

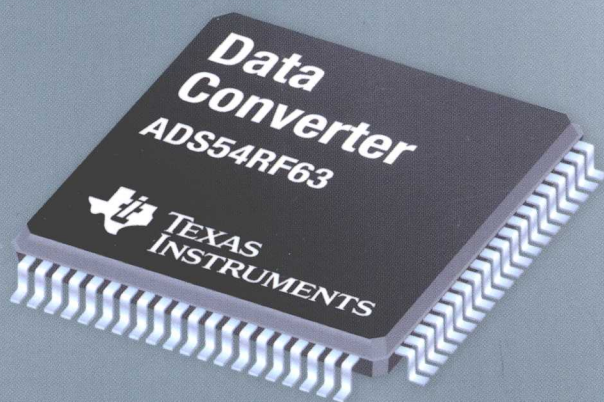
模拟及数模混合器件 的原理与应用 (下册)

主编 孙肖子

编著 孙肖子 楼顺天

任爱锋 李先锐 罗 铭

主审 石光明



科学出版社
www.sciencep.com

模拟及数模混合器件的原理与应用

(下册)

主编 孙肖子
编著 孙肖子 楼顺天
任爱锋 李先锐 罗 铭
主审 石光明

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书以美国德州仪器(简称 TI)公司的集成芯片为例,全面介绍模拟及数模混合器件的原理与应用。全书分上、下两册。上册共 5 章,主要介绍各类集成运算放大器(包括精密、高速、全差分、仪表、功率、增益可控、对数、积分运放、电压比较器、模拟开关等)、模数变换器(A/D)及数模变换器(D/A)的原理及应用。下册共 6 章,主要介绍各类电源管理芯片、时钟、定时器芯片、低功耗射频(RF)及射频识别(RFID)芯片和接口芯片的原理与应用。

本书内容丰富、翔实,以应用为重点,可作为电子信息类、电气类、自动化类、微电子类、计算机类、测控仪器类及机械工程类理工科专科生、本科生和研究生从事理论学习、工程设计、毕业设计及参加各种科技实践活动的重要参考书,也可作为广大科技工作者从事各种电子系统设计、科研和开发工作的重要参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

模拟及数模混合器件的原理与应用. 下/孙肖子主编;孙肖子等编著. —北京:科学出版社,2009

ISBN 978-7-03-025631-7

I. 模… II. ①孙…②孙… III. 模拟电路-电子器件 IV. TN710

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 170251 号

责任编辑:匡 敏 潘斯斯 潘继敏 / 责任校对:李奕莹

责任印制:张克忠 / 封面设计:耕者设计工作室

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

双青印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2009 年 9 月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2009 年 9 月第一次印刷 印张:22 3/4

印数:1—3 000

字数:510 000

定价:39.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

Preface

Analog integrated circuits are essential elements of almost all electronics in today's digitally processed world. They convert real-world signals such as voice, sound, pressure, temperature and electricity into the 1s and 0s of the digital world. Those digital representations can then be swiftly processed by digital signal processors (DSPs) or microcontrollers, transmitted precisely, and then converted back into analog signals again. Moreover, all electronic systems use some form of power management circuitry to provide power to the system.

During past decades, it was assumed that the need for analog engineers would rapidly decline as digital took over with its superior speed and accuracy. The reality, however, is that analog will always be needed to gather the real-world data for digital systems to process. On average, for every DSP in an electronic system, there are ten analog components. Thus there is a critical need for more engineers trained to design in analog components as well as build systems using analog chips.

To help engineering students tackle the challenges of using analog ICs, this textbook provides training in the theory and use of specific ICs ranging from op amps, data converters, and power to clocks, low-power wireless/RFID, and interface — covering all aspects of the signal chain. You'll notice that all examples in the book are based on chips from Texas Instruments (TI). TI is a logical choice for the focus of a textbook on analog design because TI has the most comprehensive portfolio of analog products of any manufacturer. In terms of competitive market share, TI is the only integrated circuit supplier that is either first or second in amplifiers, analog-to-digital converters, digital-to-analog converters, DSP, digital interface, or power management products. TI offers virtually tens of thousands of analog integrated circuits helping to solve some of today's biggest challenges in applications including biomedical, industrial, wireless and wired communications, consumer video and audio, PC peripherals, digital TVs, and video security.

I hope that TI can assist in the signal processing needs in the electronic systems that you are developing or may one day develop.

Sincerely,



Timothy V. Kalthoff

TI Fellow

Chief Technologist, High Performance Analog

Texas Instruments

前 言

“数字化”是电子设计的趋势和主流。可编程逻辑器件(PLD)的发展,以及 VHDL 语言和 Verilog 语言的应用,使数字系统设计更为规范,更为灵活,也更为容易。模拟电路是电子系统的重要组成部分,特别在电子系统的前端和后端,模拟电路将成为主角。由于模拟电路对噪声、干扰、温度、匹配等因素十分敏感,加上信号往往又比较微弱,设计和制作中受到的制约比数字电路大得多;并且到目前为止,模拟电路的设计自动化工具极不完备,设计者的经验积累显得特别重要。因此,在许多电子系统设计中,模拟电路已经成为设计的“瓶颈”。设计者对当今模拟电路的发展情况不熟悉,对模拟集成电路芯片的特点、类型、水平、应用技术了解不足,也是造成模拟电路设计困难的重要原因之一。编写本书的初衷就是让广大读者更好地了解、掌握当前模拟集成电路的发展及应用技术。

模拟集成电路浩瀚如烟,世界各大公司产品类型相似,但特点和优势各有不同。本书以美国德州仪器(Texas Instruments, TI)公司的模拟电路芯片作为例子和窗口,向读者介绍当今模拟和数模混合器件的发展水平和特点,重点介绍其在电子系统中的应用。编写本书的宗旨如下:

