

工程师经验手记

轻松玩转 ARM Cortex-M0+微控制器 ——基于飞思卡尔FRDM-KL25Z评估板

刘 佳 编著



北京航空航天大学出版社
BEIHANG UNIVERSITY PRESS

策划编辑：胡晓柏

封面设计：runsign RUNSIGN

轻松玩转ARM Cortex-M0+微控制器 ——基于飞思卡尔FRDM-KL25Z评估板

内容简介

本书对Kinetis L系列ARM微控制器的所有片上外设模块进行了介绍。同时，针对每一个模块都提供了上手实验例程，这些例程均是基于飞思卡尔公司推出的“处理器专家(Processor Expert)”这个快速开发软件以及FRDM-KL25Z评估板实现的。全书图文并茂，力求简洁。本书所有例程均提供源代码，读者可在网站<http://www.easy-arm.com>上找到，以便于读者参考与验证。

读者对象

本书可供广大单片机爱好者、研发人员、在校学生以及参加飞思卡尔单片机设计大赛的选手学习参考。

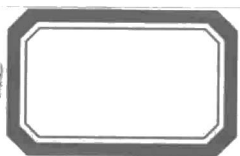
上架建议：单片机/嵌入式系统

ISBN 978-7-5124-1577-5



定价：32.00元

工程师经验手记



轻松玩转 ARM Cortex-M0+微控制器 ——基于飞思卡尔 FRDM-KL25Z 评估板

刘 佳 编著

北京航空航天大学出版社

内 容 简 介

本书对 Kinetis L 系列 ARM 微控制器的所有片上外设模块进行了介绍。同时,针对每一个模块都提供了上手实验例程,这些例程均是基于飞思卡尔公司推出的“处理器专家(Processor Expert)”这个快速开发软件以及 FRDM-KL25Z 评估板实现的。全书图文并茂,力求简洁。本书所有例程均提供源代码,读者可在网站 <http://www.easy-arm.com> 上找到,以便于读者参考与验证。

本书可供广大单片机爱好者、研发人员、在校学生以及参加飞思卡尔单片机设计大赛的选手学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

轻松玩转 ARM Cortex-M0+微控制器:基于飞思卡尔
FRDM-KL25Z 评估板 / 刘佳编著. -- 北京:北京航空航天大学出版社, 2014. 10

ISBN 978-7-5124-1577-5

I. ①轻… II. ①刘… III. ①微控制器 IV.

①TP332.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 208674 号

版权所有,侵权必究。

轻松玩转 ARM Cortex-M0+微控制器 ——基于飞思卡尔 FRDM-KL25Z 评估板

刘 佳 编 著

责任编辑 梅荣芳 栾冬华

*

北京航空航天大学出版社出版发行

北京市海淀区学院路 37 号(邮编 100191) <http://www.buaapress.com.cn>

发行部电话:(010)82317024 传真:(010)82328026

读者信箱:emsbook@gmail.com 邮购电话:(010)82316524

涿州市新华印刷有限公司印装 各地书店经销

*

开本:710×1 000 1/16 印张:12.75 字数:272 千字

2014 年 10 月第 1 版 2014 年 10 月第 1 次印刷 印数:3 000 册

ISBN 978-7-5124-1577-5 定价:32.00 元

前 言

从大学时期算起,本人学习单片机已近十年。相信和广大单片机爱好者一样,只有兴趣的驱使才能够让我们一直坚持下来。起初,学习单片机还真是一段痛苦的经历。大学期间的《微机原理》和《汇编语言》,这些使得初学者觉得单片机真是一个高深的东西。MCS-51 外接扩展 ROM 或 RAM 要大费一番力气,要好好研究一下 74 系列锁存器、缓冲器门电路的使用;汇编语言就更是让人头疼,特别是跳转(JMP)语句,跳来跳去搞得人一头雾水。诚然,大学教材更偏重于理论知识,以培养学生的逻辑思维能力;但个人感觉纷繁冗长的理论知识很容易扼杀学生学习单片机的兴趣,学习单片机的目的在于学以致用,服务于人们的生产、生活。兴趣才是最大的老师!

