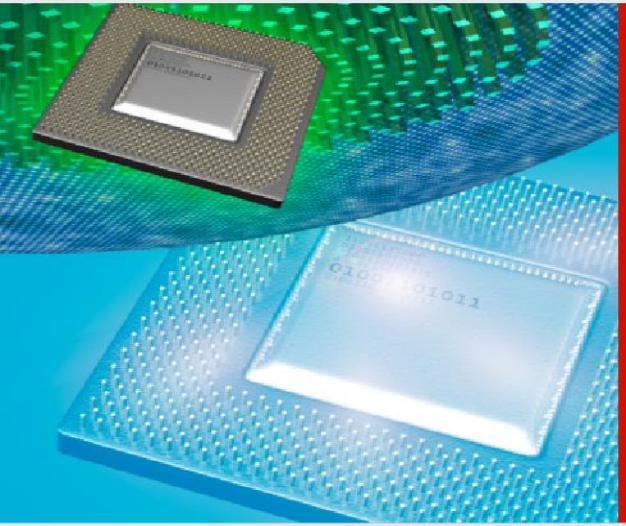


上海格州电子股份有限公司
------数字电源参考方案

西安研发中心

2016.10.27

©2003-2016 Shanghai Getsoon Electronic INC. All Right Reserved

数字电源介绍

电源采用数字控制，具有以下明显优点:

1)易于采用先进的控制方法和智能控制策略，使电源模块的智能化程度更高，性能更完美。

2)控制灵活，系统升级方便，甚至可以在线修改控制算法，而不必改动硬件线路。

3)控制系统的可靠性提高，易于标准化，可以针对不同的系统(或不同型号的产品)，采用统一的控制板，而只是对控制软件做一些调整即可。

4)系统维护方便。

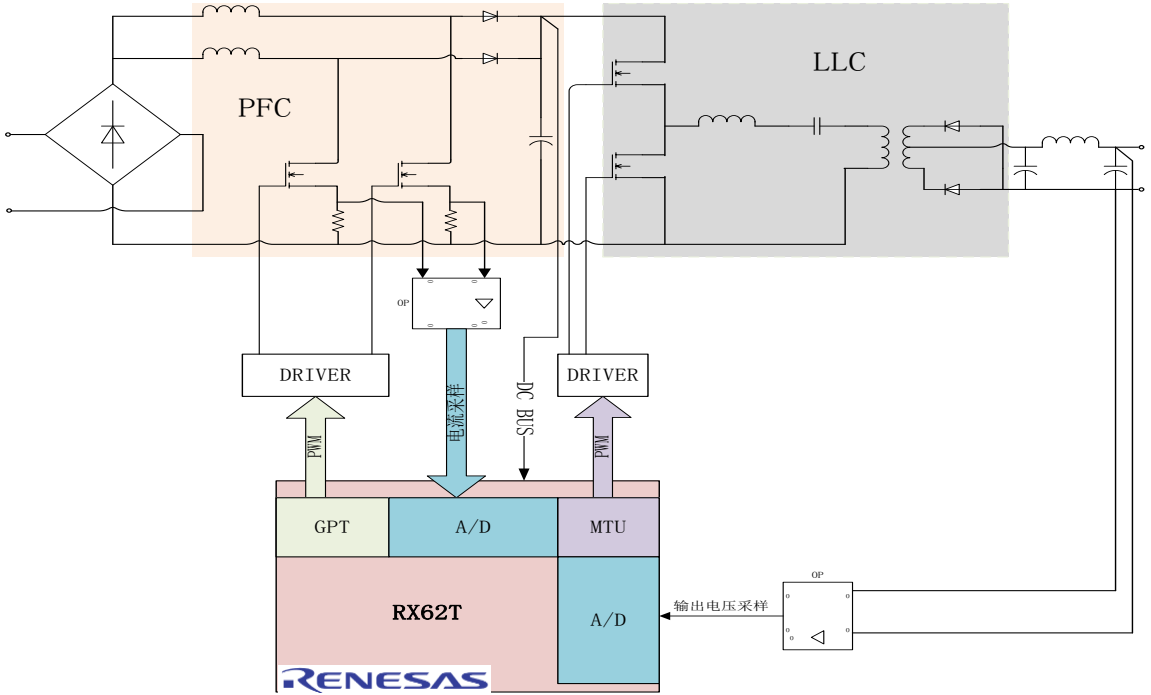
5)系统的一致性好，成本低，生产制造方便。

6)易组成高可靠性的多模块逆变电源并联运行系统。

©2003-2016 Shanghai Getsoon Electronic INC. All Right Reserved

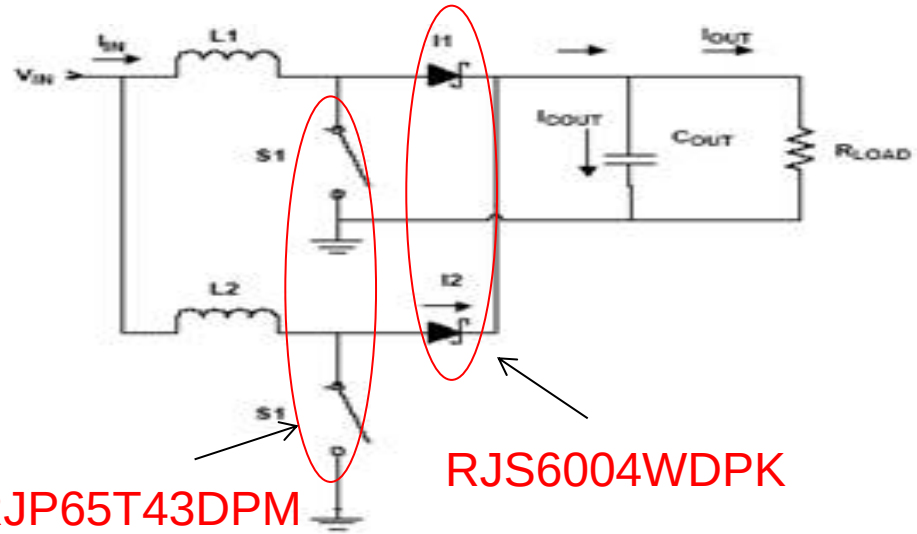
数字电源参考设计系统方案

数字电源控制软件控制PFC和LLC驱动信号。通过检测输出电压调整PWM信号，通过检测负母线电流实现电流保护。PFC改善输入功率因数，同时为后级DC-DC变换提供稳定的输入。LLC实现ZVS控制，减小开关损耗，提高效率。



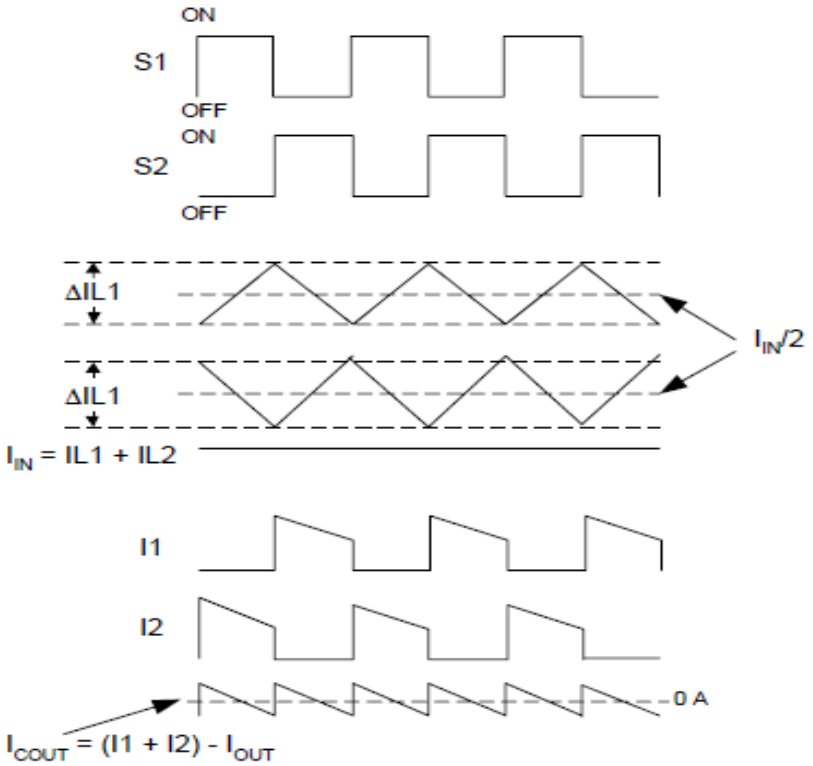
©2003-2016 Shanghai Getsoon Electronic INC. All Right Reserved

