
从 SAM9x5 移植到 SAM9X60

概述

本应用笔记介绍将基于 SAM9x5 的设计移植到 SAM9X60 器件需进行的硬件和软件更改。SAM9X60 器件的性能优于 SAM9x5。

为确保 SAM9X60 正常工作，应对其执行本文中列出的更改。为满足新的速度或功能要求，可能还需要进行其他系统更改。

有关器件的更多信息，请参见各器件的数据手册。请参见[参考文档](#)。

注： 在本文档中，“SAM9x5”是指以下任意一款产品：

- SAM9G15
- SAM9G25
- SAM9G35
- SAM9X25
- SAM9X35

参考文档

以下文档可从 www.microchip.com 获取。

文档类型	文档标题	文献编号
数据手册	SAM9X60	DS60001579
数据手册	SAM9G15	11052
数据手册	SAM9G25	11032
数据手册	SAM9G35	11053
数据手册	SAM9X25	11054
数据手册	SAM9X35	11055

目录

范围.....	1
参考文档.....	1
1. SAM9x5 与 SAM9X60 功能概述.....	4
2. PCB 移植.....	6
2.1. 封装与引脚排列.....	6
2.2. 电源.....	6
2.3. 电源顺序.....	8
2.4. 时钟.....	8
2.5. DDRC.....	8
2.6. NAND 闪存.....	9
2.7. USB.....	9
3. I/O 线上的外设复用.....	10
4. 软件移植.....	11
4.1. 内核/总线频率.....	11
4.2. 时钟.....	11
4.3. 电源管理——ULP1.....	14
4.4. 矩阵.....	14
4.5. SRAM 和 L1 高速缓存大小.....	14
4.6. DMA.....	14
4.7. USB 设备.....	14
4.8. 图形.....	14
4.9. 串行.....	14
4.10. DDRC.....	15
4.11. ADC.....	15
4.12. SDMMC.....	15
4.13. 音频.....	15
4.14. 安全性.....	15
4.15. ROM 代码.....	15
5. 修复了 SAM9x5 勘误表.....	16
6. 版本历史.....	17
6.1. DS00003166A——2019 年 10 月.....	17
Microchip 网站.....	18
产品变更通知服务.....	18
客户支持.....	18
Microchip 器件代码保护功能.....	18
法律声明.....	18

商标..... 19

质量管理体系..... 19

全球销售及服务网点..... 20

1. SAM9x5 与 SAM9X60 功能概述

下表概述了 SAM9x5 与 SAM9X60 之间的功能差异。

表 1-1. SAM9x5 功能与 SAM9X60 功能

项目	SAM9x5	SAM9X60	说明
系统			
内核/总线频率	400/133 MHz	600/200 MHz	-
L1 高速缓存大小	16 KB I + 16 KB D	32 KB I + 32 KB D	-
SRAM 大小	32 KB	64 KB + 4 KB (OTP 仿真)	-
OTP 存储器	-	<ul style="list-style-type: none"> 11 KB OTP 存储用户证书、密钥和配置的区域 禁止 JTAG OTP 位 仿真模式 (见 SRAM) 	分配给用户 23 KB
ROM 引导	无安全/加密功能	提供加密、证书和密钥管理的安全引导 (见 OTP)	-
电源	1.0V 内核电压	<ul style="list-style-type: none"> 1.1V 内核电压 增加了 2.5V 稳压器 VDDQSPI 段 	针对 PLL 和振荡器
系统控制器、时钟和电源管理	<ul style="list-style-type: none"> 32 KHz RC 可停止 12 至 16 MHz 晶振 使用 USB 时需要 12 MHz 400 至 800 MHz PLL 外设 I/O 采用 MCK 时钟 	<ul style="list-style-type: none"> 32 KHz RC 常开 12 至 48 MHz 晶振 主 RC 校准 32 KHz RC 校准 更多频率可满足 USB 操作需求; 小数分频 PLL 600 至 1200 MHz PLL, 提供展频 通用时钟可用于大多数外设 I/O 时钟监视 增加了 ULP1, 降低了功耗并缩短了唤醒时间 复位输入 (NRST) 复位输出 (NRST_OUT) 采用单独的引脚 	通过 WDT 和 RSTC 等保障安全 EMI/EMC 改进
DMA	2 个 8 通道 DMA	1 个 16 通道 DMA	-
DDR 控制器	PCB 阻抗匹配需要使用外部电阻	具有阻抗匹配校准功能的 DDR I/O, 附加控制信号	降低了 BOM 成本, 减少了电路板空间
NAND 闪存	16 位	仅 8 位	-
特殊功能寄存器	映射到矩阵部分的存储器	映射到 SFR 部分的存储器	-
I/O 线上的外设复用	-	兼容 增加了 7 条线路 增加了外设	-
外设升级			
eMMC	HSMCI 和 eMMC 4.1	SDMMC 和 eMMC 4.51	

AN3166

SAM9x5 与 SAM9X60 功能概述

..... (续)			
项目	SAM9x5	SAM9X60	说明
串行	USART0-2 SPI0-1 TWI0-2 UART0-1	FLEXCOM0-2 FLEXCOM4-5(*) FLEXCOM6-8 FLEXCOM9-10 增加了 FLEXCOM3-11-12 (*)一些 FLEXCOM 包含额外的 IOSET。	一些 FLEXCOM 可使能 USART、SPI 和 TWI 功能，或者仅使能 UART 和 TWI 功能
USB	2x HS + 1x FS 收发器 4 KB DPRAM，带动态分配功能	3 个 HS 收发器 移除了外部全速电阻 16 KB DPRAM；每个端点都有自己的存储区	-
软调制解调器 (SMD)	嵌入式	已移除	-
LCD 控制器	4 层： • 基板 • 覆盖层 • 高端 • 硬件指针 800x600 像素分辨率	4 层： • 基板 • 覆盖层 1 • 覆盖层 2 • 高端 1024x768 像素分辨率	-
2D 图形 (GFX2D)	-	已增加	-
ADC	10 位	12 位 内部触发器	-
64 位定时器 (PIT64B)	-	已增加	-
QSPI	-	增加了使用专用电源的 4 位 QSPI	支持 SDR 和 DDR； 执行到位 (XIP)
I2SMCC	-	已增加	-
CLASSD	-	已增加	-
加密引擎 (TDES、AES、SHA 和 TRNG)	-	已增加	-
封装	BGA217, 15x15 mm ² , 0.8 mm 间距 BGA247, 10x10 mm ² , 0.5 mm 间距	BGA196, 11x11 mm ² , 0.65 mm 间距, 适用于带 64 Mb SDRAM 的 SiP BGA228, 11x11 mm ² , 0.65 mm 间距 BGA233, 14x14 mm ² , 0.8 mm 间距, 适用于带 512 Mb 和 1 Gb DDR2 的 SiP 增加了 SDR-SDRAM 和 DDR2-SDRAM SiP	可容纳 4 层 PCB