(1) 开拓学生视野,为专科生、本科生和研究生学习课程、进行毕业设计和开展各种科技实践活动,以及参与国内外学科竞赛提供更多的参考资料,增强学生的创新意识和工程实践能力;丰富立体化、多元化教学资源库的内容。

(2) 使相关教师更广泛地了解当今模拟及数模混合器件的发展现状、特点和应用,提高教学水平和科研水平。

(3) 为广大科技工作者提供模拟电路科研开发资料,激发设计灵感,优化电子系统设计。

希望本书的内容对广大读者能有所启发与帮助。

本书分上、下两册。上册包括第 1~5 章,主要介绍集成运算放大器、模数变换器(A/D)、数模变换器(D/A)的原理和应用。下册包括第 6~11 章,主要介绍各类电源管理芯片、时钟、定时器芯片、低功耗射频(RF)及射频识别(RFID)芯片、接口芯片的原理及应用。

本书由西安电子科技大学国家电工电子实验教学示范中心和国家电工电子教学基地教学团队组织编写,孙肖子和任爱锋负责总策划。孙肖子编写上册第 1~3 章,楼顺天编写上册第 4、5 章,李先锐编写下册第 6~8 章,任爱锋编写下册第 9、10 章,罗铭编写下册第 11 章。孙肖子负责上册统稿,任爱锋负责下册统稿。石光明教授在百忙中审阅了本书全部书稿,提出了宝贵的修改意见和建议。

西安电子科技大学与国际著名电子公司建立了 30 多个联合实验室,其中包括德州仪器公司与西安电子科技大学的两个联合实验室,即“西电-TI DSP 联合实验室”和“西电-TI 模拟创

新设计联合实验室”。这些实验室在教学与科研中发挥了良好的作用。在本书的编写和出版过程中,得到 TI 公司的大力支持,特别是 TI 公司大学计划部沈洁女士、潘亚涛先生和黄争先生的支持。黄争先生为本书撰写了“TINA-TI”的应用例子——放大器稳定性讨论一节,并为本书提供了许多很好的、有价值的资料和建议。十分感谢 TI 公司科学家、高性能模拟产品首席技术官 Timothy V. Kalthoff 先生为本书作序。

在此,对所有帮助过我们的老师、同学和友人表示衷心的感谢!

由于时间和水平所限,书中定有许多不足和遗憾之处,欢迎广大读者批评指正。

编 者

2009 年 8 月于西安电子科技大学

目 录

Preface

前言

第 6 章 电源管理概述及线性稳压器	1
6.1 电源管理概述	1
6.2 线性稳压器	11
第 7 章 隔离式 PWM 电源控制器及 DC-DC 转换器	29
7.1 隔离式 PWM 电源控制器	29
7.2 非隔离开关 DC-DC 变换器	39
第 8 章 电源基准及电池管理	120
8.1 电源基准	120
8.2 电池管理	133
第 9 章 时钟及计时集成芯片	147
9.1 时钟及计时器概述	147
9.2 时钟产生	148
9.3 时钟分配	192
第 10 章 射频 IC 及 RFID 系统	233
10.1 概述	233
10.2 TI 的 RF/IF 及 ZigBee 解决方案	233
10.3 ZigBee 无线片上系统——CC2430/CC2431	234
10.4 TI 低功耗射频选择指南	249
第 11 章 接口芯片	294
11.1 概述	294
11.2 多通道 RS-232 驱动和接收器	299
11.3 3.3V 全双工 RS-485 总线驱动和接收器	302
11.4 3.3V CAN 总线收发器 SN65HVD233	307
11.5 USB 与串口的转接器(TUSB3410)	310
参考文献	351

第 6 章 电源管理概述及线性稳压器

6.1 电源管理概述

6.1.1 分类

电源是实现电能变换和功率传递的主要设备,是一种技术含量高、知识面宽且更新换代快的产品。此产品现今已广泛应用到农业、能源、交通、运输、信息、航空、航天、航运、国防、教育、文化等领域。在当前信息时代,上述各行各业的迅猛发展对电源产业提出了更多更高的要求,如节能、节电、节材、缩体、减重、防止污染、改善环境、可靠、安全等。这就迫使电源工作者在电源研发过程中不断探索,寻求各种相关技术,做出合格电源产品,以满足各行各业的要求,从而又无形地带动相关技术的高速发展,正由于这些技术的高速发展又推动了电源产业的发展。当前电源产业占主导地位的产品门类有各种线性类稳压电源、通信用 AC-DC 开关电源、非隔离转换 DC-DC 开关电源、绿色照明电源、电池管理产品、监控电路、电压基准、正弦波逆变电源、大功率高频高压直流稳压电源、UPS 电源、可靠高效低污染的光伏逆变电源、风光互补型电源等。

美国德州仪器(Texas Instruments, TI)公司拥有从标准 IC 到高性能插件、变压器、数字电源和集成电源模块的电源管理 IC 的解决方案。电源管理 IC 产品如图 6.1.1 所示。