2005 年,偶得沈文老师编写的《AVR 单片机 C 语言开发入门》一书,这本书介绍 AVR 单片机和使用 C 语言编程,真的使人眼前一亮。那时候看起来强大的单片机资源用简单调用 C 语言库函数编程的方式,大大降低了单片机的开发难度,也培养了一批 AVR 单片机的粉丝。

2007 年,一个偶然的机会参加了飞思卡尔公司举办的一个单片机技术讲座,该讲座的一个章节介绍了飞思卡尔单片机快速开发工具“处理器专家(Processor Expert)”的使用,从此就喜欢上了这个工具以及飞思卡尔的单片机。使用“处理器专家”,完全不必去关注某个寄存器或寄存器某个位的配置情况,而只需使用一个图形化的设置界面,按照需求配置好,该工具就会自动生成经过飞思卡尔公司官方测试的程序代码,然后在自己的 main 函数或中断函数中添加生成好的代码即可。研发工程师们不会为单片机各模块的驱动程序编写与调试而费心,可集中精力于算法及应用层面程序的编写。而其他单片机厂商提供的往往是外设驱动软件库(Driver Lib)接口函数(API),研发工程师需要仔细阅读冗长的 API 使用手册。

有了便捷的软件开发工具,还需要有强大硬件资源的单片机。2008—2009 年,一些公司的 ARM Cortex-M3 内核单片机产品在市场上风靡一时,得到了广大用户的喜爱。所以,在 2010 年,飞思卡尔公司率先推出业内第一款 Cortex-M4 内核单片机,命名为 Kinetis K 系列;2011 年,飞思卡尔公司又率先推出业内第一款 Cortex-

M0+内核单片机,并命名为 Kinetis L 系列。此后,又陆续推出 M 系列、W 系列、E 系列和 EA 系列,大大丰富了 ARM Cortex-M 系列产品的种类。可以把飞思卡尔比喻成一个大的单片机超市,在种类繁多的单片机产品中,定有一款产品满足您的设计需求。同时,飞思卡尔公司也针对 Kinetis 产品推出了“处理器专家(Processor Expert)”工具。本书中涉及的 Kinetis 单片机实验均是基于“处理器专家(Processor Expert)”这个工具实现的。相信广大读者耐心阅读完全书后,一定会喜欢上这个工具。写本书的主旨也在于让广大的工程师朋友从复杂的数据手册和 API 函数使用说明中解脱出来,在使用高性能产品的同时,大大降低设计的开发难度。

此外,“处理器专家”的使用方法具有一定的通用性,通读本书后,读者可将本书所介绍的例程轻松地移植到飞思卡尔公司其他类型的单片机产品上,如 Kinetis 的其他系列机型、S08 内核单片机、S12 内核单片机和 Coldfire 内核单片机和 DSC 数字信号控制器。

此书能够得以出版要感谢北京航空航天大学出版社嵌入式系统图书分社的大力支持和帮助。同时,也要感谢飞思卡尔公司各位工程师的帮助。最后,还要感谢爱女刘泰然的理解和鼓励,编写此书牺牲了很多与她玩耍的时间。

此外,本人的经验和水平有限,书中如有错误,恳请广大读者批评指正。如果您对此书的内容有任何意见或建议,可通过以下方式与我联系:

E-mail: jdkj@vip.163.com

网站: www.easy-arm.com

QQ 群: 263921617

116247540

316204313

刘 佳

2014 年 6 月于北京



第 1 章 飞思卡尔 Kinetis L 系列单片机简介	1
1.1 Kinetis L 系列单片机各家族产品介绍	2
1.1.1 KL0 系列——入门级单片机	2
1.1.2 KL1 系列——通用级单片机	3
1.1.3 KL2 系列——带 USB 接口的单片机	4
1.1.4 KL3 系列——带段式 LCD 显示的单片机	5
1.1.5 KL4 系列——带 USB 接口和段式 LCD 显示的单片机	6
1.2 Kinetis L 系列单片机的命名规则	7
1.3 Kinetis L 系列单片机的软硬件开发环境	7
1.3.1 Kinetis L 系列单片机的硬件开发环境	7
1.3.2 Kinetis L 系列单片机的软件开发环境	8
第 2 章 飞思卡尔 FRDM-KL25Z 评估板使用初探	9
2.1 FRDM-KL25Z 评估板概述	9
2.2 实验前的一些准备工作	11
第 3 章 通用目的 I/O 模块介绍及操作例程	15
3.1 通用目的 I/O(GPIO)模块介绍	15
3.2 通用目的 I/O 模块上手实验(实验一)	15
第 4 章 系统时钟模块介绍及操作例程	29
4.1 系统时钟模块介绍	29
4.2 系统时钟模块上手实验(实验二)	30

第 5 章	ADC 模/数转换模块介绍及操作例程	34
5.1	ADC 模/数转换模块介绍	34
5.2	ADC 模/数转换模块上手实验(实验三)	35
5.2.1	轮询模式(Poll Mode)	35
5.2.2	中断模式(Interrupt Mode)	44
第 6 章	UART 异步收发传输通信模块介绍及操作例程	48
6.1	UART 异步收发传输通信模块介绍	48
6.2	UART 异步收发传输通信模块上手实验(实验四)	48
6.2.1	轮询模式(Poll Mode)	48
6.2.2	中断模式(Interrupt Mode)	57
6.2.3	使用 Terminal Component 实现	59
第 7 章	PIT 定时器模块和 LPTMR 定时器模块介绍及操作例程	63
7.1	PIT 定时器模块和 LPTMR 定时器模块介绍	63
7.2	LPTMR 模块产生周期性中断上手实验(实验五)	63
第 8 章	TPM 模块介绍及操作例程	69
8.1	TPM 模块介绍	69
8.2	TPM 模块上手实验	69
8.2.1	TPM 模块生成方波、PWM 波和 PPG 波(实验六)	69
8.2.2	TPM 模块对外部事件计数上手实验(实验七)	86
8.2.3	TPM 模块实现输入捕获功能上手实验(实验八)	95
第 9 章	INT 外部中断模块介绍及操作例程	110
9.1	INT 外部中断模块介绍	110
9.2	INT 外部中断模块上手实验(实验九)	110
第 10 章	片上 FLASH 模块介绍及操作例程	117
10.1	片上 FLASH 模块介绍	117
10.2	片上 FLASH 模块上手实验(实验十)	117
第 11 章	DAC 数/模转换模块介绍及操作例程	128
11.1	DAC 数/模转换模块介绍	128
11.2	DAC 数/模转换模块上手实验(实验十一)	128

第 12 章	Comparator 模拟比较器模块介绍及操作例程	132
12.1	Comparator 模拟比较器模块介绍	132
12.2	Comparator 模拟比较器模块上手实验(实验十二)	132
第 13 章	TSI 电容式触摸感应模块介绍及操作例程	136
13.1	TSI 电容式触摸感应模块介绍	136
13.2	TSI 电容式触摸感应模块上手实验(实验十三)	137
第 14 章	I ² C 通信模块介绍及操作例程	148
14.1	I ² C 通信模块介绍	148
14.2	I ² C 通信模块上手实验(实验十四)	148
第 15 章	USB 通信模块介绍及操作例程	157
15.1	USB 通信模块介绍	157
15.2	USB 通信模块上手实验(实验十五)	157
15.2.1	HID 类 USB 通信协议	157
15.2.2	CDC 类 USB 通信协议	172
第 16 章	低功耗特性介绍及操作例程	182
16.1	飞思卡尔 Kinetis L 系列单片机低功耗特性介绍	182
16.2	低功耗特性上手实验(实验十六)	183
16.2.1	由 VLLS 模式唤醒	183
16.2.2	由 LLS 模式唤醒	190
参考文献		195

