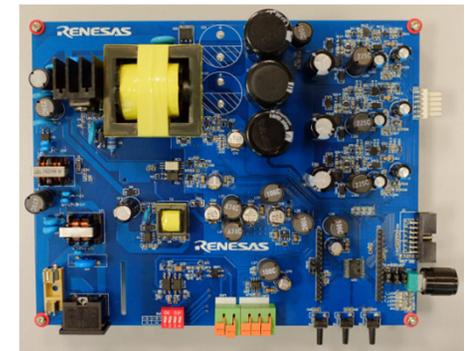


# 带PFC及DALI通讯的单芯片LED解决方案

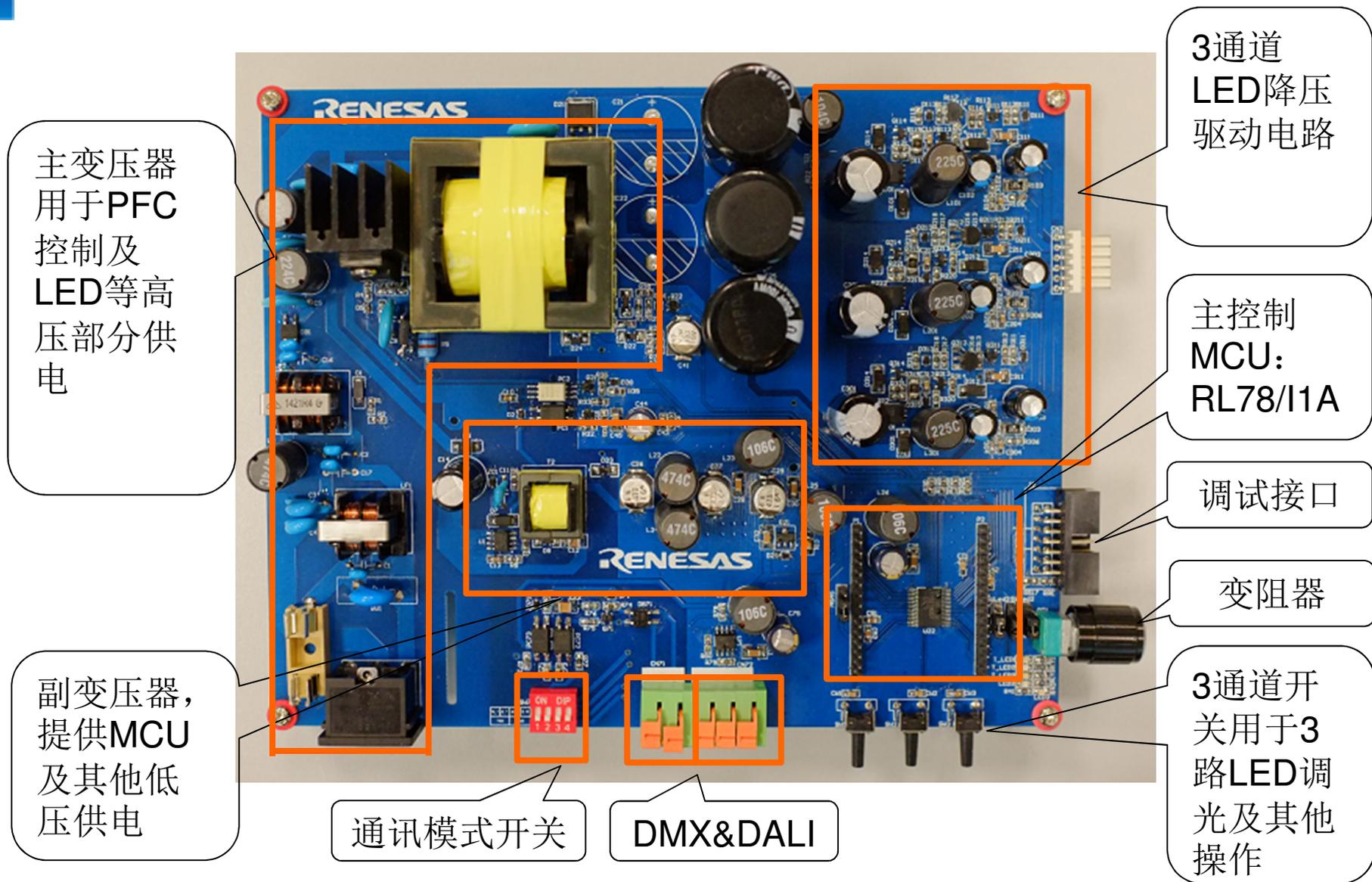
瑞萨电子RL78I1A系列单片机的应用



瑞萨电子(中国)有限公司  
通用产品中心  
应用技术部  
史子光

2013/07/30

# 方案组成



# LED方案主要性能指标及主要使用器件

- 输入电压范围 : AC100-AC260V
- 输出电压 : 90V
- 输出电流 :  $0.35\text{mA} \times 3\text{通道} = 1\text{A}$
- 输出功率 :  $90\text{V} \times 0.35 \times 3 = 90\text{W}$
- PFC拓扑 : 反激式 (Flyback)
- DCDC拓扑 : BUCK (100V->90V)
- 功率因素 : 99%
- LED输出效率 : 约91.1% (AC220V输入90W)

## 主要使用器件:

MCU: R5F107AEG (RL78/I1A)

MOSFET: N6008NZ (PFC开关用), HAT2193WP (LED驱动电路开关用)

# RL78/I1A概述

## 特性

- 16位CPU+MAC 提升性能
- 内部振荡器 (CPU MAX 32MHz)
- 16位PWM 定时器2输出 x 3通道
- 实时计数器
- 串行接口 (DALI, UART, I2C, CSI, DMX)
- 工作温度至125°C

## 产品构成

Flash 容量 (bytes)	64K		4K		4K	RAM 容量
	32K	2K	2K	2K		
		20引脚 LSSOP	30引脚 SSOP	32引脚 VQFN	38引脚 SSOP	

## RL78/I1A

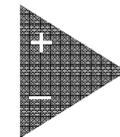
### 照明及电源用增强型定时器

- 最高时钟64MHz
- 通过dithering功能实现高精度 (1GHz)
- 定时器软启动功能防止启动过流
- PWM门控功能
- 支持交错式PFC控制功能
- 比较器实现定时器过流高阻输出

