random numbers for width and height,
fixing the max number to the canvas size
shape.Width = Math.Random(_canvas.Width);
shape.Height = Math.Random(_canvas.Height);
shape.Stroke = new Pen(color);
shape.Fill = new SolidColorBrush(color);
// Setting the location in the canvas for the
element, these functions are static
Canvas.SetTop(shape, Math.Random(_canvas.Height -
shape.Height));
Canvas.SetLeft(shape, Math.Random(_canvas.Width -
shape.Width));
// Adding the shape to the canvas
_canvas.Children.Add(shape);
```

在上面的代码中，我们建立了一个帆布对象并定义了宽和高，然后建立一个矩形对象并定义其类型，填充色以及材质。最后，定义好矩形对象在帆布中的坐标，将其添加到帆布中。创建图形比以往任何时候都更加容易，而这都是基于支持.NET微架构用户接口元素的i.MX5微处理器。

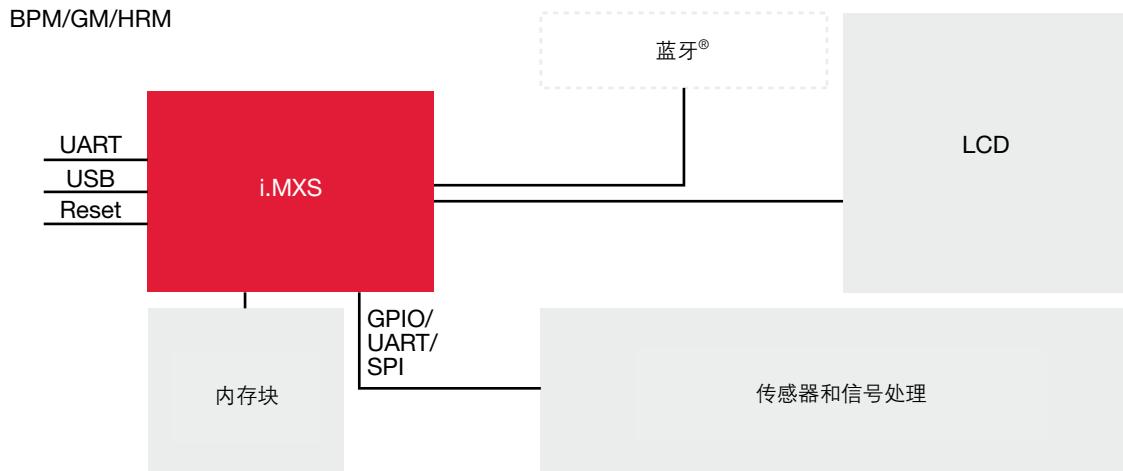


图2

通信接口

串口通信是所有健康和安全应用中最主要的通信手段。它用来将设备中的数据传输给个人电脑供医生和患者分析。

使用例如UART,SPI,I2C,USB,Ethernet和Wi-Fi的接口常用的发送数据给PC的手段。在下面的例子中，代码采用UART来进行通信：

```
SerialPort serialPort;
// The configuration is through the SerialPort.
Configuration class
SerialPort.Configuration serialConfig = new
SerialPort.Configuration(SerialPort.Serial.COM1,
SerialPort.BaudRate.Baud115200, false);
serialPort = new SerialPort(serialConfig);
// The read is through the Read function that
returns the number of bytes read
numberOfBytesRead = serialPort.Read(strBuffer, 0,
READ_NUMOFCHARS, READ_TIMEOUT);
// The write is through the Write function
serialPort.Write(strBuffer, 0, strBuffer.Length);
```

遗憾的是，串口不使用中断方式来提醒应用层收到数据或串口准备好发送数据。常用的检查收到字节数的方法是监测Read的返回值。尽管如此，.NET微架构使得开发者可以采用线程和事件的方式建立一个更加完整的类，其中可以采用带有无限循环的线程来检查收到的字节数。

图2是一个基于i.MXS应用处理器的卫生保健系统框图范例。

结论

i.MXS处理器和.NET微架构是专门针对时钟，手表，遥控器，血糖计，胆固醇计等应用进行优化设计的。采用i.MXS处理器和.NET微架构，开发者不需要成为微处理器的专家就可以迅速的设计有视觉吸引力的用户界面。高级的C#编程使得程序员可以采用类似个人电脑编程的方式来开发高端程序。

总之，微软和飞思卡尔使得设计者可以开发出引人入胜的应用（外观和感观良好并为终端用户提供增值）迅速推向市场。更重要的是，持续不断的监测疾病可以减少病痛和被病毒感染，从而帮助提高医疗救护的反应速度。

Jaime Herrero是飞思卡尔多媒体应用部门的系统应用工程师。他一直负责开发.Net微架构和i.MXS演示的嵌入式应用。José Fernández Villaseñor博士是一名医生和电子工程师，他把在飞思卡尔的医疗产品市场的工作与在医院的医生工作结合起来。他在汽车、工业、医疗工程系统应用以及半导体产品开发方面有着超过8年的经验。

Rodolfo Gonzalez

裁减 DICOM

将标准应用于便携式医疗设备

在过去几十年里不仅数字化医学影像的应用发展迅速，共享这些信息的能力还可以在几秒钟内把影像传遍全球，这样使得这些影像可以被最大化的利用。医疗数字影像和通信标准 (Digital imaging and communication in medicine–DICOM) 定义了传输医疗影响以及相关资料的标准。

DICOM标准是医学影像存档与传输系统 (picture archiving and communication systems – PACS) 中最常用的标准，这个医疗网络系统用于存储，检索，发布以及展示影像。此外系统还可以帮助医院进行无胶片影像存储和展示。这样数以百万计的存储在黄色信封里的胶片就可以被1到10TByte的的数字存储服务器代替。图1展示了PACS的主要组成部分。

所有的信息都被集中在图中间位置的服务器中。从不同途径获得的影像都保存在服务器上，在任何时间里都可以供医生和工作人员通过网络内的工作站访问。此外，信息还可以发布到网上以便让全球的诊所和医院访问。所有这些传输交流事务都是基于DICOM标准。

PACS

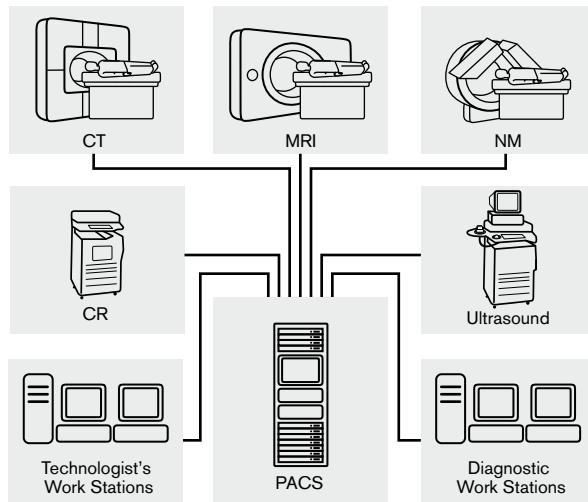


图1

初窥DICOM

TDICOM标准相比其前身 – 美国放射学学会及美国国家电气制造协会 (American College of Radiology, National Electrical Manufacturer Association – ARC NEMA) – 来说是一个重大革新。DICOM标准适用于TCP/IP网络环境下在线或离线的标准媒介，例如CD – R或者外部存储设备。DICOM和ARC NEMA最大的不同点在于它被结构化为一个多部分的文件，从而允许迅速地添加新功能。

DICOM文件由文件头和图像数据组成。文件头可以包含患者资料，研究类型，使用的设备，图像尺寸，诊断，图形，波

典型的DICOM文件



图3

形以及报告等信息，这里仅举几例。更重要的是，每个文件还包含数百幅图像。

图2是一个典型的DICOM文件。在这个例子中，文件头使用前几个字节来描述X射线线断层影像的尺寸。文件头的大小可以改变，取决于所包含的信息细节。本例中它表示文件包含2幅大小为201x134三维象素的图片(一个三维象素(voxel)是指三维空间的一个值，这就好比像素是指二维空间的一个值)。图像和数据都保存在同一个文件中。

DICOM标准是由超过20家医疗保健供应商，15个医疗用户及其他医疗控股机构组成的一个委员会来制定并维护的。(见 medical.nema.org/members.pdf)。DICOM标准目前是医疗行业内应用最广泛的标准。

标准的目标之一是努力争取实现不同类型的医疗设备之间的互用互通能力，例如放射科的设备与心脏医学设备的互通协同。换句话说，DICOM标准的目标之一使得医疗人员可以在同一个网络内分享从不同供应商提供的医疗设备上产生的医疗影像数据。此外，该计划也允许其他的图像和非影像医疗设备接入到网内。最后的这个功能目前还没有被充分发掘。迄今为止，大部分带有DICOM功能的设备都是非便携式的放射性仪器，例如用于磁共振成像，计算机断层扫描，荧光透视，X射线成像，超声及其他设备。这些设备都是基于非常强大的工作站、高速处理器、海量内存存储功能以及医疗图像分析算法。在这些大型的设备上应用DICOM标准将得到继续发展，同时这个趋势也使得更多便携式设备加入医疗工业化的进程中。

便携式家用产品例如超声仪、血压计和心率计等正在成为新一代的保健仪器。它们为患者在家中提供了重要的健康数据，但把这些数据传送给医护者却存在问题。在健康保健领域，小时、分钟甚至每一秒钟，医疗专家越早获得信息就能更好的为患者提供医学护理方案，减少这个时间意味着生死之别。因此，正需要将DICOM标准应用在便携式影像及非影像医疗设备中，使它们兼容已有的网络系统。目前，人们很容易通过在家中或通过GPRS蜂窝服务来连接互联网。这些便携式医疗设备正需要利用这一便利的条件来共享信息。

便携式设备的DICOM标准

医疗市场正需要带有DICOM服务的便携式设备。这可能需要开发便携式的媒体播放器来访问并下载影像数据供专家分析诊断使用。目前，一些放射线专家正在使用带有DICOM浏览器软件的个人掌上电脑PDA来浏览相关数据。然而，较低的显示分辨率，较低的图像处理能力及其他一些局限条件限制了专家使用这些设备进行诊断的能力。

由于DICOM采用的JPEG图像无损压缩格式，一个基本的JPEG浏览器就可以显示这些图像，但用户需要对图像的分辨率，灰度，亮度，对比度以及其他一些因素仔细分析，才可以作出诊断。研究表明，5百万象素对于大部分X射线影像研究已经足够使用，但对于检测乳房肿瘤的X射线影像则需要1千万象素级别。

医疗领域一般采用两种不同类型的显示器。商用显示器用来显示仅供参考的图像。对于用于诊断的图像显示，则需要采用专门的医疗影像显示器，如表1列出的一些医疗专用显示器的特点。

医疗显示器主要的特点

Emission	单色
最大亮度	>400 fL
支持的分辨率	4000 x 5000, 至少要求 2000 x 2500
奈奎斯特频率处的调制传输函数 MTF值	0.70
归一化调制传递函数MTF值	± 0.05
归一化大区域亮度	< ± 0.1 dB
内部动态范围	>500:1
噪声功率谱	白噪声
每象素总信噪比	>100:1
大面积失真	< ± 1%
刷新率	静态或 >72 Hz
内部灰度	感知线性
重写屏幕的时间	<1秒

表 1

目前，医疗显示器的价格超出了绝大多数的中小型医院或独立的放射学专家的承受能力。这种情况迫使用户使用商业显示器或者LCD显示器，但因此无法获得诊断所需的所有显示能力。

还有一些市场需要升级的放射线设备。例如在发展中国家的医院需要采用DICOM标准的环境，但无法代替它们所有

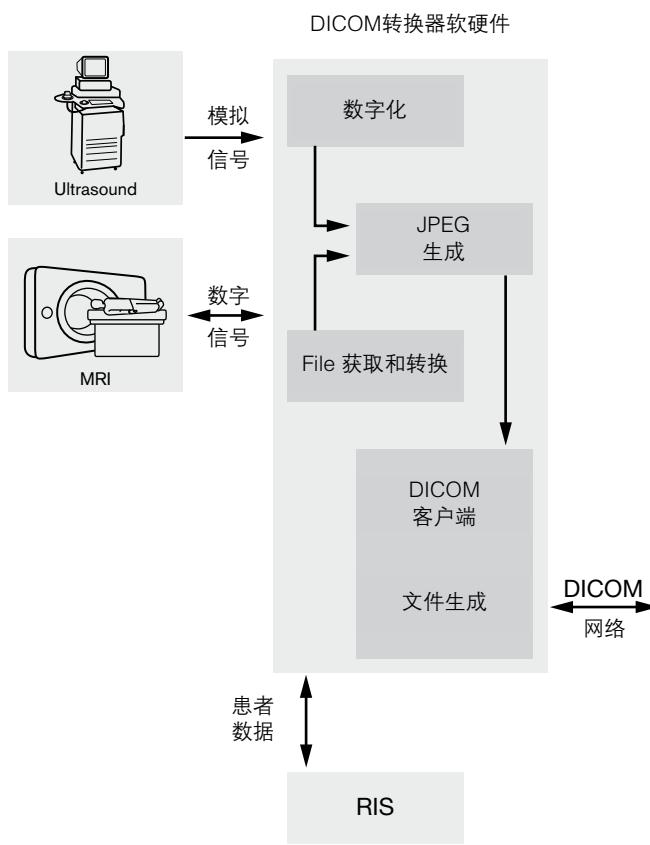


图3

兼容DICOM的便携式超声仪

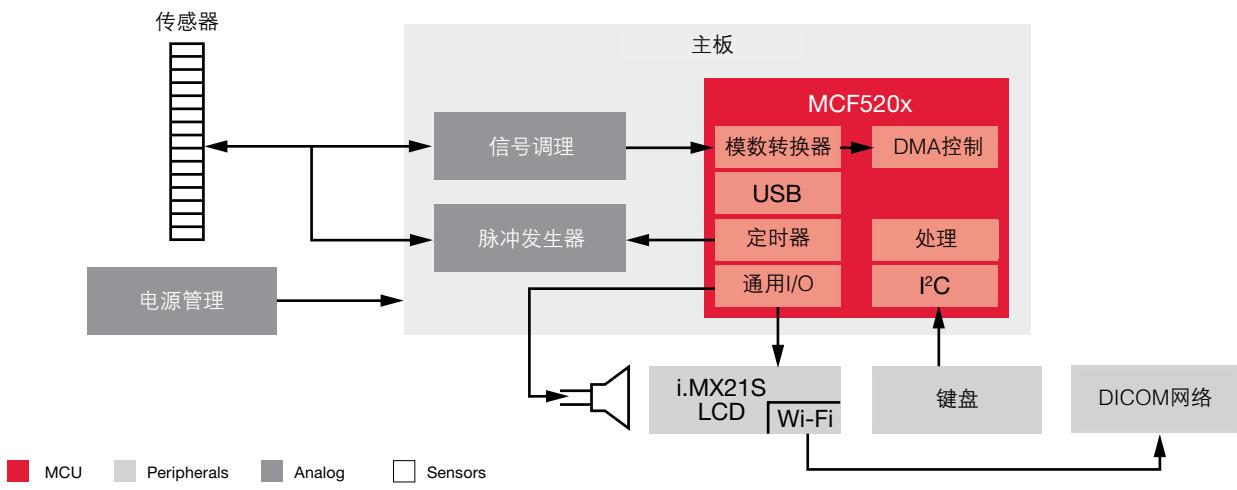


图4

Rodolfo Gonzalez作为硬件设计工程师于2006年加入飞思卡尔。在此之前，他在国家天文物理光电研究所为放射线设备设计了DICOM接口，还为电子导航系统设计了数据采集装置。此外，Gonzalez 还为墨西哥军队开发过许多项目。

Leonardo Mangiapelo

电子测角器的实现

基于飞思卡尔低重力加速计

简介

康复工程是工程学的系统应用，它针对单个伤残人士所面临的问题进行设计、开发、改编、测试、评估以及应用并提供相关的技术性解决方案。对康复与生物医学工程师来说，测量关节角度的精确性非常重要，这并不亚于其对理疗和人类工程学专家的重要性。角度数据对于识别异常的形状以及描述损伤、伤残和残疾的特征来说是必不可少的。伤残病人，即那些偏瘫（半身瘫痪）和轻偏瘫（半身虚弱但并不瘫痪）病人，可能会在一些肢体活动中体验到速度和幅度的受限。在这些情况下，使用电子测角器来测量如肘部和膝部等关节的角度，可以有效地帮助确定伤残的程度。电子测角器是一个使用角度传感器的电子设备，它使用诸如电位计、变形测量器或最新的加速计来记录量得的尺寸数据。

通用技术

最常见的电子测角器一般都会使用下列三种传感器方案中的一种：

电位计式电子量角器

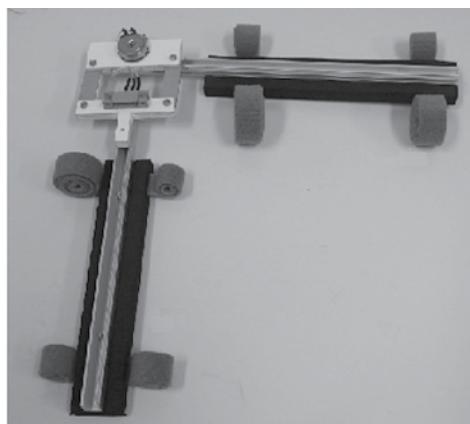


图1

电位计：将一个电位计单元粘在一个关节转动点上。电位计的电阻可用来测量关节间的角度。这一类的电子测角器稍微有点笨重，会约束病人的活动。仪器的精度也会有损失，因为它无法跟随关节转动轴的变化而变化。

可变电子量角器

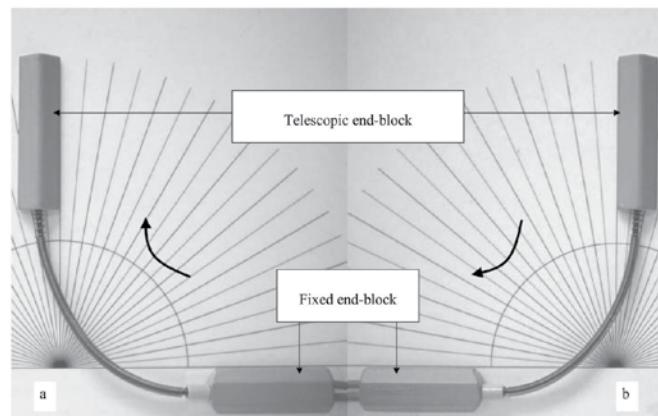


图2

变形测量器：也称可变电子测角器，它是一可发生形变的弹簧条，并通过塑料接头固定在两端。变形测量器的工作原理在于弹簧条能按比例地随着两个塑料接头纵轴之间夹角的变化而改变其电阻值。变形测量器有重量轻、便携、易使用的优点，它并不会约束病人移动，也不会干预病人的活动，并能很好适用于身体的不同部位。目前这类电子测角器是最受欢迎的。



使用加速计测量角度

飞思卡尔提供了多种多样的加速计用于电子测角器方面的应用。其特性如下所示：

- 按测量能力划分为低重力加速计、中重力加速计和高重力加速计，测量范围覆盖1.5至12g
- 支持单轴、双轴和三轴测试，提供了更高的应用灵活性
- 支持模拟和数字(I²C/SPI)输出信号格式
- 快速反应时间、低电流损耗、低电压操作和待机模式，都内嵌于小型封装，用于探测下降、倾斜、运动、定位、震动或摆动

飞思卡尔MMA1260 (Z-感应轴) 低重力加速计是一个不错的选择，它的性能如图4所示。

对比图4和图5，可看到当加速计处于一个静态水平位置时，或零角度(a)，它的水平轴会受到地心引力的加速，即为+1g，此时它的模拟输出电压为最大值。如果它正向(c)或反向(b)旋转90度，轴向的加速度为0g，模拟输出电压则为中间范围值。如果它旋转180度，反向的重力加速度将为-1g，同时它的模拟输出信号为最小值。

通过使用这个性能以及简单的线性技术，一个简单的8位微控制器(MCU)，像飞思卡尔的带USB功能的MC9S08JM(S08JM)，就能配合一个加速计来测量任何表面和水平面之间的一维角度。在这种情况下，一个模数控制器(ADC)通道被用于转换模拟信号，并将其处理为数字角度信息。然而如果加速计使用I²C或SPI作为输出的话，ADC就不需要了。而且，如果使用飞思卡尔的3轴数字输出加速计MMA7455L的话，这个方案可扩展为测量两维和三维的角度。同时，如果可以收集更多的信息，还可能生成一个被测部位的三维图像，而不是仅仅测量两个部位之间的相对角度。