第 1 章

飞思卡尔 Kinetis L 系列单片机简介

2012 年 6 月,飞思卡尔半导体公司率先推出业内首款基于 ARM Cortex-M0+处理器内核的超低功耗单片机——Kinetis L 系列产品。Cortex-M0+内核的功耗大约是现有任意一款 8 位或 16 位处理器的三分之一,但性能却提高了 2~40 倍。Kinetis L 系列单片机在超低功耗运行(VLPR)模式下的功耗仅为 $50\ \mu\text{A}/\text{MHz}$ 。该系列单片机还提供了多种睡眠模式,单片机可根据不同的中断唤醒源,从睡眠模式迅速切换到工作模式,待处理数据完成之后再迅速返回到睡眠状态,从而延长了电池的使用寿命。此外,Kinetis L 系列单片机的某些节能外设可在单片机处于深度睡眠模式时正常工作。因此,Kinetis L 系列单片机是小家电、游戏机配件、个人电脑外设、便携式医疗系统、音频系统、智能电表、照明和数字电源等产品开发的不二之选。

这里再简要介绍一下 Kinetis 其他系列产品的特点,其开发环境和片上外设的使用与 L 系列是相同的。掌握了 L 系列的使用方法,再掌握其他系列的产品也是易如反掌的。

1. Kinetis K 系列

Kinetis K 系列与 L 系列最大的区别就是它的内核使用的是 ARM Cortex-M4 处理器内核,主频也比 L 系列要高,且 K 系列产品线十分丰富,共有 200 种产品可供选择。其中,MK10 与 L 系列的 MKL10 系列是 Pin to Pin 兼容的;MK20 与 L 系列的 MKL20 系列是 Pin to Pin 兼容的;MK30 与 L 系列的 MKL30 系列是 Pin to Pin 兼容的;MK40 与 L 系列的 MKL40 系列是 Pin to Pin 兼容的。如果客户使用 L 系列开发完产品后,需要向更高速更高性能去升级,完全不用再去画 PCB,直接换上 K 系列的产品即可。

2. Kinetis M 系列

Kinetis M 系列产品也是基于 ARM Cortex-M0+处理器内核的,所有 M 系列产品都包含一个模拟前端(AFE)和 4 个 24 位 $\Sigma-\Delta$ 模/数转换器(ADC)以及两个低噪声可编程增益放大器(PGA)。因此,该系列产品的目标应用市场是电表以及测量仪器。

3. Kinetis W 系列

KW20 系列产品基于 ARM Cortex-M4 处理器内核,片上集成有 2.4G 射频收发

器;KW01 系列产品基于 ARM Cortex-M0+处理器内核,片上集成有 Sub-1G 射频收发器。因此,W 系列产品的目标应用市场是无线传感器网络、无线数据采集等领域。

4. Kinetis E 系列

Kinetis E 系列产品也是基于 ARM Cortex-M0+处理器内核的,E 系列产品可在复杂电气噪声环境和要求高可靠性的应用中保持高稳定性,而且有丰富的内存、外设和产品包可供选择。

5. Kinetis EA 系列

Kinetis EA 系列产品是飞思卡尔半导体公司 2014 年推出的面向汽车级产品应用的 ARM Cortex-M0+处理器内核产品。该系列产品全部经过汽车级产品认证。

1.1 Kinetis L 系列单片机各家族产品介绍

接下来详细介绍一下 L 系列产品的各大家族。目前,Kinetis L 系列单片机共分为 KL0、KL1、KL2、KL3、KL4 五大家族,其中 KL0 家族是入门级产品,程序存储空间较小;KL1 家族为通用级产品;在 KL1 家族的基础上增加 USB 功能,就变成了 KL2 家族;在 KL2 家族的基础上增加段式 LCD 显示功能,就变成了 KL4 家族;在 KL1 家族的基础上增加段式 LCD 显示功能,就变成了 KL3 家族;在 KL3 家族的基础上增加 USB 功能,就变成了 KL4 家族,如图 1-1 所示。下面将分别对这五大家族产品进行详细介绍。