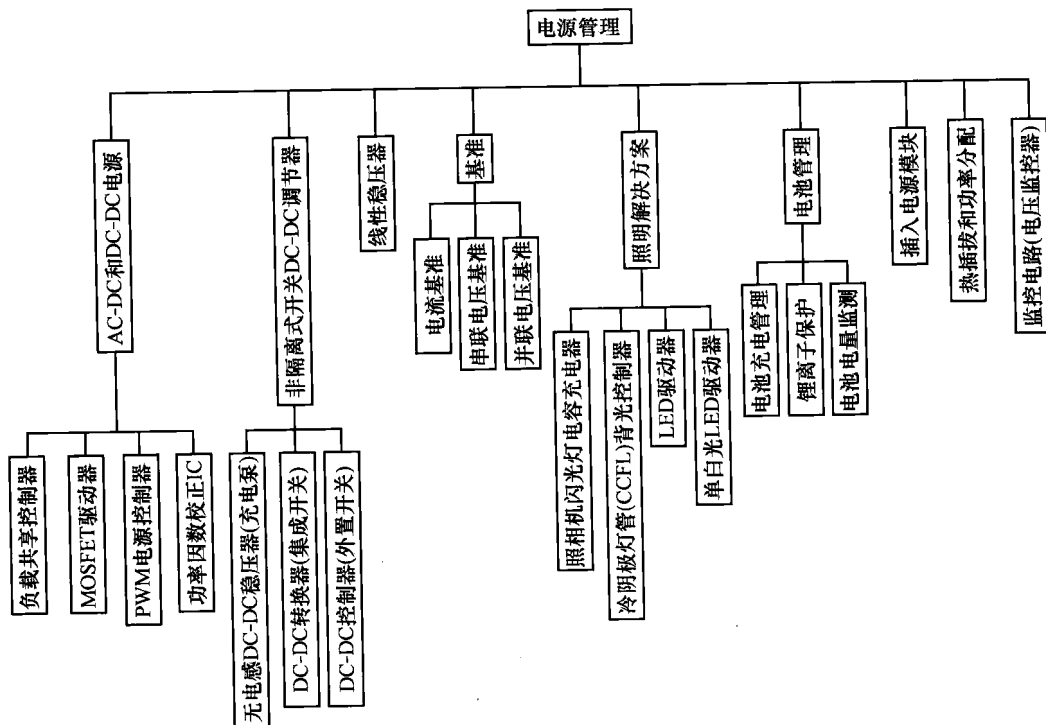


图 6.1.1 电源管理 IC 分类

1. 线性稳压电源

线性稳压电源和其他稳压电源相比具有较低的噪声/波纹,但通常效率比较低,因此,当应用需要较大输出电流时,稳压器封装的功耗要求会很高。为了保持高效率,线性稳压器需具备最低输入/输出压差或压降。即使在高电流电平时,许多采用内部调整元件的最新稳压器仍然具有极低的压降,因此能够以极低的输入电压运行。例如,采用 1.5V 固定输出电压的 TPS72515 就可在仅 1.8V 下以 750mA 输出电流运行,因此效率可达到 83%。

2. AC-DC 开关电源

AC-DC 开关电源是从交流电获得直流电。其设计采用隔离拓扑结构,从原交流电源用经典整流电路给出一个或多个直流电源。其产品包括功率因数修正(PFC)、脉宽调制(PWM)电源控制器、MOSFET 驱动器和负载共享(Loadshare)控制器。TI 的 PFC 控制器覆盖了 50W~5kW 的功率范围,且都与 EN61000-3-2 标准兼容,输出功率因数大于 0.993。

3. 非隔离转换 DC-DC 开关电源

开关稳压器把能量从输入转移到输出。电感或电容器可作为能量存储单元将能量从电源电路的输入转移到输出。与只能降低电压的线性稳压器不同,这些转换器可以升高、降低或转换输入电压。另外,能量存储单元可实现不相等的输入/输出电流。例如,开关稳压器可将 5V 的低电流电源降低为 3.3V 的高电流电源,或者把 3.3V 的高电流电源升高为 5V 的低电流电源。因此,这些转换器可以达到比线性稳压器高得多的效率。

非隔离转换 DC-DC 开关电源根据结构有无电感分为电感式 DC-DC 转换器和无电感式

DC-DC 转换器。电感式 DC-DC 转换器又根据开关是否被集成分为 DC-DC 控制器(外置开关)和 DC-DC 转换器(集成开关)。

无电感开关 DC-DC 转换器,有时候又称为充电泵。充电泵采用多个开关及电容器把电荷通过一个或多个“飞”电容器从输入电源移动到输出电容器。这种转换器的主要优点在于设计简单并具有高效性。图 6.1.2 显示了 TPS60130 300mA、无感器开关转换器的效率曲线。

针对应用而选择最佳的 DC-DC 转换器成为成本、效率以及输出噪声或波纹之间的一种权衡。表 6.1.1 根据 4 个因素对比了各种转换器的最大输出电流、效率、输出噪声(波纹)及总成本。

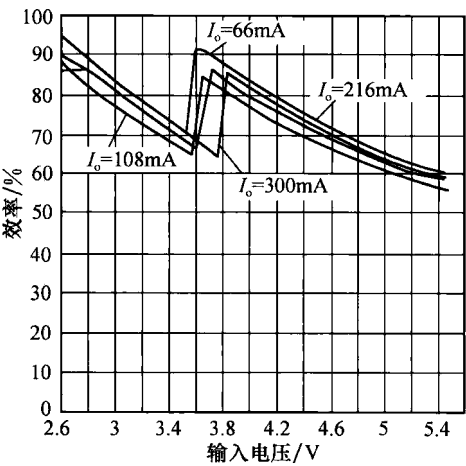


图 6.1.2 无感器开关转换器效率曲线示例

表 6.1.1 转换器拓扑的相对比较

输入电压/输出电压	不同转换器拓扑结构	最大输出电流	低成本	高效率	低输出噪声(波纹)
$V_{IN} > V_{OUT}$	充电泵	低	好	好	一般
	LDO 线性稳压器	中	优秀	差	优秀
	DC-DC 降压转换器	中	一般	优秀	差
	LDO 线性稳压控制器+外部调节元件	高	好	一般	优秀
	DC-DC 降压转换器+外部开关	高	差	优秀	差