2. PCB 移植

本节介绍从 SAM9x5 移植到 SAM9X60 所需的硬件更改。所有系统都需要进行这些更改。

2.1 封装与引脚排列

SAM9x5 和 SAM9X60 采用不同的封装。当使用 DDR2 时，SAM9X60 BGA228 采用可容纳低成本 4 层 PCB 的设计。由于外设升级，引脚排列中移除或添加了一些信号。

表 2-1. 封装与引脚排列

外设	从 SAM9x5 中移除	SAM9X60 中添加
USB	DFSDM/HFSDMA 和 DFSDP/HFSDPA HFSDMB 和 HFSDPB HFSDMC 和 HFSDPC	HHSDMC/HHSDPC
SMD	DIBN 和 DIBP	-
引导 ROM	BMS	-
DDRC	-	DDR_VREF 和 DDR_CAL
PIO 线	-	7 个 IO (PIOB19 至 PIOB25) 用于额外功能 (QSPI 和 I2SMCC)

2.2 电源

从 90 nm 到 40 nm 的技术升级需要使用不同的电源。

表 2-2. SAM9x5 电源与 SAM9X60 电源

供电轨	SAM9x5	SAM9X60
VDDCORE VDDUTMIC	0.9-1.1V, 典型值 1.0V	1.0-1.2V, 典型值 1.1V 全速 CPU 要求 VDDCORE 最小值 = 1.1V
VDDPLLA	0.9-1.1V, 典型值 1.0V	VDDOUT25 取代 VDDPLLA。VDDOUT25 是内部 2.5V LDO 的输出, 必须连接至外部去耦电容。
VDDOSC	1.65-3.6V	2.7-3.6V

图 2-1. 典型的电源实现方案

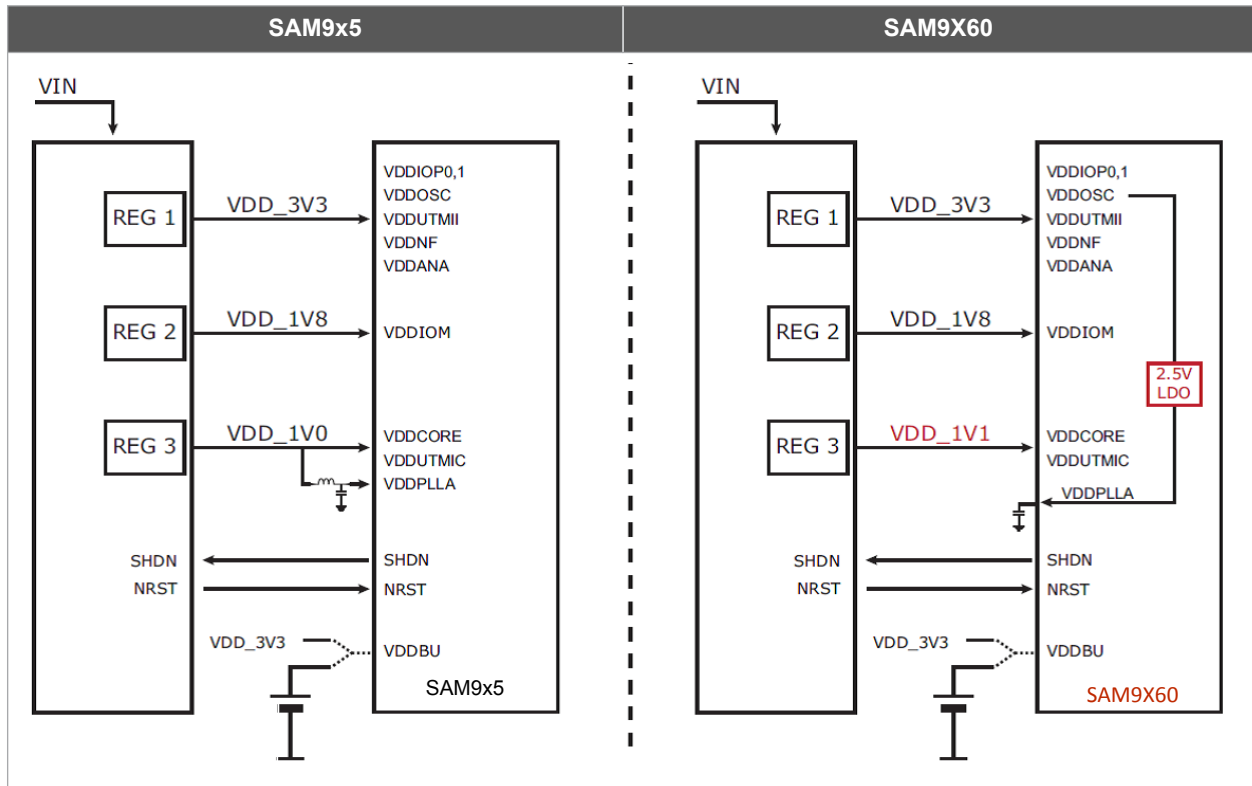
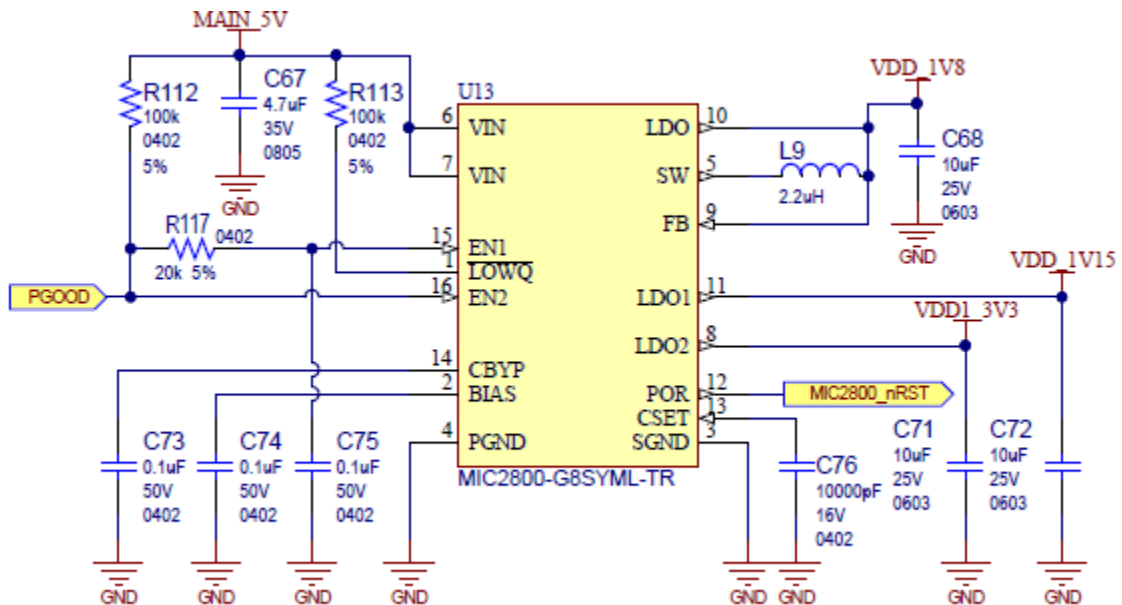