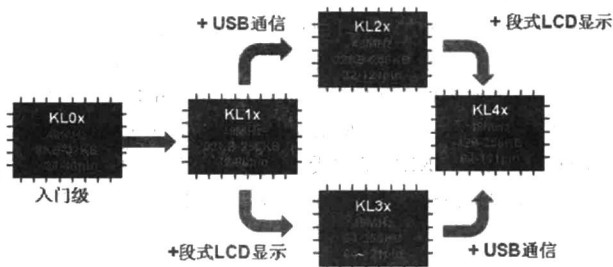


图 1-1 Kinetis L 系列单片机五大家族关系图

1.1.1 KL0 系列——入门级单片机

KL0 系列是 Kinetis L 系列的入门级产品,封装较小。该系列产品的 RAM 从 1~4 KB,FLASH 从 8~32 KB,封装从 4 mm×4 mm 24-pin QFN 到 48-pin LQFP。与其他所有 Kinetis L 系列单片机的软件和开发工具相互兼容。该系列产

品不仅具备超低功耗的性能,还包含一套丰富的模拟、通信、定时和控制外设。

该系列产品的片上资源如下:

- 12 位 ADC,可设置分辨率、采样时间和转换速度及功耗;
- 片上集成有温度传感器,可测量芯片运行时的温度;
- 高速电压比较器,并内置一个 6 位 DAC,可作为电压比较器的输入源;
- 支持 DMA 功能的 12 位 DAC;
- 一个 6 通道和一个 2 通道的 16 位低功耗定时器 PWM 模块,并支持 DMA 功能;
- 2 通道 32 位周期中断定时器(PIT)可为实时操作系统任务调度程序提供时基(tick),或为 ADC 转换提供触发信号源;
- 低功耗定时器(low power timer)能够在除 VLLS0 外的所有睡眠或工作模式下运行,可用于在睡眠模式下的周期性唤醒单片机;
- 带日历的实时时钟(RTC);
- 电容式触摸传感接口支持多达 16 个外部电极,并支持 DMA 功能;
- 通用 I/O 均带有外部中断触发和 DMA 请求功能;
- 一个支持 DMA 功能的 I²C 通信接口,最高通信速率可达 100 kbps,并与 SMBus V2 兼容;
- 一个支持 DMA 功能的低功耗 UART 通信接口;
- 一个支持 DMA 功能的 SPI 通信接口。

1.1.2 KL1 系列——通用级单片机

KL1 系列是 Kinetis L 系列的通用级产品,该系列产品的 RAM 为 4~32 KB,FLASH 为 32~256 KB,封装从 5 mm×5 mm 32-pin QFN 到 80-pin LQFP。与其他所有 Kinetis L 系列单片机以及 Kinetis MK1 系列(ARM Cortex-M4 核)单片机的软件和开发工具相互兼容,并且 Kinetis MKL1 系列(ARM Cortex-M0+核)与 Kinetis MK1 系列(ARM Cortex-M4 核)的引脚也是 Pin to Pin 兼容的,这就为产品向更高性能迁移提供了可能,用户可在不改变任何硬件的情况下,使用性能更高的 ARM Cortex-M4 核系列产品。KL1 系列产品不仅具备超低功耗的性能,还包含一套丰富的模拟、通信、定时和控制外设。

该系列产品的片上资源如下:

- 16 位 ADC,可设置分辨率、采样时间和转换速度及功耗,具有单端和差分输入模式供用户使用;
- 片上集成有温度传感器,可测量芯片运行时的温度;
- 高速电压比较器,并内置一个 6 位 DAC,可作为电压比较器的输入源;
- 支持 DMA 功能的 12 位 DAC;
- 一个 6 通道和两个 2 通道的 16 位低功耗定时器 PWM 模块,并支持 DMA 功能;