续表

输入电压/输出电压	不同转换器拓扑结构	最大输出电流	低成本	高效率	低输出噪声(波纹)
$V_{IN(min)} < V_{OUT} < V_{IN(max)}$	充电泵+LDO	低	一般	一般	一般
	DC-DC 升压转换器+LDO	中	差	一般	好
	降压/升压(SEPIC)转换器	中	一般	一般	差
	降压/升压(SEPIC)控制器+外部开关	高	差	一般	差
$V_{IN} < V_{OUT}$	充电泵	低	好	好	一般
	DC-DC 升压转换器	中	一般	优秀	差
	DC-DC 降压转换器+外部开关	高	差	优秀	差

4. 绿色照明电源

随着手机、PDA 及数码相机越来越多地使用彩色 LCD 显示器,白光 LED 成为一种通用的照明源。单色显示器可以使用电致发光背光灯或彩色 LED 作为背光源,而彩色显示器则需要白光灯源,以正确显示色彩。白光灯源主要有两种方法提供:白光 LED 和 CCFL(冷阴极荧光灯)。CCFL 在笔记本电脑中已经应用了很多年。但是,考虑到光源尺寸、复杂性及成本优势,白光 LED 成为小型手持设备的首选光源。白光 LED 只需较低的直流电压(3~4V),也就是说,可以采用简单的基于电感或电容的电路供电。相反,CCFL 则需要很高的交流电压(200V_{rms}~500V_{rms})供电,成本高、体积大,需采用基于变压器的电路。

消费性电子产品 LCD 屏的背光一般是 2~8 颗 LED 灯,并联或单颗供电的应用居多。自 2000 年以来,消费性电子产品常用 LED 驱动 IC 的有 DC-DC 开关稳压器(boost),如 TPS610xx 系列和 TPS611xx 系列;电荷泵(charge pump),如 REG71050 和 TPS6023xx;恒流源和低压差稳压器(LDO),如 TPS715103/5 等。

DC-DC 开关稳压器是用电感储存电能的,而电感容易发射开关频率,易对射频(RF)发生新的干扰,因此在手机产品中用得较少。电荷泵也是一种开关稳压器,但它用电容器做电能储能,因而不会发射开关频率。LDO 是一个性能很好的低压差稳压器,输出电压稳定,当负载不变时,它流过负载的电流也恒定,基于此原理 LDO 也是一个很好的 LED 驱动器。

冷阴极荧光灯(CCFL)背光控制器主要有 UCC397x 和 TPS68000。

5. 电池管理产品

电池管理产品主要包括电池充电管理以及锂离子保护。锂离子电池的能量密度是目前可选的可充电电池中最高的,其他的电池包括镍镉电池(NiCd)、镍氢电池(NiMH)和密封铅酸电池(SLA)。每种电池的化学机理都对其充电算法有独特的要求,这对于最大化电池容量、周期寿命及安全性都是至关重要的。对于充电电流小于 1A 的大电池包(如单个或两个锂离子电池)的低功耗应用来说,采用线性拓扑结构即可。对于充电额定需求大于 1A 的大电池包(如 3 或 4 个串接锂离子电池或多个 NiCd/ NiMH 离子电池)来说,采用开关模式的拓扑结构则更为理想、适用。图 6.1.3 是 TI 锂离子充电器选择图。

6.1.2 电源主要技术指标

电源的主要技术指标分为性能参数和工作参数两类,性能参数是衡量稳压器质量优劣的重要依据,工作参数是稳压电源安全稳定工作的条件。

1. 性能指标

1) 负载调整率

负载调整率指输出负载电流变化一个单位量引起输出电压变化的百分率,定义式为

4) 纹波

由于直流稳压电源一般是由交流电源经整流稳压等环节而形成的,这就不可避免地在直流稳定量中多少带有一些交流成分,这种叠加在直流稳定量上的交流分量就称之为纹波(ripple)。

纹波的表示方法可以用有效值或峰值来表示,可以用绝对量,也可以用相对对量来表示。例如,一个电源工作在稳压状态,其输出为100V、5A,测得纹波的有效值为10mV,这10mV就是纹波的绝对量,而相对量即纹波系数=纹波电压/输出电压=10mV/100V=0.01%,即等于万分之一。

5) 纹波抑制比

纹波抑制比(PSRR)的大小,反映了集成稳压器对输入电压中交流纹波电压分量的抑制能力。通常把叠加在未稳支流输入电压上的纹波电压在稳压器输出端被衰减的分贝数,称为稳压器的纹波抑制比,即

$$\text{PSRR} = 20\lg\left(\frac{\Delta V_{\text{IPP}}}{\Delta V_{\text{OPP}}}\right) (\text{dB}) \quad (6.1.3)$$

其中, V_{IPP} 为输入纹波电压峰-峰值; V_{OPP} 为输出纹波电压峰-峰值。

2. 工作参数

(1) 输出电压及调节范围。可调节输出的稳压电源有一个输出电压的调节范围 $U_{\text{omin}} \sim U_{\text{omax}}$ 。

固定输出的稳压电源其输出电压与设计的标称输出电压相比通常存在有微小的误差。

(2) 最大输出电流 I_{omax} 。稳压电路能够向负载提供的最大电流。

(3) 功耗 P 。直流稳压电源将交流变成稳定直流的过程中要消耗功率,并将其消耗的功率转换成热,主要是由稳压电路消耗的。

6.1.3 便携式系统电源管理方案

移动电话、智能电话、PDA 以及媒体播放器等当今便携式消费类电子产品均拥有非常丰富的特性与功能。在更多地考虑电源管理方面问题的情况下,便携式电子产品的结构可用图 6.1.4 表示。大部分便携式电子产品都采用锂电池供电,电源管理在整个系统中的作用主要包括三个方面:一是电池管理,充电、保护、剩余电量测量;二是电压/电流转换,利用电池的供电为负载提供适当的电压及电流;三是负载管理,提高用电效率,充分发挥能源效益。