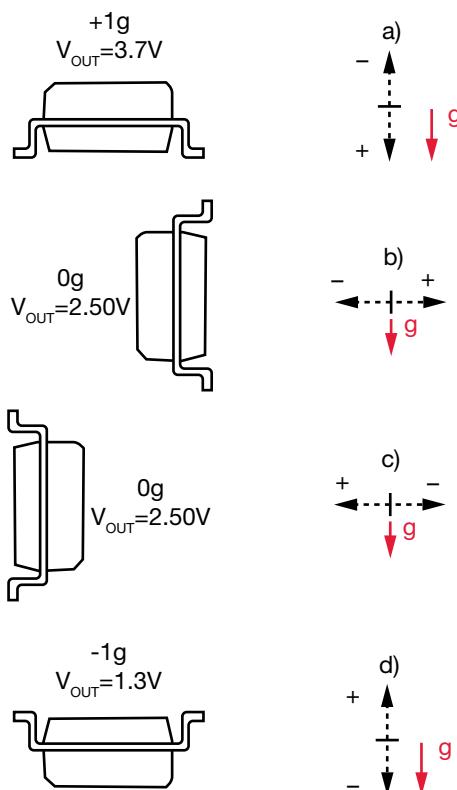


图3

光电系统：这些是由跟踪放置于病人身体不同部位光标的一个或多个摄像机所组成的视频系统。这些光标既可以是红外发光二极管，也可以是固态的反光条。系统时刻跟踪光标的垂直水平坐标，并通过计算机软件处理这些信息来确定所关注身体部位之间的角度。尽管光电系统能提供很高的精度，但它们的校准步骤与数据分析却耗时甚多。

加速计性能

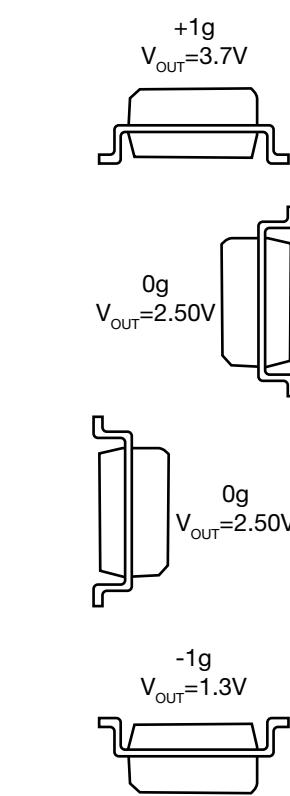


图4

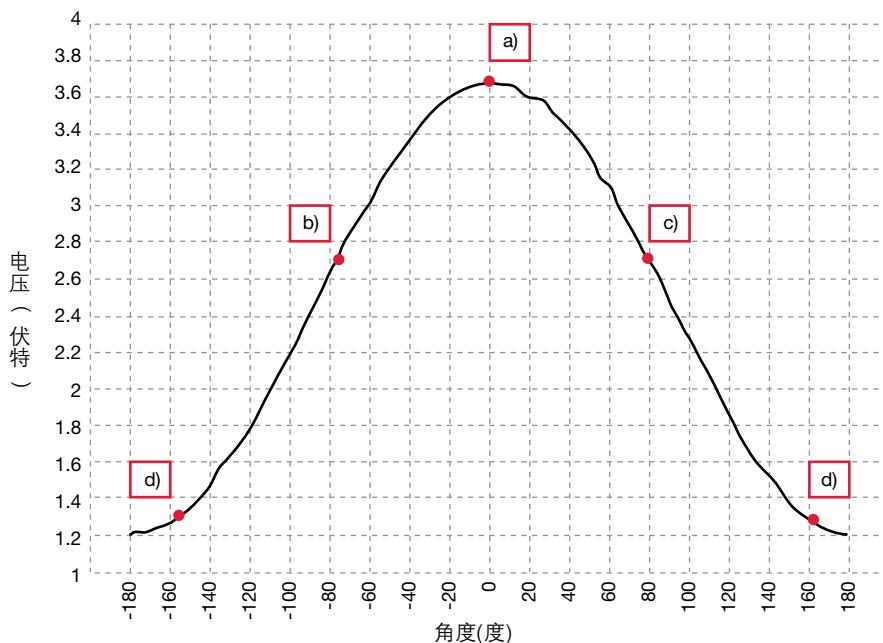


图5

HCS08JM系列微控制器

特性	MC9S08JM8	MC9S08JM16	MC9S08JM32	MC9S08JM60
内核	HCS08 Core	HCS08 Core	HCS08 Core	HCS08 Core
Flash (KB)	8	16	32	60
RAM (KB)	1	1	2	4
USB RAM (字节)	256	256	256	256
KBI	多达7	多达7	多达8	多达8
ADC	多达12个通道, 12位	多达12个通道, 12位	多达12个通道, 12位	多达12个通道, 12位
SCI	2	2	2	2
I ² C	支持	支持	支持	支持
全速 USB 2.0	设备	设备	设备	设备
封装	48 QFN, 44 LQFP, 32 LQFP	48 QFN, 44 LQFP, 32 LQFP	64 QFP, 64 LQFP, 48 QFN, 44 LQFP	64 QFP, 64 LQFP, 48 QFN, 44 LQFP

表 1

S08JM系列微控制器

S08JM系列是低功耗高性能8位微控制器HCS08系列的一部分。它提供了一款工业高性价比的USB控制解决方案，从而扩展了飞思卡尔入门级USB控制器的产品种类。通过支持片上USB2.0全速设备，S08JM系列为工业和消费应用提供了一个经济、快速便捷的方式来标准化串口通信。该系列所有的微控制器都使用增强型HCS08内核，并配备了不同模块、内存大小、内存类型和封装。对该应用来说，S08JM8微控制器是一个不错的高性价比的选择。因为它拥有所有实现电子测角器所需功能的外设。这包括了ADC、I²C/SPI和USB通信。您可以在www.freescale.com/8bit上找到更多相关该系列和其它8位微控制器的信息。

实现

图6是一个使用加速计的电子测角器的原型机。基于原理，我们在平台(A)上构建了原型机，用于研究步进马达(C)和微控电路控制的部件上加速度计的角度行为。关节的角度的仿真是通过步进马达操控连接在加速计轴上部分的运动来实现的。这些加速计(MMA1260)发送给电子测角器(D)一个模拟信号，该信号随着每个部分之间的角度变化而有比例地变化。

然后电子测角器使用简单的ADC转换，将模拟信号转化为数字信号，并使用简单的线性技术从中提取出角度信息。接下来该信息会通过USB通信发送到计算机和LCD显示屏。

加速计式电子测角器的原型机

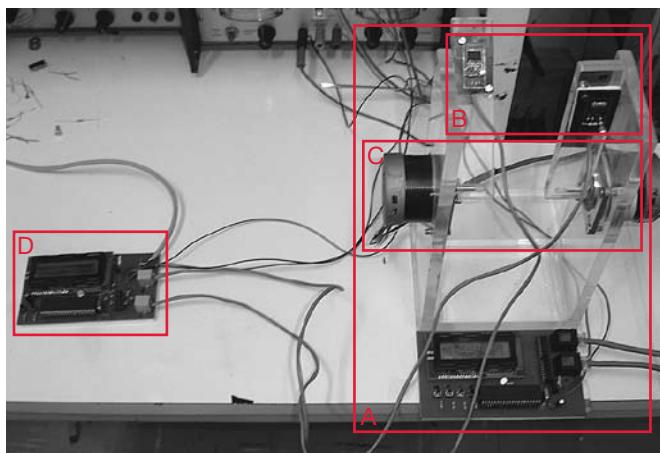


图6

- A)角度测量平台
B)加速计
C)步进马达
D)电子测角器

系统结构图(图7)说明了如何将飞思卡尔低重力加速计作为单一的传感器应用于角度传感器。各部分间的角度可通过模拟或数字通信的方式发送到中央处理器，具体通信方式视使用

的加速计而定。中央处理器，即S08JM微控制器从加速计那儿获得数据，并进行一系列必要的计算后，将该信息发送至LCD显示屏。USB通信也能将该数据发送至打印机或存储下来以进行下一步的临床分析。

总结

通过使用本文所描述的方法和技术，可以为电子测角器实现一个精确、低功耗的角度测量系统或其它用来测量静态角度的应用。本文致力于如何实现单轴测量，但同样的方法也能适用于双轴和三轴的测量。使用飞思卡尔加速计的多轴测量能为任何部分产生一个全三维图象提供必要的数据。

重要的是要注意该方案对静态角度的测量是极其有效的，尤其是在像偏瘫和半偏瘫等有行动限制的病人的临床案例中，电子测角器对于测量、监测和记录病人表现以及治疗结果上是非常有用的。然而，该方案并不推荐在很多运动医学案例中使用，高速的肢体运动可能会导致测量错误，因为那时并不仅仅是重力加速度在起作用。虽然如此，对那些行动不便的病人的测量研究来说，加速计式电子测角器是高效率且划算的监测工具。

电子测角器的实现结构图

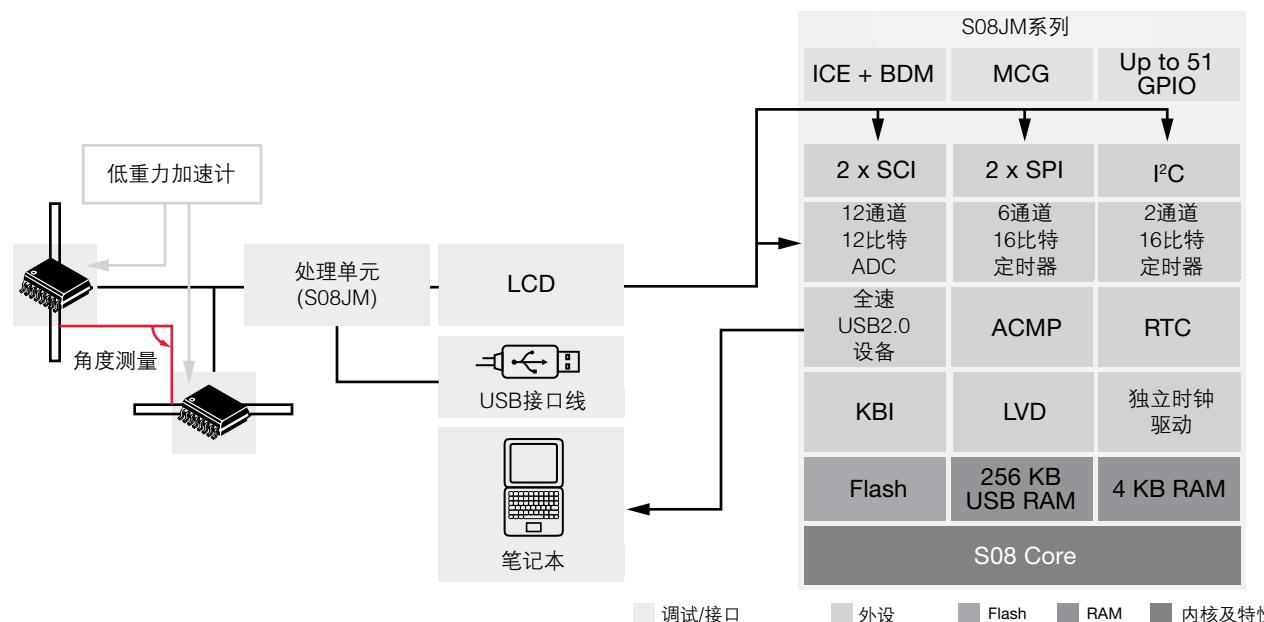


图7

Leonardo B. S. Mangiapelo 于2007年7月在伊拉索耳台拉的圣保罗州立大学获得学士学位。他曾在巴西的工业自动化行业中工作过，并于2008年5月通过科学技术部计划加入飞思卡尔的SASD团队并担任数字验证工程师一职。

Thomas Böhm

扭矩控制问题

电气动力转向系统

电气动力转向系统根据不同人体的需要提供可变的转向比，消除动力传动系统的影响，甚至调整有效的转向扭矩，从而在危急情况下提供了更高的车辆安全性能。除此之外，相比于液压转向系统，电气动力转向系统可以使得车辆更轻、更省油。

为了满足复杂的电机控制功能的需要，只有高性能的MCU才能提供足够的计算能力和专门的外围设备，所以目前动力转向系统的中枢电子部件是32位的MCU。同时，由于动力转向系统是一个事关安全的功能系统，因此这也需要支持整个系统功能安全的MCU新组件。

本文概述了飞思卡尔基于Power Architecture®的最新一代MCU产品，并描述了该产品如何应用于动力转向系统中；同时本文也对适用于电机控制的交叉触发单元，监控和报告安全关键信号的故障收集单元等新单元进行了说明。

引言

近十年来，先进的底盘控制技术和完美结合车辆安全与节能的电气动力转向技术(EPS)已经成为车辆安全系统的主要技术驱动者。随着二十世纪九十年代中期第一款电气动力转向系统进入市场以来，纯电子转向系统几乎已被移植到汽车市场的每一个角落。

相比于使用液压动力转向系统的汽车，使用电气动力转向系统(EPS)的现代汽车能大大地降低油耗。业界研究表明，安装电气动力转向系统(EPS)的车辆要比安装传统液压动力转向系统的车辆节省多达85%的能源，这意味着每百公里里程的油耗可以降低多达0.3升。电气动力转向系统(EPS)由于仅在真正需要辅助转向时才动作，因此它是非常节能的。相应地，由于EPS的引入，也不再需要永久的引擎负载。

此外，EPS系统能根据不同的车速采用不同的转向扭矩并根据不同的驾驶情况进行扭矩优化，这使得EPS系统也能帮助保证更安全的驾驶操纵。例如像驻车这种低速制动操作，EPS会比高速驾驶时提供更高级的助力辅助，随着车速逐渐减小的动力转向辅助能让你体会更直接的转向操纵并传递更佳的路感。

EPS配合集成的传感器和网络互联，并通过改进的动态控制和预警功能，能进一步提高自身的安全特性：

- 改进的车辆动态控制
 - 在过转向情况下帮助和引导驾驶员以额外的转向扭矩以防过转向
 - 配合电子稳定控制系统缩短在不同摩擦系数路面上的停车距离
- 预警功能
 - 产生轻微的反向扭矩以防止车辆无意地漂移出车道

系统概述

依照所需辅助作用力的大小，存在不同类型的EPS系统，这些不同架构的EPS系统包括：

- 杆式驱动系统
 - 适合较小转向力的相对较轻的车辆
 - 与驾驶杆集成在一起的直流或无刷直流EPS电机
- 齿条式驱动系统
 - 适合较大转向力的相对大型的车辆
 - 无刷直流EPS电机直接将辅助作用力作用在转向齿上

但对于所有各种架构的EPS系统，它们的共有部件包括集成转向角传感器的转向轮，转向扭矩传感器，动力转向控制模块和产生所需辅助作用力的电机。

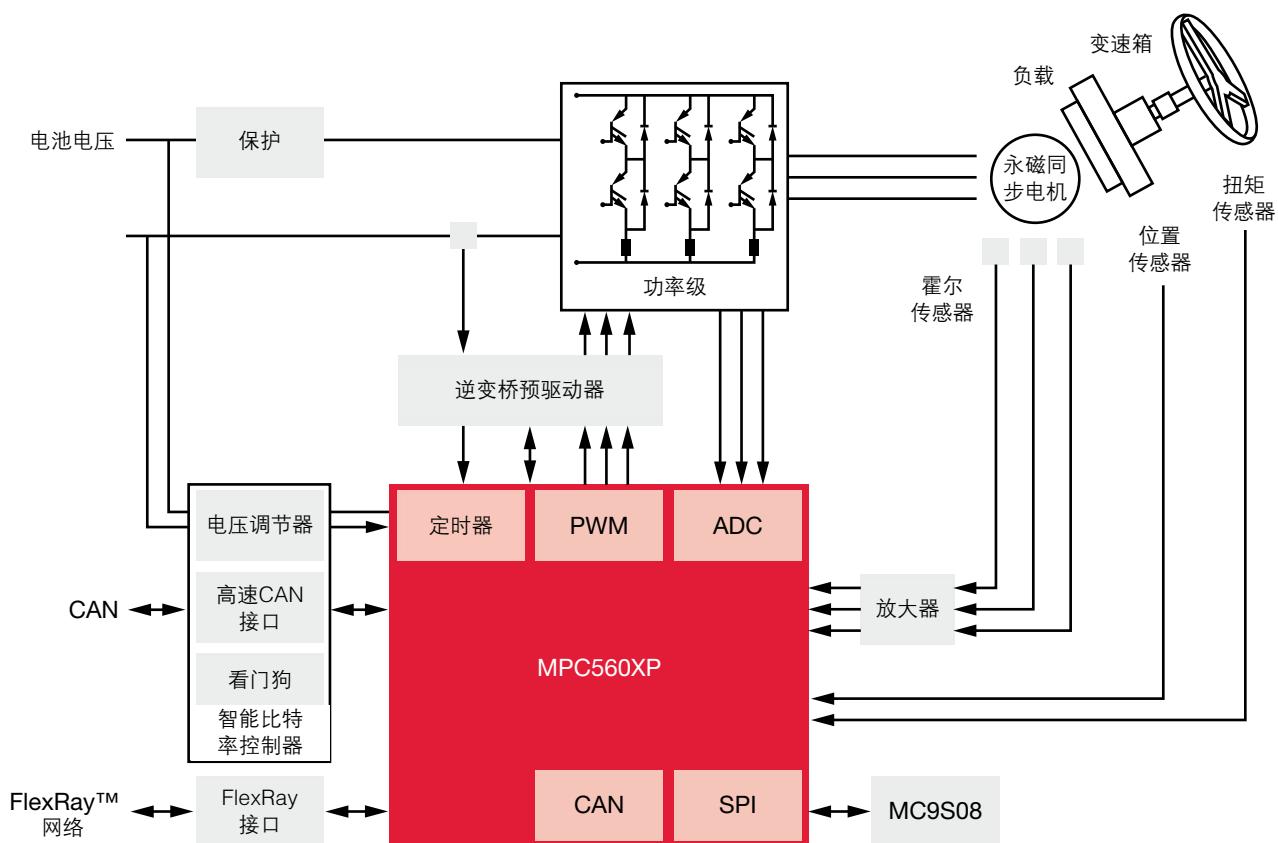


图1

永磁同步电机(PMSM)由于其高效和高可靠性的特点目前被广泛地应用到电气动力转向系统中。为了最小化永磁同步电机(PMSM)在产生最大扭矩时扭矩非线性的特性，一种称为矢量控制的先进的电机控制方法被采用。在矢量控制系统中，电机的定子相电流和转子位置信息需要实时进行处理。

图1显示了动力转向控制模块的基本结构以及其主要的功能：

- 产生和监控组件的电源电压
- 监控/预处理转向扭矩传感器和转向角传感器的信号
- 通过CAN或FlexRay™协议接收车辆速度和引擎速度信号
- 接收来自例如制动控制系统等其它系统的控制输入信号
- 计算所需的辅助作用力/扭矩
- 电机信号处理和扭矩矢量控制
- 产生调节和控制动力转向系统中三相电机驱动器MOSFETs的 PWM信号

飞思卡尔基于Power Architecture®的MPC560XP系列MCU专门为先进的电机控制应用而设计。该系列产品提供了用来获取电机控制信号的高精度模数转换器(ADC)和定时器功能模块，基于哈佛结构的高性能核处理单元以及能产生中心对齐、边沿对齐和非对称PWM波形的脉宽调制模块(PWM)。

新推出的系统基础芯片MC33905系列产品集成了为32位MCU以及动力转向控制单元其它组件提供的电源管理解决方案。MC33905系列产品包含了两个5V/3.3V可选的电压调节器，一个ISO11898高速CAN接口和两个LIN2.0接口。这些集成的监控单元能满足系统低压检测和电压、电流以及温度保护的功能需求。

MC33937预驱动器集成了具有超过1A电流栅极驱动能力的上桥臂和下桥臂FET的驱动器。该芯片能与微控制器的PWM输出通道接口直接连接，并能通过SPI串行端口进行用户配置。

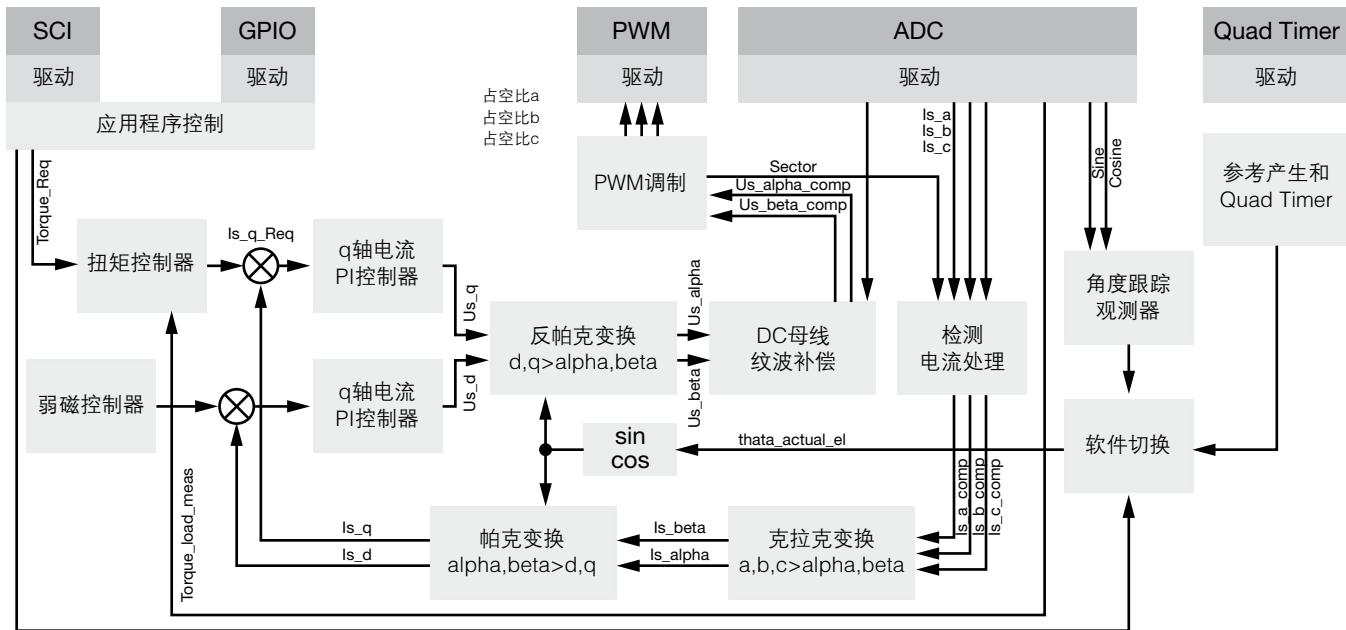


图2

技术挑战

矢量控制为输出最大扭矩，将永磁同步电机的转子磁场和定子磁场按一定的方向进行排列，最佳的解决方案就是保证两者磁场彼此相交成90度。这种为保持90度磁场排列的方案就是所谓的磁场定向控制(FOC)。

典型永磁同步电机(PMSM)控制方案的周期大约为50μs，在一个控制周期中，需要完成以下控制事务：

- 电机相电流和直流母线电流的测量和计算
 - 编码器/解析仪信号的处理和转子位置的计算
 - 电机电流(i_d, i_q)的克拉克/帕克变换处理
 - 处理电流控制算法
 - 通过反帕克/克拉克变换产生新的PWM信号

由于上面描述的控制事务和功能安全系统的需求，电气动力转向控制单元的设计者需要面对以下的技术挑战。

快速而精确地获取状态变量

若给定PWM的控制周期，为获得直流母线电流和(或)相电流，需要快速而精确的模数转换器(ADC)。为了可以在一个PWM周期内完成多个数据点的过采样，ADC需要具备快速的转换速度。典型地，在至少保证9位转换精度的情况下，ADC的转换时间不应超过 $1.5\mu\text{s}$ 。

实时控制代码处理

为了获得新的PWM控制值来驱动电机，测量/计算的相电流必须被变换为基于旋转参考坐标系的直轴分量和交轴分量。这种变换的好处是电流分量的稳态值是直流值，使得可以通过相对简单的PI控制算法实现误差补偿的目的。最终，作为结果的控制信号被反变换为三相量，并通过PWM输出而达到控制电机的目的。图2就是一个电机控制周期的典型实例。

A/D转换, 定时器输入和PWM的同步

在如上所述的控制方案中，确定状态变量获取的时间是非常重要的，例如与PWM周期相关的电流和位置计数器等信息变量的获取。对于传统的MCU外设，复杂的时序安排需要占用大量的CPU资源，例如ADC的配置和改写处理，或预设下一个控制周期的定时器和PWM模块的寄存器。

满足功能安全标准

EPS系统是一个关键安全部件，因此需要满足诸如IEC61508或ISO26262等行业标准的需求。为了防止故障让系统进入安全状态，动力转向控制单元艺术般的功能安全概念要求MCU具有精细的故障监控功能。收集和报告内部故障（甚至当CPU也处于故障状态时）是动力转向控制器方案的基本技术要求。

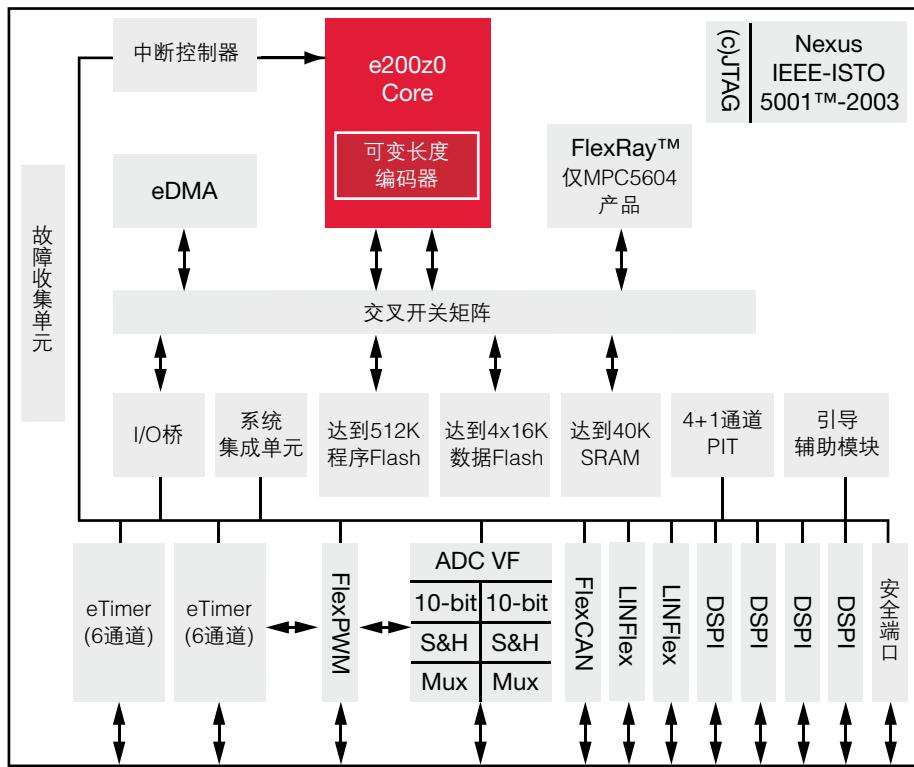


图3

适合电机控制的MPC560xP控制器系列产品

飞思卡尔新推出的基于哈佛结构Power Architecture®核和带有强大电机控制外设的32位MPC560xP系列产品，为EPS和其它高端的电机控制应用提供了完善的解决方案。这些特色包括：

- 具有变长度压缩操作码的高性能64MHz32位基于Power Architecture®的CPU
- 达到512KB带有纠错码(ECC)功能的片内Flash存储器，额外的适用于系统配置数据和故障事件存储的带ECC功能的4X16KB片内数据Flash存储器
- 达到40KB带有ECC保护功能的片内RAM
- 一个16通道的增强型直接存储器访问(eDMA)控制器
- 两个eTimer模块，每个模块有六个定时器，可级联的具有16位分辨率的计数器和正交信号解码器
- 一个带有可配置死区插入和故障输入的具有16位分辨率的PWM模块
- 两个支持同时转换的模数转换器(ADC)模块，在+1LSB线性误差条件下，转换时间少于1μs

- 允许在PWM周期内自动产生ADC触发请求的交叉触发单元，无需CPU干预和DMA动态配置优化
- 四个串行外设接口(SPI)模块，适用于与系统基础芯片MC33905，预驱动器MC33937和其它控制单元部件进行通讯
- 两个支持LIN协议的串行通讯接口(SCI)模块
- 多达两个带有32个消息缓冲器的CAN模块
- 一个双通道带有32个消息缓冲器的FlexRay控制器，适用于其它控制单元的安全通讯
- 甚至在CPU故障的情况下，也能收集和报告内部控制器故障事件给外部电路的故障收集单元(FCU)
- 支持诸如一个可编程看门狗定时器，冗余的16MHz内部RC振荡器，结温传感器和一个不可屏蔽中断等安全模块
- 片内支持3.3V和5V的单电源电压调节器

为了保证最优的外设性能和最高的Timer和PWM分辨率，所有与电机控制相关的外设模块能被配置使用一个专用的高达120MHz的时钟源。而其它的外设模块只能使用64MHz的主系统时钟。

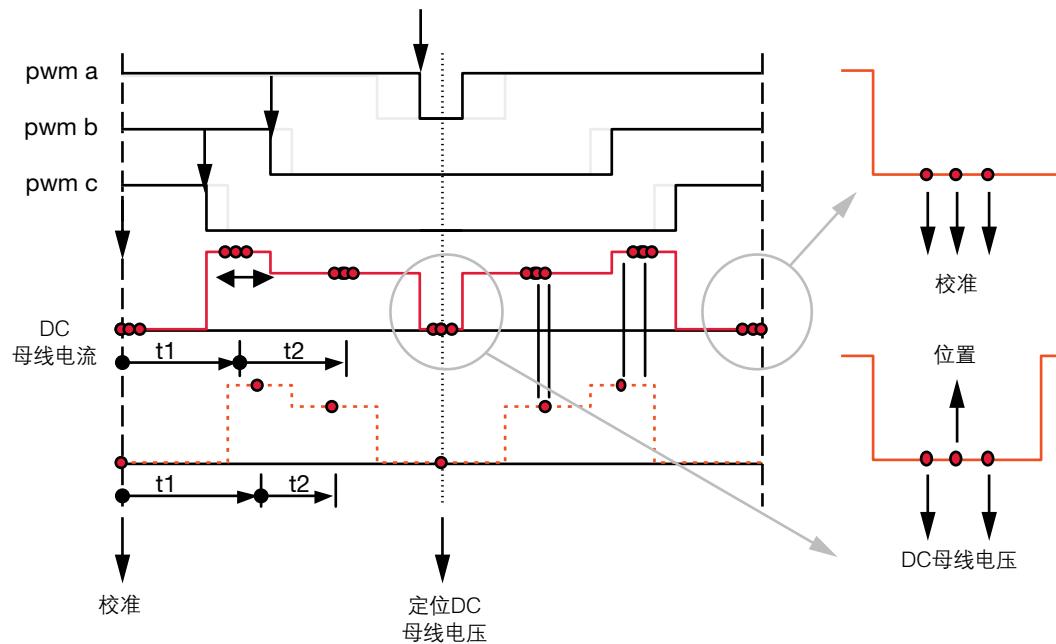


图4

状态变量获取：时序问题

正如前面所讨论的，安排状态变量相关于PWM周期的获取时间在技术上具有挑战性，这往往花销MCU重要中断的时间。为了完全避免在获取关键状态变量时对CPU的开销，MPC560xP系列产品引入了一个新的硬件组件——交叉触发单元(CTU)。

