

TCP/IP 网络连接: 使用 OLED 显示屏和 MP3 音频解码器的网络收音机

作者: Howard Schlunder
Rodger Richey
Microchip Technology Inc.

引言

网络收音机定义为“接收并播放音频的硬件，音频来自因特网网站或用户的 PC”。进入收音机的音频流使用的是 MPEG-1 Audio Layer 3 (MP3)、Windows® Media Audio (WMA) 或 Advanced Audio Coding (AAC) 压缩音频格式。“电台”的范围很广，从公共 AM 或 FM 广播台（它们通过大气以及因特网进行广播）到大学广播台，甚至小到任何个人创办的私人广播电台。

网络收音机的想法并不是才提出的。你能够买到商家出售的网络收音机，价格范围在 129 美元至 400 美元之间，生产厂商诸如 Barix™、Logitech™/Slim Devices、Roku™ Labs 以及 Philips®。这些产品中绝大多数使用有线以太网进行连接，有些则带有无线连接。

本应用笔记的重点在于如何开发低成本的网络收音机，使得收音机能够连接到 SHOUTcast 服务器并播放 MP3 音频。硬件采用 PIC18F67J60 单片机（它有集成的 10Base-T MAC 和 PHY）以及外部 MP3 音频解码器。软件采用带外部串行 SRAM 缓冲的标准 Microchip TCP/IP 栈，它能够简化音频压缩数据向 MP3 解码器的传输。图 1 所示为网络收音机演示板（DM183033），可从 MicrochipDirect 或 Microchip 的分销商处购买。图 2 是本应用笔记中使用的网络收音机设计的结构框图。

图 1: 网络收音机演示板

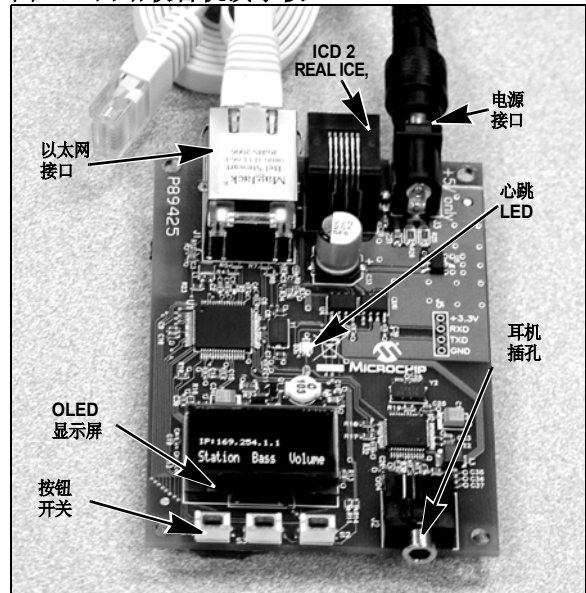
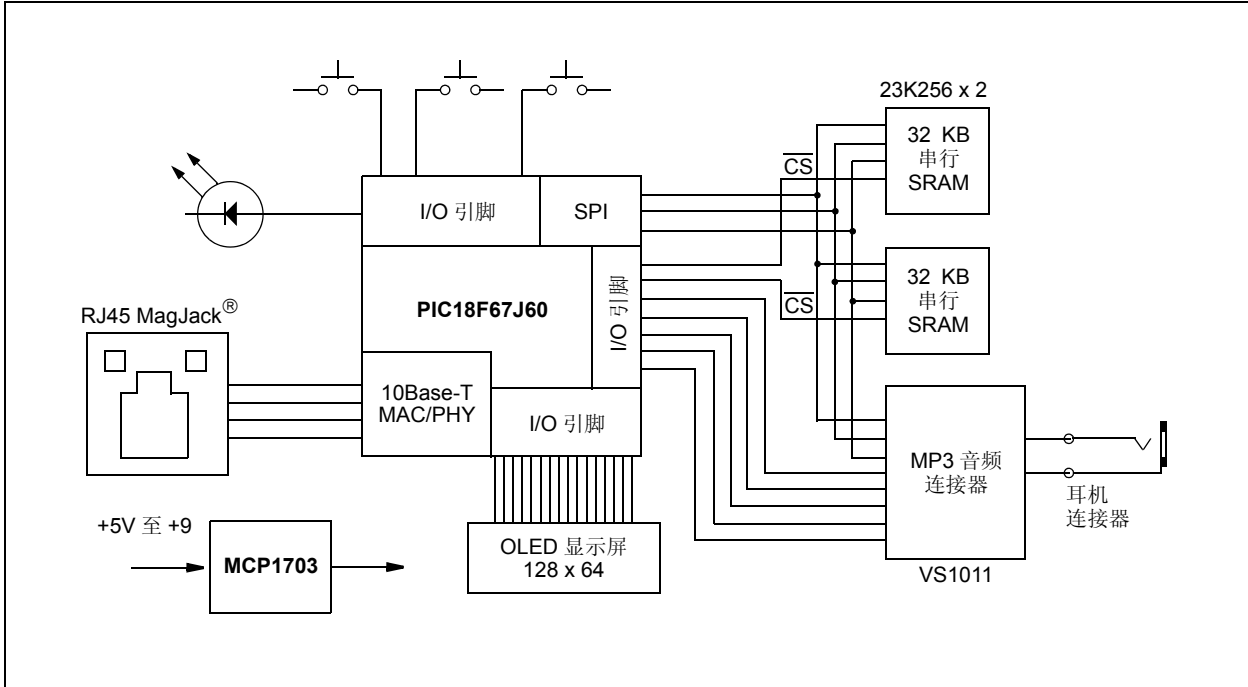


图 2：网络收音机框图



建立连接

本设计的核心是 PIC18F67J60 单片机。除了 64 引脚 PIC18 单片机的标准外设集之外，此单片机还有集成的 10Base-T MAC 以及 PHY 外设。单片机控制着整个过