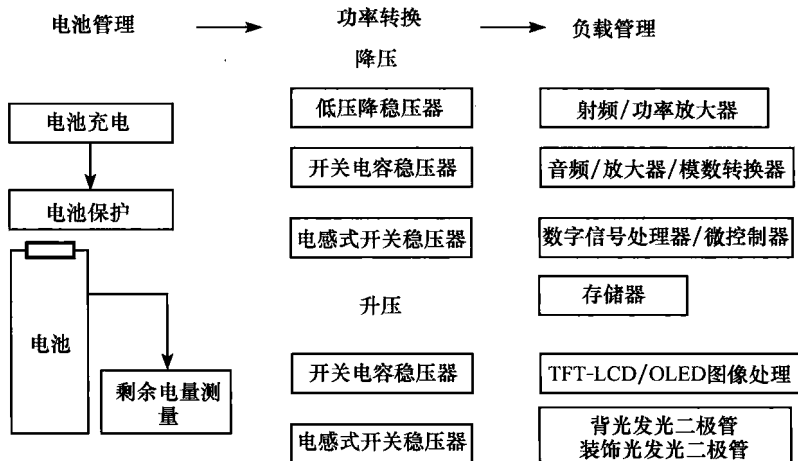


图 6.1.4 便携式电子产品框架

通常,便携式电子产品的负载可分为两大类:一种属于数字子系统(内核及输入/输出)的负载,而另一种则是模拟或射频信号的负载。由于这两类负载需要的电压/电流都各不相同,因此系统的电源供应需要进行不同的功率转换,以便为不同负载提供不同的电压/电流。

可以提供电压/电流转换功能的芯片基本上采用三种不同的转换技术,因此转换器基本上也分为三大类,即低压降稳压器、电感式直流/直流转换器及开关电容器直流/直流转换器。图 6.1.5 所介绍的便是这三种转换器不同的电路布局。

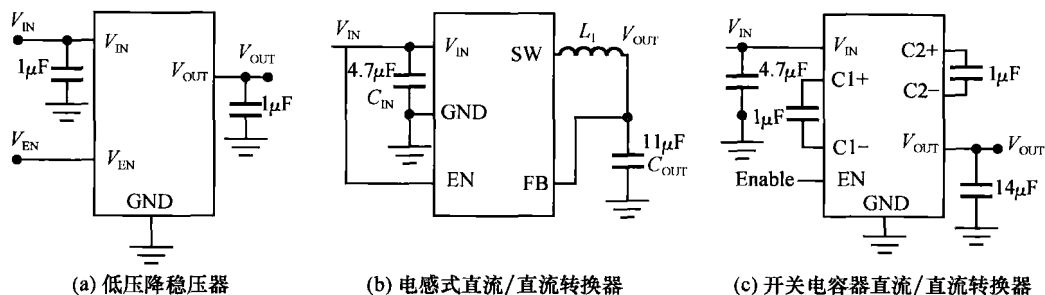


图 6.1.5 三种转换器电路

数字子系统及模拟或射频信号作为负载对电源有各自不同的要求,因此应分别考虑,并做出适当的取舍,确保系统能够充分发挥其性能。

1. 数字子系统的电源管理

数字负载包括处理器内核及数字输入/输出等数字子系统,耗用较多的供电,新一代的数字子系统供电电压(V_{CC})远低于输入供应的电源,有时甚至低至 1V。此外,即使处于待机状态处理器也不能关闭,必须长时间开启。电感式同步降压稳压器可以满足数字负载的这些特性。

电感式直流/直流转换器采用半桥式输出级,后接低通滤波器。转换器的主要优点是无论输出/输入电压比(V_{OUT}/V_{IN})有多大,都能以极高的效率输出稳定电压。但这种技术既有优点,也有缺点,而且大部分问题都源自电感器,因此选择外接元件时要小心考虑相关的因素。例如,电感值(即电感器体积)越小,纹波电流越大,但要确保系统体积小,必须采用极小巧的元件。

提高开关频率的好处是系统可以采用较小型的电感器,但开关频率越高,开关损耗也就越大,转换效率也会相应下降,因为开启及关闭 MOSFET 时会出现时间上的延迟,而且以更高速度为栅极电容器充电会耗用更多电能。MOSFET 的栅极及源极之间存在电容器效应,当电容器进行“充电”时,MOSFET 无法达到饱和的状态(漏极源极电阻 R_{DS} 不是处于最低点)。

对于需要预先确定 di/dt 噪声频率的系统,PWM 模式的固定频率直流/直流转换器是理想的电源管理解决方案。但 PWM 的缺点是需要比较高的电流。若负载只有导通或关闭两种操作模式,这个缺点即可忽略不计。但对于即使处于待机状态仍然需要获得供电电流的数字处理器或易失性存储器来说,便需要采用可以随时转换到脉冲跳跃或 PFM 模式的芯片。

PFM 模式有两大优点:由于大部分内部电路已关闭,直流/直流转换器的工作电流会大幅下降;此外,内部电路在有需要时(而非在每一时段的开始)才启动或关闭,这有助将输出级的开关损耗减至极低。