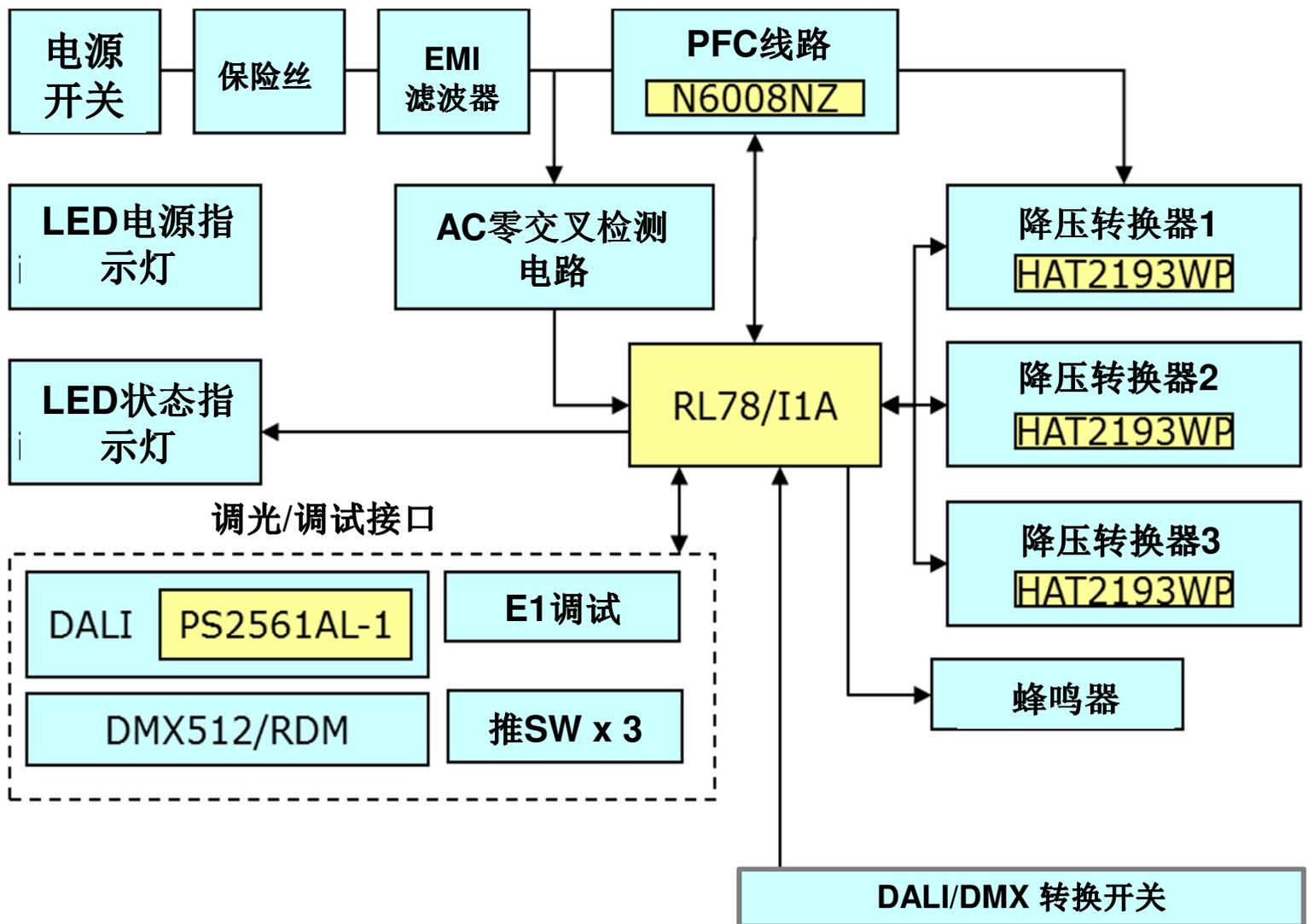


### 模拟功能

- 定时器同步 (最大11通道)
- 比较器 6通道
  - 窗口比较器功能
- PGA(可编程运放) 6通道输入
  - 固定放大模式 (4/8/16/32倍)



# 方案框图



# PFC控制概述

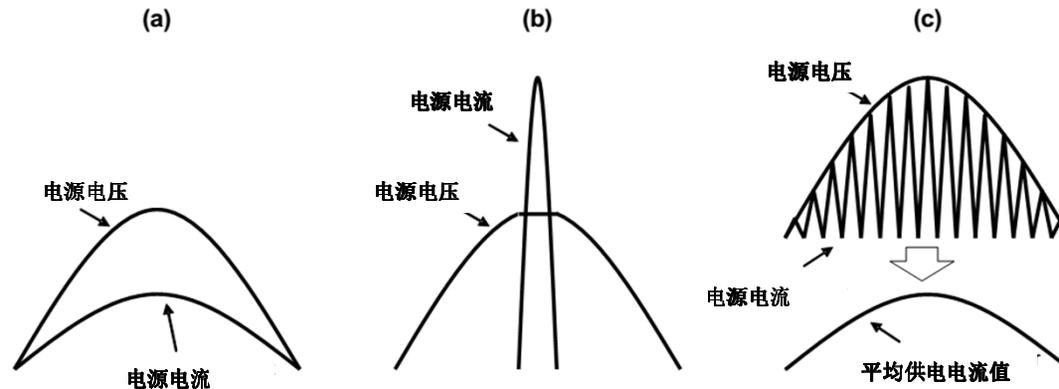
下图(a)是AC电源的理想电压/电流波形。  
电压和电流拥有相同的相位并为正弦波，这时的功率系数(PF)为1。

(b)是在没有PFC的情况下的实际电压/电流波形。电流感应时间很短并且电流峰值很高，因此，峰值电压因为功率原因倍削平。如果功率因素很低的情况下会发生下面的问题。

- 因为有谐波的产生，产品无法通过标准测试并且进行生产。
- 因为尖峰电流很大，需要更粗的导线。
- 断电器容易保护。

为了改进功率因素，需要增加PFC控制。在传统的LED照明中一般使用CRM(临界导通模式)模式的PFC控制因为所需要的元器件数量少并且开关损耗低。

(c)显示了在有PFC控制时的AC电源电压/电流波形。通过PFC开关的导通和关闭控制电流值，并使平均电流的相位和输入电源电压一致。CRM模式的PFC控制可以通过RL78/I1A的硬件模块实现。