程，从建立至音频服务器的连接、把数据传输至 MP3 解码器、在 LED 上和 OLED 显示屏上显示状态，一直到读取按钮开关上用户的输入。

尽管该特定应用并没有使用 PIC18F67J60 器件上太多资源，但器件确实拥有完整的外设集。表 1 所示是所有 PIC18FXXJ60 器件的功能特性集。

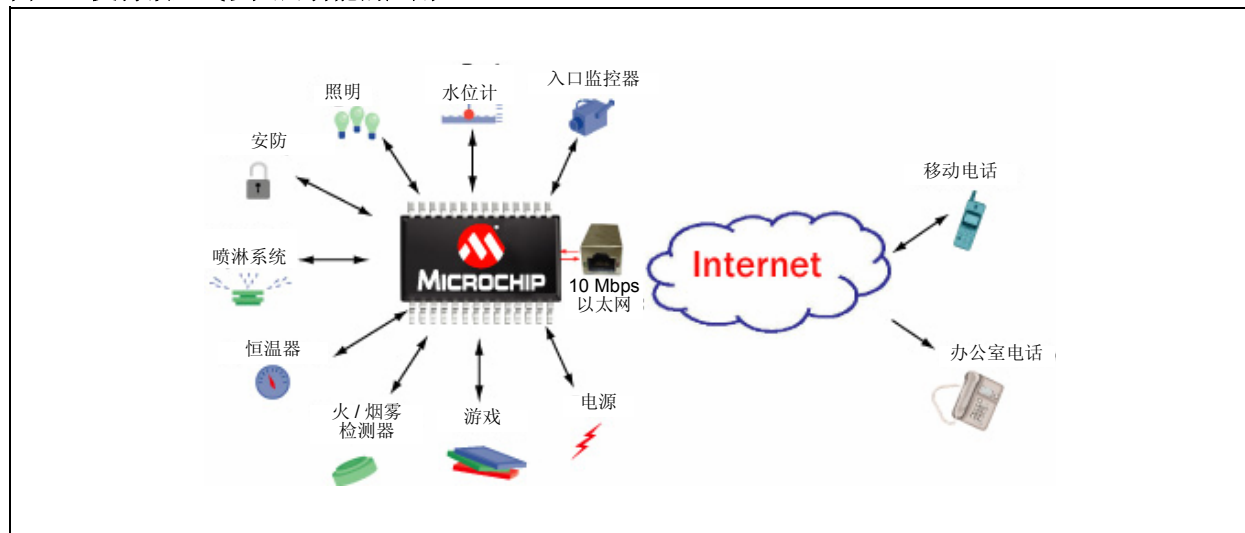
表 1：PIC18FXXJ60 单片机系列功能特性

器件	闪存程序存储器 (字节)	SRAM 数据存储器 (字节)	以太网发/收缓冲区 (字节)	I/O	10位 A/D (通道数)	CCP/ECCP	MSSP			EUSART	比较器	8/16 位定时器	PSP	外部存储器总线
							SPI	主 I ² C™						
PIC18F66J60	64K	3808	8192	39	11	2/3	1	是	是	1	2	2/3	否	否
PIC18F66J65	96K	3808	8192	39	11	2/3	1	是	是	1	2	2/3	否	否
PIC18F67J60	128K	3808	8192	39	11	2/3	1	是	是	1	2	2/3	否	否
PIC18F86J60	64K	3808	8192	55	15	2/3	1	是	是	2	2	2/3	否	否
PIC18F86J65	96K	3808	8192	55	15	2/3	1	是	是	2	2	2/3	否	否
PIC18F87J60	128K	3808	8192	55	15	2/3	1	是	是	2	2	2/3	否	否
PIC18F96J60	64K	3808	8192	70	16	2/3	2	是	是	2	2	2/3	是	是
PIC18F96J65	96K	3808	8192	70	16	2/3	2	是	是	2	2	2/3	是	是
PIC18F97J60	128K	3808	8192	70	16	2/3	2	是	是	2	2	2/3	是	是

本应用的第二个关键部分是 Microchip TCP/IP 协议栈。由该协议栈建立至音频服务器的连接，然后接收音频流并把音频流传送给 MP3 解码器。该协议栈是一组程序，它为所有基于 TCP/IP 的应用提供服务。使用协议栈时

你并不需要了解 TCP/IP 规范的全部内部细节。使用嵌入式 TCP/IP 协议栈的单片机可以用来构建无数的应用，诸如图 3 所示的应用。

图 3：支持嵌入式以太网功能的应用



根据 TCP/IP 参考模型，该协议栈划分为若干层，每一层使用下一层或底下多层提供的服务。根据规范，从某种意义上而言，很多 TCP/IP 层是“活着的”，因为他们不仅在服务被请求时产生动作，而且在事件发生（例如超时）或新数据包到来时产生动作。栈的设计是模块化的，使用 C 程序设计语言编写。典型实现将使用 30-60 KB 的代码，代码的具体长度取决于要把哪些模块包含在内，这样能在 PIC18FXXJ60 器件上留下大量的

代码空间。表 2 所示是支持的大部分协议。在应用笔记中没有列出每个协议的大小，相关信息在 TCP/IP 协议栈随附的帮助文件中提供。

表 2: MICROCHIP TCP/IP 协议栈支持的协议

应用	HTTP	FTP	SMTP	Telnet	DHCP	DNS	SNMP	NetBIOS	自举程序	Ping
传输	TCP				UDP					ICMP
因特网及网络接入	IPv4 和 ARP									
物理	以太网 – ENC28J60 或 PIC18F97J60 系列									

Microchip TCP/IP 协议栈软件为网络收音机的实现提供了多种基本服务，包括协议在内（诸如 TCP、UDP、DHCP、DNS、IP 以及 ARP）。传输控制协议（TCP）传输主 MP3 音频和元数据，同时提供流控制，防止 SHOUTcast 服务器任何时候发送的数据超过网络收音机 RAM 能够容纳的量。

用户数据报协议（UDP）传输 DHCP 和 DNS 包。当第一次建立以太网连接时，动态主机配置协议（DHCP）自动提供板子的 IP 地址、网关地址、子网掩码和其他配置参数。这些配置参数告诉板子网络是如何组织的以及如何访问因特网。无论何时只要用户改变了当前电台，就会用到域名系统（DNS）。DNS 把电台的静态主机名（例如：“scfire-dll-aa02.stream.aol.com”）转换成潜在的动态 IP 地址（例如：149.174.134.200），这是 TCP/IP 栈协议所要求的部分。

网际协议（IP）通过因特网向正确的目的地传输 TCP 和 UDP 包。不过，在 IP 传输能够使用之前，栈使用地址解析协议（ARP）获得与本地因特网网关相关联的以太网 MAC 地址（例如：00-04-A3-BE-EF-1E）。所有这些服务或者同时或者一前一后地工作，建立至电台服务器的连接，然后确保可靠的用户收听体验。这些协议全部工作在后台，不需要任何手工用户配置或干预。

尽管本应用是基于 PIC18FXXJ60 器件的，该协议栈已经为在任何 PIC18、PIC24、dsPIC® 或 PIC32 器件（它们要有足够的程序存储器）上使用进行了优化。该栈还提供对 ENC28J60 独立以太网接口控制器的支持，支持这些器件平台的任何一种。最棒的是：栈是免费使用的，仅需同意不用付费的协议即可，但仅限在 Microchip 单片机和数字信号控制器上使用。改协议栈可从 www.microchip.com/tcpip 下载。网络收音机文件是该协议栈文件的组成部分。

既然已经清楚定义了网络收音机这个嵌入式应用，我们还需要有音频源。在因特网上有许多可用的音频源，音频使用的文件格式前面已经讨论过了。对于本应用而言，我们将侧重于讨论 SHOUTcast 协议和服务器。SHOUTcast 是 Nullsoft™ 开发的免费音频流技术。SHOUTcast 仅使用 MP3（或 AAC）音频编码以及一种类似于 HTTP 的协议来把文件从服务器传输至客户端。SHOUTcast 既可用作服务器，也可用作客户端，运行的操作系统包括 Windows 95/98/ME/NT/2000/XP、Macintosh® OS X、FreeBSD™、Linux 以及 Solaris™，下载地址是 www.shoutcast.com。

为了建立从 PIC18F67J60 器件至 SHOUTcast 服务器的连接，我们必须向服务器发送一条消息。下面的示例给出了在网络收音机代码中用来建立连接的典型数据结构。