数字电源交错式PFC介绍



RJP65T43DPM

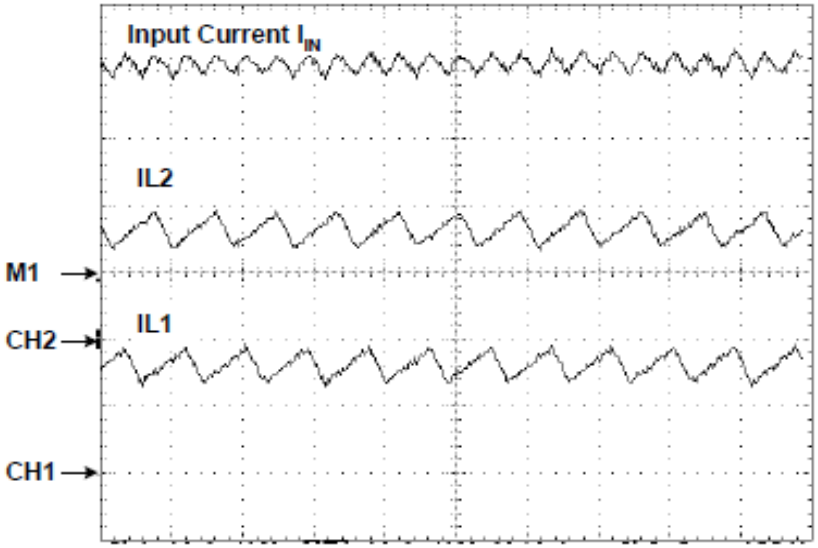
RJS6004WDPK

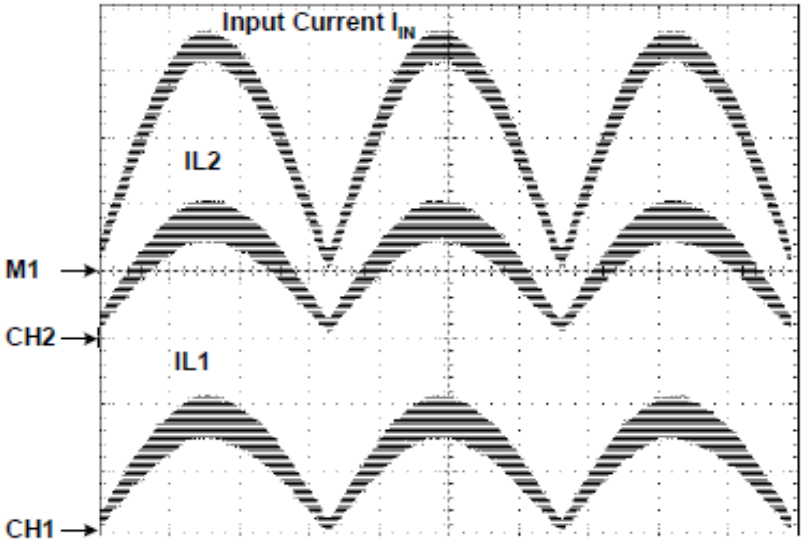


交错式PFC方式相当于两个boost电路并联。控制信号互差180度。该控制方式可以减小输入纹波电流和电容纹波电压。

©2003-2016 Shanghai Getsoon Electronic INC. All Right Reserved

数字电源交错式PFC电流

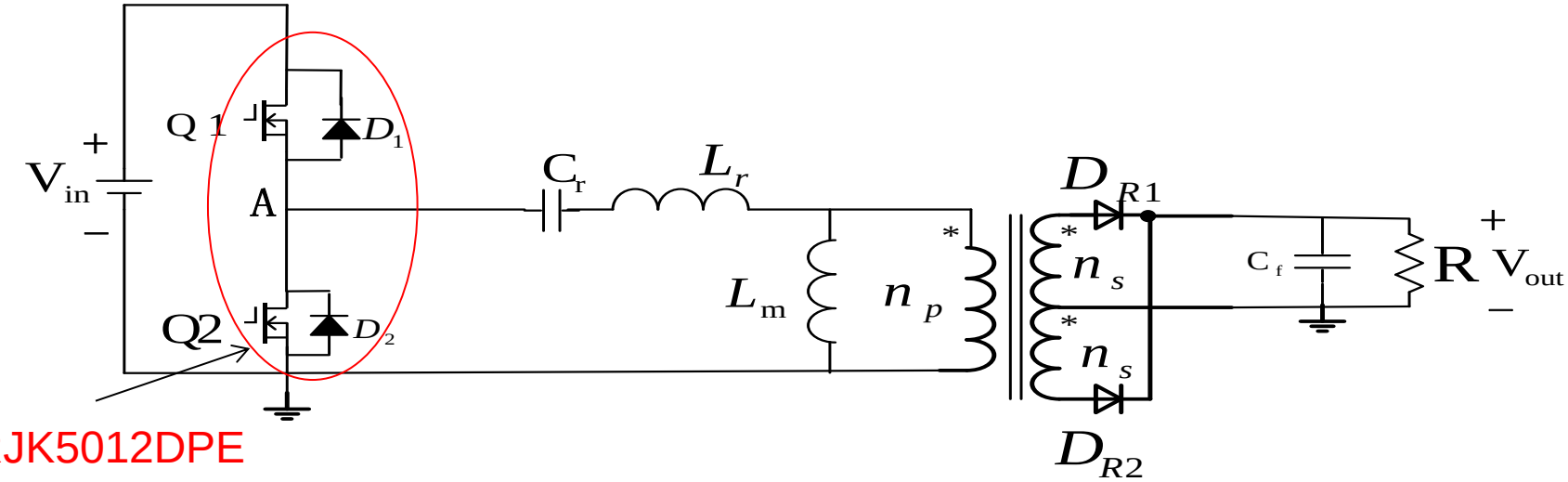




输入电流纹波明显小于电感电流。

©2003-2016 Shanghai Getsoon Electronic INC. All Right Reserved

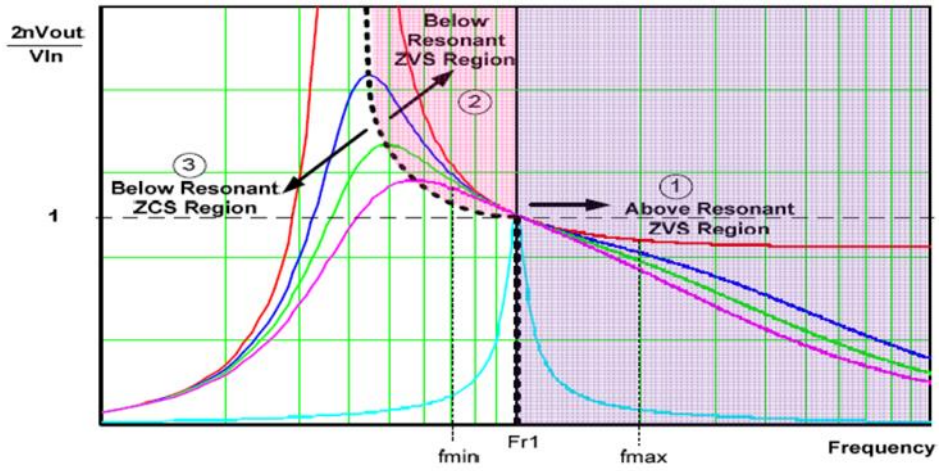
数字电源LLC谐振变换介绍



Cr,Lr,Lm串联构成LLC谐振。Lm为变压器的漏感。由于有三个谐振元件，因此存在两个谐振频率。 $f_r = \frac{1}{\sqrt{2\pi L_r C_r}}$和$f_m = \frac{1}{\sqrt{2\pi (L_r + L_m) C_r}}$