- 2 通道 32 位周期中断定时器(PIT)可为实时操作系统任务调度程序提供时基(tick),或为 ADC 转换提供触发信号源;
- 低功耗定时器(low power timer)能够在除 VLLS0 外的所有睡眠或工作模式下运行,可用于在睡眠模式下的周期性唤醒单片机;
- 带日历的实时时钟(RTC);
- 电容式触摸传感接口支持多达 16 个外部电极,并支持 DMA 功能;
- 通用 I/O 均带有外部中断触发和 DMA 请求功能;
- 两个支持 DMA 功能的 I²C 通信接口,最高通信速率可达 100 kbps,并与 SMBus V2 兼容;
- 一个支持 DMA 功能的低功耗 UART;
- 两个通用型 UART 通信接口;
- 两个支持 DMA 功能的 SPI 通信接口;
- 一个面向音频应用的 I²S 模块。

1.1.3 KL2 系列——带 USB 接口的单片机

KL2 系列产品内集成了带稳压器的全速 USB 2.0 OTG(On - The - Go)控制器。该系列产品的 RAM 为 4~32 KB,FLASH 为 32~256 KB,封装从 5 mm×5 mm 32-pin QFN 到 121-pin MBGA。与所有其他 Kinetis L 系列单片机以及 Kinetis MK20 系列(ARM Cortex-M4 核)单片机的软件和开发工具相互兼容,并且 Kinetis MKL2 系列(ARM Cortex-M0+核)与 Kinetis MK2 系列(ARM Cortex-M4 核)的引脚也是 Pin to Pin 兼容的,这就为产品向更高性能迁移提供了可能,用户可在不改变任何硬件的情况下,使用性能更高的 ARM Cortex-M4 核系列产品。该系列产品不仅具备超低功耗的性能,还包含一套丰富的模拟、通信、定时和控制外设。这些特性使 Kinetis KL2 系列单片机非常适用于需要 USB 通信接口的设备,如电脑外设、数据记录仪等。

该系列产品的片上资源如下:

- 16 位 ADC,可设置分辨率、采样时间和转换速度及功耗,具有单端和差分输入模式供用户使用;
- 片上集成有温度传感器,可测量芯片运行时的温度;
- 高速电压比较器,并内置一个 6 位 DAC,可作为电压比较器的输入源;
- 支持 DMA 功能的 12 位 DAC;
- 一个 6 通道和两个 2 通道的 16 位低功耗定时器 PWM 模块,并支持 DMA 功能;
- 2 通道 32 位周期中断定时器(PIT)可为实时操作系统任务调度程序提供时基(tick),或为 ADC 转换提供触发信号源;
- 低功耗定时器(low power timer)能够在除 VLLS0 外的所有睡眠或工作模式

下运行,可用于在睡眠模式下的周期性唤醒单片机;

- 带日历的实时时钟(RTC);
- 电容式触摸传感接口支持多达 16 个外部电极,并支持 DMA 功能;
- 通用 I/O 均带有外部中断触发和 DMA 请求功能;
- 两个支持 DMA 功能的 I²C 通信接口,最高通信速率可达 100 kbps,并与 SMBus V2 兼容;
- 一个支持 DMA 功能的低功耗 UART;
- 两个通用型 UART 通信接口;
- 两个支持 DMA 功能的 SPI 通信接口;
- 一个面向音频应用的 I²S 模块;
- USB 2.0 On - The - Go 全速接口,并集成了 USB 电压稳压器,可提供 120 mA 的输出电流。

1.1.4 KL3 系列——带段式 LCD 显示的单片机

KL3 系列产品增加了一个灵活的低功耗段式 LCD 显示控制器,最多可支持 376 (8×47)个段。该系列产品的 RAM 为 8~32 KB,FLASH 为 64~256 KB,封装从 64-pin LQFP 到 121-pin MBGA。与所有其他 Kinetis L 系列单片机以及 Kinetis MK30 系列(ARM Cortex-M4 核)单片机的软件和开发工具相互兼容,并且 Kinetis MKL3 系列(ARM Cortex-M0+核)与 Kinetis MK3 系列(ARM Cortex-M4 核)的引脚也是 Pin to Pin 兼容的,这就为产品向更高性能迁移提供了可能,用户可在不改变任何硬件的情况下,使用性能更高的 ARM Cortex-M4 核系列产品。该系列产品不仅具备超低功耗的性能,还包含一套丰富的模拟、通信、定时和控制外设。这些特性使 Kinetis KL3 系列单片机非常适用于需要显示功能的应用,如电子秤、温控器、流量计和智能电表。