例 1:

```
stations[0].HumanName = "SKY.FM Top Hits, 96K";
stations[0].HostName =
    "scfire-dll-aa02.stream.aol.com";
stations[0].port = 80;
stations[0].Message =
    "GET /stream/1014 HTTP/1.0\r\n"
    "Host: scfire-dll-aa02.stream.aol.com\r\n"
    "Accept: */*\r\n"
    "Icy-MetaData:1\r\n"
    "Connection: close\r\n\r\n";
```

结构 stations[] 存放的是各种电台的信息，这是预置在单片机中的信息。元数据指的是关于数据的信息。以 SHOUTcast 流为例，元数据指的是歌曲名和艺术家。如果不支持元数据显示，则将显示在结构中给出的供人阅读的电台名称。如果支持元数据，在初始连接阶段，可以自动从 SHOUTcast 服务器获取电台名称。在当前的应用中，没有使用 HumanName 字符串。我们使用的是在元数据中提供的电台名，而元数据来自 SHOUTcast 服务器。

给出的远程 DNS HostName 明确指出了因特网上 SHOUTcast 服务器所处的位置。连接使用的 TCP 端口选择如下。通常，端口号是 80，但也可根据所连接 SHOUTcast 服务器的设置而改变。

最后是 Message，启动对 SHOUTcast 服务器的连接。GET 命令指明服务器上音频文件或流名称。Host 指明我们打算连接的目标服务器。在某些情形下，在同一个因特网 IP 地址上运行着多个服务器，绝大多数情况下，Host 参数总是与 HostName 域相同。Accept 域表明我们感兴趣接收任何音频数据类型，而不是仅限于 MP3。除了 MP3 之外，网络收音机还能播放未压缩的 PCM WAV 流。Icy-metadata 决定是否在音频流中插入歌曲的元数据。最常见的插入元数据是艺术家的名字以及歌曲名。在当前应用中，我们允许使用元数据并对进入的音频流进行解析。通常，SHOUTcast 服务器在每 8192 字节音频数据之后发送长度可变的元数据块。我们必须不停地在流中检查位置并提取元数据。如果不把元数据从流中滤掉的话，音频解码器将播放元数据，会产生尖锐的杂音。Connection: close 域通知服务器：如果服务器用完了发送给我们的数据，它应立即断开我们的 TCP 客户。这通常仅出现在初始连接阶段：如果我们提供了一条非法的 GET 字符串，或者服务器超载无法再处理另一个广播收听者。通过立即断开，我们可以尝试自动重新连接，或者放弃并转向其他电台。来自 SHOUTcast 服务器的典型响应如下所示。在此响应中每个标记均以 Icy 前缀作为开头。这是 SHOUTcast 协议的一部分。

例 2:

```
ICY 200 OK
icy-noticel: <BR>This stream requires <a
href="http://www.winamp.com/">Winamp</a><BR>
icy-notice2: SHOUTcast Distributed Network Audio
Server/SolarisSparc v1.9.93atdn<BR>
icy-name: S K Y . F M - Top Hits Music -
who cares about
the chart order, less rap & more hits!
icy-genre: Pop Top 40 Dance Rock
icy-url: http://www.sky.fm
icy-pub: 1
icy-metaint: 8192
icy-br: 96
icy-irc: #shoutcast
icy-icq: 0
icy-aim: N/A
```

网络收音机应用使用的主要信息如下：

- icy-name: 电台名
- icy-metaint: 在音频流中元数据到达的时间间隔
- icy-br: 音频流的比特率，以 kbps 为单位；从 MP3 解码器芯片也可以读出比特率

如果收音机接收到 icy-name SHOUTcast 响应，MP3 客户任务将执行一个回调函数，从而允许主应用程序保存结果。回调函数是 NewServerTitleProc(BYTE *strServerTitle)，其中 strServerTitle 被设置成 icy-name 的内容。字符串是易失性的，在从回调函数中返回之后，如果打算继续使用字符串内容的话，主应用代码必须对其进行保存。

对于本应用而言其他标记没有意义，因此 MP3 客户任务会自动舍弃它们。一旦我们收到服务器的响应，接着到来的就是音频流，这是我们下一节讨论的内容。

在音频流中有两则通常作为元数据传输的有用信息：歌曲名和作者。在每个元数据时间间隔 (icy-metaint，通常是每隔 8192 字节)，MP3 客户代码检查下列文本

- StreamTitle='<artist name, song name>';
- StreamUrl='<url>';

NewStreamTitleProc(BYTE *strStreamTitle) 回调函数提供了 StreamTitle 元数据的内容。再次强调，数据容易消失，应用程序必须对其加以保存。就用户对网络收音机的满意度而言，是否提供此数据将导致巨大的差异，因为可以显示歌曲名和艺术家。

解码音频流

PIC18F67J60 内部约 4 KB 的通用 RAM 不足以缓冲到来的音频流，也不足以在因特网上数据包大量丢失时续播音频流。在因特网上传输 MP3 数据的 TCP 传输协议具有可变的重传延迟，对于丢失的包，这种延迟可达 300 ms 或更长。这就需要有一个较大的 RAM 缓冲区，使得软件能够缓冲足够多的音频数据，从而可以对这些可变的延迟问题进行补偿。RAM 不足的后果就是在音频输出时因数据包丢失而产生的一些嘀嗒和砰砰声。

为了提供更多的 RAM，使用了两片 Microchip 的串行 SRAM (23K256)，提供的 RAM 共计 64 KB: 32 KB 用于 TCP 层，32 KB 用于音频缓冲。图 4 所示是服务器输入流的传输流程图。

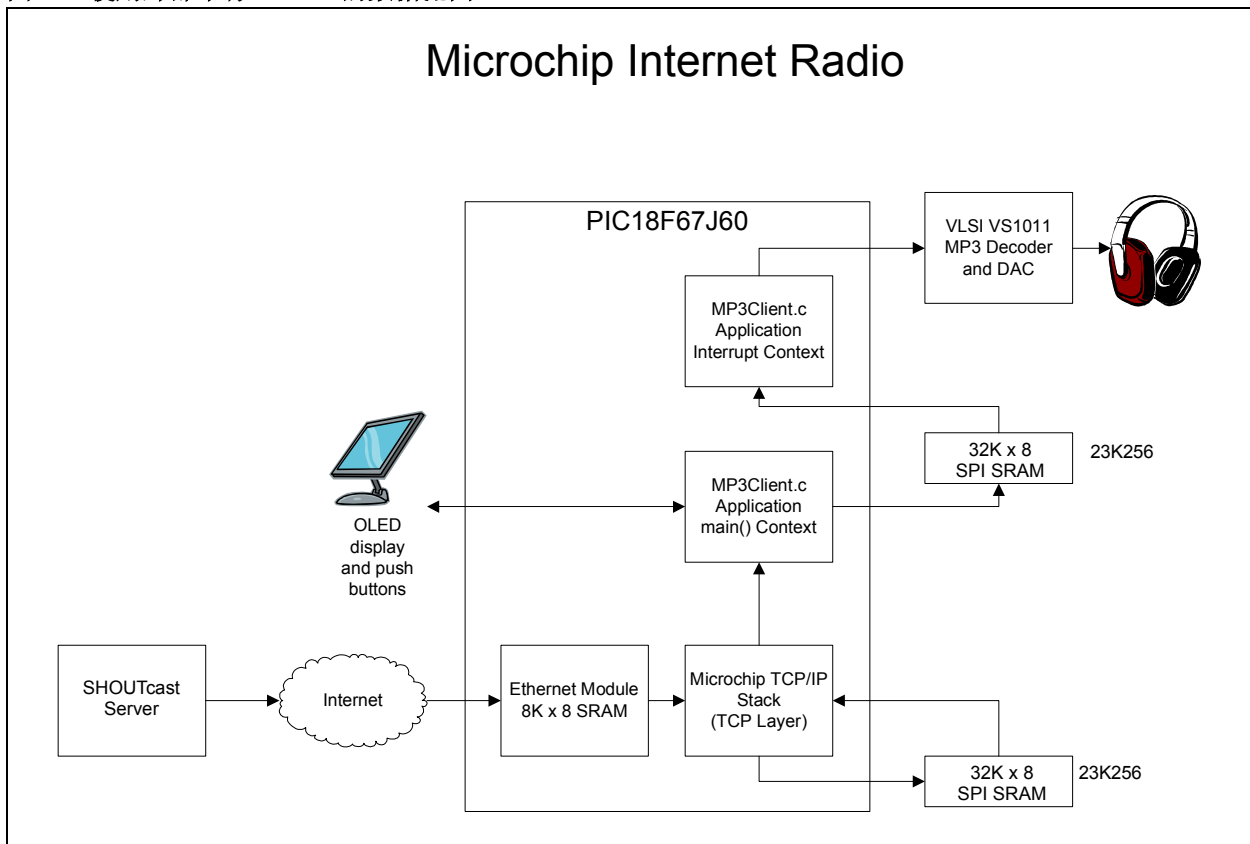
这两片 SPI SRAM 芯片功能上彼此独立，但都是用来实现 FIFO 缓冲区功能的。对于第一片芯片，32K x 8 SRAM 直接用于 TCP/IP 协议栈的 TCP 模块。TCP 层把所有进入的应用层数据都存放在此芯片中。这包括植入了歌曲名和其他元数据的 MP3 流。在数据从以太网模