©2003-2016 Shanghai Getsoon Electronic INC. All Right Reserved

数字电源LLC工作区间



- 在①区域，开关频率fs高于谐振频率fr。变换器类似普通的LC谐振变换器。变换器始终工作在ZVS状态。此刻电压增益G小于1。
- 在②区域，最低转速随负载变化。电压增益G大于1 。②区域与③的分界是负载与增益的峰值曲线。
- 在③区域是ZCS区域。功率管工作在硬开关状态。

©2003-2016 Shanghai Getsoon Electronic INC. All Right Reserved

数字电源LLC谐振特点

- 软开关，降低开关损耗
- 固定50%占空比，在高电压输入下也能保持较高效率。
- 在高电压输入时，fs降低，谐振阻抗增大，谐振峰值电流减小，降低的损耗，非常适合宽电压输入的应用。
- 副边整流二极管承受最大反压为输出的两倍，不随输入变化。
- 激磁电感可以集成在变压器里，减小体积，降低EMI问题。适合高频应用。

©2003-2016 Shanghai Getsoon Electronic INC. All Right Reserved

数字电源参考设计技术参数

1. 交流输入

   电压Vin：220V50Hz

2. 直流输出

   输出电压Vout：24V

   输出电流Iout：10A

3. 保护机制

   母线过压：高于430V　停机

   母线欠压：低于250V　停机

   输出过流：输出短路或电流大于功率器件限定时，停机

4. 功率因数：>=95%

©2003-2016 Shanghai Getsoon Electronic INC. All Right Reserved

数字电源DEMO板

- 交错式PFC

IGBT：RJP65T43DPM

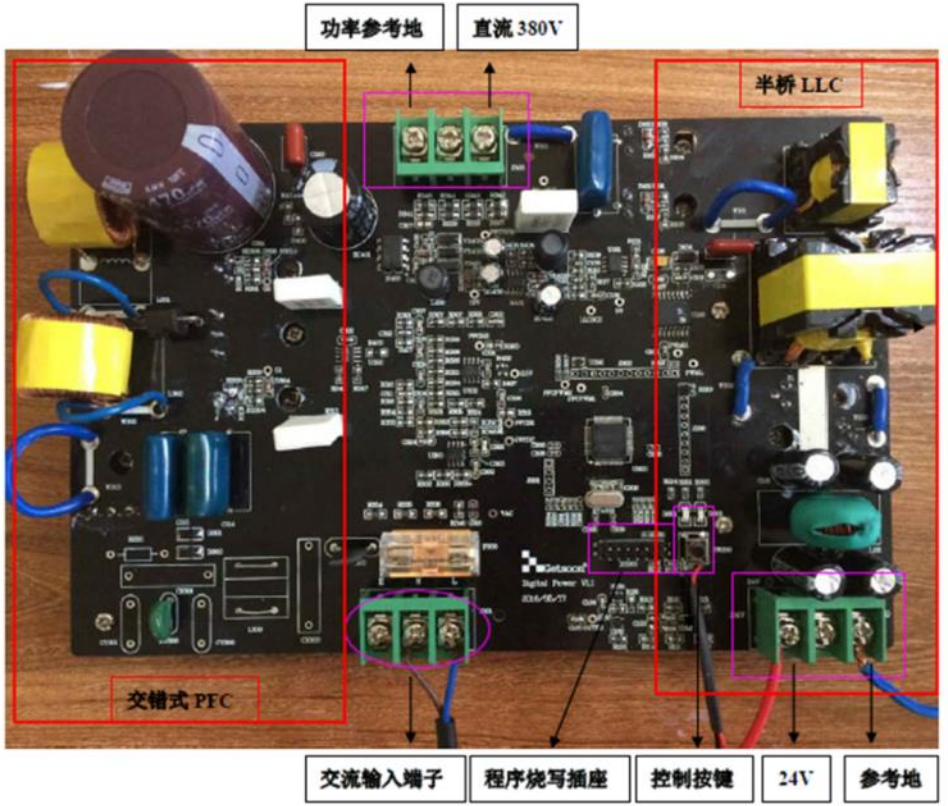
SiC Diode：RJS6004WDPK

- 半桥LLC

IGBT: RJK5012DPE

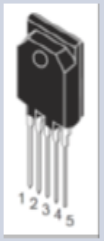
- 检测控制

MCU：RX62T



©2003-2016 Shanghai Getsoon Electronic INC. All Right Reserved

用于PFC的瑞萨电子IGBT

Vces (V)	IC (A) 100C	Vce(sat) (V) [TYP]	Diode	TO-3PFM	TO-247A	Status
						
650	20	1.8@20A	-	RJP65T43DPM		MP
	30	1.8@30A	-		RJP65T43DPQ	CS
	40	1.8@40A	Y		RJP65T46DPQ	MP
	45	1.8@45A	Y		RJP65T47DPQ	MP