图 2-2. 在 SAM9X60 上实现全速 CPU 且 VDDCORE = 1.15V 的推荐方案

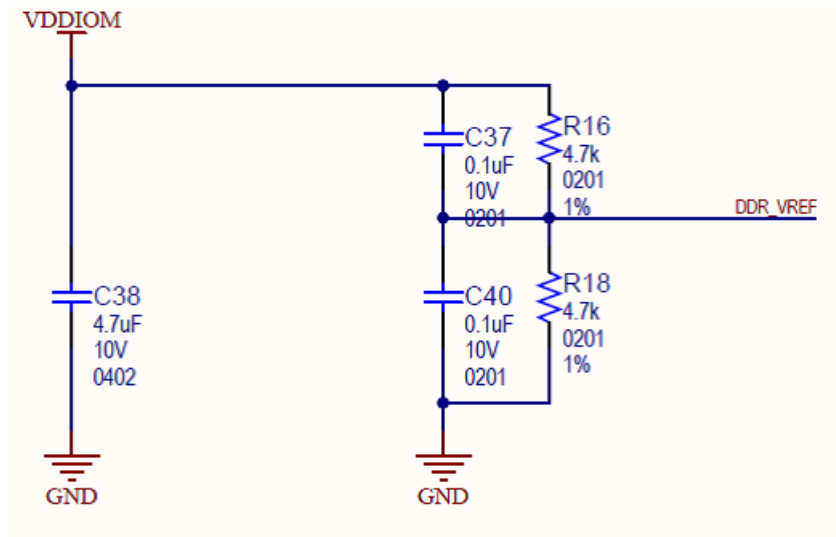


SAM9X60 包含附加电源线，用于支持新功能和外设版本。

表 2-3. SAM9X60 新电源线

供电轨	SAM9x5	SAM9X60
DDR_VREF	-	必须遵循 VDDIOM/2 要求
VDDQSPI	-	1.7-3.6V, 典型值 1.8V 或 3.3V

图 2-3. 在 SAM9X60 上生成 DDR_VREF 的推荐方案



2.3 电源顺序

SAM9X60 采用简化的新型上电和掉电顺序。有关更多详细信息，请参见 SAM9X60 数据手册。

2.4 时钟

SAM9X60 晶振支持更多的外部晶振。有关详细的电气建议，请参见 SAM9X60 数据手册。

表 2-4. SAM9x5 晶振时钟与 SAM9X60 晶振时钟

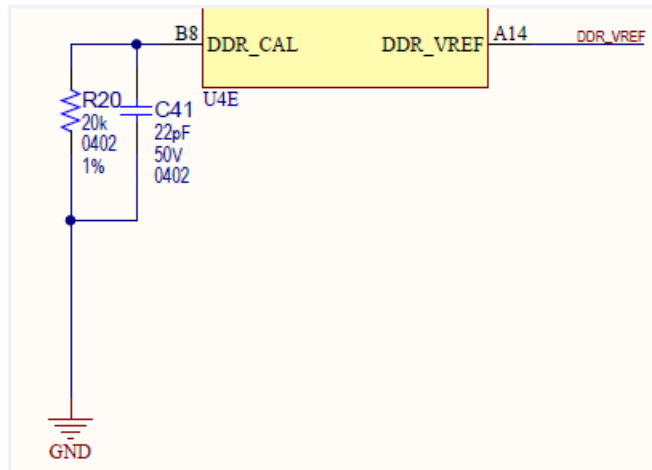
SAM9x5	SAM9X60
12 至 16 MHz 晶振	12 至 48 MHz 晶振

注： 工程样片 ROM 代码具有晶振检测限制，因此如果通过 USB 对非易失性存储器（Non-Volatile Memory, NVM）进行编程，则只能使用 24 MHz 晶振。

2.5 DDRC

SAM9X60 器件嵌入了输出阻抗经过校准的 DDR PHY 接口。与 SAM9x5 设计相比，SAM9X60 可从 PCB DDR I/O 线中移除串行电阻。使用连接至 DDR_CAL 信号的电阻完成校准。有关详细信息，请参见 SAM9X60 数据手册。