块 SRAM 中传输出去时，所有的 TCP、IP 以及以太网报头都将被剔除，不会被存储在这片外部 32K x 8 SRAM 中。TCP 协议将把该外部 SRAM 芯片中可用空间的数量返回给远程 SHOUTcast 服务器，从而 SHOUTcast 服务器能够控制数据的传输，避免缓冲区溢出。类似地，如果告诉 SHOUTcast 服务器可用的自由空间数量较大的话，服务器在缓冲区下溢前将能传输更多的音频数据。

在 main() 程序循环中，MP3Client.c 应用模块周期性地数据复制到 TCP 缓冲区进而进入第二片 32K x 8 SRAM 芯片。在复制时，应用把歌曲名和其他元数据从流中剥离出来并显示在 OLED 上。没有附加元数据的原始 MP3 被写入第二片外部 SRAM 中，这样的话，在数据最终被复制到 VS1011 音频解码器之前，可以使处理的工作量最小。

周期性地，在代码执行期间，一个定时器到期并触发 MP3Client.c 应用的中断服务例程 (ISR)。在 ISR 中，MP3 数据被复制到第二片外部 SRAM 中，然后被直接写入至 VS1011 音频解码器。当 VS1011 需要更多数据时，它使 DREQ 信号输出有效，通知 ISR 复制数据。

图 4: 使用外部串行 SRAM 的数据流图



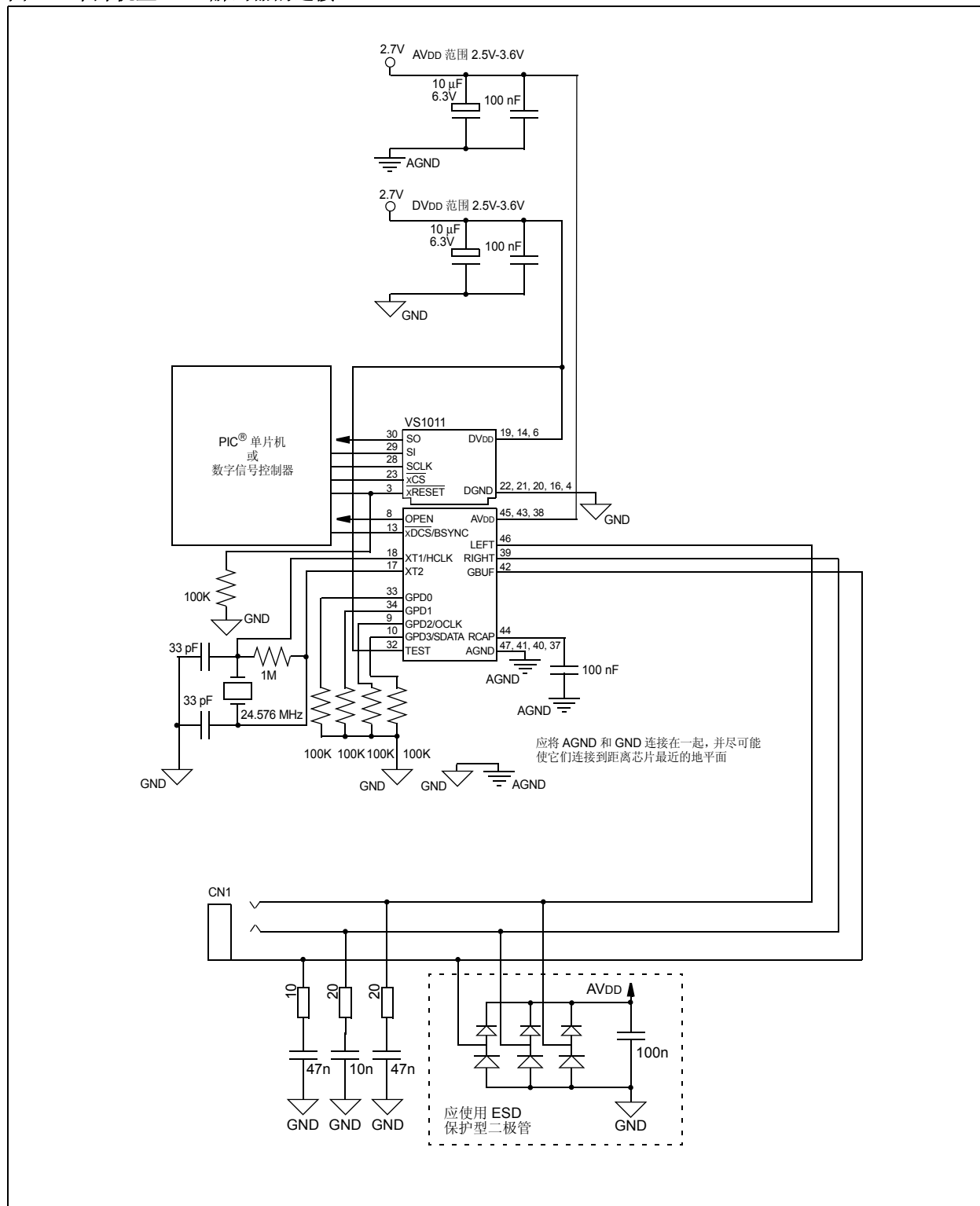
当音频数据被缓冲之后，我们就可以把数据送入 MP3 解码器。正如前面提到的那样，我们需要剔除掉元数据：否则，MP3 解码器会试图把元数据当做压缩的音频数据进行解码，导致在重构的音频输出中产生短促的尖声。对于本应用，我们选用的是来自 VLSI Solution Oy 的 VS1011 MPEG Audio Codec。这一器件拥有解码及播放音频流所必须的全部组件：