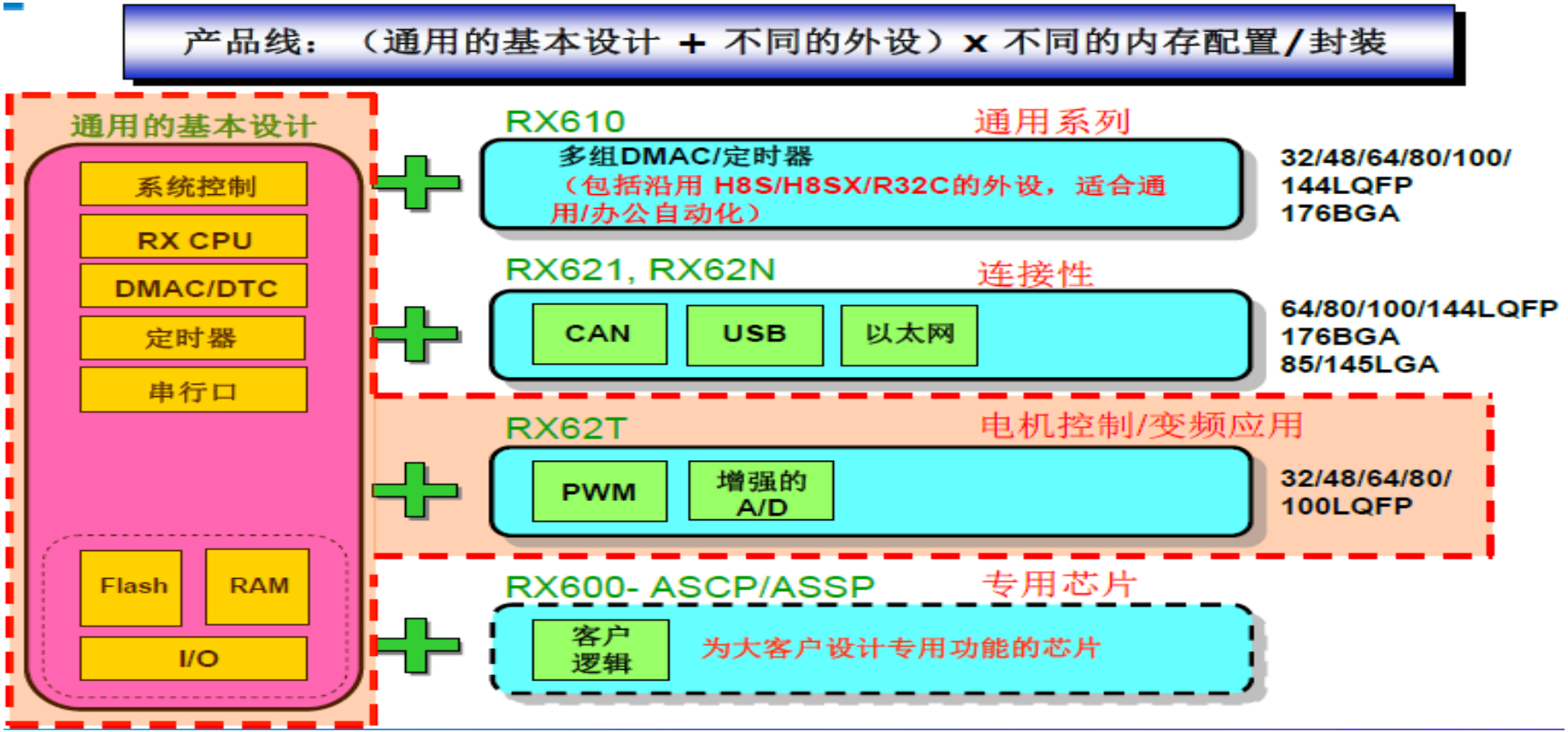
瑞萨电子IGBT的特点

- 低Vce损耗
- 全塑封封装
- 高速开关
- 开关速度最高可达

  100KHz

©2003-2016 Shanghai Getsoon Electronic INC. All Right Reserved

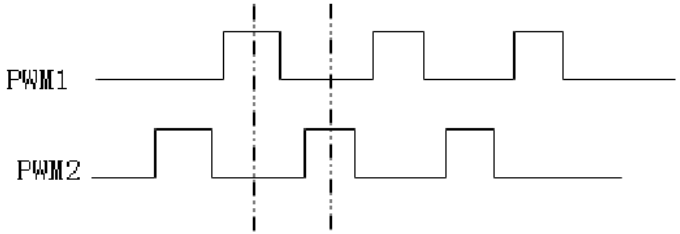
RX62T 产品线

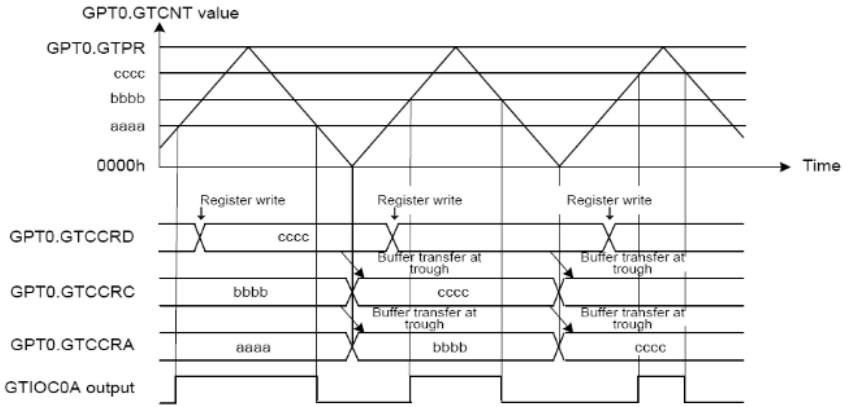


©2003-2016 Shanghai Getsoon Electronic INC. All Right Reserved

RX62T的GPT模块生成PFC控制信号

- 相差180°的两路PWM输出
- 12位的AD采样，级联比较器进行比较操作
- POE控制，针对比较器的比较结果对数据端口进行高阻态的操作。
- 软件PFC使用的交错式的控制方式，需要两路相位差180°的PWM来进行控制，RX62T中使用GPT模块来实现PWM输出的功能。



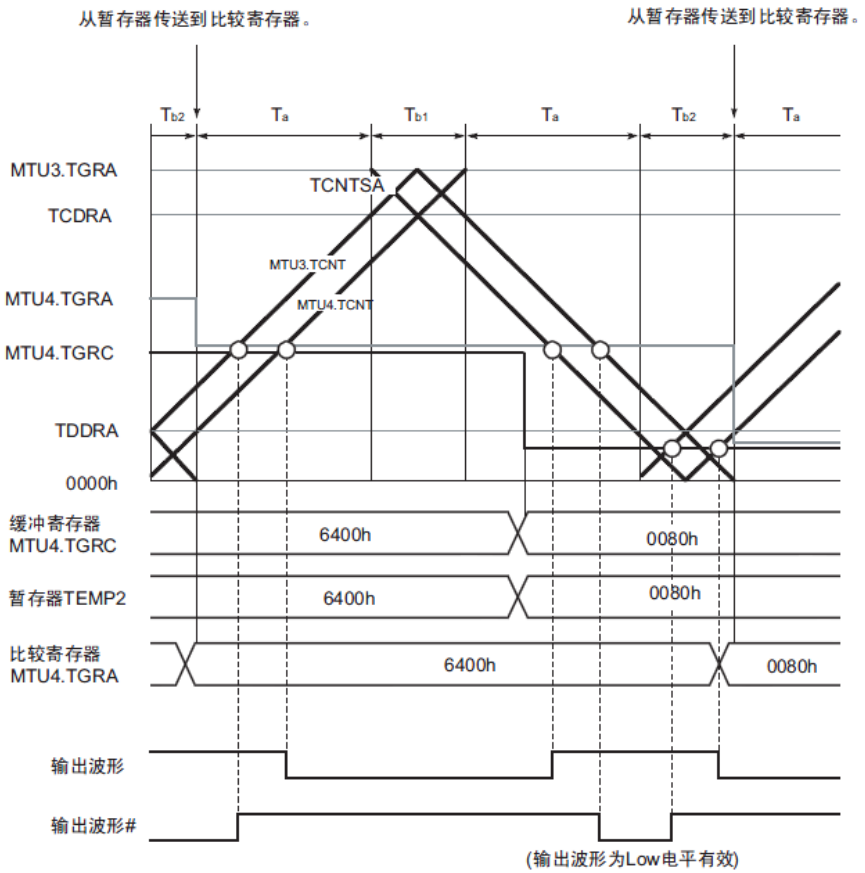


- GPT模块输出PWM利用的是三角波作为比较器的触发波形。

  利用最低点和最高点来启动两路PWM的输出，这样两路PWM相差180°。

©2003-2016 Shanghai Getsoon Electronic INC. All Right Reserved

RX62T的MTU模块生成半桥PWM

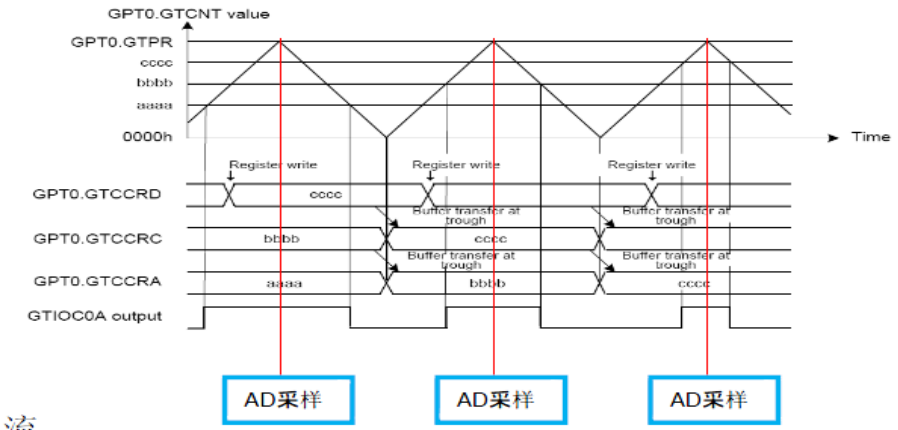


- 在互补PWM 模式中，通过组合定时器生成正相和反相带死区的PWM 波形进行各三相共计6 相输出，也能设定为无死区时间的PWM。
- 在互补PWM 模式中，能使用定时器比较匹配（波峰）、下溢（波谷）、以及其它通道的比较匹配，触发A/D 转换。
- 通过设定定时器的读写允许寄存器选择允许或者禁止CPU 存取模式寄存器、控制寄存器、比较寄存器和计数器，保护输出防止误写。
- 在检测到输入到RX62T的时钟停止后，6 相PWM 输出引脚自动变为高阻抗状态。
- 能通过输入指定的外部信号，使6 相PWM 输出引脚自动变为高阻抗状态。