若效率要求并不严格,开关电容器降压稳压器是另一理想的选择。这种电路布局无需采用电感器,但效率高于低压降稳压器芯片。若与电感式直流/直流转换器比较,采用开关电容

器降压稳压器不但可以缩小印刷电路板的体积,而且还有助降低系统成本。

2. 模拟或射频电源管理

模拟或射频芯片的电流/电压转换过程与数字子系统有很大的不同。模拟或射频芯片面对的是“真实世界”的模拟信号,因此必须确保信号的完整性。基于这个原因,模拟或射频的电源管理系统需要优先考虑的因素便不相同。模拟或射频的电源管理系统很多时候都采用低压降线性稳压器,由于低压降线性稳压器的效率相对较低,可以通过改善电源抑制比及压降提升效率。

电源抑制比(PSRR)是显示信号干扰程度的指标,可以显示电源管理芯片能否有效抑制伴随输入信号而来的干扰。电源抑制比是输入正弦波信号的固定频率与输出信号振幅之间的比率。这两个数值之间的比率也是电源抑制比的定义,由于电源抑制比与噪声会产生同样性质的影响,因此挑选电源管理芯片时必须两者一并考虑。

压降是指低压降稳压器芯片所必须预留的降压空间,以便能够利用低输入电平产生输出电流。压降实际上是P通道MOS芯片的漏极源极电阻(R_{DS})乘以输出电流。输出电流若上升,压降的要求便会更加严格。

另外还有一种专为模拟或射频负载提供稳压供电的新电源管理技术。这是一种适合射频功率放大器采用的技术,其特点是利用DC-DC转换器为功率放大器提供供电电压(V_{CC}),如图6.1.6所示。虽然这种技术的应用一直局限在移动电话方面,但无线局域网(WLAN)及其他无线技术标准也开始采用这种技术。

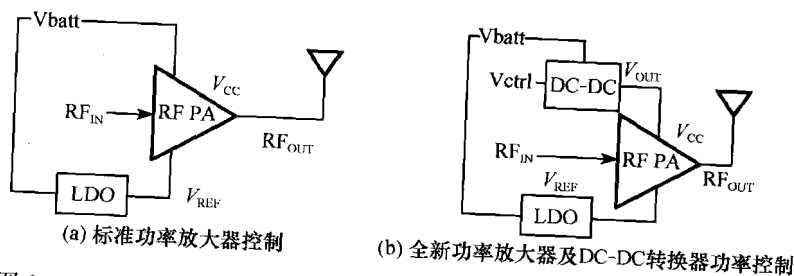


图 6.1.6 标准功率放大器控制和全新功率放大器及 DC-DC 转换器功率控制

新一代的功率放大器即使利用远比传统 3V 低或高的供电电压提供供电,其线性特性也不会受到丝毫影响,而且由于功率放大器基本上是固定阻抗的负载,因此降低供电电压(V_{CC})非常有助于节省耗电。系统设计师采用射频功率放大器设计新产品时,必须知道系统要求的最低供电电压。如果供电电压低至 1.5V 或以下,而转换器仍可保持其线性特性,那么新设计便适宜采用这种特殊应用 DC-DC 转换器。图 6.1.7 是美国国家半导体专为射频功率放大器而设计的 DC-DC 降压解决方案。

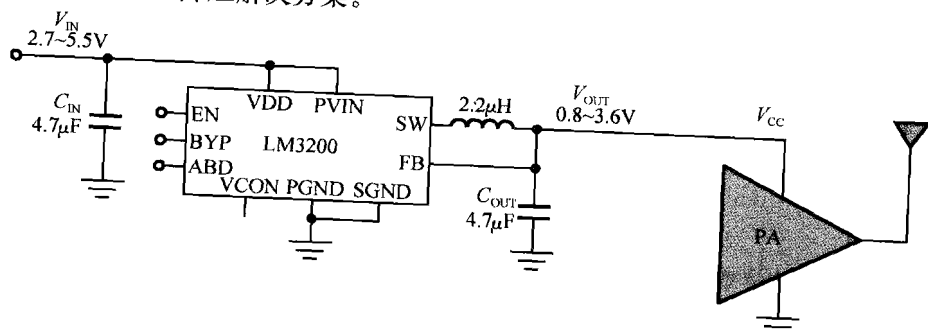


图 6.1.7 为射频功率放大器而设计的 DC-DC 降压解决方案

3. 支持发光功能的 LED 驱动器

以便便携式电子产品来说,灯光是重要的人机接口。新一代的移动电话利用发光二极管为液晶显示屏及小键盘提供背光。驱动发光二极管的驱动器采用以下三种不同的设计:驱动并行发光二极管的电压模式;驱动并行发光二极管的电流模式;驱动堆叠发光二极管的稳压模式。

驱动并行发光二极管的电压模式非常容易使用,而且成本也较低廉。这种模式采用电荷泵技术,但这种技术有它的缺点,如需要采用电阻调节电流,而且不同发光二极管之间的电流及亮度会有一定的差别。

驱动并行发光二极管的电流模式也需要电荷泵技术的支持,但由于驱动器已内置电流匹配电路,因此发光二极管的亮度非常均匀,是目前的主流技术。

驱动堆叠发光二极管的稳压模式需要电感式直流/直流升压技术。由于所有发光二极管都串联在同一堆栈中,因此每一发光二极管都有相同流量的电流流入,使发光二极管的亮度非常均匀。但这个解决方案需要外接的电感器,增加了成本,而且系统设计也变得较为复杂。

6.1.4 电信系统的电源管理解决方案

在电信设备电源管理要求中需要应对的挑战不断增加,要求设计人员能够为各种数字信号处理器(DSP)、现场可编程门阵列(FPGA)、专用集成电路(ASIC)和微处理器提供更多的电压轨。就是要求电源管理解决方案能够在更小的空间内,更高效地生成更多不同的电压和更大的电流,并降低噪声。另外,如果说这些要求还不够具有挑战性的话,那么这种解决方案还必须实现低成本,恐怕这就颇具挑战性了!