图 2-4. SAM9X60 建议的 DDR_CAL 和 DDR_VREF



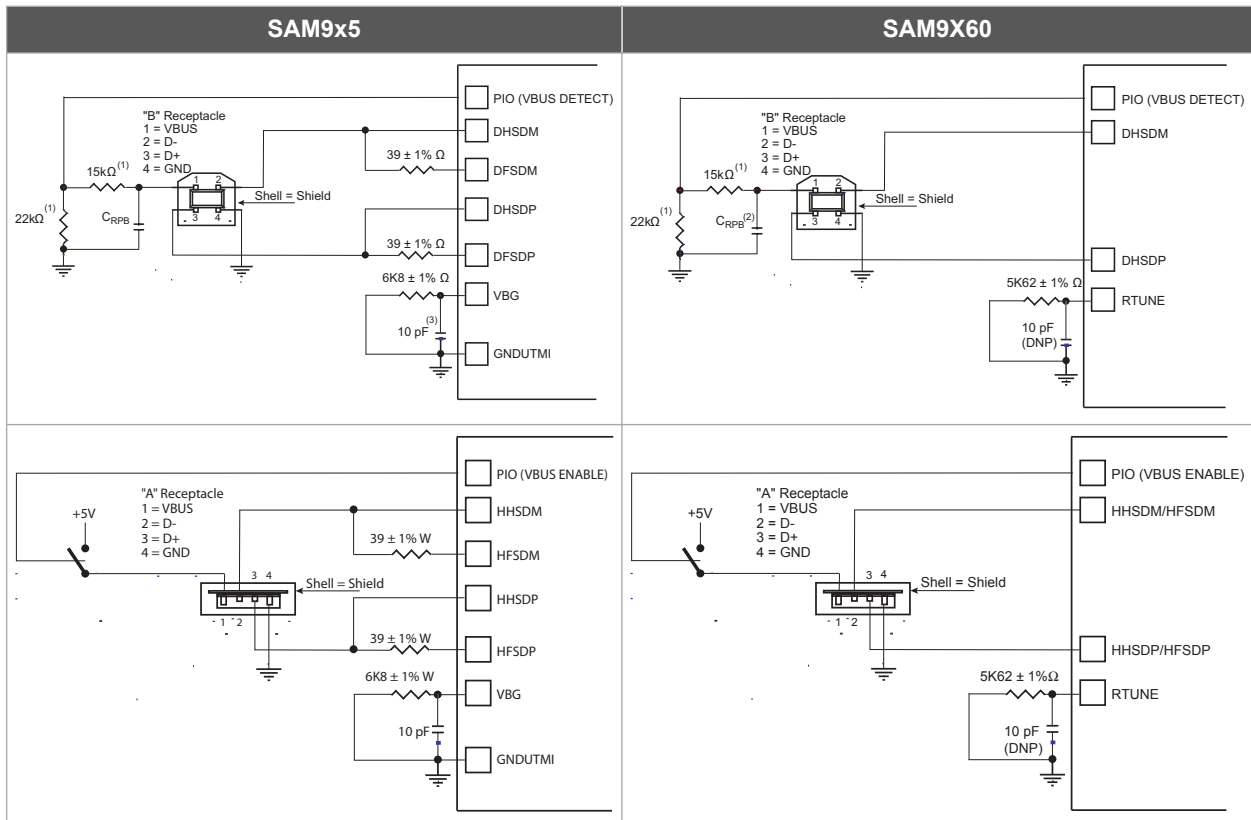
2.6 NAND 闪存

用于计算 ECC 的 PMECC 仅支持 8 位 NAND 闪存，所以不建议新设计采用 16 位 NAND 闪存。

2.7 USB

在 SAM9X60 中，全速和高速信号合并。全速信号上的电阻集成在 USB 外设中。无需外部电阻。原理图上显示的电容为可选，可在恶劣环境下添加该电容。

图 2-5. 典型的 USB 实现方案



3. I/O 线上的外设复用

I/O 线上的外设复用完全兼容：每个 SAM9x5 外设 in SAM9X60 上都有一个同等外设。

SAM9X60 在现有线路和新线路上都有新外设。

表 3-1. 外设增强和增加

PIO 线	SAM9x5 功能	SAM9x5 外设 ID	SAM9X60 功能	SAM9X60 外设 ID
-	USART0	5	FLEXCOM0 ⁽¹⁾	5
-	USART1	6	FLEXCOM1 ⁽¹⁾	6
-	USART2	7	FLEXCOM2 ⁽¹⁾	7
-	SPI0	13	FLEXCOM4 ⁽¹⁾⁽²⁾	13
-	SPI1	14	FLEXCOM5 ⁽¹⁾⁽²⁾	14
-	TWI0	9	FLEXCOM6 ⁽³⁾	9
-	TWI2	11	FLEXCOM8 ⁽³⁾	11
PA24-27	-	-	CLASSD	42
PB19-23	-	-	I2SMCC	34
PB19-24	-	-	QSPI	35
PB19-20	-	-	FLEXCOM11 ⁽³⁾	32
PB21-22	-	-	FLEXCOM12 ⁽³⁾	33
-	TWI1	10	FLEXCOM7 ⁽³⁾	10
-	UART0	15	FLEXCOM9 ⁽³⁾	15
-	UART1	16	FLEXCOM10 ⁽³⁾	16
PC22-26 和 PC30	-	-	FLEXCOM3 ⁽¹⁾	8

注：

1. 这款功能齐全的 FLEXCOM 支持 USART、SPI 和 TWI。
2. 其他 IOSET 可供某些信号使用。
3. 该 FLEXCOM 减少为两根线，支持 UART 和 TWI。