©2003-2016 Shanghai Getsoon Electronic INC. All Right Reserved

RX62T的AD

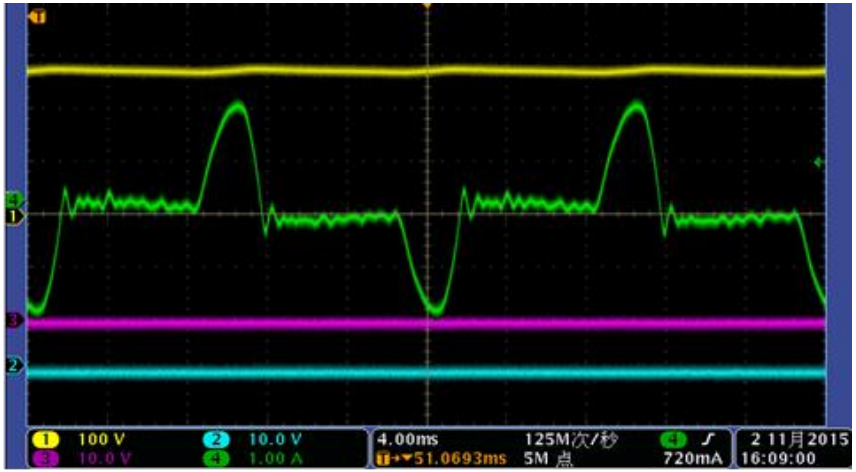
- 两路PWM输出对IGBT进行控制，对反馈进行AD采样。
- 两路PWM都采用三角波作为比较波形。
  并在最高点进行AD的采样。
- 12位的AD可用最快1us的速率进行采样。
- 12位的AD与比较器进行联动，
  比较器的结果与POE功能进行联动。
- 当AD采样值不满足比较器的设置，
  比较器产生标志位，并触发POE功能，
  POE功能自动把PWM输出端口设置为
  高阻状态。这样避免由于输入输出电压电流
  的问题，导致IGBT的烧毁。



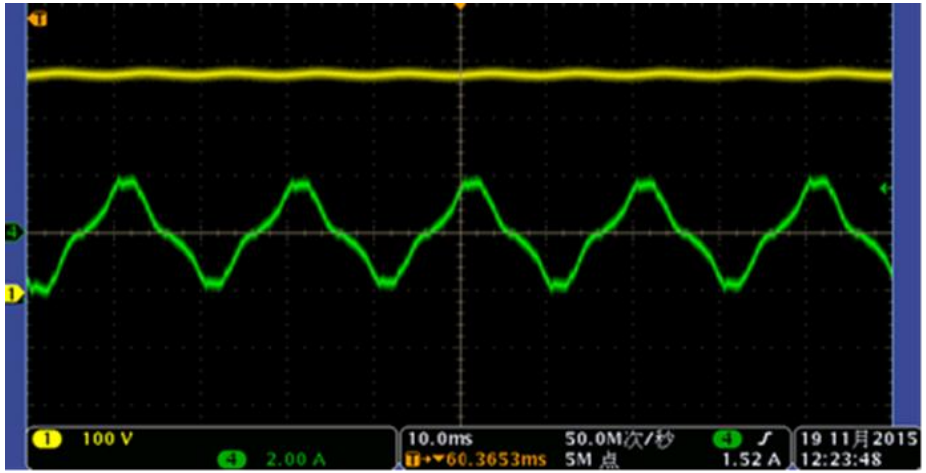
- 12位AD，可以采用50M的频率进行采样。8通道12位AD，有两个独立的单元，每个单元有4通道AD采样接口。两个单元可以分别开启和关闭。
- 每个单元有三个通道有自己**独立的采样保持电路**。
- 12位的AD也可以放大功能，每个单元有三个通道有自己独立的放大电路。
- 12位的AD也可以作为比较器进行使用。每个单元有三个通道可以作为比较器输入使用。比较电路可以取放大前的信号，也可以取放大后的信号。
- 12位AD有多个触发信号源，例如软件打开，外围引脚触发，定时器触发，定时器双触发

©2003-2016 Shanghai Getsoon Electronic INC. All Right Reserved

交流输入电流



PFC不工作

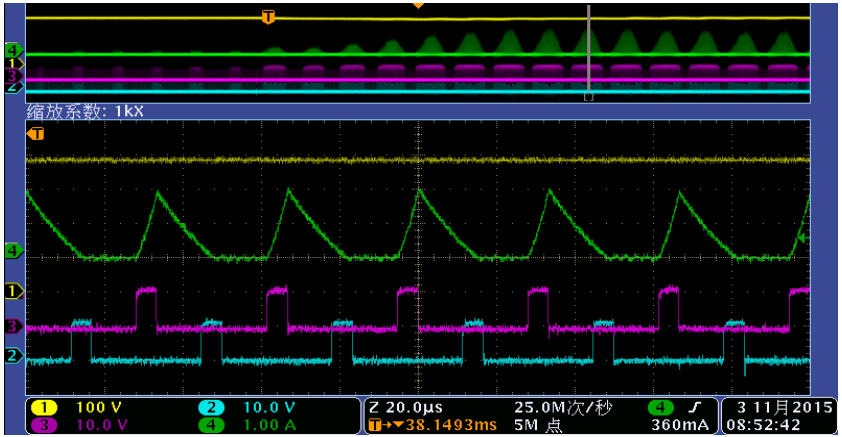


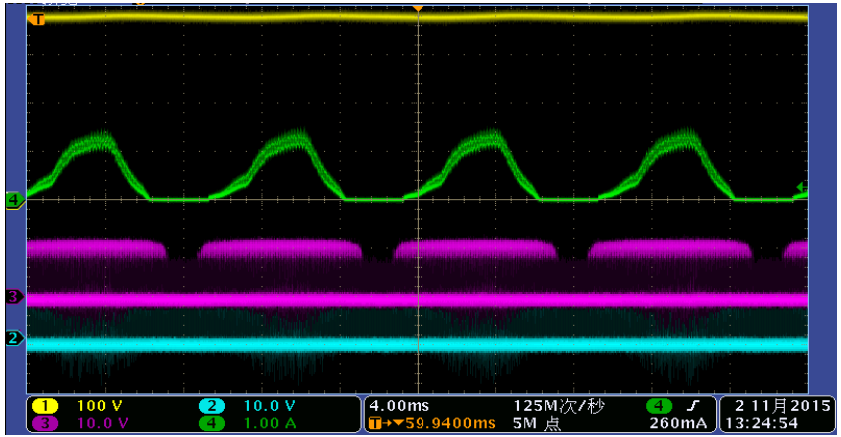
PFC工作

交流输入电流正弦性明显改善。

©2003-2016 Shanghai Getsoon Electronic INC. All Right Reserved

数字电源电流纹波





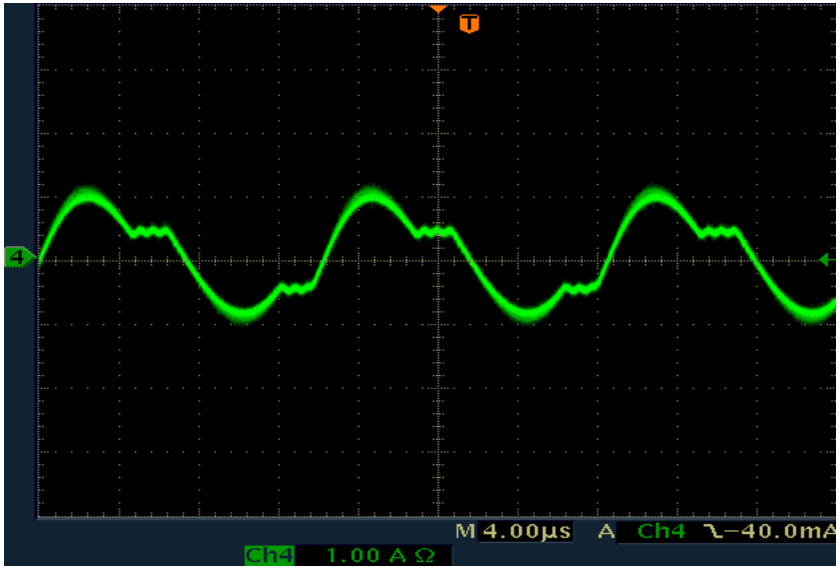
CH1:PFC输出电压
CH2:PWM信号
CH3:PWM信号
CH4:BOOST电感电流