CTU的输入信号不仅可以来自诸如PWM和Timer等控制器的内部模块，而且也可以来自GPIO口的外部触发信号。同时，接收到的输入信号可以配置为上升边沿有效，下降边沿有效或者两个边沿均有效。触发发生器处理基于输入选择的输入信号，有效边沿定义和主机重载信号的产生。基于输入信号，触发产生器可以产生多达八个触发事件。以下两种模式被支持：

- 触发模式：每个输入信号源可以产生多达八个触发事件输出
- 顺序模式：每个输入信号源仅能产生一个触发事件输出

按照产生的触发事件，调度单元产生特定的输出，这些输出包括：

- ADC命令或命令流
- Timer模块脉冲
- GPIO的外部触发脉冲

实例：A/D转换

为了避免CPU的任何干预，ADC模块必须由CTU来控制，这需要ADC模块切换到CTU控制模式，允许当触发事件发生时调度单元能发送ADC命令。

作为传统转换结果寄存器的替代者——FIFO，ADC转换结果被存储在四个FIFO队列中的一个，这些FIFO队列会根据所获取状态变量的类型（例如：相电流，转子位置和参考地噪音）来分发转换结果。

为了最小化CPU的负荷，CTU完全支持DMA方式，由触发产生单元提供的主机重载信号能作为DMA的请求信号使用。比如，DMA可以用来从结果FIFO中读取转换数据。

所有CTU寄存器都是双缓冲的，这允许当前的状态变量正在获取时新的配置信息能被同时设置。图4是A/D转换触发时序的例子，通过使用新的CTU模块，可以实现高效的A/D转换。

功能安全：故障收集

这里将介绍MPC560xP系列产品的另一个创新单元——故障收集单元(FCU)。这个硬件模块的目的在于在至关安全的应用中简化控制器级的故障报告机制。FCU能处理诸如系统时钟丢失, PLL死锁或多位纠错码(ECC)失效等多达32个控制器内部的故障信号。此外, FCU模块还允许用户选择应对故障信号的不同处理方式, 这些处理方式可以配置如下:

- 无动作: 不需要特定的计数器管理故障
- 告警: 允许软件和/或硬件恢复故障
- 故障: 通过两个专用的GPIO引脚与外部电路进行直接通讯

有三个不同的协议能用来支持FCU与外部电路的通讯。dual-rail方案就是其中一个支持协议的例子。只要没有重要的故障发生, FCU的输出引脚将按配置的频率(默认频率为976Hz@64MHz)在(0, 1)和(1, 0)之间翻转。当有故障被检测, 这些输出引脚将按同样的频率在(0, 0)和(1, 1)之间翻转, 这允许外部电路让系统进入安全状态。

为了保证CTU在其它控制器模块或CPU故障状态下仍能正常工作, CTU模块使用内部独立的16MHz的RC时钟源, 这允许CTU在其它控制器模块故障的情况下仍能输出信号以保证系统安全。除CTU模块之外, 另外加以诸如可编程的看门狗定时器, 结温传感器和FlexRay控制器等安全组件的微控制器产品可以满足IEC61508或ISO26262认证系统设计的要求。

小结

飞思卡尔基于Power Architecture®的MPC560xP系列控制器产品为诸如EPS等先进的汽车马达控制应用提供了最优的解决方案。像状态变量同步获取这样的技术难题通过引入新的交叉触发单元(CTU)加以解决。同时, 由于PWM模块, Timer和ADC的硬件同步, CTU将能大大降低CPU的中断负荷。

新引入的硬件组件——故障收集单元(FCU)按照IEC61508和ISO26262安全标准支持动力转向系统的安全认证。FCU旨在至关安全的应用中减轻控制器在故障报告上的负荷和完善MPC560xP系列控制器产品的安全特征。MPC560xP系列控制器产品配合MC33937预驱动器和MC3390x系统基础芯片的解决方案, 集成了电源, 网络接口和信号监控能力, 这为艺术般完美的EPS系统提供了主要的基础模块。

作者Thomas Böhm工作于德国慕尼黑, 是飞思卡尔半导体底盘, 安全和驾驶辅助方案的全球市场经理。Thomas Böhm于2000年以系统工程师的身份加入飞思卡尔, 自2004年以来, 他已工作在多个业务部门的岗位。Thomas Böhm获得开姆尼茨科技大学电气工程学士学位, 并获得英国开发大学商学院的MBA。

Oziel Hernandez, Varun Jain, Suhas Chakravarty and Prashant Bhargava

定位监测系统

基于IEEE® 802.15.4/ZigBee®技术

Freescale的ZigBee®技术可以帮您确定孩子所处位置

在本文中，您将学习到如何使用飞思卡尔的ZigBee技术来实现一个低成本低功耗的定位监测系统，该系统适用于室内环境，而这正是其他定位系统所不能比拟的。本文可帮助系统设计者了解协作式定位的基本概念。

无需GPS的定位监测存在吗？ 它又是如何工作的？

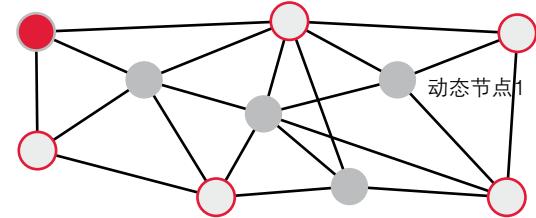
无论您是否相信，不用昂贵的全球定位系统(GPS)设备也可以在室内找到人或其他物品。并且由于全球定位系统卫星的视线(LOS)被建筑物遮挡，其在建筑物内的表现十分有限。

ZigBee网络稳健的性能正是开发一套定位监测系统所必须的，该网络可由低成本的IEEE802.15.4嵌入式设备组成。然而在这一点上，澄清什么是ZigBee技术和IEEE802.15.4是十分重要的，因为有时它们被错误地交换使用。

IEEE802.15.4标准是一套定义了物理层(PHY)和介质访问控制层的无线标准，而ZigBee技术在802.15.4标准之上增加了网络(NWK)层和应用(APL)层的规格，从而我们将其称为完整的ZigBee协议栈。本文中，因为网络性能是由网络层(NWK)来实现的，所以我们建议使用ZigBee兼容的设备来组网。

图1中，我们有一个ZigBee网状网络，网络中的每个设备都可以直接或通过邻近设备与其他设备通信。节点之间的连接可动态更新并能在困难的条件下进行优化。网状网络是分散的，而且网络中的每个节点都是自选路由，可根据需要连接到其他节点。由于使用了按需距离矢量路由协议，这种网状拓扑结构的特点将在条件变化时(自然形成)或当单

ZigBee® 网状网络



□ 静态节点

■ 网关节点

■ 动态节点

图1

一节点失败时(自然整合)提供更大的稳定性。在图1中的ZigBee网状网络里，有三种不同类型的节点，所有节点都工作在同一个IEEE802.15.4的物理链接上。

网关节点(GN)是用来把我们的ZigBee网络连接到外部的计算机或计算机网络上(图2)。它总是使用墙上电源供电，而且无法移动，一般都具有强大的计算能力，所以这些节点通常称为ZigBee协调者(ZC)。

网关节点样板布局

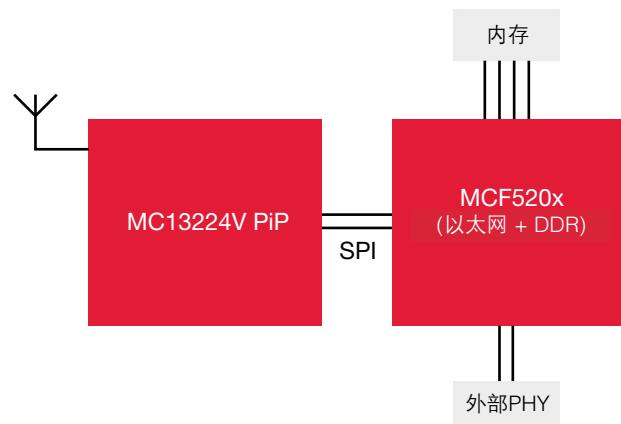


图2

静态节点(SN)一般采用墙供电，并放在已知的固定位置(无法移动)，因为它们将作为其他我们所要定位的节点参考(图3)。它们也有更强的计算能力。静态节点具有像GPS系统卫星一样的功能。这些节点被称为ZigBee路由器(ZR)。

静态节点样板布局

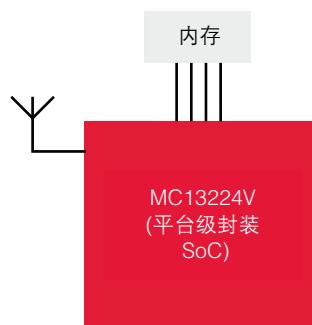


图3

最后，我们介绍动态节点(MN)，它需要电池供电，而且计算能力低，并要求在体积上尽可能小(图4)。这是因为它们不用存储网络信息，也不需要执行与网络相关的服务。如果您想找到建筑物内的某个人，动态节点可以徽章、手镯或其他附件的形式佩戴在人身上。当动态节点用作徽章时，或者说用于ID识别时，甚至可使用存储卡来保存由用户输入的信息或通过LCD液晶显示屏实现一个简便的人机界面。一个动态节点可以是一个ZigBee路由器或ZigBee终端设备(ZED)。

动态节点样板布局

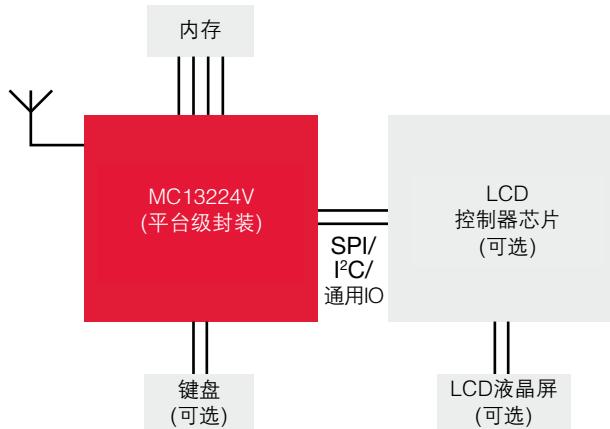


图4

键盘或LCD液晶屏可作为可选配置，例如，当动态节点作为标签来定位在医院或学校里的库存时(详见定位应用部分)。

静态节点应战略性地布置在整个地区，以使我们的定位监测系统能够覆盖整个区域。系统的静态节点越多，性能就越好。现在，我们拥有所有应有的部件，但是这个低成本、低功耗和低复杂性的本地定位系统是如何工作的呢？让我们回到图1。假定需要定位动态节点1(MN1)。你可以看到MN1是在三个静态节点附近(即在其传输半径内)，所以通过多点定位技术，能够判断它的位置。该技术通过信号接收强度指示器(RSSI)或入射角度(AOA)来测量距离。入射角度测量意味着使用多个天线，这就是为什么使用接收信号强度指示器来测量距离会更简单且成本更低的原因。

对基于ZigBee的定位监测系统来说，足够的覆盖率对三角测量是很重要的。记住，我们定位某节点时至少需要三个静态节点到该节点的距离^[3]。但是，当一个动态节点不能直接连接到一个静态节点时，我们应该怎么处理呢？

如图5所示，您可以看到另一种ZigBee网状网络，其中动态节点2和3只和两个静态节点有直接联系。然而，在这种情况下，仍然有可能找到这两个动态节点，因为ZigBee技术提供了一种多重跳跃路由的能力。换言之，动态节点2可以使用动态节点3作为中间跳跃点，从而与动态节点3上面的静态节点建立通信连接，并计算之间的距离。必须强调的是，在这种情况下动态节点3必须是一个带ZigBee路由器功能的节点。

另一种ZigBee® 网状网络

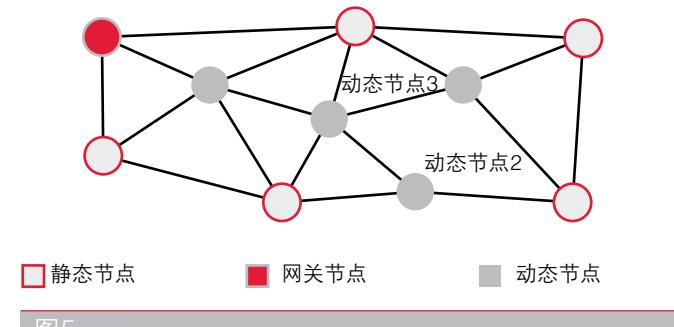


图5

多重跳跃定位监测是一种非常重要的ZigBee能力。

无线技术比较 (ZigBee, Bluetooth, UWB和Wi-Fi)

	ZigBee®	Bluetooth®	UWB™	Wi-Fi
标准	IEEE® 802.15.4	IEEE 802.15.1	IEEE 802.15.3a (需得到批准)	IEEE 802.11 a, b, g (n, 需得到批准)
工业组织	ZigBee 联盟	蓝牙技术联盟	超宽带论坛和 WiMedia™联盟	Wi-Fi 联盟
网络拓扑	所有	星型	星型	介质相关
数据速率	250 Kbps	723 Kbps	110 Mbps–1.6 Gbps	10–105 Mbps
距离	10–300m	10m	4–20m	10–100m
功耗	非常低	低	低	高
电池寿命	碱性电池 (月–年)	充电电池 (小时–天)	充电电池 (小时)	N/A
最大节点数	65,000	8	128	32

表 1

IEEE802.15.4无线技术提供了多达300米的“自由空间”范围，可用于进一步扩大定位系统的覆盖范围。对于室内的应用，范围可下降到约25–75米，这个需根据建筑物的布局、内容和结构而定。

ZigBee技术的特点和优势

因为ZigBee技术的一些重要特性，使之成为实现一个特定的低成本低功耗定位监测系统的最好选择。试想一下，如果您需要通过电池供电的动态节点来实现一个高效率的定位监测系统，而当您每一天不得不更换电池的时候会发生什么呢？ZigBee的低成本低功耗功能可帮助解决不止这一个问题。

ZigBee技术的高性价比特性：

- 工作于免授权的2.4GHz频段或一个GHz区域频段的子集
- 基于标准的解决方案
- 专用于支持遥感、监测和控制等方面应用
- 低复杂度（低内存占用）
- 低功耗（电池供电设备）
- 网状网络（大多数无线网络标准都没有的功能）
 - 自然形成
 - 自然整合
 - 多重跳跃路由协议（AODV路由协议）

在表1中可以看到一些ZigBee技术优于其他无线标准的数据。可以看到，其他所有标准的设计目的都不是旨在应用于监测或控制等方面。

基于RSSI的定位监测算法

通过RSSI算法，动态节点相对静态节点的坐标可在某一允许误差范围内被确定下来，通常小于3米。

基于RSSI的定位监测算法可分为两个阶段^[1]：

- 定数阶段：这一阶段包括校准每一个已知静态节点位置上的接收信号强度值。由于传播媒介和发射方向的不同，无线传播模式表现出不同的非各向同性路径损耗。这个通过动态节点来解决。在静态节点的每个预定距离上收集原始接收信号强度值，并把校准后的值用来确定每一个静态节点的传播常数
- 静态节点周围的不同媒介（空间，玻璃和墙）对信号衰减的影响是不同的，因此，如果所有的静态节点都使用同一个的传播常数的话，就会算错距离。传播常数的校准需要考虑到障碍物，它的计算公式如下：

$$n_i = - \left[\frac{RSS_i - A}{10 \log_{10} d_i} \right]$$

上式中：

n: 信号传播常数或指数

d: 与发送方之间的距离

A: 距离1米的接收信号强度

- A值是无障碍距离静态节点一米上所测得的信号强度
- 概数阶段：这一阶段主要是使用上一阶段得到的传播常数估算距离和位置
 - 距离估计：这种方法基于一个前提：动态节点不会任意移动，而且在一定程度上当前位置和上一位置之间存在着相互关系

- 重要的，由于接收信号强度动态的变化，即使动态节点不移动，也需使用低复杂度的平滑算法，该算法能尽量减少每个静态节点在动态节点移动时收到的无线信号的动态波动。然而，对低成本解决方案来说，仅对搜索对象作一个粗略的定位通常是不够的。
- 平滑算法的基本假设为恒定速度运动将产生一个恒定的数据变化率和固定的噪声过程。
- 平滑算法的估算和预测阶段如下所示：

估算：

$$\hat{R}_{\text{est}(i)} = \hat{R}_{\text{pred}(i)} + a \left[\hat{R}_{\text{prev}(i)} - \hat{R}_{\text{pred}(i)} \right]$$

$$\hat{V}_{\text{est}(i)} = \hat{V}_{\text{pred}(i)} + \frac{b}{T_s} \left[R_{\text{prev}(i)} - \hat{R}_{\text{pred}(i)} \right]$$

预测：

$$\hat{R}_{\text{pred}(i)} = \hat{R}_{\text{est}(i)} + \hat{V}_{\text{est}(i)} T_s$$

$$\hat{V}_{\text{pred}(i+1)} = \hat{V}_{\text{est}(i)}$$

上式中：

$\hat{R}_{\text{est}(i)}$ ：第 i 个平滑估算距离

$\hat{R}_{\text{pred}(i)}$ ：第 i 个预测距离