4. 软件移植

本节介绍从 SAM9x5 移植到 SAM9X60 可能需要的软件更改。有关任何软件示例信息，请参见 Linux® 或软件包交付。

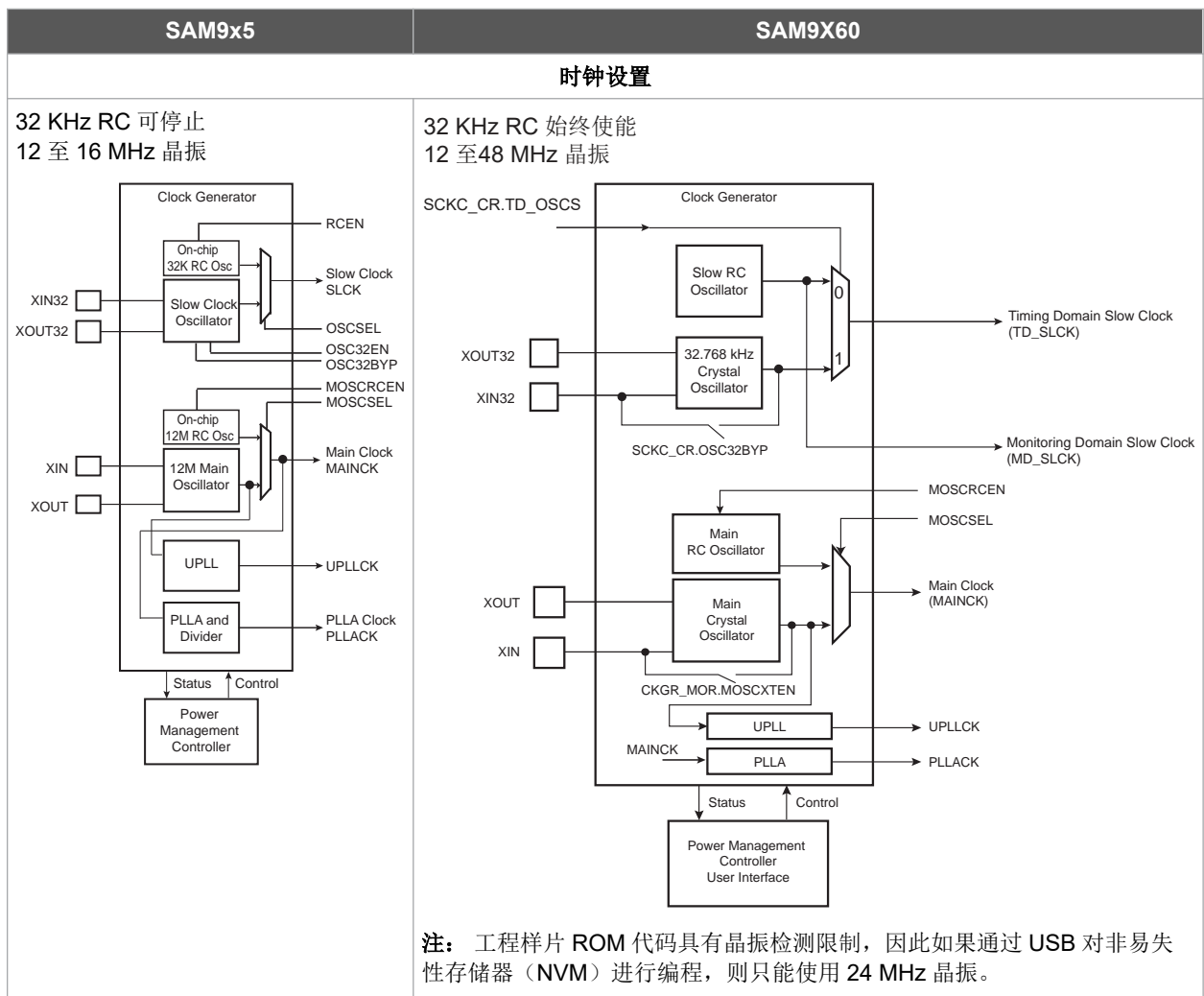
4.1 内核/总线频率

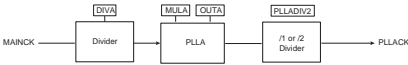
已更新了任何时序或延迟计算。

4.2 时钟

SAM9x5 和 SAM9X60 支持不同的晶振，并以不同的方式管理 PLL。SAM9X60 可为大部分外设提供通用时钟。电源管理控制器接口也不相同，因此需要修改软件。

表 4-1. SAM9x5 时钟与 SAM9X60 时钟



..... (续)	
SAM9x5	SAM9X60
	使用内部 32 KHz RC 振荡器为没有精度要求的外设安全提供时钟： <ul style="list-style-type: none"> • 看门狗定时器 • APMC • 复位控制器 • 关断控制器 仅 RTC 连接至外部 32 KHz 振荡器。
时钟设置寄存器	
CKGR_MOR 设置主振荡器。 PMC_MCKR 设置 CPU 时钟和 MCK 时钟。	CKGR_MOR 包含附加位： <ul style="list-style-type: none"> • ULP1 使能 ULP1 低功耗模式。 • XT32KFME 使能 32 KHz 晶振频率监视器。 • BMCKIC 使能 MCK 监视功能。 • PMC_OCR 执行主 RC 校准。 • PMC_MCKLIM 编程 MCK 监视器限制。 • PMC_CPU_CKR 设置 CPU 时钟和 MCK 时钟。
PLL 设置	
400 至 800 MHz PLL 非小数分频 PLL。 PLLA 时钟输出为： $PLLACK = MAINCK/DIVA * MULA$  <p>UPLL 需要 12 MHz 晶振来生成 12x40 = 480 MHz 频率。</p>	600 至 1200 MHz PLL 小数分频 PLL。无需 12 MHz 即可确保 USB 时钟精度。 The COREPLLCK operating frequency is defined as: $f_{COREPLLCK} = f_{ref} \left(MUL + 1 + \frac{FRACR}{2^{22}} \right)$ The PLLA clock frequency is defined by the following formula: $f_{PLL\ Clock} = \frac{f_{COREPLLCK}}{(DIVPMC + 1)}$ The UPLL clock frequency is defined by the following formula: $f_{PLL\ Clock} = \frac{f_{COREPLLCK}}{2}$ 嵌入了展频功能。

..... (续)	
SAM9x5	SAM9X60
PLL 设置寄存器	
CKGR_PLLAR 和 PMC_PLLICPR 设置 PLLA。 PMC_USB 设置 USB 时钟。	PMC_PLL_CTRL0、PMC_PLL_CTRL1 和 PMC_PLL_ACR 配置 PLL。 PMC_PLL_SSR 设置展频。 PMC_PLL_UPDT 以无干扰方式将修改应用于所选 PLL。 对于系统 PLL（之前的 PLLA），ID = 0 对于 USB PLL，ID = 1 PMC_USB 设置 USB 时钟。
外设时钟设置	
PMC_PCR 使能和禁止使用其标识符的外设（PID）。 或者，可使用 PMC_PCER 和 PMC_PCDR 使能和禁止使用 PID 的外设。 外设时钟状态在 PMC_PCSR 中显示。	只能使用 PMC_PCR。 外设时钟状态在 PMC_PCR 中显示，或者在 PMC_CSRx 中显示。
通用时钟设置	
没有可用的通用时钟。	通用时钟可用于大多数（串行）外设，因此： <ul style="list-style-type: none"> 可以使用低于外设时钟频率的波特率频率， 可以使用与系统时钟或其他串行波特率不同步的串行波特率。 PMC_PCR 中可选择源极、分频器和使能。 <div style="text-align: center;"> <pre> graph LR Bus[Multi-bit Bus] --> Prescaler[Prescaler /1, /2, /3,... /256] GCKDIV[GCKDIV[PID]] --> Prescaler Prescaler --> Switch[ON/OFF] GCKEN[GCKEN[PID]] --> Switch Switch --> Output[GCLK[PID] (to peripherals)] GCKCSS[GCKCSS[PID]] --> Switch </pre> </div> 通用时钟状态在 PMC_PCR 中显示，或者在 PMC_GCSRx 中显示。 数据手册的外设标识符表中列出了支持通用时钟的外设。