CH1:PFC输出电压
CH2:PWM信号
CH3:PWM信号
CH4:整流输出电流

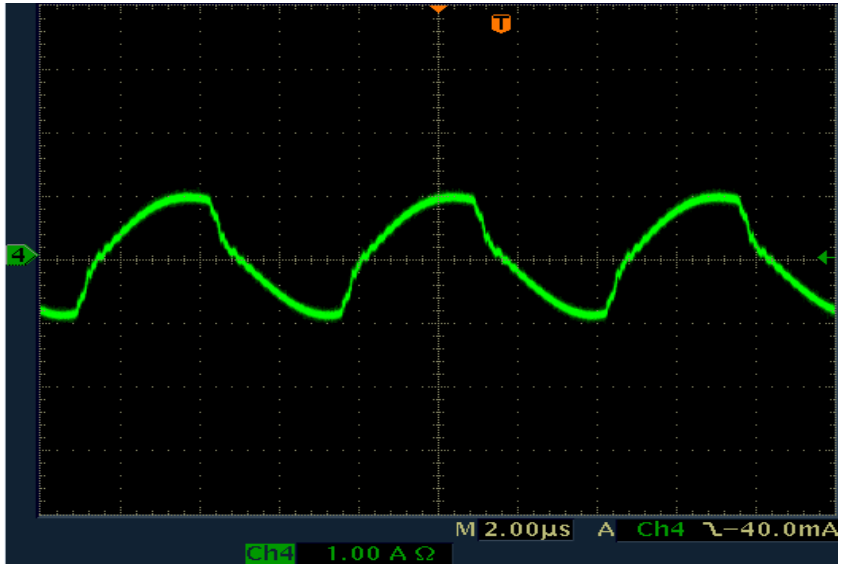
交错式PFC显著减小输入纹波电流。

©2003-2016 Shanghai Getsoon Electronic INC. All Right Reserved

数字电源LLC谐振电流



开关频率70KHz

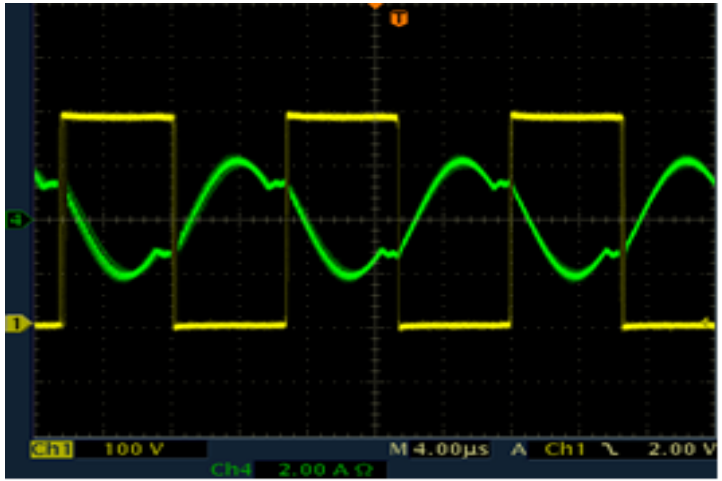


开关频率150KHz

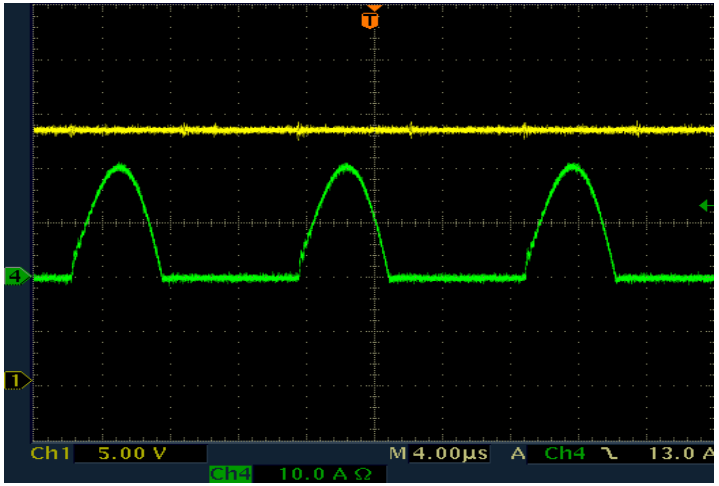
fr = 100KHz

©2003-2016 Shanghai Getsoon Electronic INC. All Right Reserved

数字电源DEMO测试



桥臂输出电压和谐振电流



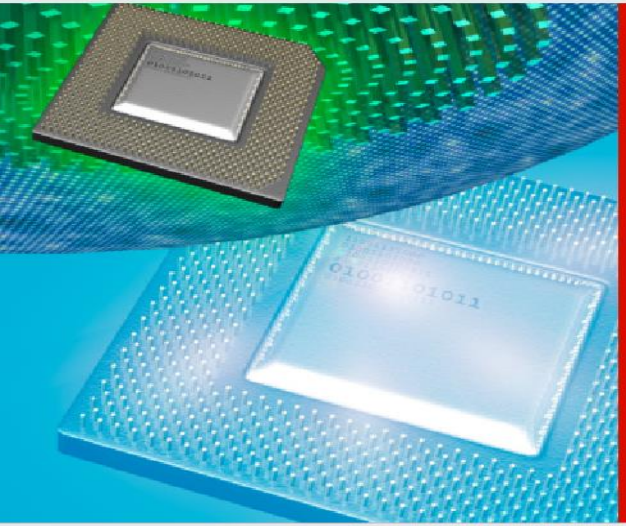
直流输出电压和同步整流电流

©2003-2016 Shanghai Getsoon Electronic INC. All Right Reserved

数字电源参考设计总结

- 交错式PFC由于两相电流的相互抵消作用，使得输入电流纹波显著减小。因此BOOST电感可以降低感量，减小体积。
- LLC变换实现了功率器件的零电压开通，减小的损耗，提高了效率。
- 全数字控制方式降低了硬件成本，增强了系统灵活性。
- 瑞萨电子的32位处理器，功能强，速度快，十分适合这类产品应用。
- 瑞萨电子的高速IGBT和MOSFET系列全，性能好，速度快，十分适合这类产品应用。
- 瑞萨电子的SiC二极管损耗小，反向恢复特性好，提高系统效率。

©2003-2016 Shanghai Getsoon Electronic INC. All Right Reserved



上海格州电子股份有限公司
------数码发电机逆变器参考方案

西安研发中心

2016.10.27

©2003-2016 Shanghai Getsoon Electronic INC. All Right Reserved

数码发电机介绍

数码发电机是将柴（汽）油燃烧的能量通过发电机转换为电能的装置,该产品的普及化主要集中在五千瓦以下的小型发电机系统。在没有电网覆盖的地区，或者市电输送不稳定的地区被广泛使用。