$R_{\text{prev}(i)}$ ：第 i 个测量距离

$\hat{V}_{\text{est}(i)}$ ：第 i 个平滑估算距离变化率

$\hat{V}_{\text{pred}(i)}$ ：第 i 个预测距离变化率

a, b ：增益常数

T_s ：第 i 次更新时间段

- 象加权线性最小二乘法或最大似然法那样的迭代方法可用来获得动态节点的位置，它是使用经过接收信号强度过滤和常数校准后得到的距离估计值来计算的。该算法需要至少三个静态节点的坐标(x_i, y_i)和动态节点与各个静态节点间的距离(d_i)，这些数据都在定数阶段被估计出来。
- 估算误差会在估算阶段得到修正。那个迭代是反复进行的，直至该误差可以接受。

完整的动态节点位置估算流程可见图6的流程图。

基于RSSI 的位置定位算法

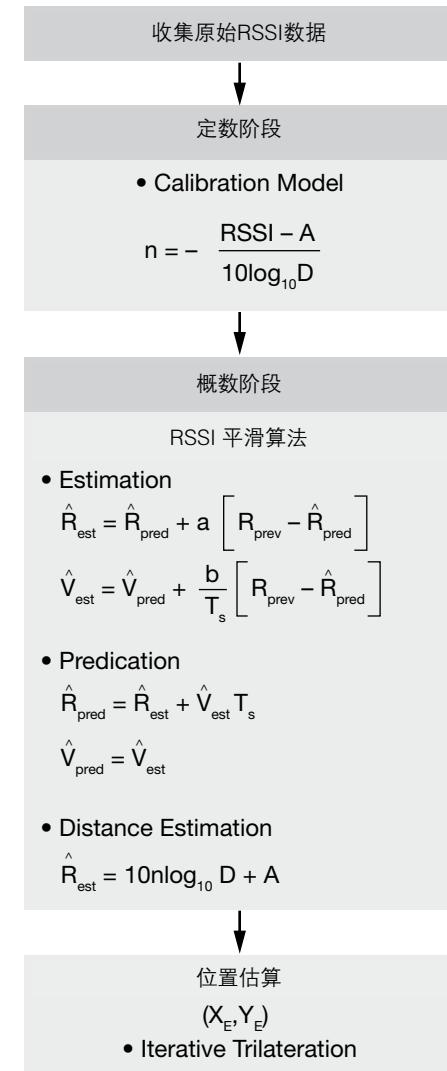


图6

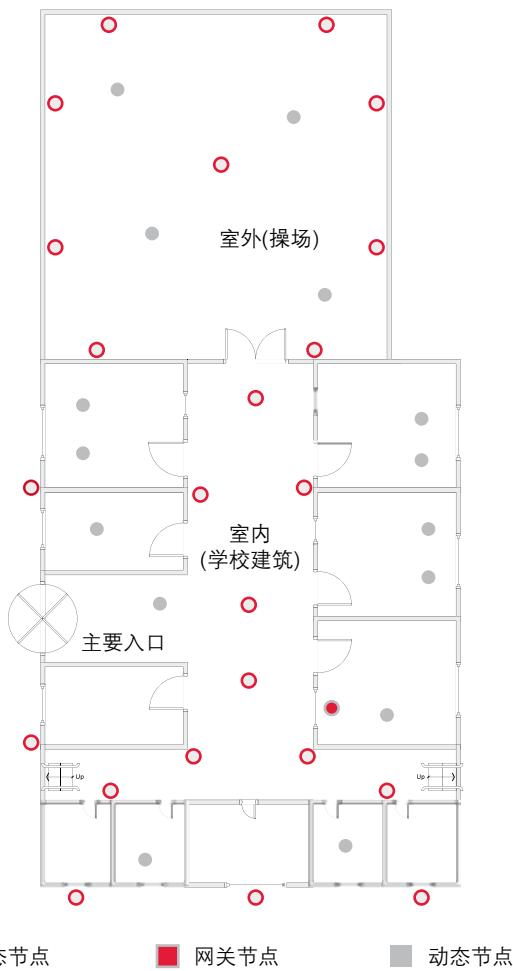


图7

定位技术的应用

定位监测技术可应用于以下几个方面。

定位监测

这类应用的目的是为学校管理者提供帮助，例如，当学生在校内时，可与他们时刻保持联系，甚至在紧急情况下，用来寻找老师。

图7显示了在校园的室内外放置三种类型节点的样例。

在上图的布局中，网关节点被放置在行政办公室。如果是多楼层结构，每个楼层可以放一个网关节点，而且所有网关节点都可通过网络连接到行政办公室的主计算机。静态节点分散放置在建设物四周，它的放置原则是最小化盲点（即一个静态节点无法探测到的部分）以得到最大的覆盖面。这么做的目的是确保任何动态节点始终都能连接到三个静态节点。

动态节点内嵌于学生和教师的ID卡里，他们在学校时一直将此卡佩戴在身上。网关节点定期发送广播信息到静态节点，从而更新网络信息。

通过这个网络，学校管理者可以：

- 掌握学生的行踪
- 广播不同事件的相关信息，如学校集会等
- 监测学生在某些活动领域所花费的时间，并制定了一份关于其行为的报告，以作学校和父母复审之用
- 自动化记录学生出勤状况
- 当需要老师协助时联系他们

如果有学生不在教室或需要被定位，老师只需在任何一台电脑中输入该学生的ID，只要该电脑能通过网状网络甚至互联网连接到网关节点就可以。该网关节点将指示静态节点获取这个特定ID的ZigBee动态节点的位置。

病人监护

该应用与学校应用类似，它能被用来：

- 监测在不同的房间的患者，并通过一个中央服务器（与网关节点相连）将重要的统计数据转交到相关的责任医生
- 时刻与医生和医务人员保持联系，这样就可以更快地找到他们
- 帮助新的病人和雇员熟悉医院建筑布局
- 监测医院的库存设备，这样可以更快地找到设备
 - 在这种应用中，动态节点不需要很多功能，因为它并不需要任何显示器或键盘按钮。动态节点仅是简单的标签，可以将其附着在医院的库存设备上，在紧急情况下可以快速定位，这可以节省对病人护理的时间

本地导航

这种应用可以与在上一节所介绍的本地定位系统协同工作。由于网关节点包含所有的网络信息，它可以帮助一个佩戴动态节点的人指引到特定的建筑物目的地。用户可从预置菜单输入位置，然后导航软件的动态节点的本地定位监测功能将指引用户到要去的地方。

信息交流

一个类似的应用可用于一个遍布广阔区域的大型活动，参加者和组织者都持有ID卡，ID卡可作为网络中的动态节点。除了监测参加人员和给他们在展位和会议厅的迷宫中指路外，可在ID卡中加入一个额外的应用程序，来帮助人们交流业务信息和通信信息。通过滚动菜单，用户可以选择下列任何一种应用功能(图8)：

• 寻人

- 类似于学生定位和病人监护
- 可以帮助追踪行政人员或研讨会与会者
- 使用本地导航功能来找到活动区域内的一个房间或大厅
- 交流联系信息和短信
 - 允许用户交流联络信息、短信（大邮件可以细分成小的文件，然后在收到后重新组合）和名片，这些数据可在活动后下载到电脑上并转移至CD或闪存驱动器中，以供个人使用
 - 发送短消息至研讨会与会者或组织者

ZigBee® ID卡设计样例

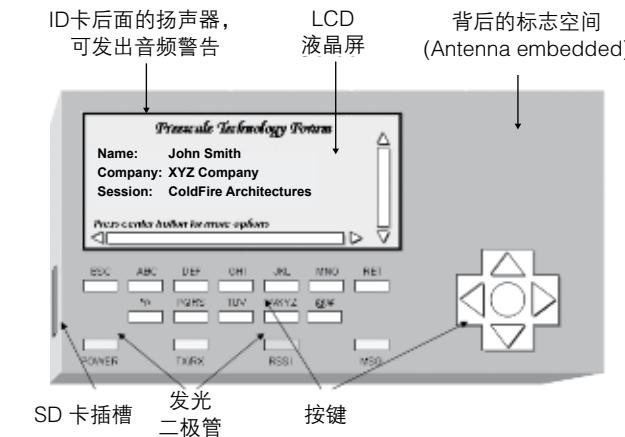


图8

Freescale将ZigBee技术用于定位监测领域

飞思卡尔拥有广泛的ZigBee集成电路和低功耗微控制器(MCU)产品线，可构成支持ZigBee网络的理想平台。

飞思卡尔的MC13224V是ZigBee平台级封装(PiP)，它是最新的ZigBee低功耗平台。高度集成的MC13224V平台级封装简化了RF的设计，使许多不具有丰富射频经验的客户也能创造出强大的支持ZigBee的设计。飞思卡尔也提供一些参考设计，其中包括开发包中硬件的设计细节。您可以得到材料清单、Gerber文件和原理图，并可以复制我们的设计或将其集成到你的产品中。完整的平台设计方法有助于缩短开发时间和缩短其推向市场的时间。

MC13224V平台级封装重要特性包括：

- 兼容IEEE802.15.4标准的片上收发器/调制解调器
 - 2.4GHz
 - 16个可选频段
 - 增强性的加密/解密硬件引擎(128位AES)
- 低功耗
 - 在微控制器活动期间，接收模式的电流消耗典型值为21毫安
 - 在微控制器活动期间，发送模式的电流消耗典型值为29毫安
- 32位ARM7TDMI-S CPU内核，性能可编程，高达26MHz（典型值为24MHz）
- 大量的板载内存资源
 - 28 KB 串行闪存（可镜像映射到RAM空间）
 - 96 KB 静态RAM
 - 80 KB ROM
- 一流的功率耗散
- 丰富的微控制器外设
 - 专用非易失性存储器SPI接口，可用于闪存管理
 - 两个专用的通用异步串口模块，能够以2Mbps传输数据，且支持CTS/RTS
 - SPI端口支持主从操作，并可配置
 - 8引脚的键盘接口(KBI)，支持一个多达4x4的阵列
 - 2个12位模数转换器(ADCs)，共享8个输入通道
 - 多达64个可编程I/O，由外设和通用IO共享
- 无需外部RF组件
 - 只需一个天线用作50欧姆单端射频接口（平衡变换器在封装内）
 - 主振荡器只需一个晶体，片上带可编程的晶体负载电容
 - 所有的旁路电容都在封装内

欲知详情，请参阅MC13224v参考手册^[2]。

飞思卡尔的BeeStack™是兼容ZigBee的协议栈，BeeKit™无线连接工具包提供了一个简单的软件环境，可配置一些网络参数。这个工具包是飞思卡尔独创的，客户可以使用它的向导和下拉菜单来配置ZigBee网络的参数。

飞思卡尔的MC13224V ZigBee评估开发板(部件编号1322x EVK)是专门针对开发ZigBee功能的产品，它提供了必要的硬件和软件工具来简化开发过程。如果使用ZigBee协议的客户另需一个低功耗微控制器，他们可以把MC13202射频收发器和Flexis QE128微控制器组合使用。MC1320x-QE128-DSK提供了一种简单且高性价比的开发平台。

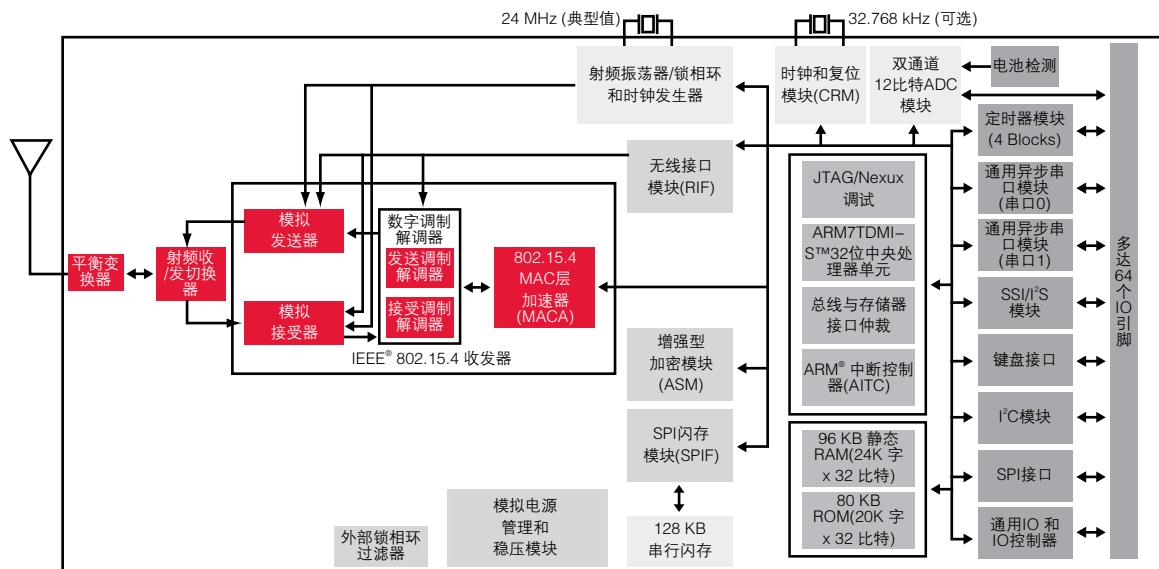


图9

为满足那些低成本和灵活的内存控制器的要求，飞思卡尔推出了MCF520x^[4]系列的ColdFire控制器，它支持外部静态RAM、闪存和SDRAM的内存组合，而且SDRAM可选择单数据速率(SDR)、双数据速率(DDR)或移动双数据速率(M-DDR)。这套高性价比、全功能和简易的M5208EVB开发套件简化了MCF5208产品的开发，加快了客户将产品推向市场的速度。

总结

总之，飞思卡尔的基于IEEE802.15.4/ZigBee技术的定位监测可以使我们的生活更健康安全。通过使用像MC13224V平台级封装那样的产品，可允许设计者实现一个低功耗、高性价比的ZigBee网状网络，通过这个网络能够在各种环境下进行有效的定位监测。

参考书目

- [1] "Enhanced RSSI-Based Real-Time User Location Tracking System for Indoor and Outdoor Environments," Erin-Ee-Lin Lau and Wan-Young Chung, Dongseo University, Korea, 2007 International Conference on Convergence Information Technology, ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=04420422
- [2] MC13224V Advanced ZigBee® Compliant SoC Platform for the 2.4 GHz IEEE® 802.15.4 Standard Reference Manual, www.freescale.com/files/rf_if/doc/data_sheet/MC1322x.pdf
- [3] "Locating the Nodes: Cooperative Localization in Wireless Sensor Networks," N. Partwari, J. N. Ash, S. Kyerountas, A. O. Hero III, R. L. Moses and S. D. Correal, IEEE Signal Processing Mag., vol. 22, no. 4, pp. 54–69, July 2005, ieeexplore.ieee.org/xpl/freeabs_all.jsp?arnumber=1458287
- [4] MCF5208 ColdFire® Microprocessor Data Sheet, www.freescale.com/files/32bit/doc/data_sheet/MCF5208EC.pdf

Oziel Hernandez Salgado是飞思卡尔在墨西哥的无线连接运营部的一个软件工程师。他拥有计算机科学的理科学士学位和电信方面的硕士学位。Varun Jain, Prashant Bhargava和Suhas Chakravarty是飞思卡尔印度设计中心的设计工程师。他们每个人都拥有电子与通信工程的学士学位。

Jose Palazzi

超越隔离 低成本隔离数字连接

本文介绍了如何使用两个超低成本8位飞思卡尔微处理器(MCU)和一个自愈式排列的电磁隔离屏障来实现一个可用于医疗诊断设备的多通道的隔离数字连接。

在实际应用中，当共模电压危及系统的安全时，隔离成为一种普遍的要求。在医疗应用中，设备和患者都需要被保护而远离危险的电压和电流。例如心电图(ECG)系统中使用连接到患者的传感器，如果系统引起哪怕是一个微小的交流电流过人体，它也可能是致命的。另一个例子是：当操作除颤设备时，高电压存在于电极之上，这可能会破坏信号处理部分的调节电路。安全法规如IEC60601-1、UL2601-1、IEC601-1和CSA C22.2 No. 601用严格的法律，规则和规程来监管医疗设备的设计和构成，强制规定隔离的方法。

光耦，通常被用来隔离连接到患者的电路，给我们提供了一种很好的隔离电场或者磁场的方法。然而，用于驱动内部LED的高输入电流和它的后续随时间的衰减限制了长期使用光耦器件。

在另一方面，电磁耦合提供了极高的无衰减隔离。这篇文章中所建议的操作方法由两个MCU组成，这两个MCU用来控制通过电磁隔离屏障的数据流量。由于飞思卡尔提供了高集成度超低成本的MCU，比如MC9RS08KA系列，这使得仅采用两个非常简单的8位MCU的多通道隔离成为可能。

一边是能量另一边是信号

图1的框图显示了3-输入通道的隔离数字链是怎样实现的。使用单一的隔离单元传输3个信号通过隔离屏障，这种对单一的隔离单元的充分利用对成本的节省有着显著的意义。

一个超低成本的8-引脚的MCU在隔离端监视3个GPIO引脚的逻辑电平并将信息打包在一个串行协议中。通过使用一个特殊的调制技术，这一信息通过由变压器制成的隔离屏障，被发送到解调器端。

另一个超低成本8-引脚的MCU被用在解调器端来恢复调制信息。不过，这个设备通过一个单一的引脚接口同一个主机通讯，而不是3个引脚，这就降低了系统的I/O引脚数。

3-输入隔离数字链接

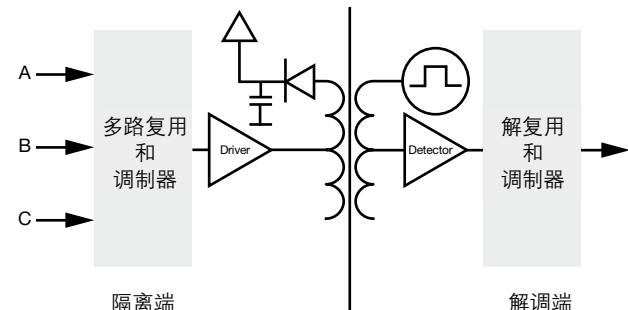


图1

此外，这个方案可以用变压器作为一个隔离的变换器为隔离端提供DC电压。

一个在解调器端的由MCU发出的方波信号被用来给变压器隔离端的绕组电感充电。在同一个磁芯上集合两个电感使能量从解调器端传送到隔离端。整流二极管，电容和稳压器在隔离端用来为MCU提供一个稳定的DC电源。

在10MHz时钟频率下这种应用典型的MCU功率损耗是5mA。调置器将增加大约3mA的损耗，这样一来就在绝缘端设置了一个最大8mA的功率损耗。

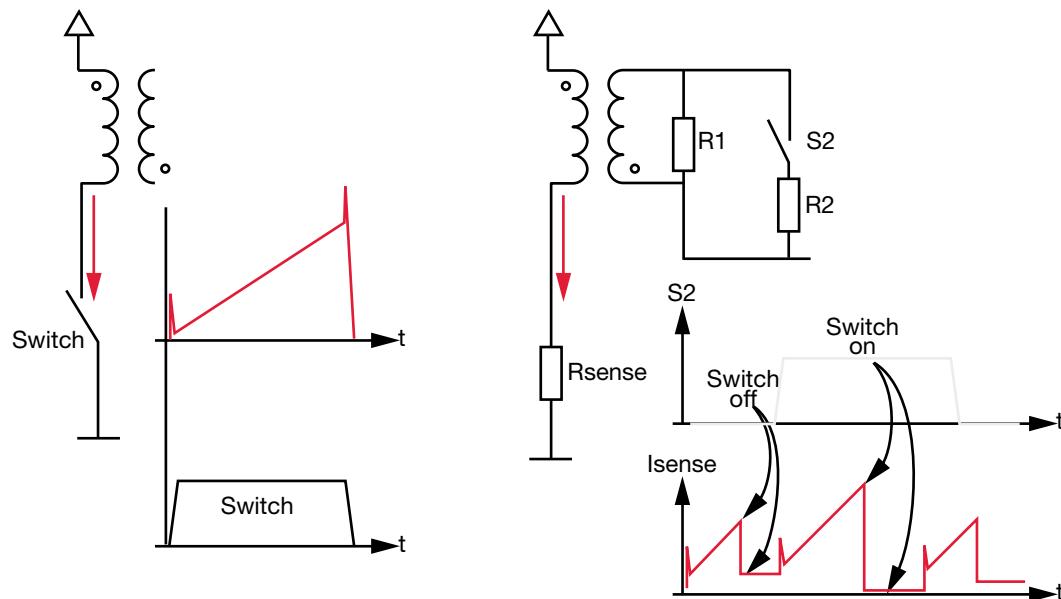


图2

直接电流调制

这个方案适用的应用对于速度的要求不像序列化，解调和协议处理那么关键，它由MCU顺序执行指令来实现。由于初级端隔离电路的稳定表现，我们使用了一种简单的直接电流调制技术，它具有较高的可靠性和一致性，且无需高性能的MCU。图2显示了直接电流调制是如何工作的。

据包时，它用Frame标志位发信号给解调端。Isync代表当Frame标志位开启时，在初级端的额外增加的平均电流。在隔离端发出序列数据流后，Frame标记被关闭，用信号通知解调器端数据传输周期结束了。

直接电流调制波形

在左面，当开关闭合时，通过电感（变压器初级端）的DC电流由如下公式所得：
 $E = L * di / dt$ 其中
 E = 电感上的电压
 L = 电感
 di = 电感的DC电流
 dt = 充电时间

变压器的初级线圈感应系数可以被算作是操作频率、供电电压和所需的最大DC电流的函数。在“开通”时间内变压器上储存的能量在“关闭”时间内被转移到次级端，这同开关电源的原理比较类似。

现在事情变得有趣了。当变压器次级端上的消耗的电流被反应到初级端，改变了变压器初级端上的DC损耗，这种变化是可以被检测到的。

图3说明了我们是怎样利用这种变化的。利用这种变化实现了一种两级电流调制的硬件协议。当隔离端准备传送一个数

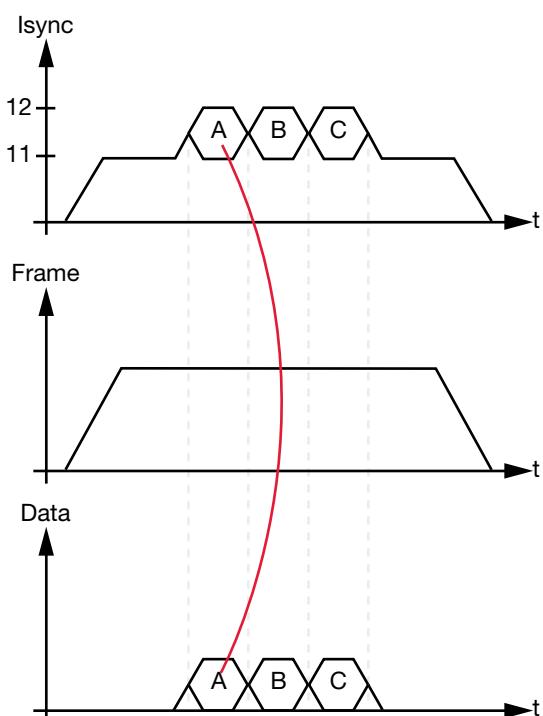