..... (续)	
SAM9x5	SAM9X60
可编程时钟设置	
PMC_SCER 和 PMC_SCDR 使能/禁止 PCK。	位域大小不同。 PMC_SCER 和 PMC_SCDR 使能/禁止 PCK。

4.3 电源管理——ULP1

SAM9X60 引入了超低功耗 1 (ULP1) 模式。在这种模式下，系统中的所有时钟均通过主时钟（内部快速 12 MHz RC 振荡器）馈送，同时主晶振被禁止。功耗低于 ULP0，且唤醒时间更短（只需几微秒，ULP0 模式下需几毫秒）。系统通过可编程事件（RTC/RTT 闹钟、USB 恢复、局域网唤醒和 WKUP1..13 线路）唤醒。

ULP1 的一个主要用例就是支持 USB 设备挂起模式。在此类应用中，MPU 由 USV VBUS 供电轨供电。分配给 USB 电源系统的总功率为 12.5 mW（5V 时）。

如果使用了 USB 主机应用程序，则必须在特殊功能寄存器中实现 USB PHY 的挂起控制，因为这些寄存器不是由 EHCI/OHCI 外设管理的。

ULP1 由 PMC_MOR.ULP1 位控制。

4.4 矩阵

由于进行了架构升级和外设修改，SAM9x5 和 SAM9X60 主器件/从器件表也有所不同。需要相应地更新矩阵配置软件。有关更多详细信息，请参见 SAM9X60 数据手册。

4.5 SRAM 和 L1 高速缓存大小

SRAM 大小增加了一倍，达到 64 KB，I + D L1 高速缓存大小也增加了一倍，达到 32 + 32 KB。相应地修改高速缓存管理程序。

4.6 DMA

DMA 更新为具有更多功能的版本。使用一个 16 通道 DMA 取代两个 8 通道 DMA。相应地更新软件。

4.7 USB 设备

SAM9X60 上的 USB 设备 DPRAM 为 16,448 字节，而 SAM9x5 上的 USB 设备 DPRAM 为 4 KB。无需进行动态分配；每个端点在 DPRAM 中都有自己的专用区域。

4.8 图形

改进了 LCD 控制器。采用覆盖层取代硬件指针层。分辨率更高（1024x768 与 800x600）。相应地更新软件。

SAM9X60 采用了一种新外设 GFX2D，用于执行存储器数据移动操作。为支持 GFX2D 以及实现更高性能的图形化操作，需进行软件开发。GFX2D 外设标识符（Peripheral Identifier, PID）为 36。

4.9 串行

任何 SAM9x5 串行链路（如 USART、UART、SPI 或 I²C）均升级为 FLEXCOM。每个 FLEXCOM 均包含所有串行功能。由于兼容适用于 USART、SPI 和 TWI 的软件，为确保在 SAM9X60 上正常运行，仅需要修改在 FLEX_MR 寄存器

中选择模式（USART、SPI 或 TWI）。请注意，FLEXCOM SPI 功能未嵌入所有 SPI 片选。不再支持 NPCS1、NPCS2 和 NPCS3。相应地更新软件。

增加了 FLEXCOM3、FLEXCOM11 和 FLEXCOM12，且各自的 PID 分别为 8、31 和 32。

SAM9X60 器件采用了 4 位 QSPI 外设（PID 35）。使用 PMC_SCER.QSPICLK 位和 PMC_SCDR.QSPICLK 位可分别使能和禁止 QSPI 时钟。

4.10 DDR

由于进行了以下升级，必须对整个 DDR 控制器初始化进行修改。

1. 使用了不同的控制器：SAM9x5 嵌入了一个支持 DDR2-SDRAM 和 SDR-SDRAM 的 DDR 控制器，而 SAM9X60 嵌入了两个单独的控制器：
 - 多端口 DDR 控制器用于支持 DDR2-SDRAM 和 LPDDR1-SDRAM
 - SDRAM 控制器用于支持 SDR-SDRAM 和 LPDDR-SDRAM
2. 在 SAM9X60 上，初始化阶段会自动完成一次 SDR-SDRAM 校准。DDR2-SDRAM 和 LPDDR1-SDRAM 校准则可以随时使用 MPDDRC I/O 校准寄存器（MPDDRC_IO_CALIBR）进行。

4.11 ADC

用 12 位 ADC 取代 10 位 ADC，并增加更多集成功能，主要有 PWM 事件和 TC 输出内部触发功能以及 PWM 故障输入驱动功能。相应地更新软件。

有关更多详细信息，请参见 SAM9X60 数据手册。

4.12 SDMMC

SDMMC 是 HSMCI 的演变，用户界面也进行了修改。SDMMC 的功能进行了升级，需要进行软件修改。

4.13 音频

在现有 SSC 中添加多通道 I²S 和 CLASSD。I²S 和 CLASSD 的 PID 分别为 34 和 42。

有关更多详细信息，请参见 [3. I/O 线上的外设复用](#) 和 SAM9X60 数据手册。

4.14 安全性

SAM9X60 中增加了安全外设（TDDES、AES、SHA、TRNG 和安全引导）。PID 分别为 40、39、41 和 38。

OTP 存储区可用于存储用户证书、密钥和配置。

配置位添加了一个“禁止 JTAG”的 OTP 位。

嵌入了 OTP 仿真模式以简化开发。只能配合稳定的软件使用 OTP。

有关更多详细信息，请参见 SAM9X60 数据手册。

4.15 ROM 代码

SAM9X60 ROM 代码具有一个支持代码完整性检查、代码身份验证和代码加密功能的安全自举程序。

增加了引导顺序寄存器，以便定义 NVM 引导顺序。引导选择控制器（boot select controller, BSC）是 OTP 中的一个 32 位寄存器。它是引导程序用于存储和读取可引导介质位置的高速暂存，在 MSB 上具有一个 16 位写保护密钥，在 LSB 上具有一个 16 位高速暂存。