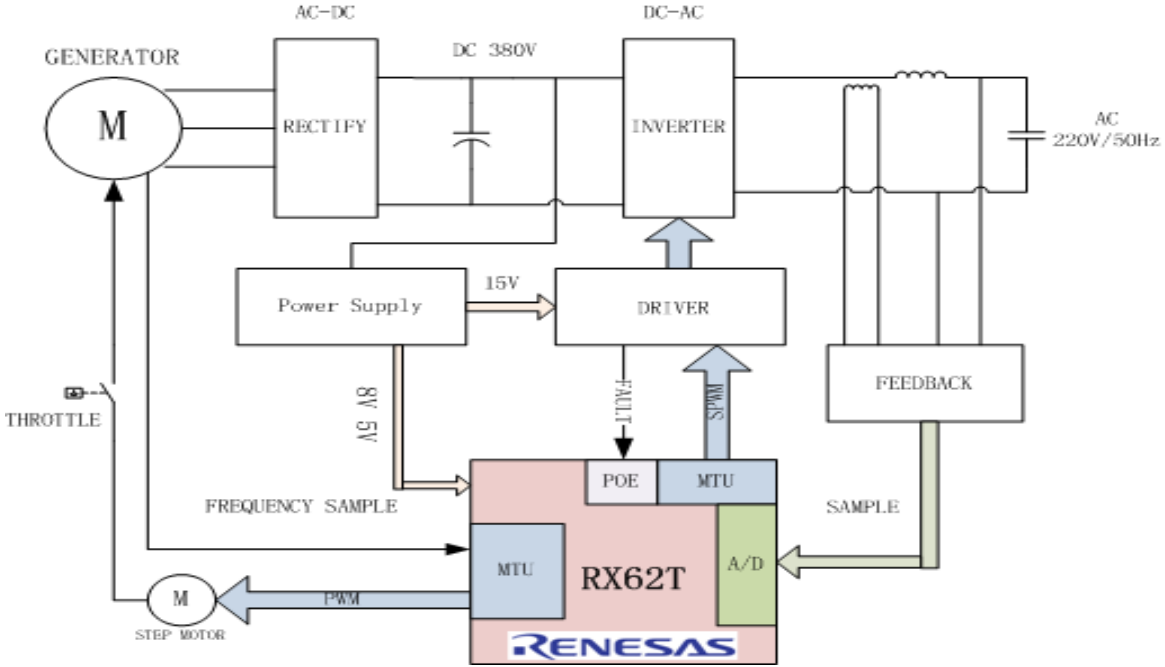
传统的发电机产品,主要采用低速发动机带动一个工频输出发电机进行正常工作,直接输出对应要求电源,这一类型的系统体积较大。与传统的方波发电机相比，数码发电机具有。

- 体积小，重量轻
- 效率高
- 输出电压波形品质高
- 负载适应性好

©2003-2016 Shanghai Getsoon Electronic INC. All Right Reserved

数码发电机逆变器控制系统

系统包含可控整流，全桥逆变和油门控制三大部分。RX62T处理器采用查表方式生成SPWM控制信号控制逆变全桥，输出电压和频率都恒定的单相正弦交流电。同时RX62T采样输出电压和电流，根据输出功率，输出PWM控制步进电机，以调节油门。



©2003-2016 Shanghai Getsoon Electronic INC. All Right Reserved

数码发电机逆变器SPWM控制

➢SPWM生成

两个互差180度的正弦基波和载波三角波比较，产生两个SPWM信号。分别控制两个上管，互补信号控制下管。

➢功率开关管控制

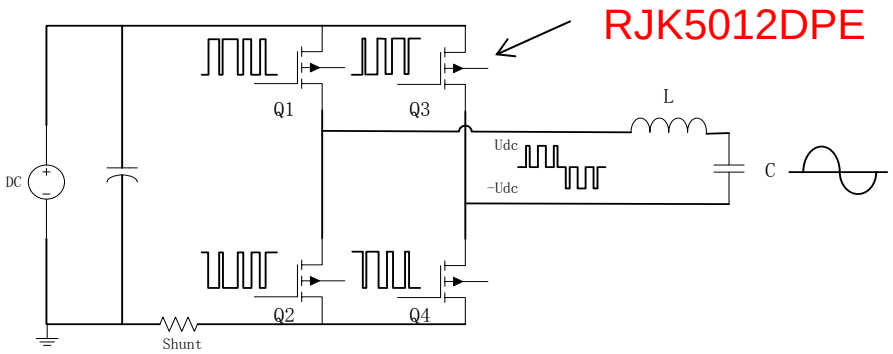
两路互差180度的SPWM信号分别控制两个上管，相应的互补信号控制下管。

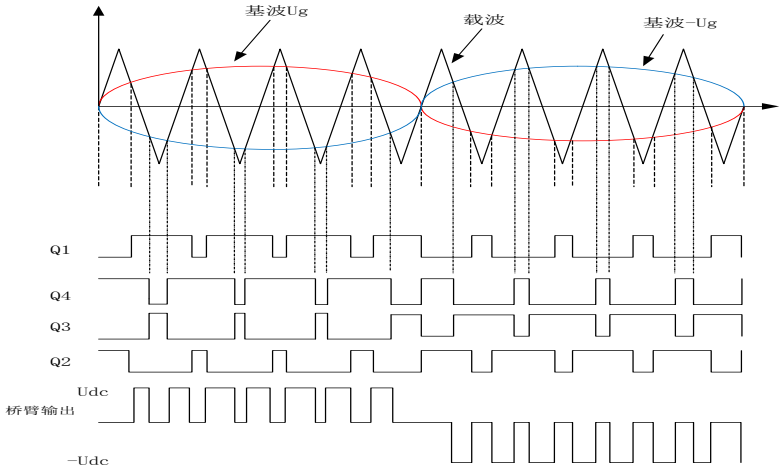
➢桥臂输出

桥臂输出的脉冲电压频率是载波频率的两倍。在半个基波周期内，脉冲幅值是单向的。

➢优点

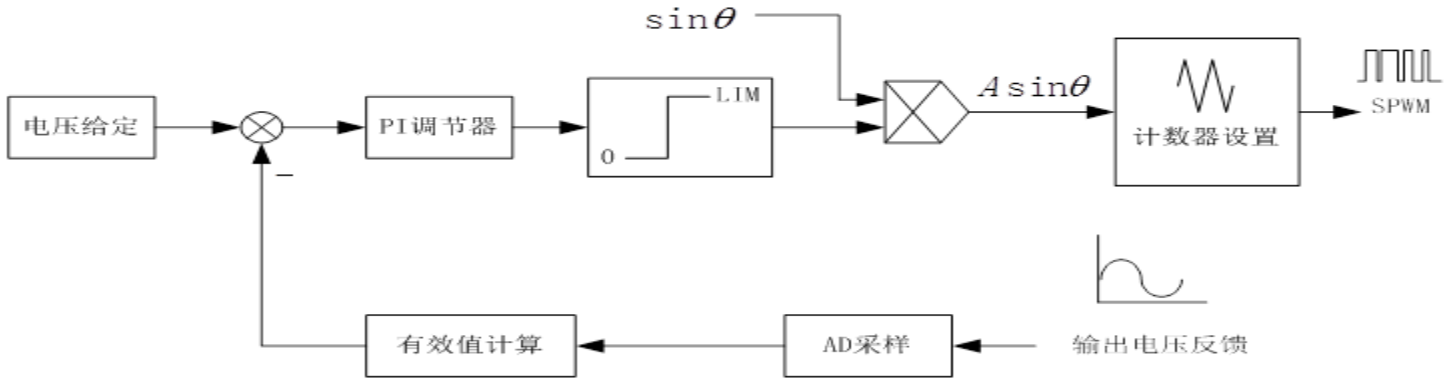
在不增加控制负担和开关损耗的情况下，提高桥臂输出脉冲频率，从而减小滤波参数，降低硬件成本，提高波形品质。





©2003-2016 Shanghai Getsoon Electronic INC. All Right Reserved

数码发电机逆变器输出电压控制



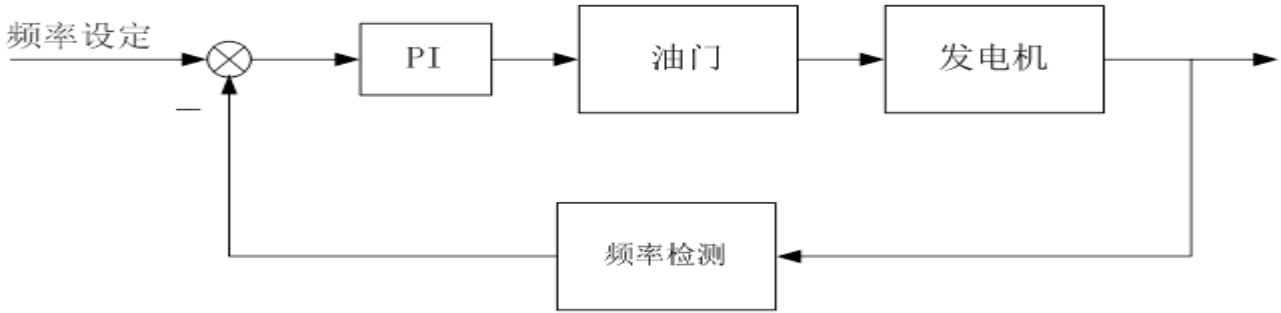
AD采样后，计算有效值电压，与给定电压比较，经PI调节器控制占空比，从而调节输出电压。