图3

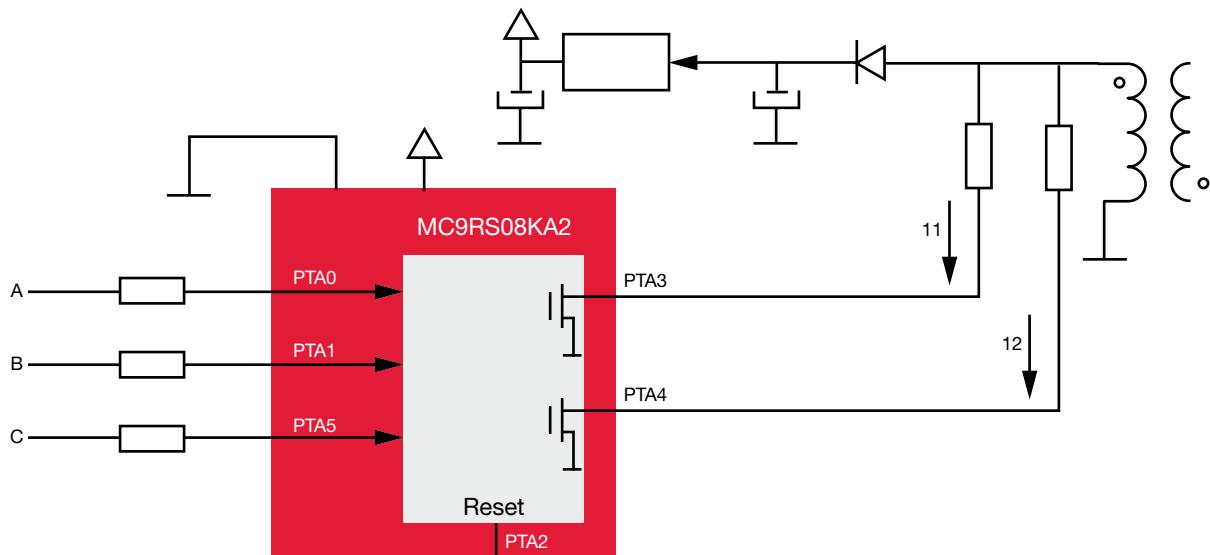


图4

综合在一起

图4给出了隔离端一个简化了的电路图，图5给出了解调器端一个简化了的电路图。

在隔离端，整流二极管，电容和一系列稳压器形成一个DC电源给MCU的 V_{DD} 供电。飞思卡尔为低端MCU设计了宽广的供电范围(1.8V–5.0V)，使得选择变压器时有更大的灵活性。例如，用一个1:1的变压器，由50%占空比的5V电压激励，输出的接近2V的电压可以作为稳压器的输入。

PTA0, PTA1和PTA2引脚接收信号A, B和C。PTA3和PTA4被直接连接至变压器引脚上，用于在调制电流消耗时吸收电流。MCU低电压检测(LVD)功能帮助监测供电电压，防止当供电电压不足时的异常的操作，从而保证操作条件得到满足。

在解调端，像图5所描述的那样，PTA4发出一个方波信号来开关三级管来实现初级端的反激式变换器。一个电流传感器阻抗元件连接在发射端和地之间，因此可以测量出通过变压器和PTA1的电流。

如图4所示，一个采样窗被设置来检测调制的电流。在低成本MCU内部的电压比较器被设计成灵活的全电压操作(轨至轨操作)。

图6表明了电压比较器模块的内部实现。

在我们的解调电路中，PTA1通过RC网络接受初级端信号。MCU内部的1.21V的参考电压和PTA5引脚上的3电阻网络一起为比较器的正向输入端提供了一个参考电压，实现了一个多电平的电压检测器。这个MCU–控制网络使DC电流检测能在系统操作时动态地设置检测的跳变点，并且使其和存储在MCU闪存中的“解调真值表”相关联。

PTA3被用来发出一个1200bps,8,N,1异步TX数据信号，它可以和UART/SCI接口通信。在解调器端的固件能够被配置成连续采样或者当每次有新的升级包从隔离端传送时发出一个数据流。

结论

这个带有两个超低成本MCU的解决方案不适用与较高的信号传递速度，这是由MCU本身执行代码的能力所决定。在另一方面，飞思卡尔产品的成本和寿命相对于在低速应用中每个信号使用一个光耦的方案显得更具优势。产品定制的灵活性，高击穿电压，低功耗，结合低成本和长寿命及高抗瞬态干扰能力，这些使该方案在医疗应用中受到欢迎。

基于两个飞思卡尔MC9RS08KA2 MCU的产品原型已被开发出来了。RS08核具有较高的代码密度从而更适应较小的存储空间。

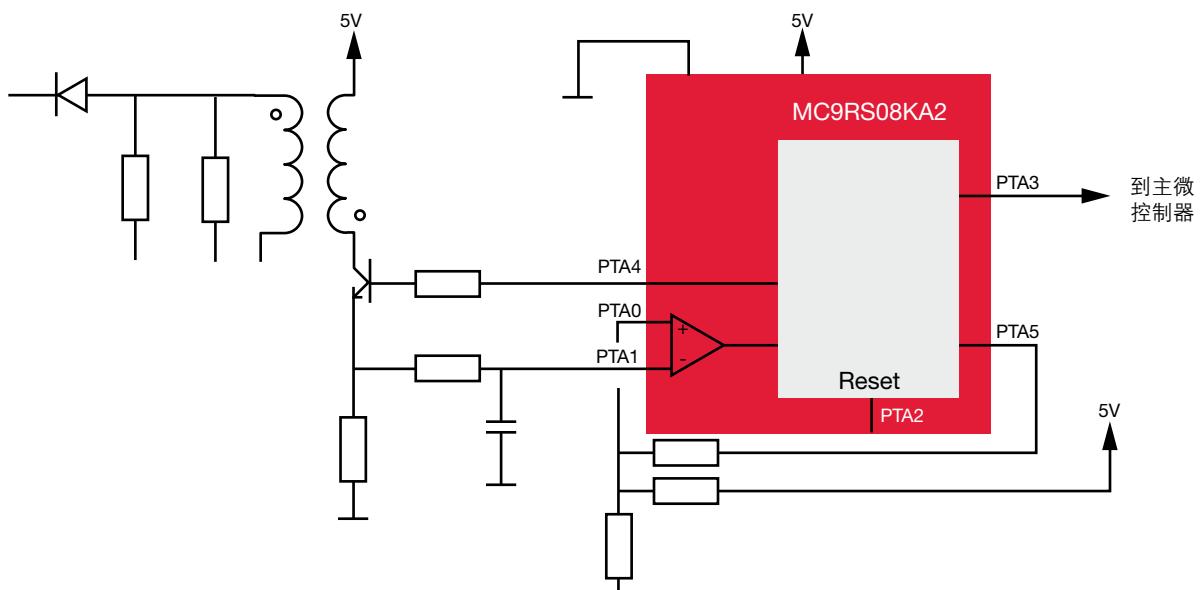


图5

电压比较器框图

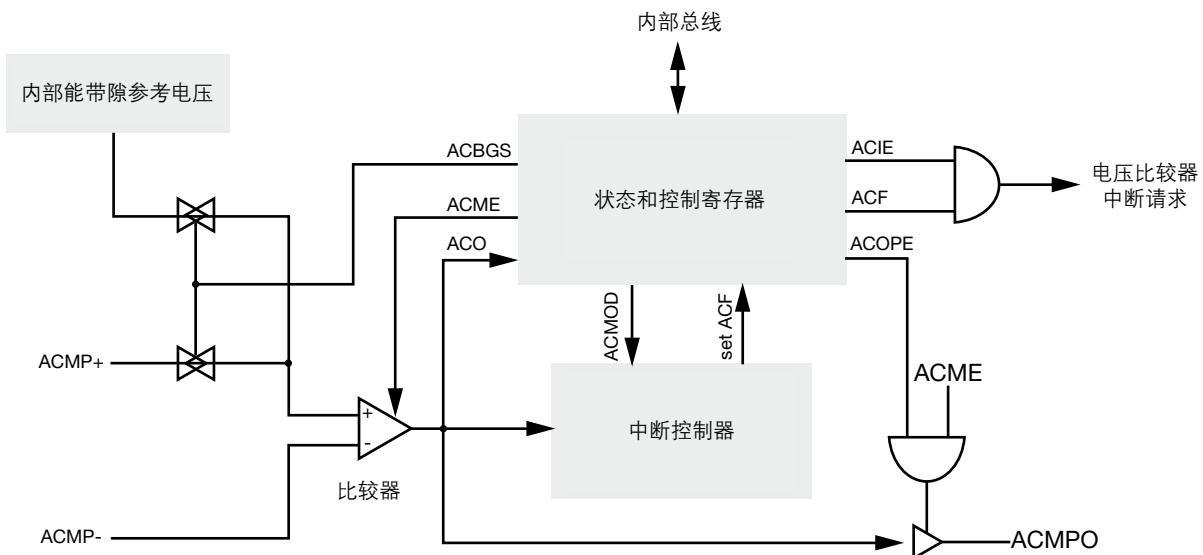


图6

这款低成本的MCU具有最高10MHz的总线时钟速度，有一个片上的背景调试模块和一个精确的可调节内部时钟，这些都保证了MCU具有更大的稳定性。这款MCU有8-引脚DIP和8-引脚SOIC两种封装。

MCU的击穿电压, 低功耗和瞬态抗扰度直接影响变压器的结构和材料。在作者进行的实验中, 用环形的铁芯, 可以重复

使用超过8KV的击穿电压进行实验。在高频频谱中(1MHz到30MHz)的瞬态抗扰度可以通过与PCB铺地层良好连接的“鼓芯”结构获得。E-形芯代表高的藕合瞬态抗扰度，这使得类似于操作一个连接到50~60Hz交流电上的感性负载。

Jose Palazzi 作为一个微控制和微处理器领域的现场应用工程师工作多年，并且具有可靠的为客户和工业应用进行的电子电路开发方面的背景。Jose 目前是在巴西圣保罗的销售客户经理。

Suhas Chakravarty, Varun Jain, Nakul Midha and Prashant Bhargava

低成本辅助驾驶系统 基于ZigBee[®]/IEEE[®] 802.15.4

导论

根据某些调查,智能的辅助驾驶系统能使交通事故减少20%~30%。在未来几年,安全功能将成为驾驶辅助系统的必备功能而不再是可选配备。汽车行业所面临的主要挑战是如何降低这些系统的成本,使他们能够嵌入到中低档以及高档车型。

目前的驾驶员辅助系统基于许多技术,如雷达、电脑视觉和传感器等。把所有这些技术整合到一个单一系统通常是一个昂贵且复杂的解决方案。本文提出一个完整的基于ZigBee[®]的驾驶辅助系统解决方案,该方案充分利用了具有低成本、低功耗和安全无线网络功能等特性的ZigBee协议。

该方案会在司机驾车接近公路上的一个预设道路点时提醒和通知司机。基于ZigBee的装置安装在每一个道路点,相关的信息通过广播发送到内置的ZigBee设备的接近车辆中。这种系统大大减少了对人类视觉及道路照明条件的依赖性。

这种高度灵活的概念可以履行下列职能:

- 当接近车辆行人、维修道路的延伸段、学校和医院区以及盲角和许多其他危险路况时提醒司机
- 可用作里程碑,道路标志和简单的广告,如一家附近的汽车餐馆的广告牌
- 可作为路点节点来记录和传输交通统计信息,如通过一个交叉路口的车辆数目。这些节点可以与测量城市重要位置空气质量、温度或湿度的传感器相连,所有的读取的数据就可以通过由各种路点节点组成的网络广播到车内装置以及中央网关节点作进一步处理

- 可用于自动化,无人收费的停车场和收费公路。一个加密的ZigBee链接可以帮助车辆在到达入口位置之前完成收费交易

总之,任何中等规模数据量的“车到路”通信应用都可使用该方案。

ZigBee网络

ZigBee网络协议栈是建立在定义了针对低数据速率、低功耗网络的物理层(PHY)和介质访问控制层(MAC)的IEEE[®]802.15.4标准之上的。ZigBee在802.15.4之上增加了网络(NWK)层和应用层(APL)的规范,从而组成了完整的ZigBee协议栈。

更多关于ZigBee网络的内容可参考Beyond Bits第4期的文章,基于ZigBee/IEEE802.15.4的定位监测。

该解决方案的网络拥有以下类型的ZigBee节点:

- 网关节点:此节点位于交通管制站或警察局中,用于同步和收集附近路点节点的信息。每个网关节点将通过以太网连接到互联网。因此,互联网将作为中枢网络连接各网关节点。交通数据记录应用,或者说,任何属于城市管理职权范围内和要求涵盖面广的应用,都需要有一个路点节点的网络。这便于中央数据的收集和分析,以及远程节点的更新和维护
- 路点节点:有两种类型的路点节点:网络节点和独立节点。网络节点执行繁重的数据记录操作,并永久地与一个网关节点相连接。这种节点可以布置在交通干道、高速公路出入口和主要交叉路口。除了获取和传交通信息以外,这些节点还可以向车载节点广播有用的驾车信息,比如附近的加油站或医院等信息。这些路点节点应能处理道路任一方向的交通。因此,每个车载节点需要通知路点节点其行驶方向,路点节点将反馈相关的信

息。由于这些节点和网关节点组成了网络，因此它们可以得到其邻近地区最新的地标和公用事业信息

- 独立节点用于临时部署，它不一定连接到该地区的网关节点上。它们可用作紧急通知，警告前方的交通意外、在建工程及其他道路险情。一旦险情得到解决，这些节点将被移除。独立节点还可以作为广告，这并不需要连接到城市管理的路点网络
- 载节点：这些节点放置在每辆车内用来与路点节点通讯。这些节点有一个人机界面，如键盘，LED或液晶显示屏等，以方便用户使用该系统

如图1所示，标记为1–4的路点节点将有效地执行下列功能：

1. 提供有关潜在盲点的交通警示
2. 提供各种陆标信息。如加油站、商场和医院
3. 提供关于接近铁路公路交叉道口的列车信息
4. 暂时提供一个关于，建筑及其他交通障碍物警告

在接下来的章节，我们将看到所有节点协同工作可以同时支持多种应用。

Example of Typical Node Placements

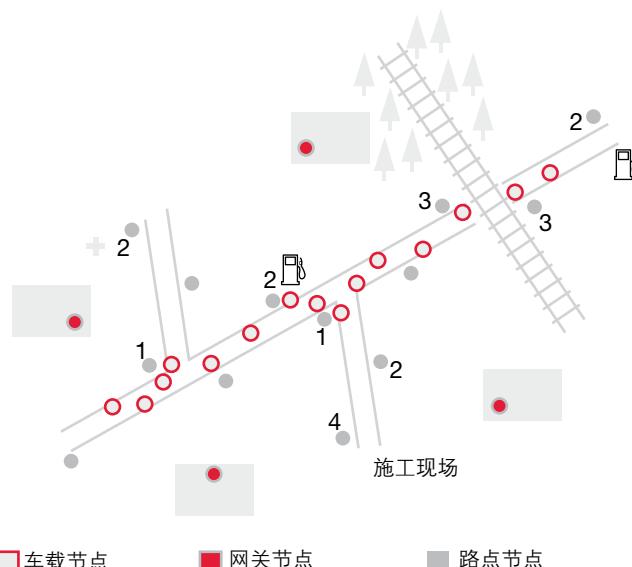


图1

设置

每一个ZigBee车载节点都有一个唯一的ID分配给它，就像汽车的牌照号码。车载节点以周期间隔发出包含ID的“ping”数据包，一旦收到“ping”数据包，路点节点将回发某一特定消息数据。

应用

广义上，应用可分为以下三类：

1. 路况告警
2. 信息广播
3. 数据记录

路况告警

路况告警将使用信息来提醒司机前方道路上的危险情况。路点节点能检测到驶近的车辆并传输警告信息以说明即将出现的危险情况，如：

- 路面不平导致的限速和限行
- 转弯盲点
- 道路维修
- 禁停，禁止驶入或车速限制的变化，如校区
- 行人路口及医院或消防局的出入口
- 车辆驶入单向通行道路，多出现于在丘陵地区

图2显示了如何设置路点节点装置提前给予汽车司机警告以及时采取纠正措施。对于在转弯盲点附近车辆的警告流程如下：

- 图2中，路点节点检测到车辆A接近交叉口（收到车辆A的ping包）
- 路点节点于是记录下车辆A的ID，并发出“转弯盲点”的警告信息
- 在接到警告信息后，车辆A的车载节点将同时给司机发送音频和视频的“转弯盲点”警告信息
- 现在，车辆A仍然在路点节点的范围内，车辆B也进入了该路点节点的范围内
- 路点节点检测到车辆B后，会改变它的广播信息为“多辆汽车接近转弯盲点”。因为它是一个广播信息，所以它会被两辆车都接收到
- 两车的车载节点会再次发出音频警告，并打开一个红色发光二极管。一条警告消息也会显示在每辆车的LCD显示屏上
- 两车的司机可以按要求减速或停车
- 当两辆车都离开路点节点的范围时，该节点停止广播

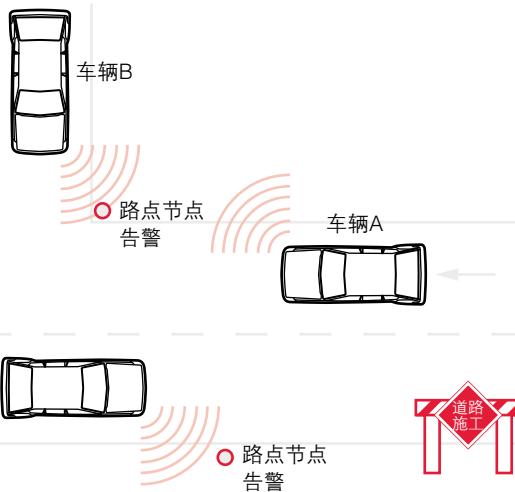


图2

对所有的路况告警来说，路点节点的安置必须保证警告信息能及早发送给司机，以使其有足够的反应时间。正确的安置取决于下列因素：

因素 1:路点节点或车载节点的广播范围（以较短者为准）

因素 2: 车载节点与路点节点之间连接的ZigBee数据传输率

因素 3: 人类的平均反应时间

因素 4: 车速限制，这有助于确定把车停下来所需的平均距离

让我们假设车辆A和车辆B同时以70公里/小时(19.44米/秒)接近转弯盲点,该速度即为车速限制(因素4)。因素1等于50米(保守估计)，以及数据传输速率为50Kbps(因素2)。在70公里/小时的速度下，刹车距离大约是43米，其中包括了司机的反应时间。比方说，警告信息是800比特的数据。

那么，A和B将在距离路点节点50米处被发现，并在50Kbps的数据传输速率下，发送800比特的警示讯息只需16毫秒，在这段时间内车行距离约为32厘米。从50米减去这一数字的话，仍然留有超过43米的煞车距离。

信息广播

这类应用为司机提供从非安全紧急信息到各种商业广告的各种信息。

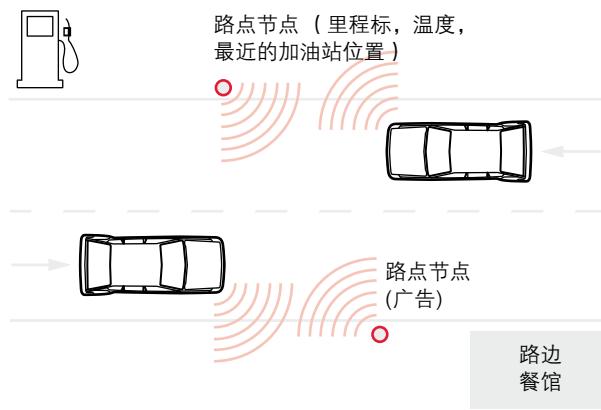
一些例子：

- 道路标志
- 最近加油/加油站
- 最近的医院，宾馆，市场，汽车服务站和地标信息
- 方向指导，如目的地A是在当前位置的前方2公里处，目的地B是当前位置的右方3公里处和目的地C是当前位置的左方3公里处
- 路旁餐馆的广告

数据记录

每一个在主要路口和主要高速公路出入口的路点节点能够保存通过车辆的ID和时间信息。节点在其监听范围内记录车辆出入时间和在其范围内的停留时间。这有助于城市规划人员掌握交通模式和流量的概况。

路边设施和地标信息访问



Fugitive Vehicle Tracking



图3

图4

在一个特定的位置，几十个路点节点可通过网状网络连接到一个网关节点，网关节点又依次与一个行政办公室LAN相结合。网关节点将通过定期查询每个网状网络中的路点节点来更新其主日志。主日志信息可用来生成一个每日或每月的综合报告。通过将空气质量、温度和湿度传感器整合在一个路点节点，当地的空气质量也可以得到有效的监测。由于这些应用需要大量的数据记录，快速、长寿命、带错误校正功能的非易失性记忆体应包含在路点节点内。

该解决方案也可以通过以下步骤来追踪被盗或逃逸车辆：

- 一旦某一车辆已经发出警告信息，每个网关节点将收到该车的ZigBee节点ID编号
- 随后，网关节点将其及一个“红色警报”的数据包传递到各自的路点节点上
- 路点节点然后进入一个特殊模式，它们把各自记录的车辆ID与“红色警报”ID相比较。当路点节点找到匹配后，它将提醒网关节点
- 一条粗略的行车路线可以被记录下来，其中包括每一个路点节点识别该车的时间

系统详情

我们这里推出了“动态单元”和“静态单元”两个概念。其中被安装在车内的ZigBee单元被称为动态单元，而道路上的路点节点则是静态单元。在动态单元上，一个汽车仪表板的液晶显示屏以及LED阵列被用于显示信息并通过音频警告一起警示司机。使用的LCD液晶显示屏的种类（分段式或彩色）取决于微控制器的种类和该装置的成本。如果使用平台级封装(PiP)^[1]的MCF1322x，则可以连接通过SPI连接LCD液晶显示屏。发光二极管可通过通用I/O(GPIO)或快速I/O(RGPIO)应用到设计中，它可用于低成本解决方案中以取代LCD液晶显示屏。另外，路点节点和网关节点也不需要LCD液晶显示屏，因为一个技术员在调试和维护时可通过笔记本电脑连接节点来查看其信息。对所有动态节点来说，必须支持音频警告。

不带LCD的动态节点设计

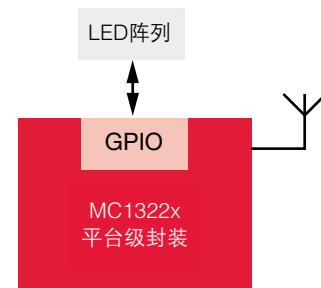


图6

静态节点设计

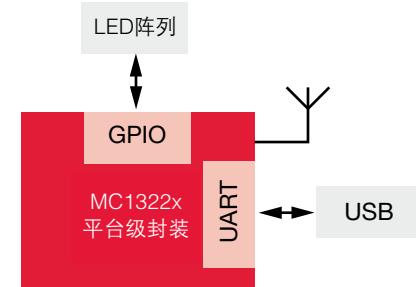


图7

为节省功耗，静态节点在大多数时间中都处于睡眠模式，当它发现一辆车驶近时才被唤醒。太阳能也可用于为路点节点的提供工作电源，并为其电池充电，以24小时的能源效率。

监控交通和跟踪车辆的静态节点设计

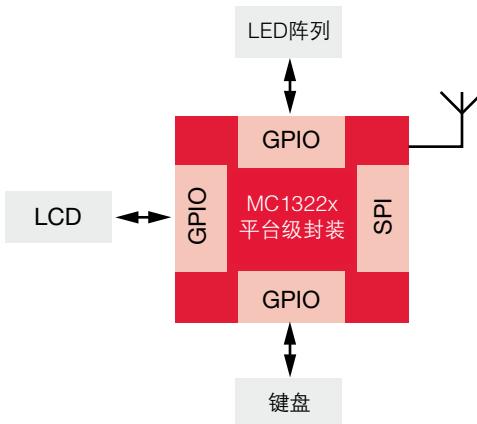


图5

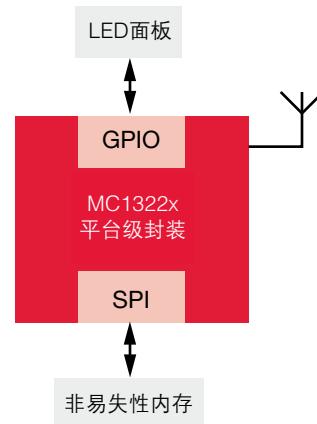


图8

飞思卡尔提供所有构建模块用于开发一个完整的ZigBee兼容平台解决方案，包括硬件，软件，工具和参考设计。飞思卡尔提供从先进的兼容ZigBee的PiP单芯片解决方案到简化的包含Zigbee收发器(射频)和低功耗微处理器(MCU)的双芯片硬件解决方案。在双芯片解决方案中，微控制器应包括液晶控制器或两个或两个以上的SPI接口。作为特色之一，Zigbee能确保信息在一个信道上传输而不干扰其他无线网络^[5]，从而确保数据的完整性。

所有模块将包括飞思卡尔MC1322x微控制器，包含以下特色：

- 128KB串行flash
- 96KB静态RAM
- 80KBROM