- 高性能低功耗处理器内核
- 解码 MPEG 1.0 和 2.0 Audio Layer III、WAV、PCM 以及 IMA ADPCM
- 最高可至 320 Kb/s MP3
- 音量、低音以及高音控制
- 高品质立体声 DAC
- 立体声耳机驱动器，可带 30Ω 的负载
- 独立的串行控制和数据接口

图 5 所示是 PIC18F67J60 和 VS1011 之间连接的通用框图。使用了下面的信号（给出了信号说明）：

- SO – SPI 串行输出
- SI – SPI 串行输入
- SCLK – SPI 串行时钟
- $\overline{\text{xCS}}$ – 命令的 SPI 片选
- $\overline{\text{xRESET}}$ – 片选
- $\overline{\text{xDCS}}$ – 数据的 SPI 片选
- DREQ – 数据请求

图 5: 单片机至 MP3 解码器的连接



一旦芯片配置好之后，我们只需要在芯片请求时提供数据给它即可。偶尔出现的改变音量、低音或高音的请求会被送至 SPI 控制接口，不会干扰数据的传输。软件检测来自 VS1011 的 DREQ 线，当信号有效时，向器件发送数据。DREQ 变为高电平表明 VS1011 可以接收至少 32 字节的数据。如果 DREQ 变为低电平，固件停止发送数据。

前已述及，VS1011 有音量、低音和高音控制。在这一点上我们不得不进行权衡取舍。我们的显示屏很小，我们只有三个按钮开关。我们的目标是简单的用户界面。所以我们只控制电台、音量和低音，放弃了对高音的控制。

音量是通过 VS1011 中 SCI_VOL 寄存器来进行控制的。它是 16 位寄存器，高 8 位控制左声道，低 8 位控制右声道。0 值表示最高音量，值 254 表示完全静音。步长对应 0.5 dB 的音量增加。在应用上电时，两个声道的音量都被设置为 31。SetVolume(BYTE vRight, BYTE vLeft) 函数用来修改音量。它遵循器件的设定，0 是最大音量，254 是静音。

低音的控制采用类似的方式。VS1011 中 SCI_BASS 寄存器能够控制低音和高音。低音控制有两个设定：低音增强和频率限制。低音控制值的范围是从 0 至 15，0 表示关闭，步长表示 1 dB 的低音增强。频率限制的范围在 2 至 15 之间，步长为 10 Hz。函数 SetBassBoost (BYTE bass, BYTE gfreq) 用来设置这两个值。

用户接口

既然硬件、软件已经设置好并能正常工作，我们需要向用户提供状态反馈，使得用户能够控制应用。分立式 LED 提供来自 TCP/IP 协议栈的心跳闪烁显示，这表明 TCP/IP 协议栈工作正常。

应用提供了三个按钮开关用于控制。按钮开关用来导航显示在 OLED 显示屏上的简单菜单结构。你可以向前或向后调整频道，增加或减少低音及音量。

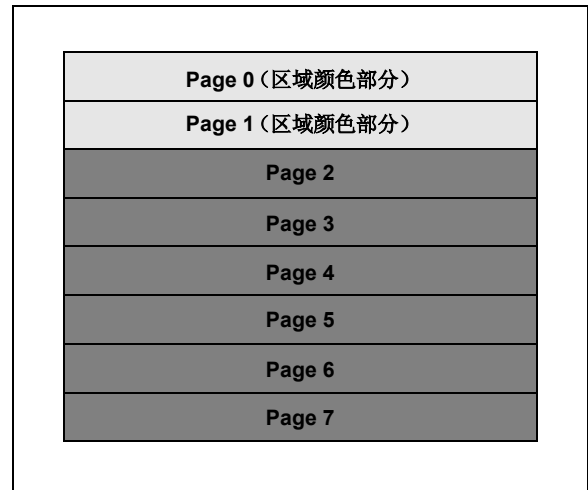
OLED 显示屏使得应用能够显示网络收音机的状态。它显示电台名、歌曲名和艺术家，还能显示改变电台、低音和音量的导航菜单。显示屏是来自 OSD Displays 的 128 x 64 单色显示屏，部件编号为 OSD-2864ASWAG01。

OLED 显示屏有出色的对比度、高亮度、低功耗、快速响应时间、宽视角和若干颜色。显示屏仅有的两个缺点是寿命和老化。此显示屏的寿命在最大亮度下是 10,000 小时。寿命可以被延长，方法是增加一个环境光传感器，根据环境光线调整显示屏的亮度。OLED 显示屏还可能存在显示图像的老化问题。所以当长时间显示图像时，推荐使用屏幕保护程序。对于本应用而言，导航菜单在 60 秒后消失，电台名、歌曲名和艺术家持续地旋转移位，速度是每秒一个字符。这样确保了不会有静止图像显示超过 60 秒。

本应用中使用的这款显示屏带有 SPI、I²C™ 以及 68 和 80 两种串并行接口。串行和并行模式的唯一区别是：在串行模式中，你不能读取显示屏的内容。在本应用中实现的是并行模式，因为我们打算使用画像素例程，例程需要读取存储器的内容，然后对数据的某一位进行修改。这款显示屏的另一个特点是提供了升压驱动器电路，可与多种外部元件配合使用，产生驱动电路所需的 9-12V 电压。

OLED 显示屏使用来自 Sino Wealth 的 SH1101A 驱动器。132 x 64 位的 RAM 被组织成 8 页（0 至 7 页），如图 6 所示。OSD Displays 供应的 OLED 显示屏只有 128 列，所以会多出 4 个字节。注意，如预期一样，显示屏上第一个可视列起始于列 2 而不是 0。

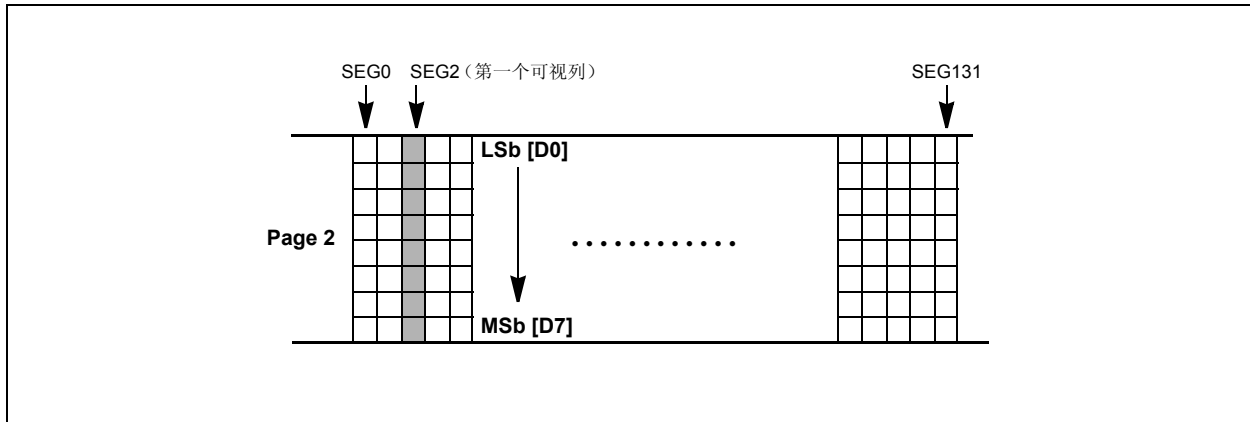
图 6：OLED 显示屏的图形显示数据 RAM



驱动器每一页的安排如图 6 所示。写入显示屏的每个字节显示在垂直方向上。从而一页有 8 像素高 128 像素宽。如图 7 所示，最低有效位在页的顶端，最高有效位在