# PFC 的电感电流控制模式

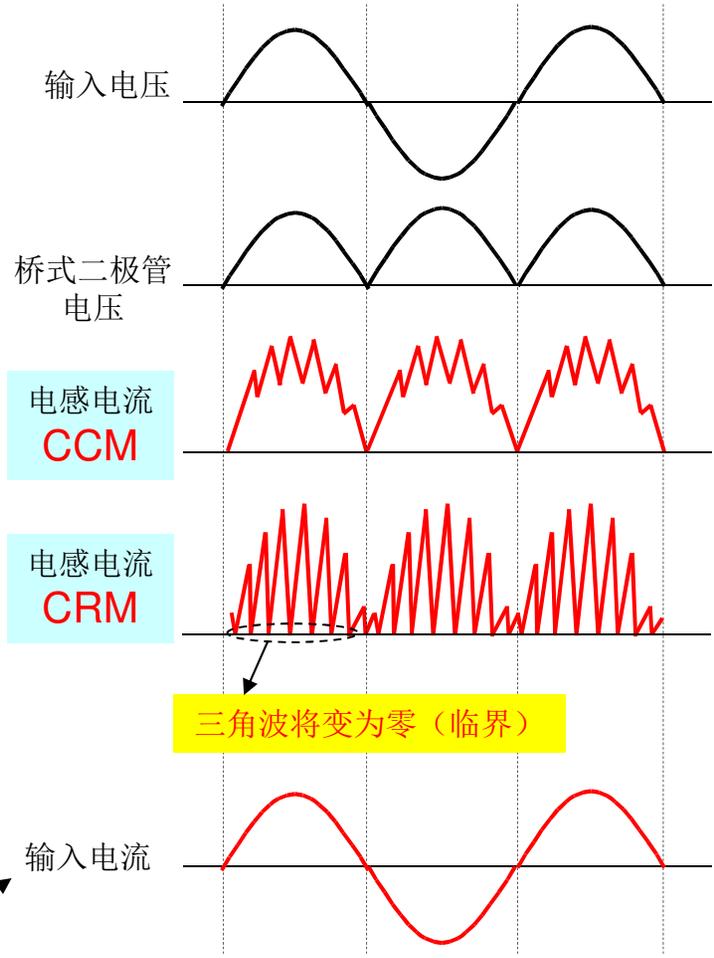
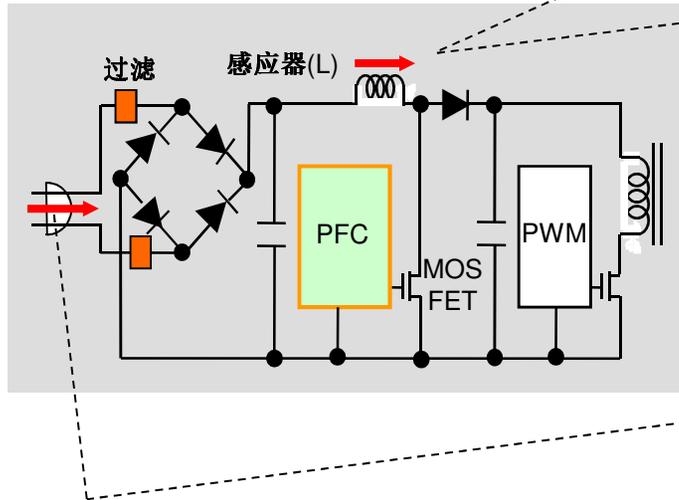
PFC会根据电感电流使输入形成真正的正弦波电流，两种不同模式的电感电流波形如下图所示。

\* **CCM**( **C**ontinuous **C**onduction **M**ode)

- 连续导通模式
- 更适合于大功率应用

\* **CRM**( **C**RITICAL **C**onduction **M**ode)