更加靠近用户的部署接入设备要求更小的附件(衬垫和安装孔),必须能够经受得住较为恶劣的环境考验。由于局部的空间非常小,因此基础设施设备将被设计得更加小型化。推动电源管理产品发展的因素是外形尺寸、散热管理、成本,以及电气性能(稳压、瞬态响应以及噪声产生)。本节将对板上电源系统的发展以及最新一代解决方案如何以更小的封装实现更高的性能和更低的成本等方面做简单的介绍。

1. 外形尺寸/效率/成本

第一代板上电源使用的电源架构被称为分布式电源结构(DPA)(图 6.1.8)。这种架构每

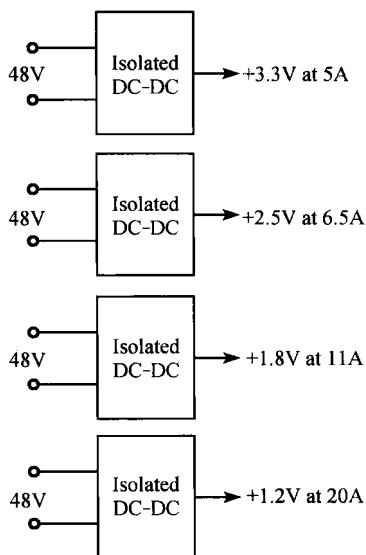


图 6.1.8 典型的 DPA 架构

个电压轨均使用了一个隔离式(砖形)电源模块,因此其在电源轨非常有限的情况下能够很好地工作,但是每增加一个电压轨,成本和 PCB 空间都会随之大大增加。电压轨的排序也同样非常困难,而且还要求增加外部电路,从而会增加成本和板级空间占用。

为了解决 DPA 在尺寸和成本方面的局限性,第二代板上电源系统转而采用固定电压中间总线结构(IBA)(图 6.1.9)。IBA 采用了单个隔离式砖形电源模块和许多非隔离式负载点(POL)DC-DC 转换器。POL 可以是一些电源模块(如 TI 的 PTH 系列),也可以是一些分立降压转换器。隔离式转换器工作在与第一代板上电源系统相同的输入电压范围上,即 36~75V 或 18~36V。该降压转换器会创建一个 IBA 电源,并将电压稳压固定在 3.3V、5V 和 12V。如何选择电压取决于系统设计人员。凭借 TI 的 Auto-Track 等特性,这种设计可减少板级占用空间、降低成本且简化电压

排序。这种结构唯一的缺点是效率较低,这是因为每个电压都需要进行双转换。

当今,大多数电信系统都使用固定电压 IBA。但是,由于接入设备设计采用了密封封装(sealed enclosure),不再需要强制风冷,我们就需要一款效率更高、占用面积更小的解决方案了。正如每一个设计人员都了解的那样,系统散热的最佳方法就是避免热量的产生。由于所有电能都要通过前端隔离式转换器,因此在考虑提高效率时,前端隔离式转换器就是要重点讨论的问题。实践证明,提高隔离式转换器效率的方法是使其以固定占空比运行,并且不对输出电压进行稳压操作,这就是非稳压式中间总线结构(IBA)(图 6.1.10)。

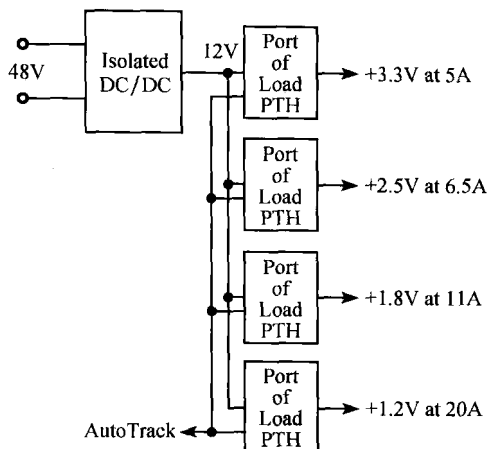


图 6.1.9 固定电压 IBA

这种结构使用一个非稳压总线转换器,会产生一个与输入电压成一定比例的输出电压。在本例中,ALD175:1 转换器生成了一个输出电压,该电压为输入电压的 1/5。这种技术允许一个 150W 系统/电路板实现 1/16 的砖形设计,从而在第一个转换阶段实现 96% 的效率。有了宽泛输入电压范围(4.5~14V)的 PWM 以及 TI 的 T2 产品等电源模块,就能采用这种非稳压式电压结构。这种结构的局限性在于总线转换器的最大输入电压为 36~55V,以确保 POL 的输入电压小于 12V。因为 POL 要生成不高于 1V 的输出电压,输入电压不能超过输出电压的 10~12 倍。但是,越来越多的电信原始设备制造商(OEM)都在考虑转而采用这种输入范围,以通过这种结构来节约成本、缩小尺寸并提高效率。

一些电信 OEM 厂商坚持使用传统的 36~75V 的宽输入电压规范,输入瞬态电压为 100V。为了满足这些要求,电源行业推出了半稳压 IBA(图 6.1.11)。该半稳压 IBA 和非稳压式 IBA 之间的主要区别是,如果输入电压超过了 55~60V,那么该半稳压 IBA 就将输出电压稳压至 10V 左右。这种方法的缺点是,隔离式电源模块必须增加尺寸来容纳稳压电路,同时当输入电压超过 55V 时其效率会降低。TI 的 PTQB 系列就是这类产品的一个例子。