在页的底部。在所示的例子中，Page 2 页被选中，页中第四字节写入的内容是 0xFF，这将使那一列中的所有像素都发光。

图 7: PAGE 2 示例: 说明 RAM 的结构与显示内容的关系



本应用首先显示初始欢迎画面。初始图像是 128 x 64 像素，存储在文件 OSDOLED.c 中。要把此图像写入显示，必须使用函数 `oledPutImage(rom unsigned char *ptr, unsigned char sizex, unsigned char sizey, unsigned char startx, unsigned char starty)`。此函数允许变化图像的大小及其在显示屏上的位置。我们提供一个指向数据数组的指针，图像的 x 和 y 大小，以及起始位置的 x 和 y 坐标。

应用还提供字体。字体存储在文件 OSDOLED.c 中，只能是 ASCII 代码表中从 0x20 至 0x7E 的字符。因为绝大多数应用不会使用超出这个范围的字符，我们不在数组中存储这些字符以便节省存储空间。字体是 5 x 8 的且最后一行是空白。向显示屏写入字符有两个函数。字符可以写成 1 或 2 页高，使用函数 `oledWriteChar1x(char letter, unsigned char page, unsigned char column)` 或函数 `oledWriteChar2x(char letter, unsigned char page, unsigned char column)`。由于显示屏的结构，字体大小限制为页高边界。对于一页高的字符，你可以选择页和起始列。字符被写入到起始列地址所处的页。函数不会检查起始列的值是否在显示屏的范围内。对于两页高的字符，唯一的区别是 page 参数，它说明在两页中首先使用哪一页来显示字符。此函数同样不进行位置范围检查。

在本应用中，Page 0 和 Page 1 用来显示歌曲名。Page 2 和 Page 3 显示从元数据中得到的 URL。这些页从左向右移动，显示超过显示屏长度的文本。Page 4 显示通过 DHCP 获得的 IP 地址。Page 5-7 用于菜单。Page 5 仅用于子菜单，显示应用目前所处的子菜单。Page 6 和 Page 7 显示按下按钮开关时所采取的相应动作。作为屏幕保护程序的一部分，这些页将在 60 秒之后消失。按下任何按钮开关将显示菜单，准备接收输入。

为了更好地理解这款显示屏的工作，建议阅读 SH1011A 数据手册和 OSD Displays OLED 数据手册。更多细节，请见“参考文献”。

调试因特网连接

在开发使用 TCP/IP 和以太网的应用时，可能会发现在调试问题时使用工具是必须的。在开发 SHOUTcast 接口代码时，我们使用的是叫做 Wireshark 的工具，以便搞清楚应用要发送什么数据给 SHOUTcast 服务器来启动数据流传输，服务应用什么来进行响应以及元数据应如何植入到音频流中去。Wireshark 能够通过 TCP/IP 连接从你的 PC 上抓取数据。你可以使用 Winamp 或其他播放器，建立至 SHOUTcast 服务器的连接，然后抓取数据流。使用 Wireshark 能够获得的其他重要信息还包括因特网电台的 IP 地址和端口号。这是建立连接所需要的。Wireshark 可从 <http://www.wireshark.org> 免费下载。

将来要考虑的事项

本应用笔记旨在给出一个示例，揭示 8 位单片机有能力运行 TCP/IP 协议栈并连接到现有因特网基础设施上。还有很多可以改进的地方，可以使网络收音机设计更令人满意、对消费者更友好。

首当其冲的改动更侧重美学而不是性能。许多手持设备使用 QVGA 图形 LCD 来显示信息。这些显示屏功能相当强大，颜色范围从 256 色到超过 65,000 色。它们常常与电阻式触摸屏封装在一起，触摸屏可以替代任何按钮开关。这两者的结合可以得到很强大的网络收音机用户界面。诸如 Ramtexas International ApS、Segger Microcontroller Systems 以及 Microchip 这样的公司还提供图形 LCD 库，能够极大地简化连接显示屏的接口，简化对象、菜单等的生成。

其次，可对应用所做的改动与处理能力有关，应用要求的处理能力更强，超过了 PIC18F67J60 所能提供的。Microchip 提供范围宽广的 16 位单片机，性能可提升至最高 40 MIPS。PIC24F 单片机提供 16 MIPS 的性能和很多外设，诸如用来连接图形 LCD 的平行主端口 (PMP)、允许有效使用 I/O 引脚的外设引脚选择 (PPS) 模块等。在 Microchip 的产品线中，还提供 32 位单片机，其功能与 PIC24 相通，但内核可达 1.5 DMIPS/MHz。要添加以太网接口功能，可使用来自 Microchip 的 ENC28J60，它提供的以太网 MAC 和 PHY 与在 PIC18F67J60 中使用的相同，但是带 SPI 连接的 28 引脚独立封装。

最后，可以开发这样的连接——连接到基于订阅的音频流 web 站点，诸如 Slacker™、Pandora、Live365 等，从而提供独特的音频流。这些服务允许用户定义播放列表、选择艺术家，为收听者定制音频流。

结论

初看起来，仅仅在一块 32 位单片机上开发网络收音机似乎是不可行的。但在考虑了流式音频的数据率并搞明白了应用的开销之后，PIC18F67J60 系列单片机的处理能力加上集成式 10Base-T MAC/PHY 可以用来构建网络收音机的基本平台。额外的带宽可以用来改进用户接口，方法是使用触摸屏和图形 LCD。

感谢德国阿沙芬堡应用科学大学单片机实验室的 Dr. Francesco P. Volpe 教授和 Christoph Stein，感谢他们在以太网应用中创造性地使用了 PIC 单片机。