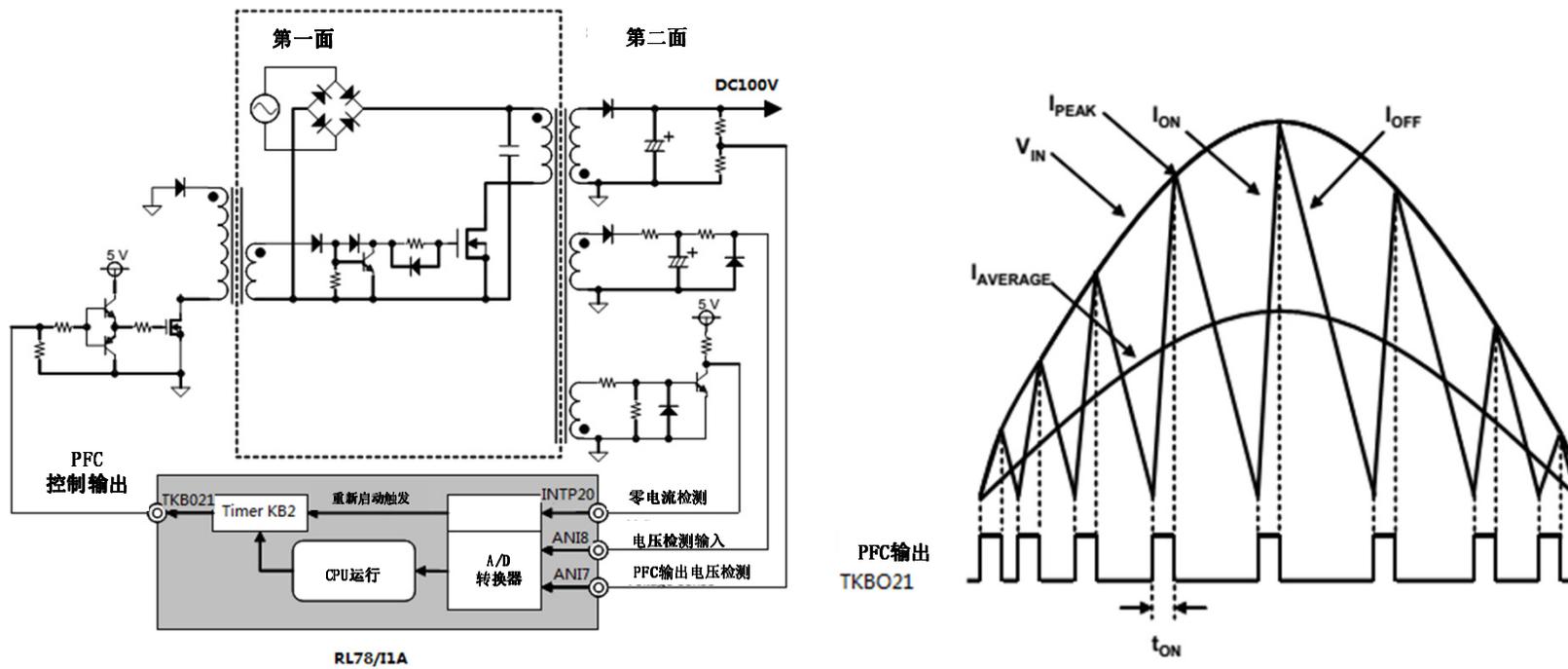
- 临界导通模式
- 更适合于小功率应用



# 使用RL78/I1A的硬件功能实现PFC控制

通过RL78/I1A的硬件实现CRM模式的PFC控制。RL78/I1A可以通过使用内置比较器/外部中断以及AD转换器控制的定时器再启动功能实现临界导通模式的PFC控制。因此无需单独的模拟IC作为PFC控制。因为MCU同时作为LED及PFC控制，因此可以预先判断负载强度并进行PFC补偿。