- IEEE802.15.4硬件加速器

车载单元包含这些额外的板载部分：

- 显示警示和其他重要信息的LED阵列
- 液晶面板（可选），以显示路点节点发送的信息

有数据记录功能的路点节点也将包含SPI闪存，闪存可通过SPI接口与板载的MC1322x微控制器连接。

飞思卡尔还提供全面集成的开发环境(IDE)用以嵌入式应用开发。并提供配合IDE一起使用的BeeKit™无线连接工具包，这是一套全面包含无线网络协议库、应用程序模板和样例应用程序在内的开发包。

小结

在本文中我们讨论了一个有效的驾驶辅助系统的重要性，以及它如何帮助我们改进公路的安全标准。该解决方案可显著降低司机的风险，并更好地管理交通。相对其他较昂贵的商用系统而言，我们基于ZigBee的驾驶辅助系统是一个高性价比的选择，它可替代那些诸如GPS的昂贵商用系统，后者虽然提供导航服务但不具备任何预警能力。关于ZigBee与其他无线协议进一步比较的细节，可以参考Beyond Bits第4期的文章，基于ZigBee/IEEE 802.15.4的定位监测。

我们展示了一系列与汽车和道路安全相关的ZigBee应用，例如数据记录，信息广播和司机提醒。在今天的市场上，有很多关于车辆与车辆、车辆与道路的通信解决方案正在出现，我们相信飞思卡尔的ZigBee解决方案将在推广安全信息化驾驶体验的过程中扮演广泛的角色。

参考书目

- [1] MC1322x Advanced ZigBee-Compliant SoC Platform for the 2.4 GHz IEEE 802.15.4 Standard Reference Manual, www.freescale.com/files/rf_if/doc/data_sheet/MC1322x.pdf
- [2] www.freescale.com/zigbee
- [3] Research On The Road To Intelligent Cars, ScienceDaily (Mar. 11, 2006), www.sciencedaily.com/releases/2006/03/060311090833.htm
- [4] Concept of an Intelligent Adaptive Vehicle Front-Lighting Assistance System, H. Shadeed, J. Wallaschek; Proceedings of the 2007 IEEE Intelligent Vehicles Symposium
- [5] Zonal Location and Asset Tracking with ZigBee Technology (using RSSI), Cambridge Consultants (Oct. 12, 2006), www.zigbee.org/imwp/idms/popups/pop_download.asp?contentID=9567

Nakul Midha, Varun Jain, Prashant Bhargava和Suhas Chakravarty是飞思卡尔印度设计中心的设计工程师。他们都持有电子通信技术的工程学士学位。Nakul和Varun曾负责各种片上系统项目的验证和测试工作。Prashant曾从事设计，体系结构和片上系统与IP项目的验证工作，而Suhas一直在从事片上系统的架构和设计工作。

Deepak V. Katkoria and Alberto C. Arjona

三维面部识别系统

基于MPC5121e微处理器

导言

计算机图形学的研究让更多人注意到三维建模技术。随着图像识别模型的进一步发展，设计工程师们开辟了一个全新的应用领域，其中包括三维面部识别。本文提出了一种三维面部识别系统的算法和设计，可使用飞思卡尔的多功能MPC5121e微处理器来实现。它具有三内核架构的特点，主要由e300Power架构的处理器内核、2-D/3-D图形引擎(MBX)和音频处理器(AXE)内核组成。

面部探测算法

可通过三角方法来测量距离，具体的算法使用了激光束和摄像头之间的基线距离以及两者到目标点的角度(见图1)来实现。

三角测量原理

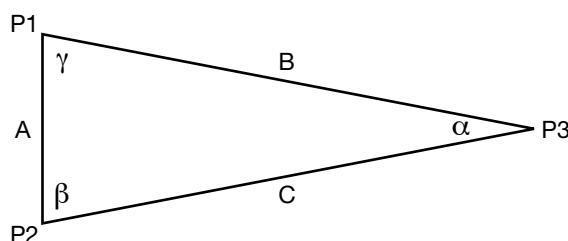


图1

P1和P2代表两个参考点，即摄像头和激光束，而P3代表目标点。间距B可利用已知的基线分离A和角度 β 和 γ 来计算，计算公式为正弦定律：

$$\frac{\sin \alpha}{A} = \frac{\sin \beta}{B} = \frac{\sin \gamma}{C} \quad (1)$$

但在实践中，这是很难实现，因为基线距离和角度很难做到精确测量。但是，一项证实的激光三角测量技术已经研制成功，它无需 α ， β 和 γ 的值也能计算距离信息。而且这项技术的算法已在32位处理器上成功实现，如MPC5121e多内核处理器。

MPC5121e上的实现

高度集成的MPC5121e处理器包含多个内核和多条总线，因此它能提供更高的性能和可靠性，并允许进一步降低系统成本。

MPC5121e处理器集成了一套丰富的外设，包括PCI，并行ATA(PATA)，以太网，USB2.0，2个可编程串行控制器(PSC)，显示控制器(DIU)和视频输入单元(VIU)，所有这些资源都符合设计一个面部识别系统的要求。

该系统可以使用集成的显示控制器(DIU)来支持液晶显示器，最大分辨率为 $1280 \times 720p$ ，色彩深度可达24位/像素。这有助于用户创建一个优秀的图像模型。DIU的另一个优点是它的图像重合能力，可用于混合三个不同的平面到显示器上。该系统采用DIU来显示图像模型并将其与数据图像重叠，以指导用户的决策过程。

VIU在该系统的视频接口方面起着至关重要的作用。VIU的内核可支持ITU656兼容视频流的摄像头，并提供了多种显示模式，范围包括从QVGA到XVGA8位/10位ITU656视频输入。

内部DMA引擎把所有输入的视频数据由FIFO传输到内存。然后将这些数据使用上述的三角算法进行分析和计算。一旦处理器计算出三角形的顶点(即目标点)，矩阵参数将被发送给MBX内核。它是一个三维加速器，能在显示器上再现一个实时渲染的(存储在内存中的)矩阵。

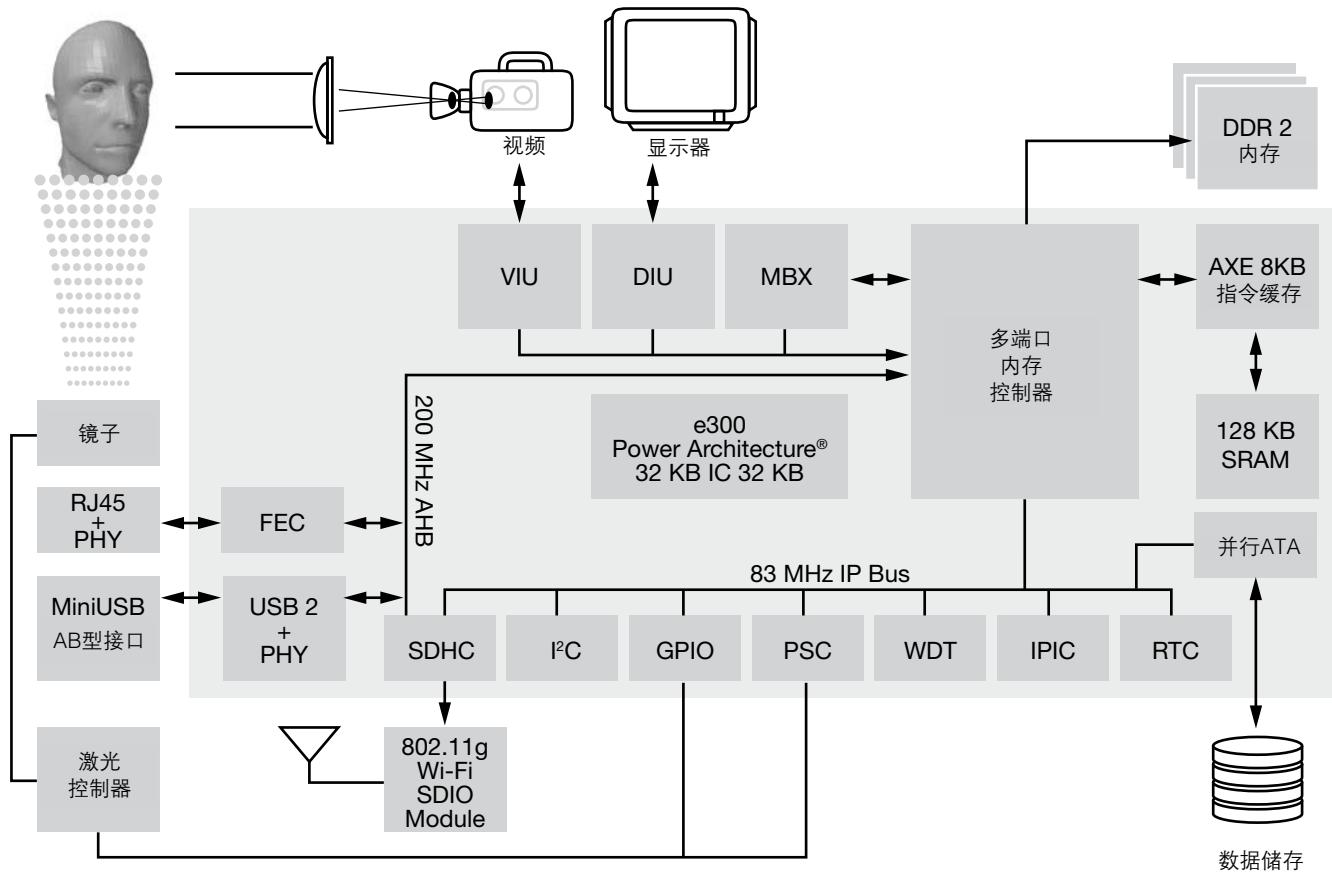


图2

图像建模是面部识别系统的一个重要因素。所有图像建模的输出包括面部识别、面部动画、视频压缩/编码、三维游戏、面部表情识别和用于监视和识别物体的人体活动识别。

用户可以在硬盘上存储显示格式和其他有用的信息。MPC5121e的并行ATA提供了两种运行模式(PIO模式和DMA模式)，这两种模式可以同时激活。

基于MPC5121e处理器的面部识别系统只需极少的组件就可以直接连接到显示器、视频和存储设备。其中Power架构的内核和MBX内核用于数据后处理，以实现图像重建。

设计者可以使用MPC5121e的PSC和GPIO接口来控制激光的运动和强度。PSC可用于激光单元和MPC5121e处理器之间的串行通信，而GPIO可以作为控制开/关的信号。根据所选的激光器，用户可以使用定时器来控制它做180°的圆周运动，其中定时器负责驱动激光器的定位电机来使其旋转。

而且它还可以使用100Mbps以太网和一个Wi-Fi接口来实现从控制中心到面部识别系统的实时远程访问和控制。

图2中，VIU是处理视频输入的专用模块。它是用来作为直接连接摄像头和处理器。DIU模块则用来控制视频输出和LCD显示屏。MPC5121e用来运行激光控制算法。一些GPIO和PSC则用作e300内核和激光控制模块之间的接口。

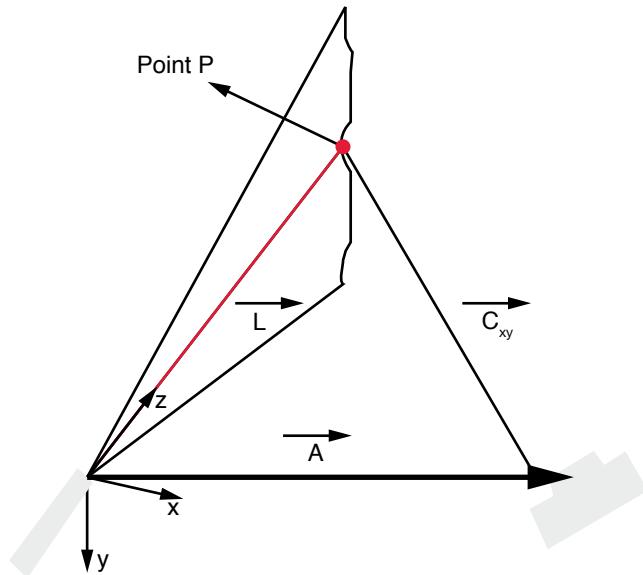


图3

常用三角方程式

数据采集系统的基线连同激光指向的目标形成一个三角矢量图(图3)。激光三角测量的目的是在一个明确的参考系中找到目标点(P点)的空间坐标。

图中,

L 代表从激光束的起始点到P点的矢量

A 代表从激光束的起始点到摄像头镜头光学中心的矢量

C 代表从摄像头镜头光学中心到P点的矢量

几何关系如下列矢量方程式所示:

$$\vec{L} = \vec{A} + \vec{C}_{xy} \quad (2)$$

从这个等式, 可得到矢量A以及它与矢量Cxy的方向余弦(见下文的摄像头校正章节)。

方程式(2)用球面坐标来表示的话如下所示, 其中 φ 表示矢量L与X-Y平面之间的角度, 而 θ 表示激光束平面与X轴之间的角度。

$$|L|\cos\varphi\cos\theta = A_x + C_{xy_x} \quad (3)$$

$$|L|\cos\varphi\sin\theta = A_y + C_{xy_y} \quad (4)$$

$$|L|\sin\varphi = A_z + C_{xy_z} \quad (5)$$

它是一个非线性系统。解出这些方程式需要花费很高的计算成本。然而, 沿着激光束平面放置一个Z轴作为参考系统的话($\varphi = 0$), 系统就被简化了。下面给出新系统的方程式:

$$L_x = |L|\cos\varphi = A_x + C_{xy_x} \quad (6)$$

$$0 = A_y + C_{xy_y} \quad (7)$$

$$L_z = |L|\sin\varphi = A_z + C_{xy_z} \quad (8)$$

这套(6)至(8)的方程式的解析解如下所示:

$$L_x = |L|\cos\varphi = A_x + |C_{xy}|\alpha \quad (9)$$

$$|C_{xy}|\gamma = -\frac{A_y}{\beta} \quad (10)$$

$$L_z = |L|\sin\varphi = A_z + |C_{xy}|\gamma \quad (11)$$

…其中, 在激光的参考系中, α , β , γ 是矢量Cxy的方向余弦。

这些矢量分量可通过摄像头的内部和外部参数来找到。由于摄像头的位置和它空间坐标的重要性, 有必要找到一个变换矩阵。一般而言, 变换矩阵的元素是每个首向量从原来的参考系到新参考系的角度。如果两个参考系在一个共同的参考轴, 那么就可以使用一个角度来实现参数的简化, 图4中的应用就属于这种情况。

摄像头变换矩阵的参数

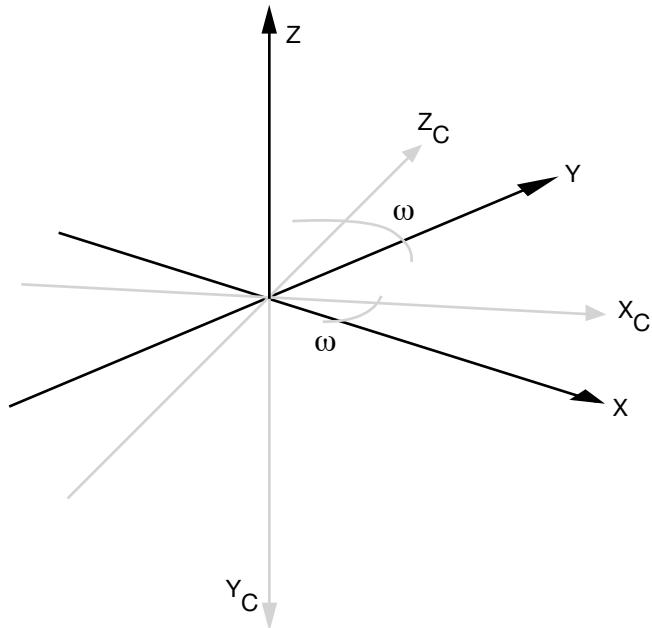


图4

图4中的参数由下面的变换矩阵表示：

$$\begin{bmatrix} \alpha \hat{x} \\ \beta \hat{y} \\ \gamma \hat{z} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \omega & 0 & \sin \omega \\ -\sin \omega & 0 & \cos \omega \\ 0 & -1 & 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \alpha_c \hat{x}_c \\ \beta_c \hat{y}_c \\ \gamma_c \hat{z}_c \end{bmatrix} \quad (12)$$

将方程式(12)代入到方程式(9)至(11),系统就成为：

$$L_x = |L| \cos \varphi = A_x + |Cxy| [\alpha_c \cos \omega + \gamma_c \sin \omega] \quad (13)$$

$$|Cxy| = -\frac{A_y}{\gamma_c \cos \omega - \alpha_c \sin \omega} \quad (14)$$

$$L_z = |L| \sin \varphi = A_z + |Cxy| [-\beta_c] \quad (15)$$

由于激光束的路径在探索面上投射成一条线，而且用旋转镜可将这条线沿着探索面（在这种情况下指人的面部）移动。这意味着这是激光束内的一个移动参考系，而相关信息需要参照一个固定的系统。一般来说，一个移动参考系包括平移和旋转分量。常规的转换本质上是复杂的，因此很难实现。这里有一个好的替代办法，就是使用一个齐次变换矩阵。这是一个块矩阵，它可分为旋转和平移两个独立块。

$$\begin{bmatrix} L_x \\ 0 \\ L_z \\ 1 \end{bmatrix} = T(\psi)_{4 \times 4} \begin{bmatrix} r_u \\ r_v \\ r_w \\ 1 \end{bmatrix} \quad (16)$$

如果参照系统位于激光中，则将原参考系定义为OUVW，固定系统的参考系定义为OXYZ，并使用方程式(13)至(15)将点 $(r_u, r_v, r_w)^T$ 三角化为点 $(0, L_y, L_z)^T$ 。一般来说，变换矩阵 T 描述了移动参考系镜子的动态，它由一个旋转矩阵块和一个平移矩阵块组成。

$$T(\theta, \phi, \psi, x, y, z)_{4 \times 4} = \left[\begin{array}{c|c} \gamma_{3 \times 3}(\theta, \phi, \psi) & \mathbb{T}_{3 \times 1}(x, y, z) \\ \hline 0_{1 \times 3} & 1_{1 \times 1} \end{array} \right] \quad (17)$$

式中，

$\gamma_{3 \times 3}$ 表示旋转矩阵块

$\mathbb{T}_{3 \times 1}$ 表示平移矩阵块

ψ 是移动镜子在固定参考系z分量上的旋转角度

摄像头校正

校正三维激光扫描的目的是为了找到三角方程(13)至(15)的参数。这些参数包括矢量A，矢量Cxy的方向余弦和齐次变换矩阵T的参数。

虽然有各种不同的方法来模拟摄像头，针孔模式往往是计算机视觉应用上的首选，因为它结构简单。^[1]如何找到模型的参数是优化上的问题，尤其是参数估计上的问题。然而，可以找到一些算法，通过迭代的方式解决这个问题。^[2]尤为重要的就是要考虑到摄像头在侧面尽头处的图像偏差，这是由于色度差和镜头的径向扭曲造成的。许多校准技术为简化而忽略了这些偏差。