存储器的使用

PIC18F67J60 的闪存程序

存储空间共计 = 131,072 字节

网络收音机用的总存储空间 = 40 KB

主程序 = 4.7 KB

OLED 驱动程序（包括字体和欢迎图像） = 2.7 KB

VS1011 驱动程序 = ~1 KB

MP3 客户程序 = ~2.5 KB

欢迎图像 = ~1 KB

字体表 = ~0.5 KB

各种例程 = ~2.6 KB

TCP/IP 栈协议 = ~26 KB

使用的协议 = TCP、UDP、DHCP、PIC18F97J60 以太网驱动程序、ARP、IP 和 DNS

PIC18F67J60 的数据存储空间总计 = 3808 字节

网络收音机使用的数据存储空间总计 = 1820 字节

音频和 TCP/IP 栈协议缓冲使用外部串行 SRAM 提供的 64 KB。

参考文献

SH1011A 数据手册 – www.sinowealth.com

OSD-2864ASWAG01 – www.osddisplays.com

VS1011 数据手册和应用笔记 – www.vlsi.fi

23K256 数据手册 – www.microchip.com

SHOUTcast – www.shoutcast.com

Microchip TCP/IP 协议栈 – www.microchip.com/tcpip

PIC18F97J60 系列数据手册 – www.microchip.com

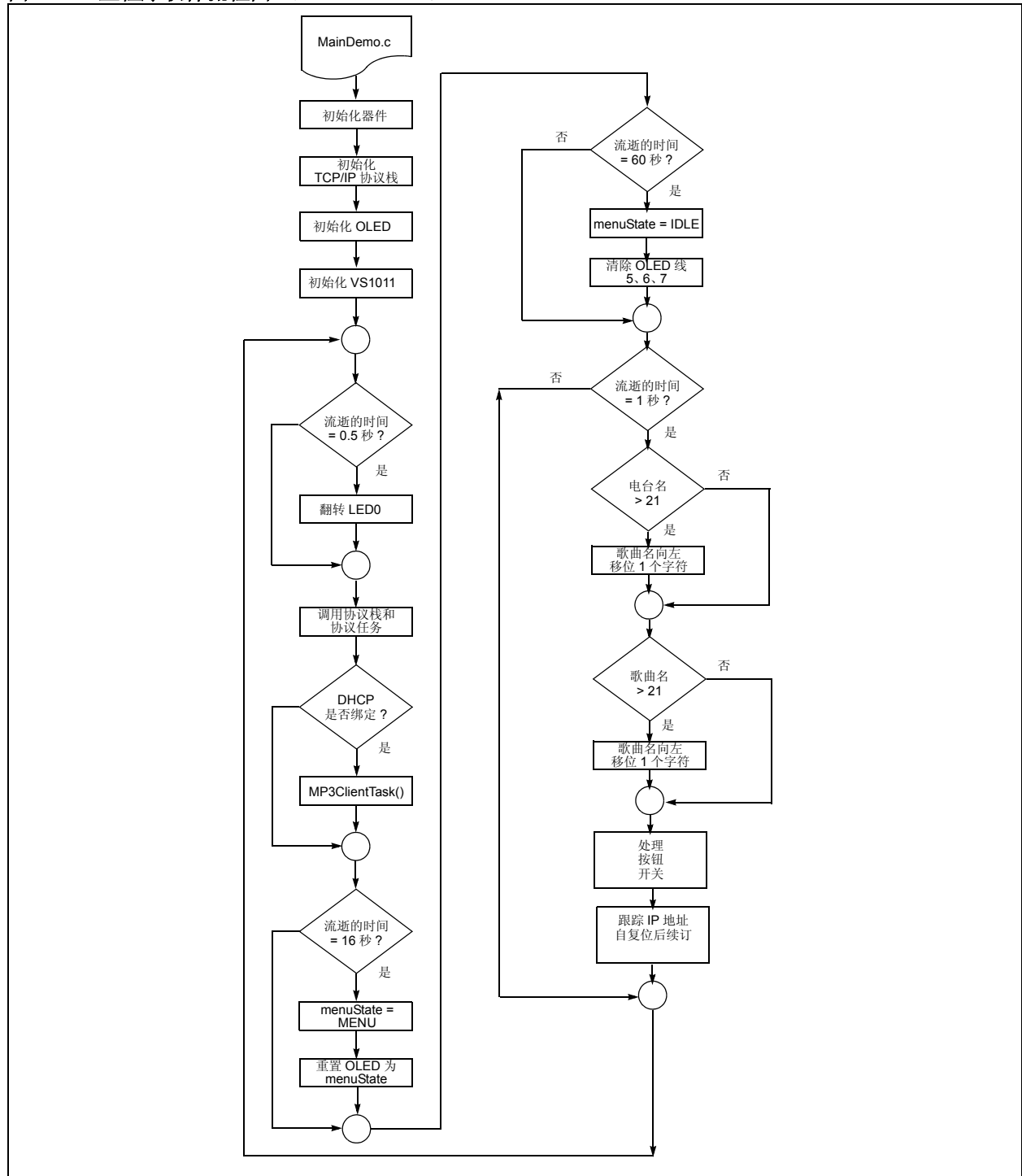
最初的网络收音机设计

由德国阿沙芬堡应用科学大学单片机实验室的 Dr. Francesco P. Volpe 教授和 Christoph Stein 设计, Wuerzburger Strasse 45, D-63743 Aschaffenburg, 德国, volpe@volpe.de

附录 B： 软件流程图

由于 TCP/IP 协议栈非常大，软件流程图仅限于在 MainDemo.c 文件中可找到的主程序。文件是 Microchip TCP/IP 协议栈的组成部分，TCP/IP 协议栈可在 www.microchip.com/tcpip 下载。

图 B-1： 主程序软件流程图 (MainDemo.c)



注:

请注意以下有关 Microchip 器件代码保护功能的要点:

- Microchip 的产品均达到 Microchip 数据手册中所述的技术指标。
- Microchip 确信: 在正常使用的情况下, Microchip 系列产品是当今市场上同类产品中更安全的产品之一。
- 目前, 仍存在着恶意、甚至是非法破坏代码保护功能的行为。就我们所知, 所有这些行为都不是以 Microchip 数据手册中规定的操作规范来使用 Microchip 产品的。这样做的人极可能侵犯了知识产权。
- Microchip 愿与那些注重代码完整性的客户合作。
- Microchip 或任何其他半导体厂商均无法保证其代码的安全性。代码保护并不意味着我们保证产品是“牢不可破”的。

代码保护功能处于持续发展之中。Microchip 承诺将不断改进产品的代码保护功能。任何试图破坏 Microchip 代码保护功能的行为均可视为违反了《数字器件千年版权法案 (Digital Millennium Copyright Act)》。如果这种行为导致他人在未经授权的情况下, 能访问您的软件或其他受版权保护的成果, 您有权依据该法案提起诉讼, 从而制止这种行为。

提供本文档的中文版本仅为为了便于理解。请勿忽视文档中包含的英文部分, 因为其中提供了有关 Microchip 产品性能和使用情况的有用信息。Microchip Technology Inc. 及其分公司和相关公司、各级主管与员工及事务代理机构对译文中可能存在的任何差错不承担任何责任。建议参考 Microchip Technology Inc. 的英文原版文档。

本出版物中所述的器件应用信息及其他类似内容仅为为您提供便利, 它们可能由更新之信息所替代。确保应用符合技术规范, 是您自身应负的责任。Microchip 对这些信息不作任何明示或暗示、书面或口头、法定或其他形式的声明或担保, 包括但不限于针对其使用情况、质量、性能、适销性或特定用途的适用性的声明或担保。Microchip 对因这些信息及使用这些信息而引起的后果不承担任何责任。如果将 Microchip 器件用于生命维持和/或生命安全应用, 一切风险由买方自负。买方同意在由此引发任何一切伤害、索赔、诉讼或费用时, 会维护和保障 Microchip 免于承担法律责任, 并加以赔偿。在 Microchip 知识产权保护下, 不得暗或以其他方式转让任何许可证。

商标

Microchip 的名称和徽标组合、Microchip 徽标、dsPIC、KEELOQ、KEELOQ 徽标、MPLAB、PIC、PICmicro、PICSTART、rfPIC 和 UNI/O 均为 Microchip Technology Inc. 在美国和其他国家或地区的注册商标。