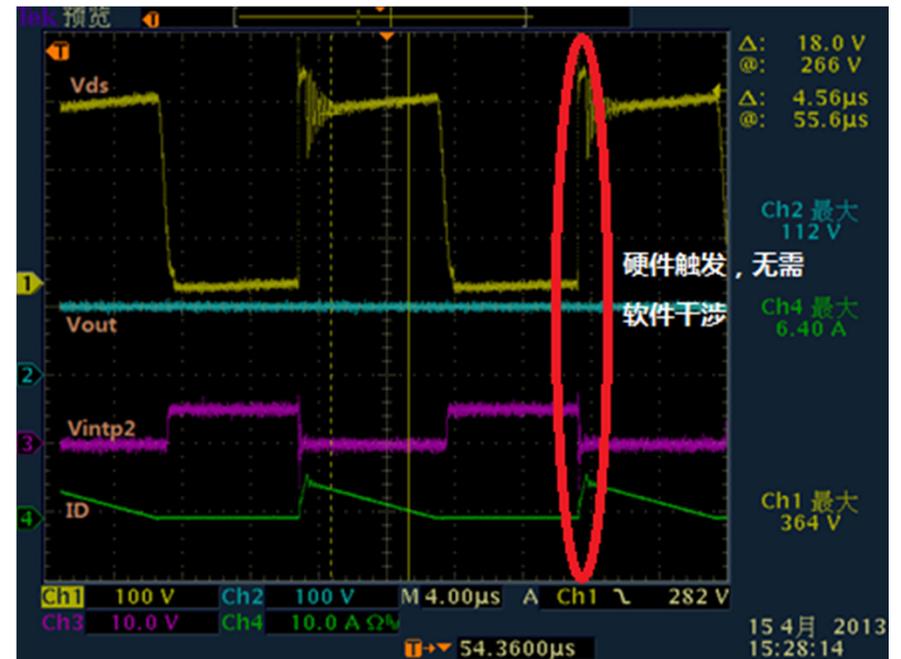
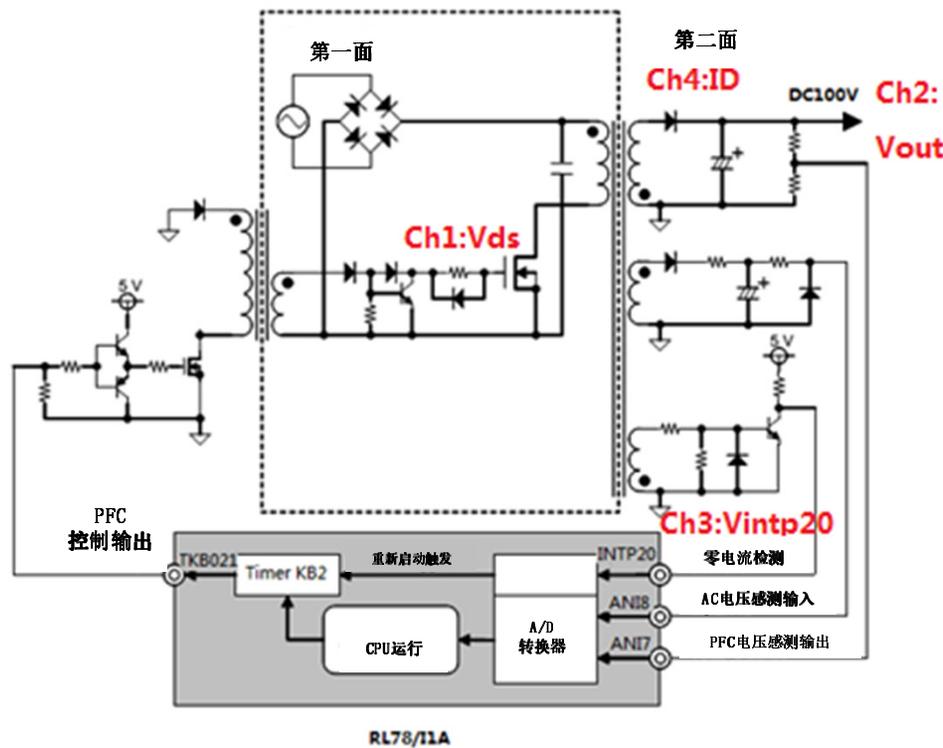
下图显示了使用RL78/I1A实现的反激式PFC电路构成。进行PFC控制所需要的引脚时PFC输出(TKBO21)，零电流检测输入(INTP20)，以及DC输出检测输入(ANI7)。AC电源输入检测(ANI8)在需要检测AC输入电源电压变化时需要用到。