输出

将模型数字化后，输出文件可以使用OpenGL-ES进行处理，然后通过嵌入式控制器来显示，如可使用MPC5121e处理器。[见在www.freescale.com上的应用笔记“ADS512101上基于OpenGL ES的三维图像(搜索AN3793)】

所有数字化的图像点都可以储存在数据库。对面部识别来说，这些点是用来比较的参数，因为每张面部扫描的结果都不同。传统技术是基于从对象面部的二维(2-D)图像中提取标志或特征来进行面部识别的。但这些特征会受照明，相对位置和视角变化的影响。其中还有一些传统技术是基于特征脸、神经网络或隐式马尔克夫模型来实现的。这些技术都非常的复杂和昂贵。

应用和驱动的工具和软件

ID	描述	软件与工具类型	供应商
CW-MOBILEGT	面向mobileGT®应用的集成工具套件环境。 *免费提供原版板级支持软件包。	IDE: 调试, 编译和创建工具	飞思卡尔
KINETIC ECG ALGORITHM	动态心电图算法提供心电图波形的信号处理和分析, 从而帮助医疗保健专业人员评估心脏参数。	协议栈和中间件	Monebo
ADS512101	MPC5121e, ADS5121, Mini-ITX, USB, 音频, 视频, 以太网, ATA, 安全数字, 汽车, 消费, 工业, 便携式	评估/开发 板与系统	Silicon Turnkey Express
MPLUS5121	MPC5121e, Mini-ITX, Media5200, LCD显示屏, 以太网, 并行ATA, 串行ATA, CAN, DVI, mobileGT, 信息技术, 汽车, ADS512101, 图像	硬件组件	Silicon Turnkey Express
MBX-SDK	可从FAE和市场团队处获得	基于Linux®操作系统的 软件开发工具包	开源

表 1

另一方面, 三维面部识别系统会测量面部各个位置, 并使用此信息创建一个三维面部图像, 包含特定面部的突出特征。三维面部识别的主要优势是, 它可以从不同视角上识别面部。此外, 它也不会像前面提到的传统技术那样受照明变化的影响。

工具与软件

为了开发应用程序和驱动程序, 飞思卡尔和其合作伙伴提供了表1中的工具和软件。不久之后, 更多的驱动程序将可从其他第三方供应商处获得。

总结

基于飞思卡尔的MPC5121e处理器可以实现一种新的面部识别技术, 它可以提供一个低成本解决方案, 有助于确保公众安全。MPC5121e处理器是一个多功能的解决方案, 它能够帮助设计者把他们的想法变为现实, 把一个大型的面部识别系统成为一个紧凑型、低成本配置的安全应用。

若要了解更多关于MPC5121e处理器的详情, 请访问www.freescale.com/mobilegt或联系您当地的FAE。(参考手册网址: www.freescale.com/32bit)

参考书目

- [1] "Multiple View Geometry in Computer Vision," Richard Hartley and Andrew Zisserman, Second Edition, Cambridge University Press, March 2004
- [2] Applied Mathematics and Computation ISSN:0096-3003, Rudolf Scitovski, Marcel Meler

Deepak V. Katkoria 是IMT应用工程师, 以前曾工作于飞思卡尔半导体。他从印度浦那大学获得了工程学位。当他在飞思卡尔时, Deepak V. Katkoria负责支持MPC5200B和MPC5121e等系列产品, 并侧重于图像方面的支持。Alberto Arjona Cabrera (Dmitri XIII)是大学教授, 同时也是飞思卡尔在墨西哥瓜达拉哈拉的应用工程师。在他整个飞思卡尔的职业生涯中, 他提出了计算机视觉和信号处理应用方面的相关数学算法。他获得过控制理论专业的理学硕士学位, 并曾在墨西哥空军担任上尉。

Dugald Campbell

使工业系统更安全

满足IEC60730标准

导言

随着国际电工委员会的IEC60730标准的问世，家电和工业控制的制造商现在就必须考虑引入新的设计来改进其电气自动控制器，以确保其操作的安全性和可靠性。

IEC60730系列标准的第一部分主要是关于家用和类似用途的自动电气控制，这是许多大型设备制造商所使用的基本标准之一。IEC60730还被其他系统的标准所引用，如锅炉点火系统(EN297)和医疗电子设备(IEC60601)，引用范围包括对基本安全和基本性能方面的总体要求。如需了解更多IEC规格方面的详情，请登录www.iec.ch。

IEC60730的内容包括机械、电气、电子、环境、持久性、EMC和交流设备的异常操作等方面。在IEC60730的附录H：电子控制要求中特别详细介绍了新的关于微控制器(MCU)测试和诊断的方法，以确保自动系统的嵌入式控制硬件和软件的安全性。其重点是如果当系统的部件例如CPU、内存、中断、程序计数器、通信接口和软件程序流程等发生故障时，仍能提供措施确保嵌入式软件设计功能的安全可靠性。

今天，大多数的自动电子控制使用单芯片的微控制器（带嵌入式内存和输入/输出设备的微处理器）。制造商开发出运行在微控制器内的实时嵌入式软件，并提供神秘的智慧来控制机电设备。IEC60730中的详细标准是确保机电设备不会对用户造成危险的关键。

IEC60730/EN60335将自动控制产品分为三类：

A类：不依赖于设备的安全性

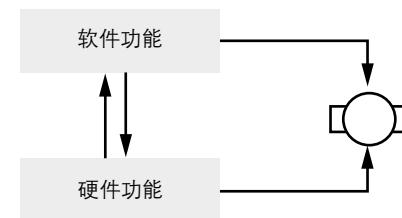
B类：用来防止被控设备的不安全操作

C类：用来防止特殊危害

A类控制即使在发生软件故障的情况下，也不会造成危险。

因此，IEC60730不要求制造商对A类系统进行检测。而一个B类系统会在可能发生危险并造成人身伤害的地方加入自动控制。一般来说，这种控制的特点表现为B类系统是怎样实现的，以及安全关键系统是否表现出某种形式的冗余（在硬件和/或软件方面）

确保电机不会过热的B类系统



PTC硬件监测温度。

软件还监测电机电流。

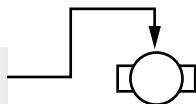
如果一个功能失效，还有其他功能确保安全运行。

B类——因为另一个软件程序或其余硬件的干预，发生在一个安全关键软件程序内的故障就不会导致危害。

图1

如果自动控制依赖于某个特定的安全功能，并且没有冗余，那么这个系统将可能会被认定是C类系统。如果该自动控制还直接控制着某种爆炸物，如汽油，则该系统将被认定C类系统。

软件功能



C类—安全关键软件程序发生的故障
会导致危害

图2

在表H.11.12.7中列出了所有必须通过测试的嵌入式系统部件，该表格可在IEC60730的附录H中找到。对每一个列出的B类和C类的部件，自动化系统制造商可选择不同的标准。

B类系统

表1概括了所需测试的部件，并且需要对其进行监测，以确保该系统符合B类规格。

需要监测的B类部件

要求电子控制测试的60730 B类部件 (见表H.11.12.7)		故障与错误
1	1.1 CPU寄存器	阻塞
2	1.3 CPU程序计数器	阻塞
3	2. 中断处理和执行	无中断或中断太频繁
4	3. 时钟	错误的频率
5	4.1 固定存储器	所有的单比特错误
6	4.2 可变存储器	直流故障
7	4.3 寻址(对应于固定/可变存储器)	阻塞
8	5. 内部数据通道	阻塞
9	5.2 寻址	地址错误
10	6. 外部通信	汉明距离 3
11	6.3 时序	时序/序列的错误
12	7. I/O外设	H.27指定的故障条件
13	7.2.1 模拟 A/D 和 D/A converters	H.27指定的故障条件
14	7.2.2 模拟多路复用器	寻址错误

表 1

CPU的寄存器可以通过定期测试程序来检测，即写入0xAA后再写入0x55，以验证寄存器位的状态是否会保持在1或0。

这个0x55/0xAA的方法同样也适用于CPU程序计数器的测试，把一些小程序放在起始地址为0x5555和0xFFFF的地方，并且程序中都有程序返回指令(即RTS)。CPU会执行这些程序，并且在执行中检查堆栈指针中的内容。

中断的处理和执行使用了一种称为独立时基的检测方法来验证。这就需要一个可以提供定期检查的时基，它必须独立于CPU时钟。例如由独立的1KHz振荡器驱动的实时中断来实现，其中还需包括检查所有中断都用到的令牌计数器。如果发现任何异常，那么CPU将强制执行一个程序，使整个应用进入一个安全的状态。

时钟或CPU时钟也需要进行独立时基检测。一个独立的时钟定时器，如实时中断，可以用来定期生成CPU时钟定时器的时间戳。此外，飞思卡尔微控制器的特点是它的看门狗计数器是由一个独立时基来驱动的。如果CPU时钟停止了，此功能还可提供额外的检查，以确保产生一个异步复位使系统进入安全状态。与CPU时钟同源的看门狗无法提供这种保护。

对固定存储器(闪存)来说，制造商需要检查单比特错误，这可以通过修改后的校验程序来实现。而问题是，没有一个通用的方法或例程来进行这种修改后的校验。制造商们已采取的做法是对程序存储器进行循环冗余校验(CRC)。

因为它易懂，且有可靠的机制来查出单比特错误。在所有的字节被读取后，每个字节都进行CRC运算。一旦计算结束，可将结果与“黄金”CRC签名比较，以确定是否存在单比特错误。飞思卡尔已经设计了一个硬件CRC引擎，它可以快速生成一个16位的CRC校验。对于小的内存占用，可通过软件在一定的时间内计算出CRC值。

可变存储器(RAM)可以验证其是否存在直流故障，这可以通过众所周知的March C或March X测试模式来进行一个周期性测试。对大多数嵌入式系统来说，这些March模式(图3)要求占用大量的执行时间，而且设计工程师必须把RAM分成特定的大小，并依次检查每一部分。飞思卡尔已经开发了针对HCS08和MC56F80xx控制器的March C和March X测试代码，这有助于加快B类系统开发速度。

March X模式是March C的一个子集，仅执行March C的第一、第2、第5和第6步，从而节省CPU的执行时间。

而4.3的寻址、5.0的内部数据通道和5.2的寻址等测试内容(表1)已被上述固定和可变存储器的周期测试程序所涵盖。6.0的外部通信指的是用于连接自动化控制系统的外部组件，例如作为控制板和马达控制板之间的异步通信串口。这里有几个可选的措施，可确保通信的可靠性，如在通讯端口传输

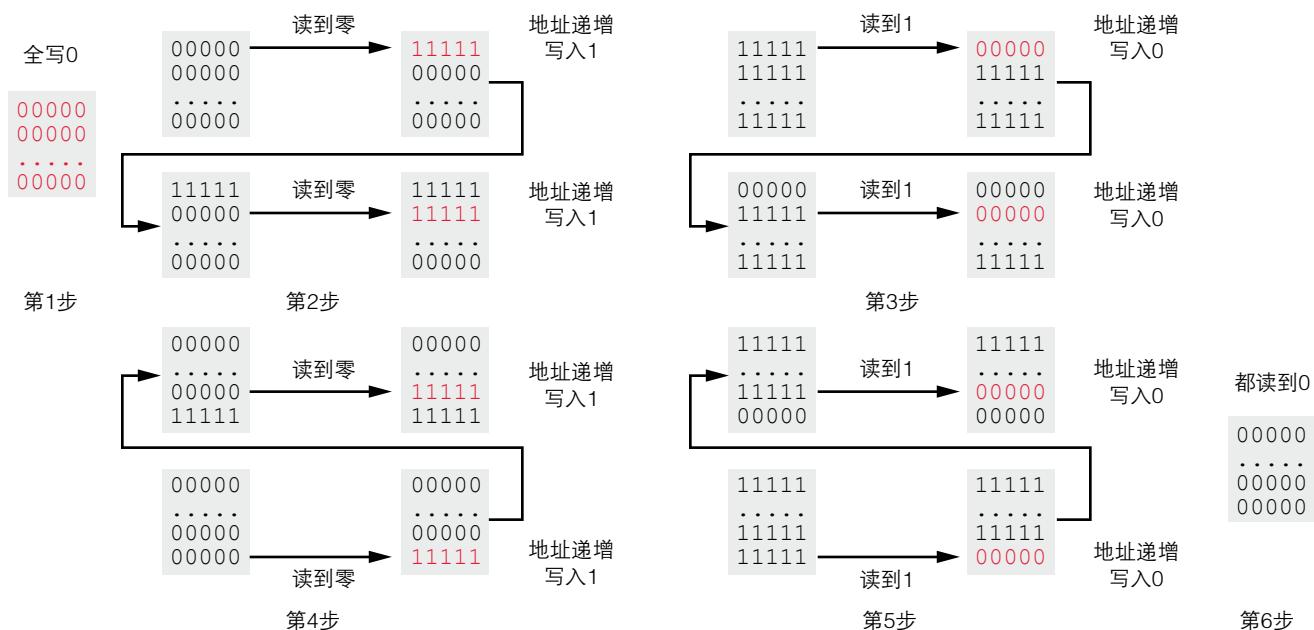


图3

数据中加入16位CRC校验，以及冗余传输，即简单地将数据发送两次。时序错误以及外部数据交换的序列都可以使用独立时隙监测方式得到可靠的检查，这与中断检查的原理一致。

7.0的外设、7.2.1的模拟I/O以及7.2.2的模拟多路多路复用器(表1)要求制造商在投入应用之前先进行真实性检查。这些采用了多种技术，包括给ADC输入更高的上限/更低的下限，ADC冗余输入到多路复用器，以及相邻引脚到安全关键信号线的短路和开路检测。

满足上述所有测试的系统即为兼容IEC60730的B类规格设计。

C类系统

表2概括了所需测试的部件，并且需要对其进行监测，以确保该系统符合B类规格。

C类系统有一个新增部件需要测试，并在四个现有部件上有更严格的标准。增加的部分是1.2的CPU指令的译码和执行，这是用来检查CPU在执行安全功能指令上的译码功能。IEC 60730附录H的表H.11.12.7提供了三个可选标准来检验这个部分：

- 双CPU执行比较
- 内部硬件检测
- 使用同一类的测试进行周期的自我测试

需要监测的C类组件

要求电子控制测试的60730 C类组件 (见表 H.11.12.7)		故障与错误
1	1.1CPU寄存器	直流故障
2	1.3CPU程序计数器	阻塞
3	1.2 CPU指令译码和执行	错误的译码或执行
4	2. 中断处理和执行	无中断或中断太频繁
5	3. 时钟	错误的频率
6	4.1固定存储器	99.6% 信息错误覆盖率
7	4.2可变存储器	直流故障和动态交叉链接
8	4.3寻址(对应于固定/可变存储器)	阻塞
9	5. 内部数据通道	阻塞
10	5.2 寻址	地址错误
11	6. 外部通信	汉明距离 4
12	6.3 时序	时序/序列的错误
13	7. I/O 外设	H.27指定的故障条件
14	7.2.1 模拟 A/D 和 D/A converters	H.27指定的故障条件
15	7.2.2 模拟多路复用器	寻址错误

表 2

CPU指令译码和执行

飞思卡尔Power架构的产品拥有双CPU内核，它们可以同时执行，而且可以在执行安全功能前进行结果的比较。如MPC5510系列。飞思卡尔提供了使用误码校正(ECC)的内部硬件检测模块，它使用某种读入程序指令时的奇偶类型，可自动校正单一的奇偶检验误差。和MPC5510系列一样，S12X系列也拥有这个特性，如MC9S12XE100的闪存和RAM存储器就有ECC模块。

对我们的8位S08CPU来说，飞思卡尔开发了一种CPU指令测试程序，它能在上电复位前运行。这个测试程序大概需要2KB的程序存储空间，但是它已模块化，可移除在安全应用程序没有用到的相关指令的测试。完整测试的执行时间为3666 CPU总线周期(在20MHz时为183.3微妙)。

该测试程序已通过TUV南德意志集团验证，并认证为IEC 60730兼容，飞思卡尔将这个测试程序提供给客户。请联系您当地的飞思卡尔代理以获得免费许可证和相关软件信息。

除了这个额外的部分需要测试外，还有四个C类系统的件需要进行更严格的测试：

- CPU寄存器测试
- 可变存储器(RAM)
- 固定存储器(闪存)
- 外部通信

8位寄存器1秒步进模式

1	0	0	0	0	0	0	0
2	1	0	0	0	0	0	0
3	0	1	0	0	0	0	0
4	0	0	1	0	0	0	0
5	0	0	0	1	0	0	0
6	0	0	0	0	1	0	0
7	0	0	0	0	0	1	0
8	0	0	0	0	0	0	1
9	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0

每10步进行数据验证
以确保无直流故障。

图4