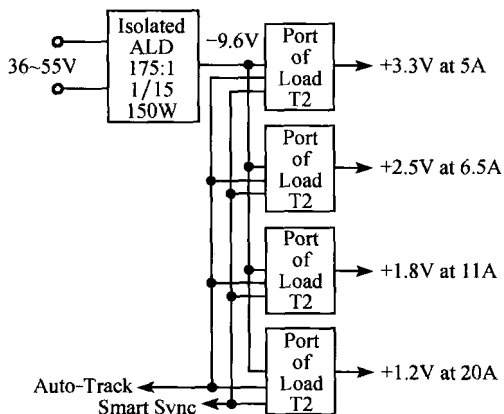


图 6.1.10 非稳压 IBA

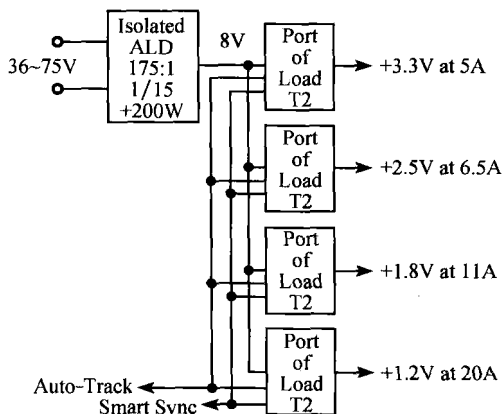


图 6.1.11 半稳压 IBA

2. 结构比较

为了提供有意义的对比,图 6.1.9~图 6.1.11 中的每一个例子都采用了相同的输出电压

和电流。这些例子均基于使用多个高性能 DSP 的理论基站,并配套使用了模拟和数字电路。在 5A 时,该输出电压为 3.3V;在 6.5A 时,该输出电压为 2.5V;在 11A 时,该输出电压为 1.8V;在 20A 时,该输出电压为 1.2V。图 6.1.12 对之前所述的结构进行了比较。从图 6.1.12 可以看出,确实有可能实现最终目标。半稳压或非稳压电源系统不仅实现了更高的效率,而且还节约了板级空间与系统成本。与第二代固定电压 IBA 相比,半稳压/非稳压 IBA 最为显著的改进是效率。如图 6.1.12 所示,电源转换效率提高了大约 7%。对于一个 200W 的系统而言,这就相当于将热负载降低了 14W。

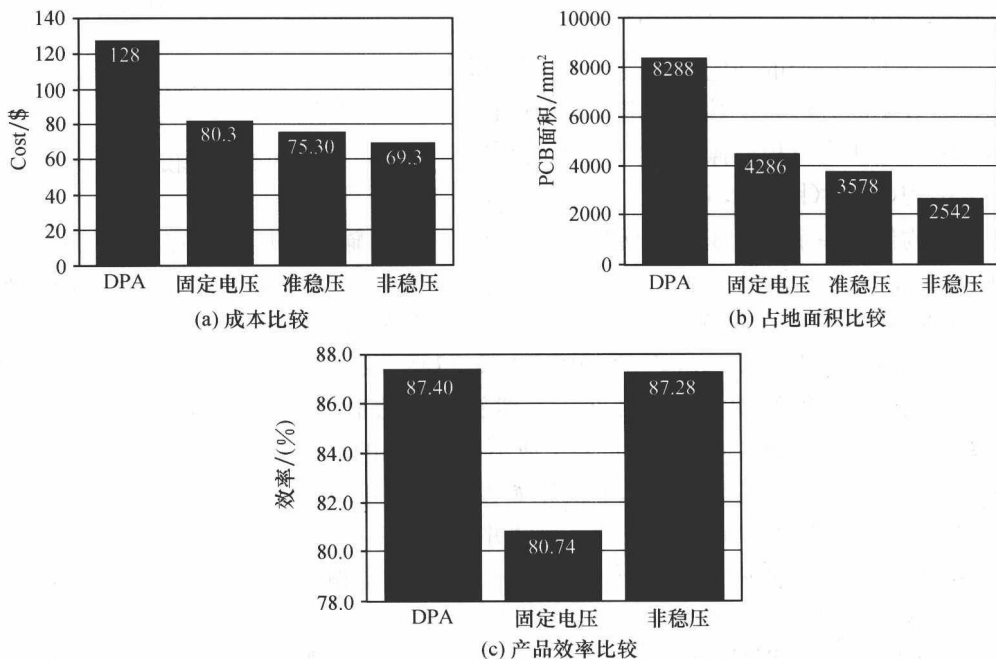


图 6.1.12 结构的比较

在这些例子中之所以均使用了电源模块,是因为它们可提供最大的功率密度,并且是许多电信 OEM 厂商的首选解决方案。所有系统中均可以使用分立 POL 来降低成本,但是板级空间将会增加一倍。

3. 电气性能

设计人员需要应对的挑战是,满足所有系统内核中不断增加的高性能 DSP 和 ASIC 电气性能要求。主要性能问题包括电压稳压、电流瞬态响应和噪声。

稳压和电流瞬态响应密切相关。为了在解决方案中 DSP 和 ASIC 尺寸越来越小且功耗越来越低的情况下获得更高的性能,需要使用电压也不断降低的更小的晶体管来制造数字半导体。现在低于 1V 的内核电压要求将成为标准的电压要求。除了低压以外,对电压容差的要求也越来越高。目前常用的标准是:线路(输入电压变化)、负载(负载电流微小变化)、时间、温度和电流瞬变等造成的总电压容差不超过 3%。这样,电源设计人员就只有 30mV 的电压空间来满足所有的数字系统要求。线路、负载、时间和温度等 DC 参数还要占用大约一半(15mV)的容差预算。剩余的 15mV 则用来处理计算或数据传输负载带来的突发电流变化(1~3 个时钟周期)。

容差预算对那些想在出现电流瞬态条件下最小化电压偏离的电源系统设计人员提出了挑