# PFC的控制波形

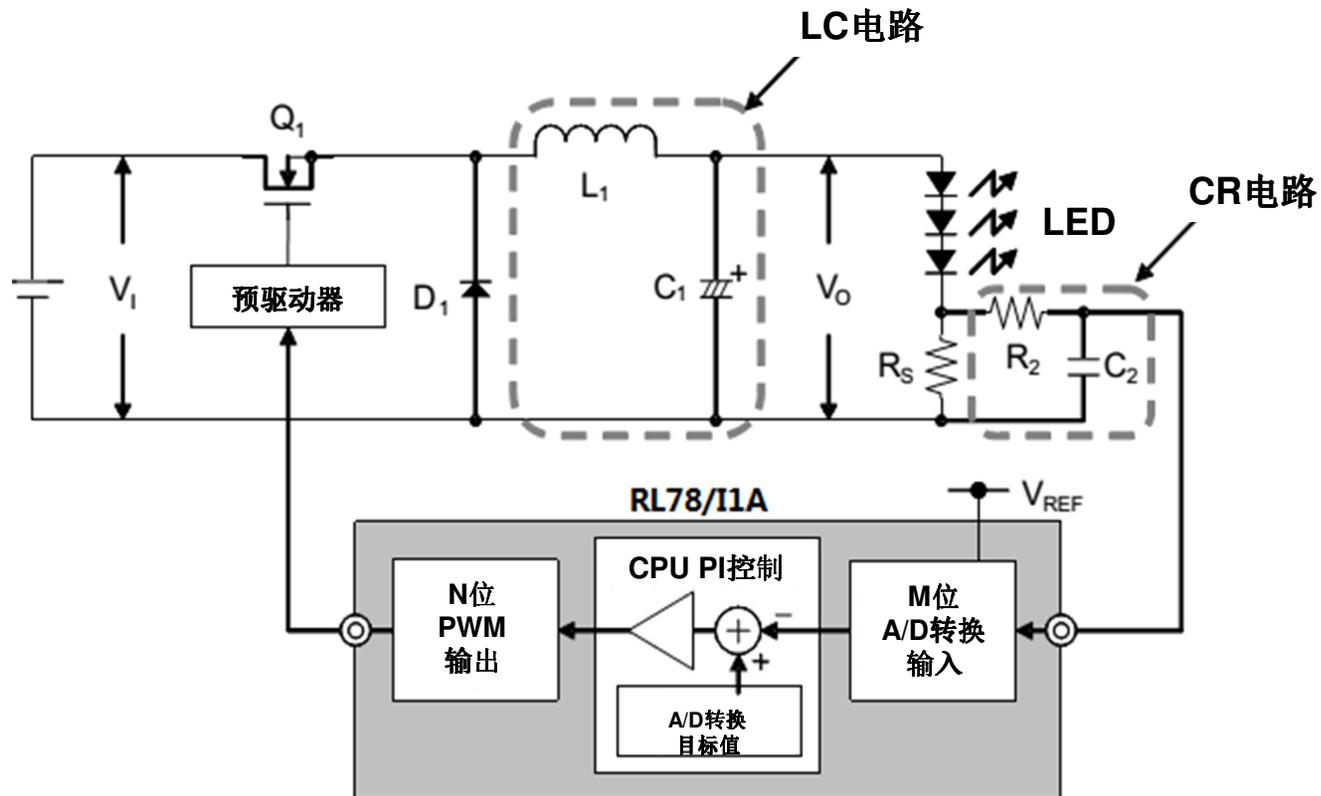
下图是实测的PFC控制波形，其中包括PFC控制MOS管的DS电压： $V_{ds}$ ，PFC输出端电压 $V_{out}$ ，交流点过零检测信号 $V_{intp2}$ ，以及PFC输出二极管端的正向导通电流 $I_D$ 。

可以看出在MOS管关闭的时候（ $V_{ds}$ 高）， $V_{intp2}$ 为低， $I_D$ 端有反激电流流过，逐步将为0后 $V_{intp2}$ 的电压也同时变为高，在 $V_{intp2}$ 的电压从低到高形成上升沿的时候，通过硬件触发再次打开MOS管，此时的操作都是通过硬件实现，无需软件干涉。提高效率。



# LED恒流控制

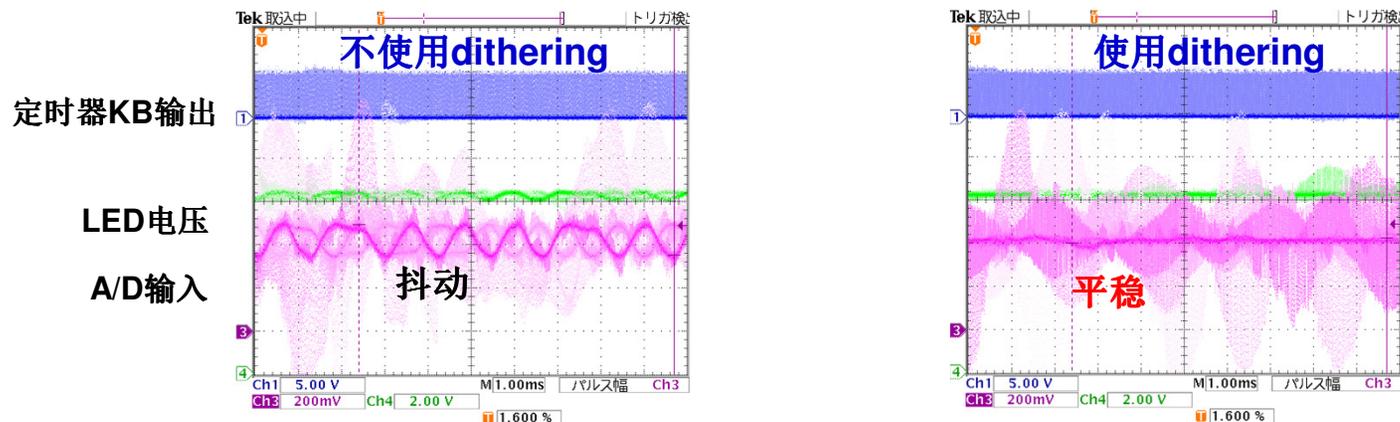
本方案采用降压电路将PFC输出的100V左右的电压降压到90V供给LED。  
驱动LED时将LED电流通过 $R_s$ 电阻变为电压并通过内部PGA放大后输入AD。  
并且以目标亮度的AD值作为目标值进行PI运算，最后输出所需的PWM占空比。