FilterLab、Hampshire、HI-TECH C、Linear Active Thermistor、MXDEV、MXLAB、SEEVAL 和 The Embedded Control Solutions Company 均为 Microchip Technology Inc. 在美国的注册商标。

Analog-for-the-Digital Age、Application Maestro、CodeGuard、dsPICDEM、dsPICDEM.net、dsPICworks、dsSPEAK、ECAN、ECONOMONITOR、FanSense、HI-TIDE、In-Circuit Serial Programming、ICSP、ICEPIC、Miindi、MiWi、MPASM、MPLAB Certified 徽标、MPLIB、MPLINK、mTouch、nanoWatt XLP、Omniscient Code Generation、PICC、PICC-18、PICKit、PICDEM、PICDEM.net、PICtail、PIC³² 徽标、REAL ICE、rFLAB、Select Mode、Total Endurance、TSHARC、WiperLock 和 ZENA 均为 Microchip Technology Inc. 在美国和其他国家或地区的商标。

SQTP 是 Microchip Technology Inc. 在美国的服务标记。

在此提及的所有其他商标均为各持有公司所有。

© 2009, Microchip Technology Inc. 版权所有。

QUALITY MANAGEMENT SYSTEM
CERTIFIED BY DNV
== ISO/TS 16949:2002 ==

Microchip 位于美国亚利桑那州 Chandler 和 Tempe 与位于俄勒冈州 Gresham 的全球总部、设计和晶圆生产厂及位于美国加利福尼亚州和印度的设计中心均通过了 ISO/TS-16949:2002 认证。公司在 PIC[®] MCU 与 dsPIC[®] DSC、KEELOQ[®] 跳码器件、串行 EEPROM、单片机外设、非易失性存储器和模拟产品方面的质量体系流程均符合 ISO/TS-16949:2002。此外, Microchip 在开发系统的设计和生产方面的质量体系也已通过了 ISO 9001:2000 认证。



MICROCHIP

全球销售及服务中心

美洲

公司总部 Corporate Office
2355 West Chandler Blvd.
Chandler, AZ 85224-6199
Tel: 1-480-792-7200
Fax: 1-480-792-7277

技术支持:
<http://support.microchip.com>
网址: www.microchip.com

亚特兰大 Atlanta
Duluth, GA

Tel: 678-957-9614
Fax: 678-957-1455

波士顿 Boston
Westborough, MA
Tel: 1-774-760-0087
Fax: 1-774-760-0088

芝加哥 Chicago
Itasca, IL
Tel: 1-630-285-0071
Fax: 1-630-285-0075

克里夫兰 Cleveland
Independence, OH
Tel: 216-447-0464

Fax: 216-447-0643

达拉斯 Dallas
Addison, TX
Tel: 1-972-818-7423
Fax: 1-972-818-2924

底特律 Detroit
Farmington Hills, MI
Tel: 1-248-538-2250
Fax: 1-248-538-2260

科科莫 Kokomo
Kokomo, IN
Tel: 1-765-864-8360
Fax: 1-765-864-8387

洛杉矶 Los Angeles
Mission Viejo, CA
Tel: 1-949-462-9523
Fax: 1-949-462-9608

圣克拉拉 Santa Clara
Santa Clara, CA
Tel: 408-961-6444
Fax: 408-961-6445

加拿大多伦多 Toronto
Mississauga, Ontario,
Canada
Tel: 1-905-673-0699
Fax: 1-905-673-6509

亚太地区

亚太总部 Asia Pacific Office
Suites 3707-14, 37th Floor
Tower 6, The Gateway
Harbour City, Kowloon
Hong Kong
Tel: 852-2401-1200
Fax: 852-2401-3431

中国 - 北京
Tel: 86-10-8528-2100
Fax: 86-10-8528-2104

中国 - 成都
Tel: 86-28-8665-5511
Fax: 86-28-8665-7889

中国 - 香港特别行政区
Tel: 852-2401-1200
Fax: 852-2401-3431

中国 - 南京
Tel: 86-25-8473-2460
Fax: 86-25-8473-2470

中国 - 青岛
Tel: 86-532-8502-7355
Fax: 86-532-8502-7205

中国 - 上海
Tel: 86-21-5407-5533
Fax: 86-21-5407-5066

中国 - 沈阳
Tel: 86-24-2334-2829
Fax: 86-24-2334-2393

中国 - 深圳
Tel: 86-755-8203-2660
Fax: 86-755-8203-1760

中国 - 武汉
Tel: 86-27-5980-5300
Fax: 86-27-5980-5118

中国 - 厦门
Tel: 86-592-238-8138
Fax: 86-592-238-8130

中国 - 西安
Tel: 86-29-8833-7252
Fax: 86-29-8833-7256

中国 - 珠海
Tel: 86-756-321-0040
Fax: 86-756-321-0049

台湾地区 - 高雄
Tel: 886-7-536-4818
Fax: 886-7-536-4803

台湾地区 - 台北
Tel: 886-2-2500-6610
Fax: 886-2-2508-0102

台湾地区 - 新竹
Tel: 886-3-6578-300
Fax: 886-3-6578-370

亚太地区

澳大利亚 Australia - Sydney
Tel: 61-2-9868-6733
Fax: 61-2-9868-6755

印度 India - Bangalore
Tel: 91-80-3090-4444
Fax: 91-80-3090-4080

印度 India - New Delhi
Tel: 91-11-4160-8631
Fax: 91-11-4160-8632

印度 India - Pune
Tel: 91-20-2566-1512
Fax: 91-20-2566-1513

日本 Japan - Yokohama
Tel: 81-45-471-6166
Fax: 81-45-471-6122

韩国 Korea - Daegu
Tel: 82-53-744-4301
Fax: 82-53-744-4302

韩国 Korea - Seoul
Tel: 82-2-554-7200
Fax: 82-2-558-5932 或
82-2-558-5934

马来西亚 Malaysia - Kuala Lumpur
Tel: 60-3-6201-9857
Fax: 60-3-6201-9859

马来西亚 Malaysia - Penang
Tel: 60-4-227-8870
Fax: 60-4-227-4068

菲律宾 Philippines - Manila
Tel: 63-2-634-9065
Fax: 63-2-634-9069

新加坡 Singapore
Tel: 65-6334-8870
Fax: 65-6334-8850

泰国 Thailand - Bangkok
Tel: 66-2-694-1351
Fax: 66-2-694-1350

欧洲

奥地利 Austria - Wels
Tel: 43-7242-2244-39
Fax: 43-7242-2244-393

丹麦 Denmark-Copenhagen
Tel: 45-4450-2828
Fax: 45-4485-2829

法国 France - Paris
Tel: 33-1-69-53-63-20
Fax: 33-1-69-30-90-79

德国 Germany - Munich
Tel: 49-89-627-144-0
Fax: 49-89-627-144-44

意大利 Italy - Milan
Tel: 39-0331-742611
Fax: 39-0331-466781

荷兰 Netherlands - Drunen
Tel: 31-416-690399
Fax: 31-416-690340

西班牙 Spain - Madrid
Tel: 34-91-708-08-90
Fax: 34-91-708-08-91

英国 UK - Wokingham
Tel: 44-118-921-5869
Fax: 44-118-921-5820

03/26/09