该系列产品的片上资源如下:

- 16 位 ADC,可设置分辨率、采样时间和转换速度及功耗,具有单端和差分输入模式供用户使用;
- 片上集成有温度传感器,可测量芯片运行时的温度;
- 高速电压比较器,并内置一个 6 位 DAC,可作为电压比较器的输入源;
- 支持 DMA 功能的 12 位 DAC;
- 一个 6 通道和两个 2 通道的 16 位低功耗定时器 PWM 模块,并支持 DMA 功能;
- 2 通道 32 位周期中断定时器(PIT)可为实时操作系统任务调度程序提供时基(tick),或为 ADC 转换提供触发信号源;
- 低功耗定时器(low power timer)能够在除 VLLS0 外的所有睡眠或工作模式下运行,可用于在睡眠模式下的周期性唤醒单片机;

- 带日历的实时时钟(RTC);
- 电容式触摸传感接口支持多达 16 个外部电极,并支持 DMA 功能;
- 通用 I/O 均带有外部中断触发和 DMA 请求功能;
- 两个支持 DMA 功能的 I²C 通信接口,最高通信速率可达 100 kbps,并与 SMBus V2 兼容;
- 一个支持 DMA 功能的低功耗 UART;
- 两个通用型 UART 通信接口;
- 两个支持 DMA 功能的 SPI 通信接口;
- 灵活的低功率 LCD 控制器,最高可支持 376 个段($47 \times 8 \sim 51 \times 4$)。

1.1.5 KL4 系列——带 USB 接口和段式 LCD 显示的单片机

KL4 系列产品将一个全速 USB 2.0 On - The - Go(OTG)控制器(集成式低压稳压器)和一个灵活的低功耗段式 LCD 控制器相结合。该系列产品的 RAM 为 16~32 KB,FLASH 为 128~256 KB,封装从 64 - pin LQFP 到 121 - pin MBGA。与其他 Kinetis L 系列单片机以及 Kinetis MK40 系列(ARM Cortex-M4 核)单片机的软件和开发工具相互兼容,并且 Kinetis MKL4 系列(ARM Cortex-M0+核)与 Kinetis MK4 系列(ARM Cortex-M4 核)的引脚也是 Pin to Pin 兼容的,这就为产品向更高性能迁移提供了可能,用户可在不改变任何硬件的情况下,使用性能更高的 ARM Cortex-M4 核系列产品。该系列产品不仅具备超低功耗的性能,还包含一套丰富的模拟、通信、定时和控制外设。

该系列产品的片上资源如下:

- 16 位 ADC,可设置分辨率、采样时间和转换速度及功耗,具有单端和差分输入模式供用户使用;
- 片上集成有温度传感器,可测量芯片运行时的温度高速电压比较器,并内置一个 6 位 DAC,可作为电压比较器的输入源;
- 支持 DMA 功能的 12 位 DAC;
- 一个 6 通道和两个 2 通道的 16 位低功耗定时器 PWM 模块,并支持 DMA 功能;
- 2 通道 32 位周期中断定时器(PIT)可为实时操作系统任务调度程序提供时基(tick),或为 ADC 转换提供触发信号源;
- 低功耗定时器(low power timer)能够在除 VLLS0 外的所有睡眠或工作模式下运行,可用于在睡眠模式下的周期性唤醒单片机;
- 带日历的实时时钟(RTC);
- 电容式触摸传感接口支持多达 16 个外部电极,并支持 DMA 功能;
- 通用 I/O 均带有外部中断触发和 DMA 请求功能;
- 两个支持 DMA 功能的 I²C 通信接口,最高通信速率可达 100 kbps,并与

SMBus V2 兼容;

- 一个支持 DMA 功能的低功耗 UART;
- 两个通用型 UART 通信接口;
- 两个支持 DMA 功能的 SPI 通信接口;
- USB 2.0 On - The - Go 全速接口,并集成了 USB 电压稳压器,可提供 120 mA 的输出电流;
- 灵活的低功率 LCD 控制器,最高可支持 376 个段($47 \times 8 \sim 51 \times 4$)。