有关更多详细信息，请参见 SAM9X60 数据手册。

5. 修复了 SAM9x5 勘误表

以下 SAM9x5 勘误表在 SAM9X60 中进行了修复。有关每个勘误表的更多详细信息，请参见 SAM9x5 数据手册。

- EBI: 复位后数据线为高阻态
- RSTC: 在 SDRAM 访问期间复位
- SMC: SMC DELAY I/O 寄存器为只写寄存器
- UHPHS/UDPHS: USB 高速收发器 DLL 存在 BadLock 漏洞
- LCDC: LCDC PWM 不可用
- RTC: 中断屏蔽寄存器无法使用
- SSC 在欠载/过载条件下切换通道

6. 版本历史

6.1 DS00003166A——2019 年 10 月

第一版。

Microchip 网站

Microchip 网站 (www.microchip.com/) 为客户提供在线支持。客户可通过该网站方便地获取文件和信息。我们的网站提供以下内容：

- **产品支持**——数据手册和勘误表、应用笔记和示例程序、设计资源、用户指南以及硬件支持文档、最新的软件版本以及归档软件
- **一般技术支持**——常见问题解答 (FAQ)、技术支持请求、在线讨论组以及 Microchip 设计伙伴计划成员名单
- **Microchip 业务**——产品选型和订购指南、最新 Microchip 新闻稿、研讨会和活动安排表、Microchip 销售办事处、代理商以及工厂代表列表

产品变更通知服务

Microchip 的产品变更通知服务有助于客户了解 Microchip 产品的最新信息。注册客户可在他们感兴趣的某个产品系列或开发工具发生变更、更新、发布新版本或勘误表时，收到电子邮件通知。

欲注册，请访问 www.microchip.com/pcn，然后按照注册说明进行操作。

客户支持

Microchip 产品的用户可通过以下渠道获得帮助：

- 代理商或代表
- 当地销售办事处
- 应用工程师 (ESE)
- 技术支持

客户应联系其代理商、代表或 ESE 寻求支持。当地销售办事处也可为客户提供帮助。本文档后附有销售办事处的联系方式。

也可通过 www.microchip.com/support 获得网上技术支持。

Microchip 器件代码保护功能

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规范。
- Microchip 确信：在正常使用的情况下，Microchip 系列产品非常安全。
- 目前，仍存在着用恶意、甚至是非法的方法来试图破坏代码保护功能的行为。我们确信，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。这种试图破坏代码保护功能的行为极可能侵犯 Microchip 的知识产权。
- 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。

法律声明

提供本文档的中文版本仅为了便于理解。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。

保本出版物中提供的信息仅仅是为方便您使用 Microchip 产品或使用这些产品来进行设计。本出版物中所述的器件应用信息及其他类似内容仅为您提供便利，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“按原样”提供这些信息。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，包括但不限于针对非侵权性、适销性和特定用途的适用性的暗示担保，或针对其使用情况、质量或性能的担保。

在任何情况下，对于因这些信息或使用这些信息而产生的任何间接的、特殊的、惩罚性的、偶然的或间接的损失、损害或任何类型的开销，MICROCHIP 概不承担任何责任，即使 MICROCHIP 已被告知可能发生损害或损害可以预见。在法律允许的最大范围内，对于因这些信息或使用这些信息而产生的所有索赔，MICROCHIP 在任何情况下所承担的全部责任均不超出您为获得这些信息向 MICROCHIP 直接支付的金额（如有）。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损害、索赔、诉讼或费用时，会维护和保障 Microchip 免于承担法律责任。除非另外声明，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、Adaptec、AnyRate、AVR、AVR 徽标、AVR Freaks、BesTime、BitCloud、chipKIT、chipKIT 徽标、CryptoMemory、CryptoRF、dsPIC、FlashFlex、flexPWR、HELDO、IGLOO、JukeBlox、KeeLoq、Kleer、LANCheck、LinkMD、maXStylus、maXTouch、MediaLB、megaAVR、Microsemi、Microsemi 徽标、MOST、MOST 徽标、MPLAB、OptoLyzer、PackeTime、PIC、picoPower、PICSTART、PIC32 徽标、PolarFire、Prochip Designer、QTouch、SAM-BA、SenGenuity、SpyNIC、SST、SST 徽标、SuperFlash、Symmetricom、SyncServer、Tachyon、TempTrackr、TimeSource、tinyAVR、UNI/O、Vectron 及 XMEGA 均为 Microchip Technology Incorporated 在美国和其他国家或地区的注册商标。

APT、ClockWorks、The Embedded Control Solutions Company、EtherSynch、FlashTec、Hyper Speed Control、HyperLight Load、IntelliMOS、Liberio、motorBench、mTouch、Powermite 3、Precision Edge、ProASIC、ProASIC Plus、ProASIC Plus 徽标、Quiet-Wire、SmartFusion、SyncWorld、Temux、TimeCesium、TimeHub、TimePictra、TimeProvider、Vite、WinPath 和 ZL 均为 Microchip Technology Incorporated 在美国的注册商标。

Adjacent Key Suppression、AKS、Analog-for-the-Digital Age、Any Capacitor、AnyIn、AnyOut、BlueSky、BodyCom、CodeGuard、CryptoAuthentication、CryptoAutomotive、CryptoCompanion、CryptoController、dsPICDEM、dsPICDEM.net、Dynamic Average Matching、DAM、ECAN、EtherGREEN、In-Circuit Serial Programming、ICSP、INICnet、Inter-Chip Connectivity、JitterBlocker、KleerNet、KleerNet 徽标、memBrain、Mindi、MiWi、MPASM、MPF、MPLAB Certified 徽标、MPLIB、MPLINK、MultiTRAK、NetDetach、Omniscient Code Generation、PICDEM、PICDEM.net、PICkit、PICtail、PowerSmart、PureSilicon、QMatrix、REAL ICE、Ripple Blocker、SAM-ICE、Serial Quad I/O、SMART-I.S.、SQI、SuperSwitcher、SuperSwitcher II、Total Endurance、TSHARC、USBCheck、VariSense、ViewSpan、WiperLock、Wireless DNA 和 ZENA 均为 Microchip Technology Incorporated 在美国和其他国家或地区的商标。