CPU寄存器测试要求制造商检查CPU寄存器的直流故障，它可使用一种1秒步进和0秒步进的模式来完成。

图4展示了一个8位寄存器的1秒步进模式。通过执行这个模式，并在每一步对数据进行确认，所有的直流故障都会被检测到。0秒步进模式与之相类似，即将1秒步进模式中的所有数据位反转就是0秒步进模式，该模式也要一起执行。

可变存储器(RAM)测试也需要这个技术，即在CPU寄存器测试中用来检验直流故障的1秒步进和0秒步进模式。对RAM阵列>2KB的情况，运行这样一个测试会很耗时间。然而，制造商可将RAM阵列分为小块(32-128字节)，并在程序执行中对每个RAM块依次进行测试。请注意制造商可能会需要在测试每个应用时暂停程序，并禁用中断以确保没有程序变量被无意中破坏。

飞思卡尔为HC9S08AC60微控制器开发了一个1秒步进和0秒步进的RAM测试，这个测试程序将RAM空间分为48字节的内存块。而且，这是一个模块化的软件，它可以被轻易地修改成适用于更大或更小的RAM阵列的测试。

C类系统的固定存储器(闪存)的测试要求用户达到99.6%的比特位覆盖率。这个可以通过ECC或32位CRC来实现。或者，可以把多余的内存放在CPU能够周期性检测两个数组比较的地方。

对那些满足C类规格的外部通信部件来说，制造商需要实现一个32位数据传输用的CRC模块或者使用数据冗余，即将数据发送至少2次，而且冗余数据被修改为某种形式，如将第二次发送的数据进行位反转。另一选择是采用比较器或带比较器的冗余功能通道。使用两个通信端口同时发送数据，软件将判断接收到的数据，以确保两者匹配。

软件

飞思卡尔针对其微控制器开发了一套周期测试程序，用户可将其用在自己的应用代码中。这些程序已经通过像德国电气工程师协会或TÜV南德意志集团那样的认证机构的认证，都符合IEC60730的要求。

总结

尽管开发这些软硬件安全特性可以帮助制造商满足IEC 60730标准，这些特性显然也能满足IEC60601中医疗电子应用的需要。飞思卡尔已经开发出像独立看门狗、CRC引擎、ECC等硬件特性，并提供周期测试软件来帮助制造商生产出兼容IEC60730的产品。

测试开发程序		
	HCS08	MC56F80xx
CPU 寄存器阻塞	•	•
程序计数器阻塞	•	•
看门狗超时测试	•	•
RAM March C 测试	•	•
RAM March X 测试	•	•
闪存 CRC (软CRC计算)	•	•
闪存 CRC (CRC硬件引擎)	•	
C类		
CPU 寄存器直流故障		
CPU 指令测试	•	
RAM 1秒步进测试	•	
RAM 0秒步进测试	•	

表 3

Dugald Campbell是飞思卡尔半导体的工业系统解决方案工程师。他在消费和工业市场的嵌入式微控制器设计方面拥有超过20年的经验。目前他正专注于大型应用、医疗和工业安全等方面的应用。

Bogdan-Constantin Holmanu

视障人士的福音： 无线语音告知系统

导论

据2002年世界卫生组织调查显示，全球有超过一亿六千一百万视障人士^[1]。视障人士在日常生活中需要记忆室外路标和室内布局，并通过触摸来区分不同的物品（如药品、工具和炊具等），同时，听觉也对他们有很大的帮助。通过语音向导，视障人士能判断自己的移动以及估计一个特定物体的位置和间距。尤其是在无线通信技术上的突破，可以使新产品提高语音向导的有效性，以便日常使用。

无线连接

本文提出了一种能够为视障人士提供一定程度听觉辅助功能的系统，如语音向导和对象识别。该系统可以基于IEEE[®] 802.15.4的无线平台来实现。这个802.15.4无线解决方案的真正优势在于其低功耗的特点，它能延长电池的使用寿命，并减少维修费用。它通过可随身携带的音频硬件和附加用于记录信息的内存来执行听觉辅助功能。该系统是基于802.15.4网络数据传输服务，并具有网络链接质量指示功能，可用来近似估计无线网络中两个节点之间的距离。

硬件概述

该系统包括两种类型的设备（装配在目标物体上的设备与个人随身携带的设备），它们可以通过802.15.4无线网络互相通信。这两款设备均基于802.15.4平台，该平台由S08微控制器(MCU)内核或ARM[®]微控制器内核加上2.4GHz的802.15.4射频(RF)收发器组成。

目标设备的平台必须有独立的音频硬件，它可以只是一个带模拟音频硬件的微控制器，也可以是一个具有足够录音内存和更强处理能力的数字信号处理平台。例如，带数字信号处理功能的目标设备可以通过802.15.4无线网络与个人电

脑连接，来下载关键信息。然后这些数据可通过文字到语音(TTS)转换模块转换为语音，为视障人士提供信息。为实现这一功能，还需要一个个人设备。

硬件框图

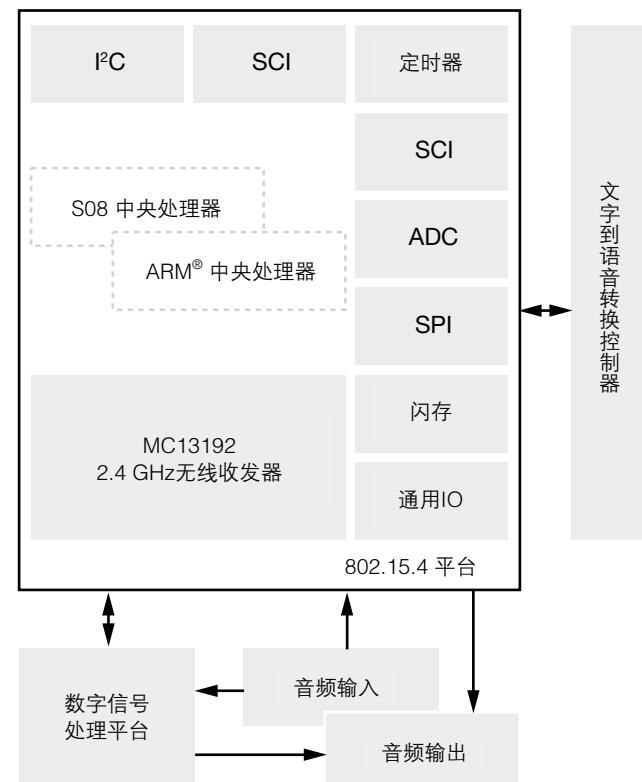


图1

软件概述

该系统能够在视障人士接近一个目标时发出通知。要做到这一点，该软件必须具有一套系统功能。这里为目标设备和个人设备设计了两种操作模式，分别为配对模式和广播模式。配对模式用于两个设备间的相互识别。

配对模式适合在室内使用，这是为了确保无线网络的完整性，需要防止区域内其他802.15.4系统对它的干扰。广播模式必须结合专用于设备识别的广播服务，该操作可以用一个基于消息的简单握手协议来实现。通过广播模式，可以部署一个大规模的户外语音告知系统，为视障人士提供听觉辅助方面的服务，如提醒交通灯、道路和人行道标志等。它也可用于大型公共机构室内，如图书馆和医院。广播系统需要一个不间断电源，而且必须满足一些机械和电气设计要求。该系统必须能够过滤其他频谱的射频电波并禁止有害的电子噪声对设备系统造成损伤。

目标设备和个人设备的应用软件程序可以建立在802.15.4媒体访问控制层(MAC)软件库和平台专用驱动模块上。两种设备的应用程序都需要完整的设备MAC软件库^[3]。完整的设备无信标(FFDNB)软件库包括所有的MAC功能，并要求S08平台提供24.2K字节的代码空间和426字节的内存空间。ARM平台的MAC软件库将被直接放入44K字节的只读存储器中，它包含所有设备媒体访问控制层功能。所有MAC软件库都可以在www.freescale.com下载^[3]。而MAC协议栈可在BeeKit™无线连接工具包中找到，该软件包可以用来生成应用程序框架，包括MAC协议栈和所有Freescale的802.15.4解决方案平台组件。

个人设备的应用软件可以建立在MAC软件库和软件平台组件之上。软件平台组件包括S08或ARM微控制器的外设驱动程序，以及通用的典型服务，如串行通信，定时器和非易失性存储等功能。它们还必须具有所有硬件平台通用的API接

口。驱动和平台组件也可作为专用微控制器项目的一部分和802.15.4软件解决方案一起发布。

在使用MAC协议栈和平台组件之前，必须调用初始化程序。应用程序的主要任务是在预定的时间发送消息来通知目标设备。广播消息的发送间隔必须足够短，以涵盖个人能做到的最快移动。为了确保这一点，时间间隔应小于0.1秒。然而，时间间隔越小，消耗的功率会越多。所以选择适当的时间间隔可以用来管理功耗。当大于该间隔时，不能收到任何确认消息，而小于该间隔则能收到。

广播消息使用数据请求服务来发送。802.15.4的MAC层有长地址和短地址的数据传输模式。除了设备地址外，个人区域网络ID(PANID)必须指定数据服务的参数。广播消息发送时使用0xFFFF作为PANID和短地址的值。发出广播消息后，系统会立即进入一个低功耗模式，以延长电池寿命，并在一段时间后退出该模式。或不使用定时的低功耗模式，而在个人设备中加入一个运动传感器，只有当该设备必须向另一设备广播消息时，才将其从低功耗模式下唤醒。因此当人不动或不携带该设备时，这项功能可以用来节省电池能量。在图3中，代表这一功能的模块用虚线框标出。

使用白皮书《实时通信的超低功耗无线设计》里的实验数据，可在系统的设计阶段就估计出电池的使用寿命。（可在www.freescale.com^[4]搜索“ultra-low-power wireless design”来找到）。实验设置包括一套16引脚的8位微控制器MC9S08QG8演示板，三轴加速度计MMA7260QT和支持三种功率模式的802.15.4收发器MC13191，这三种功率模式可通过功率软件库在应用程序中进行设置。白皮书列举了每个板载组件在不同功率模式下的耗电量，并编号量化。使用白皮书中的电池寿命与每秒数据包个数关系图，可为个人设备或目标设备估计电池寿命。例如，如果该设备每秒发送5个广播包，电池寿命约为25天。选用了合适的时间间隔后，该系统的电池寿命就取决于设备的功率模式。

目标设备的软件还必须使用802.15.4协议的MAC库和平台组件。平台启动后，前两步工作就是MAC协议栈和平台的初始化。

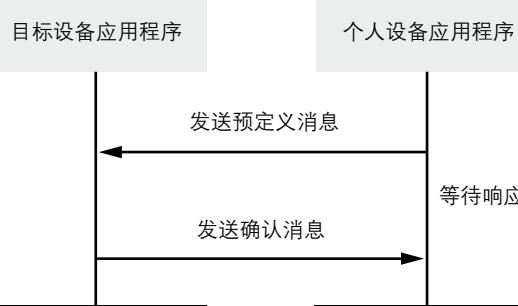


图2

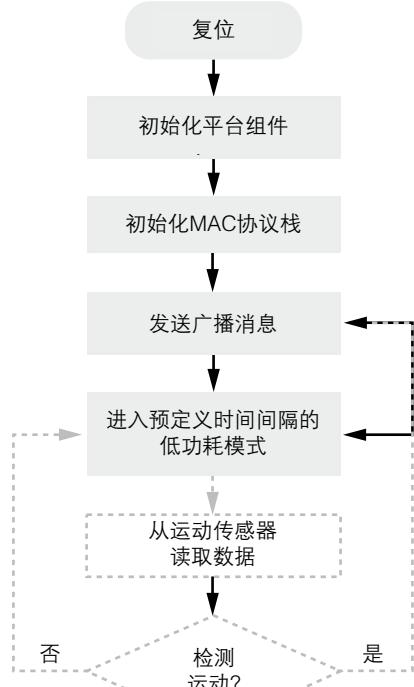


图3

应用程序必须能够检测到广播消息的接收。程序的下一步通过配对机制会有多种选择。如果使用了配对模式，并且设备间已经配对，则应用程序必须计算设备之间的距离。距离的计算可通过数据传输的链接质量指标(LQI)来实现。

飞思卡尔已发表了一份应用笔记《MC1319x Range Performance》^[2]，文中对收发器功耗和两个802.15.4设备之间距离的关系做了详细的研究。具体文档可在www.freescale.com上下载（可搜索“AN2902”）。如果间距低于预定的接近距离，该设备必须发出代表目标的特定声音。如果使用单一的声音来通知对方，如蜂鸣器的声音，则可以使用一个常规后台驱动程序和一个由BeeKit无线连接工具包生成的应用程序框架来实现^[3]。如果这个平台还带录音和语音复述功能，则还必须包含用来与DSP平台通信的附加软件模块。

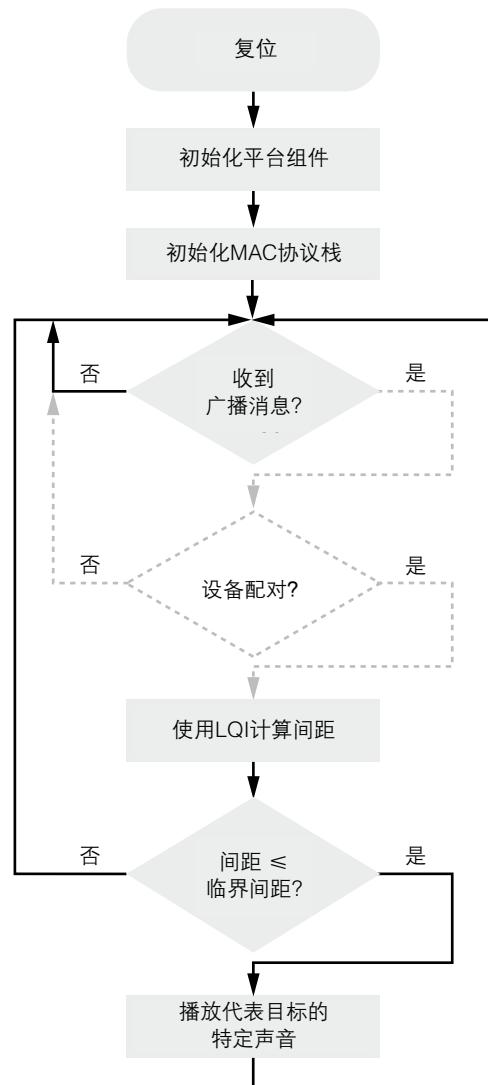


图4

结论

无线语音告知系统可以显著提高许多视障人士的生活质量。飞思卡尔为802.15.4市场提供了低成本、功能强大且完整的硬件和软件平台，使系统供应商能开发出如本文中提到那样的具有吸引力和竞争力的解决方案。飞思卡尔主要提供了两个硬件解决方案：一个是基于S08微控制器的解决方案，另一个是基于ARM7™微控制器的解决方案。系统级封装(SIP)的MC1321x是飞思卡尔第二代ZigBee®平台，它由一个2.4GHz的射频收发器和一个8位S08微控制器整合而成^[5]。而MC13224V是第三代ZigBee平台，它由射频收发器与一个32位ARM7内核的微控制器整合而成，同时还带802.15.4 MAC层和AES加密的硬件加速功能^[6]。两个平台都提供了802.15.4MAC层和ZigBee的协议栈。

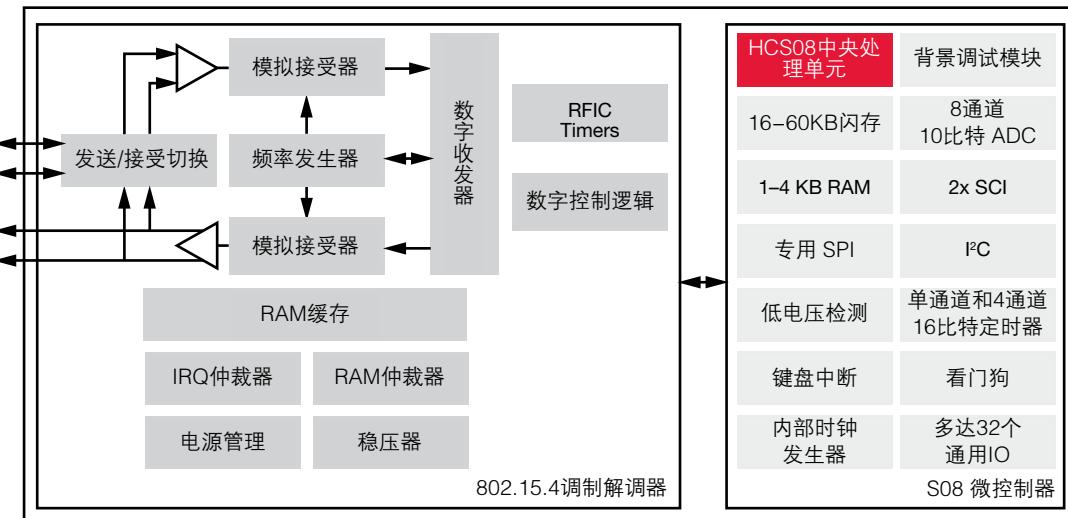


图5

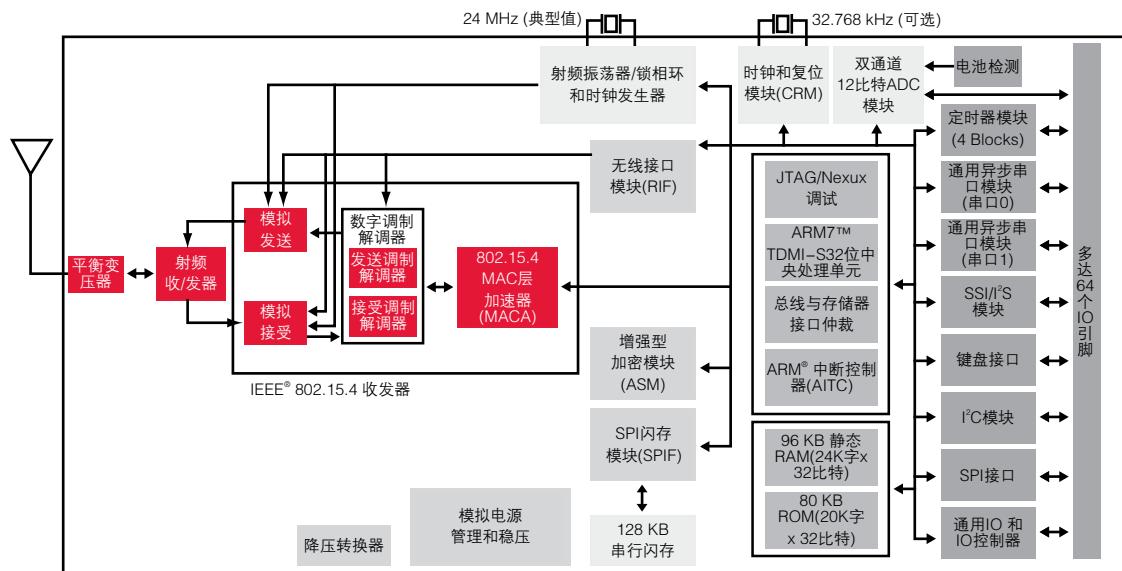


图6

参考书目

- [1] Magnitude and causes of visual impairment (World Health Organization), www.who.int/mediacentre/factsheets/fs282/en/
- [2] AN2902 MC1319x Range Performance Application Note
- [3] BeeKit Wireless Connectivity Toolkit, www.freescale.com/webapp/sps/site/prod_summary.jsp?code=BEEKIT_WIRELESS_CONNECTIVITY_TOOLKIT&fsrch=1
- [4] Ultra-Low-Power Wireless Designs for Real-Time Communication, www.freescale.com/webapp/sps/site/overview.jsp?code=784_LPBBLWPWRWRLSS&fsrch=1
- [5] MC1321x Technical Data Document
- [6] MC1322x Product Preview Document

Bogdan-Constantin Holmanu 2008年毕业于罗马尼亚的雅西技术大学，并获得计算机科学学位。他于2008年加入飞思卡尔半导体（罗马尼亚）的无线连接机构，并成为MAC和平台团队的一份子。他曾和其他三个同学组成一个团队，参加了微软的创新杯比赛，并在嵌入式开发项目中，以网络化盲文学习环境的课题获得了二等奖。

飞思卡尔半导体 家族产品介绍

Beyond Bits第四期介绍了许多新颖创意的方式来应用现代电子科技。这意味着，一些想象的火花就可以在产品的功能和形式上开辟一片新天地。那就让我们来帮助您寻找那些能够实现新设计的半导体平台。我们有许多在线产品摘要介绍，从中可发现与与您下个项目相匹配的硬件、软件以及开发工具。

无线产品概要

www.freescale.com/files/wireless_comm/doc/fact_sheet/ZIGBEEMCUPS.PDF?fsrch=1

8位产品概要

www.freescale.com/files/microcontrollers/doc/fact_sheet/8BITCIPRODMPFS.pdf

32位产品概要

www.freescale.com/files/microcontrollers/doc/brochure/BRCOLDFIREPRODSUM.pdf

数字信号处理器产品概要

www.freescale.com/files/industrial/doc/brochure/DSCPRDCTSMRY.pdf



它，是成功的良方。



飞思卡尔医疗解决方案

飞思卡尔全面的医疗解决方案，提供不单从模拟技术到传感器还有超低功率的MCU、高度集成的MPU、医疗专用软件、参考设计、白皮书以及应用笔记等等。但是，我们不止于此，我们还建立了“卓越医疗中心”。该中心由设计工程师和医疗人员组成，给您前所未有的专业技术服务和支持。我们承诺致力于协助医疗设备行业提供更低功率、更具创新性的设计，从而加快产品上市，实现更多盈利。



飞思卡尔半导体

请访问www.freescale.com.cn/medical以发掘更多可能性。