# RL78/I1A在LED控制中的特别功能

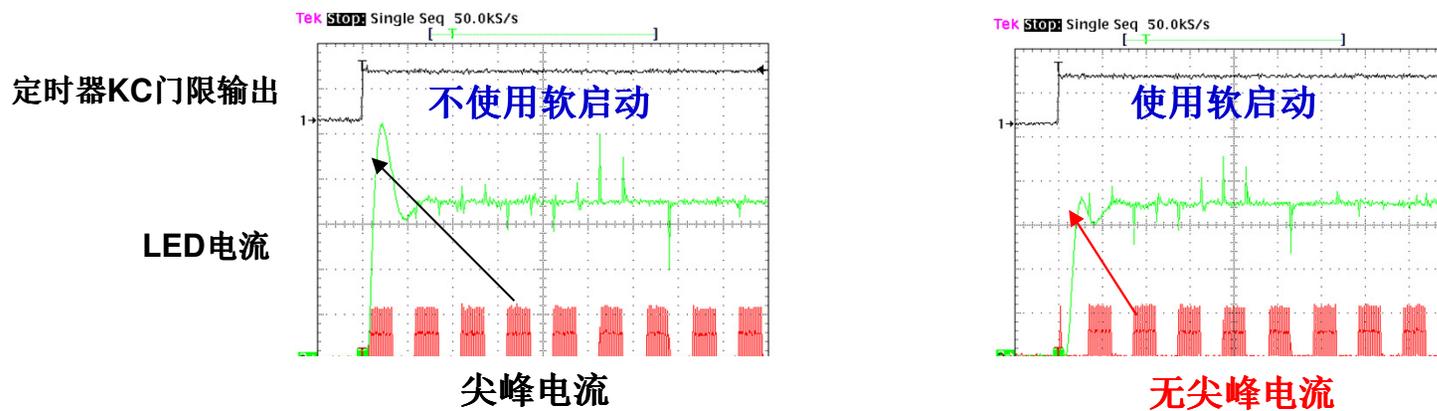
## 1. Dithering功能

Dithering功能可以将64MHz的定时器输出细分为16步，可以实现1GHz的输出精度。



## 2. 软启动功能

软启动功能可以通过硬件实现KB定时器输出占空比软启动，可以防止在LED点亮瞬间的尖峰电流，保护LED。



## 测试结果

本方案的测试结果如下所示，在最大的输出功率（最大输出电流0.35A / 通道）的情况下实现了最大PF值为99%，效率为91%。

Vin=110V				Vin=220V			
	LED1 (RED)	LED2 (GREEN)	LED3 (BLUE)		LED1 (RED)	LED2 (GREEN)	LED3 (BLUE)
电压(V)	63.5	91.3	93.2	电压(V)	63.8	91.6	94
电流(A)	0.355	0.355	0.355	电流(A)	0.353	0.355	0.355
功率(W)	22.19	31.41	32.16	功率(W)	22.52	32.518	33.37
总功率(W)	88.04			总功率(W)	88.41		
Pin=100W				Pin=97W			
PF=99%				PF=98%			
$\eta=88.04/99=88.4\%$				$\eta=88.41/97=91.1\%$			



瑞萨电子（中国）有限公司

© 2013 Renesas Electronics Corporation. All rights reserved.