SQTP 为 Microchip Technology Incorporated 在美国的服务标记。

Adaptec 徽标、Frequency on Demand、Silicon Storage Technology 和 Symmcom 均为 Microchip Technology Inc. 在除美国外的国家或地区的注册商标。

GestIC 为 Microchip Technology Inc. 的子公司 Microchip Technology Germany II GmbH & Co. KG 在除美国外的国家或地区的注册商标。

在此提及的所有其他商标均为各持有公司所有。

© 2020, Microchip Technology Incorporated 版权所有。

ISBN: 978-1-5224-6968-1

质量管理体系

有关 Microchip 的质量管理体系的信息，请访问 www.microchip.com/quality。

全球销售及服务中心

美洲	亚太地区	亚太地区	欧洲
公司总部 2355 West Chandler Blvd. Chandler, AZ 85224-6199 电话: 480-792-7200 传真: 480-792-7277 技术支持: www.microchip.com/support 网址: www.microchip.com	澳大利亚 - 悉尼 电话: 61-2-9868-6733 中国 - 北京 电话: 86-10-8569-7000 中国 - 成都 电话: 86-28-8665-5511 中国 - 重庆 电话: 86-23-8980-9588 中国 - 东莞 电话: 86-769-8702-9880 中国 - 广州 电话: 86-20-8755-8029 中国 - 杭州 电话: 86-571-8792-8115 中国 - 香港特别行政区 电话: 852-2943-5100 中国 - 南京 电话: 86-25-8473-2460 中国 - 青岛 电话: 86-532-8502-7355 中国 - 上海 电话: 86-21-3326-8000 中国 - 沈阳 电话: 86-24-2334-2829 中国 - 深圳 电话: 86-755-8864-2200 中国 - 苏州 电话: 86-186-6233-1526 中国 - 武汉 电话: 86-27-5980-5300 中国 - 西安 电话: 86-29-8833-7252 中国 - 厦门 电话: 86-592-2388138 中国 - 珠海 电话: 86-756-3210040	印度 - 班加罗尔 电话: 91-80-3090-4444 印度 - 新德里 电话: 91-11-4160-8631 印度 - 浦那 电话: 91-20-4121-0141 日本 - 大阪 电话: 81-6-6152-7160 日本 - 东京 电话: 81-3-6880-3770 韩国 - 大邱 电话: 82-53-744-4301 韩国 - 首尔 电话: 82-2-554-7200 马来西亚 - 吉隆坡 电话: 60-3-7651-7906 马来西亚 - 槟榔屿 电话: 60-4-227-8870 菲律宾 - 马尼拉 电话: 63-2-634-9065 新加坡 电话: 65-6334-8870 台湾地区 - 新竹 电话: 886-3-577-8366 台湾地区 - 高雄 电话: 886-7-213-7830 台湾地区 - 台北 电话: 886-2-2508-8600 泰国 - 曼谷 电话: 66-2-694-1351 越南 - 胡志明市 电话: 84-28-5448-2100	奥地利 - 韦尔斯 电话: 43-7242-2244-39 传真: 43-7242-2244-393 丹麦 - 哥本哈根 电话: 45-4485-5910 传真: 45-4485-2829 芬兰 - 埃斯波 电话: 358-9-4520-820 法国 - 巴黎 电话: 33-1-69-53-63-20 传真: 33-1-69-30-90-79 德国 - 加兴 电话: 49-8931-9700 德国 - 哈恩 电话: 49-2129-3766400 德国 - 海尔布隆 电话: 49-7131-72400 德国 - 卡尔斯鲁厄 电话: 49-721-625370 德国 - 慕尼黑 电话: 49-89-627-144-0 传真: 49-89-627-144-44 德国 - 罗森海姆 电话: 49-8031-354-560 以色列 - 若那那市 电话: 972-9-744-7705 意大利 - 米兰 电话: 39-0331-742611 传真: 39-0331-466781 意大利 - 帕多瓦 电话: 39-049-7625286 荷兰 - 德卢内市 电话: 31-416-690399 传真: 31-416-690340 挪威 - 特隆赫姆 电话: 47-72884388 波兰 - 华沙 电话: 48-22-3325737 罗马尼亚 - 布加勒斯特 电话: 40-21-407-87-50 西班牙 - 马德里 电话: 34-91-708-08-90 传真: 34-91-708-08-91 瑞典 - 哥德堡 电话: 46-31-704-60-40 瑞典 - 斯德哥尔摩 电话: 46-8-5090-4654 英国 - 沃金厄姆 电话: 44-118-921-5800 传真: 44-118-921-5820
亚特兰大 德卢斯, 佐治亚州 电话: 678-957-9614 传真: 678-957-1455 奥斯汀, 德克萨斯州 电话: 512-257-3370 波士顿 韦斯特伯鲁, 马萨诸塞州 电话: 774-760-0087 传真: 774-760-0088 芝加哥 艾塔斯卡, 伊利诺伊州 电话: 630-285-0071 传真: 630-285-0075 达拉斯 阿迪森, 德克萨斯州 电话: 972-818-7423 传真: 972-818-2924 底特律 诺维, 密歇根州 电话: 248-848-4000 休斯顿, 德克萨斯州 电话: 281-894-5983 印第安纳波利斯 诺布尔斯特维尔, 印第安纳州 电话: 317-773-8323 传真: 317-773-5453 电话: 317-536-2380 洛杉矶 米慎维荷, 加利福尼亚州 电话: 949-462-9523 传真: 949-462-9608 电话: 951-273-7800 罗利, 北卡罗来纳州 电话: 919-844-7510 纽约, 纽约州 电话: 631-435-6000 圣何塞, 加利福尼亚州 电话: 408-735-9110 电话: 408-436-4270 加拿大 - 多伦多 电话: 905-695-1980 传真: 905-695-2078			