1.2 Kinetis L 系列单片机的命名规则

飞思卡尔 Kinetis L 系列单片机的命名规则的如图 1-2 所示,便于读者选型或采购器件时参考。

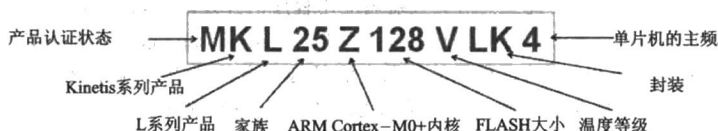


图 1-2 Kinetis L 系列单片机命名规则

1.3 Kinetis L 系列单片机的软硬件开发环境

1.3.1 Kinetis L 系列单片机的硬件开发环境

Kinetis L 系列单片机的开发也十分简便。飞思卡尔推出的 FRDM-KL25Z 评估板是一款高性价比的小型评估和开发系统,适用于原型样机的快速验证。它是业内首个基于 ARM Cortex-M0+ 内核微控制器的评估和开发平台,具有小巧、低功耗、高效能的特点。FRDM-KL25Z 可以用来评估 KL0、KL1 和 KL2 系列单片机。该评估板的主单片机为飞思卡尔的 MKL25Z128VLK,属于 KL2 系列,主频为 48 MHz,具有 128 KB FLASH、16 KB RAM、一个全速 USB 控制器和大量的模拟和数字外设。板载硬件还包括:RGB 三基色 LED、一个三轴加速度传感器 MMA8451Q 和一个用于电容触摸的滑动条。本书的所有实验均是基于该评估板实现的。该评估板的建议零售价为 12.95 美元,您可以去飞思卡尔网站在线订购。在我们的网站 <http://www.easy-arm.com> 上有 FRDM-KL25Z 评估板的原理图。

FRDM-KL25Z 评估板兼容 Arduino 原型平台,Arduino 联盟提供了众多的扩展功能板支持。接下来,简单介绍一下 Arduino 平台,更多的信息读者可去网络上搜索。

Arduino 是一种便捷灵活、方便上手的开源电子原型平台,适用于艺术家、设计师、电子爱好者和对于“互动”有兴趣的朋友们。Arduino 平台可以通过各种各样的传感器来感知环境,并通过控制灯光、马达和其他装置来反馈、影响环境。您可以自己动手制作 Arduino 平台,也可以购买成品套装。在 Arduino 联盟里您可以下载到许多利用该平台开发出的令人惊艳的互动作品。

1.3.2 Kinetis L 系列单片机的软件开发环境

目前,主流的开发环境均支持 Kinetis L 系列单片机的开发,如:Keil、IAR、GNU。同时,也可以使用飞思卡尔公司提供技术支持的 Codewarrior IDE 开发环境。此外,飞思卡尔公司还提供了一个功能强大的图形化软件快速开发工具——Processor Expert(处理器专家)。该软件基于 GUI 界面,可根据配置自动生成 C 语言代码。无需阅读芯片的任何文档,即可轻松地生成经过飞思卡尔公司测试验证和优化的外设驱动代码。此工具可大大缩短应用程序的开发时间,帮助开发人员轻松地快速地完成样机。本书的所有实验均是利用 Processor Expert 这个强大的工具实现的。同时,Processor Expert 软件的使用方法具有一定的通用性,通读本书后,读者可将本书所介绍的例程轻松地移植到飞思卡尔公司其他类型的单片机产品上,如 Kinetis 的其他系列机型:S08 核单片机、S12 核单片机、Coldfire 核单片机、DSC 数字信号控制器。

读者可以在网站 <http://www.easy-arm.com> 上找到 Codewarrior 10.6 评估板软件的安装包。如果您已经习惯了使用 Keil 或 IAR 等编译环境,Processor Expert 软件还提供了单机版,可集成到 Keil 或 IAR 等编译环境中去。