©2003-2016 Shanghai Getsoon Electronic INC. All Right Reserved

数码发电机油门控制

油门控制的主要是希望能够在系统的动态工作过程实现对发动机输出功率的有效控制同时实现DC电压的有效控制。油门控制通过步进电机实现。

MCU通过计算系统的输出功率和发电机转速，依据发电机转速与功率的特性曲线，确定步进电机的控制输出。油门控制采用两相四线的步进电机。RX62T生成PWM控制信号，经推挽式驱动控制电机转动。



©2003-2016 Shanghai Getsoon Electronic INC. All Right Reserved

数码发电机逆变器参数

- 输入

  三相交流发电机输出

  电压：三相AC 线电压320-464(MAX)

  频率：295（min）-555Hz(max)

- 输出

  额定电压：单相~ 220V

  电压稳态波动：+6%-0%（空载） ±3%（额定负载）

  额定输出功率：3000VA

  频率：50Hz ±1%

  电压调整率：小于5%

  电压最大偏差：±4%

  额定电流：13.6A（有效值）

  失真度THD：2.5%（额定电阻负载）

©2003-2016 Shanghai Getsoon Electronic INC. All Right Reserved

数码发电机逆变器DEMO板

➢ 全桥逆变

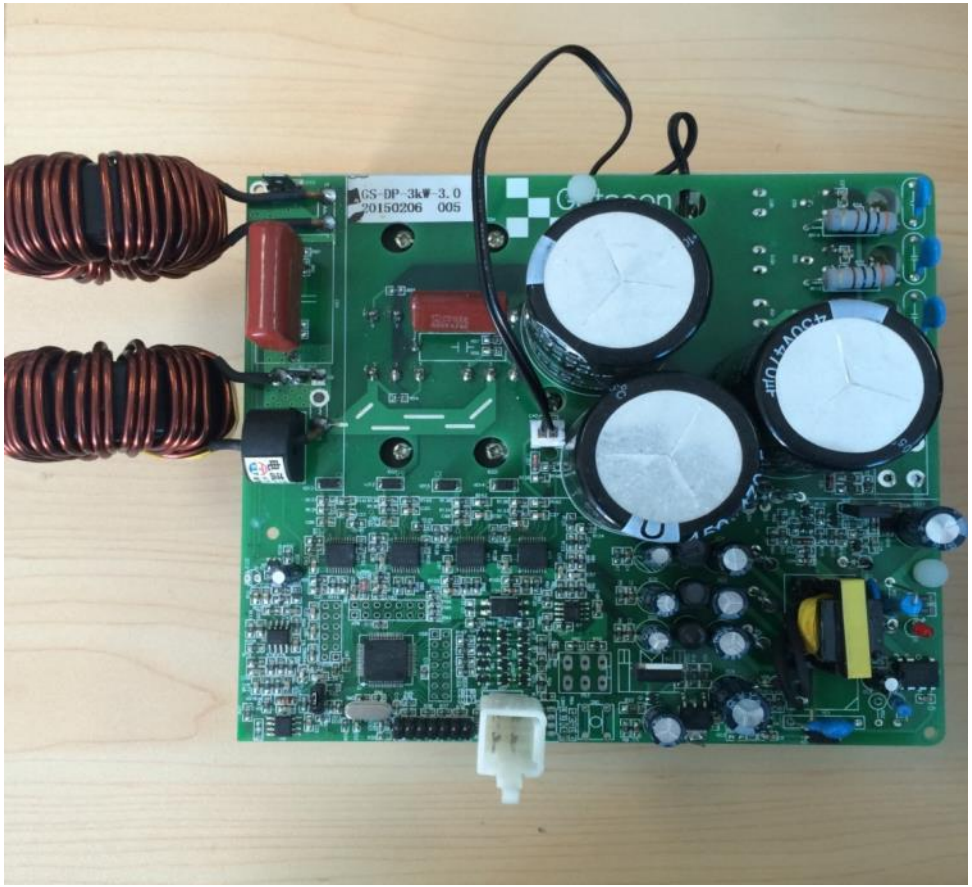
IGBT：RJH60D6

- 抗短路时间5us
- 低导通电压Vce

  $V_{ce(sat)}$=1.6V typ
- 内置快恢复二极管（典型值100ns）
- 高速开关

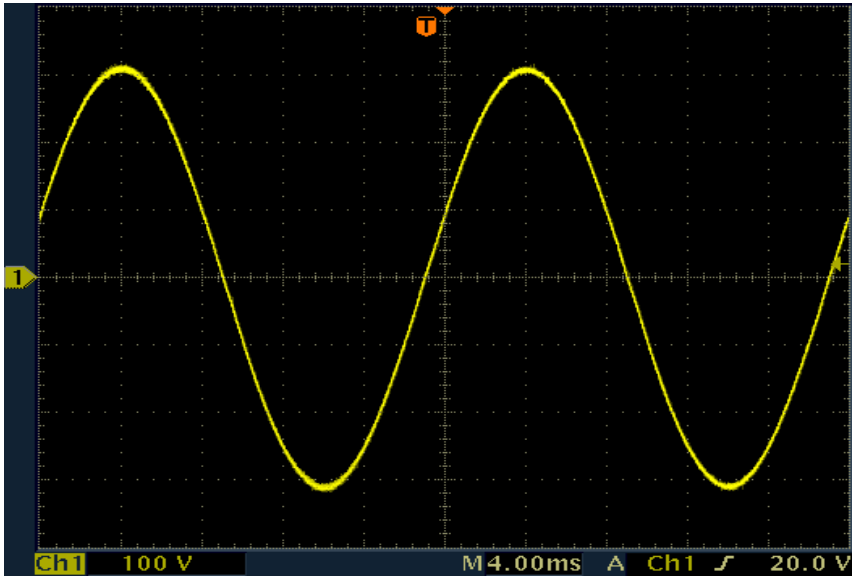
➢ 检测控制

MCU：RX62T

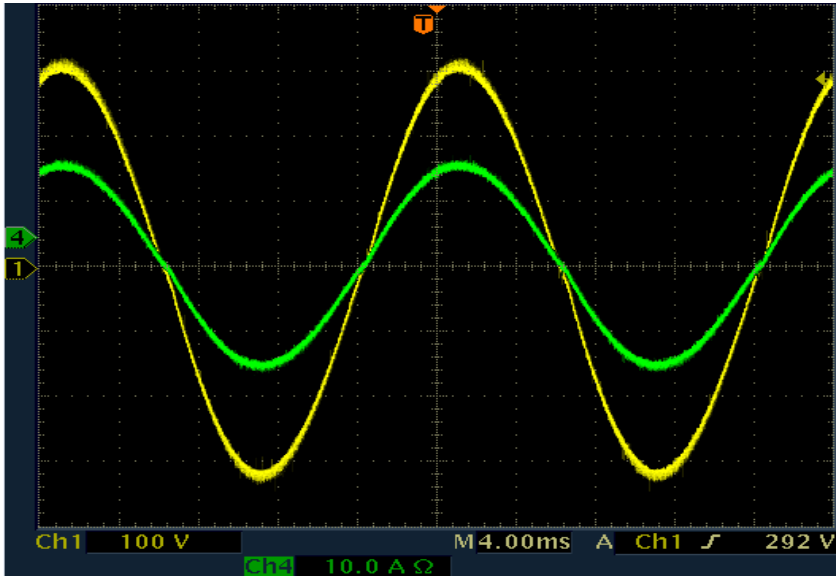


©2003-2016 Shanghai Getsoon Electronic INC. All Right Reserved

数码发电机逆变器DEMO板输出



空载输出电压



带载输出电压和电流

©2003-2016 Shanghai Getsoon Electronic INC. All Right Reserved

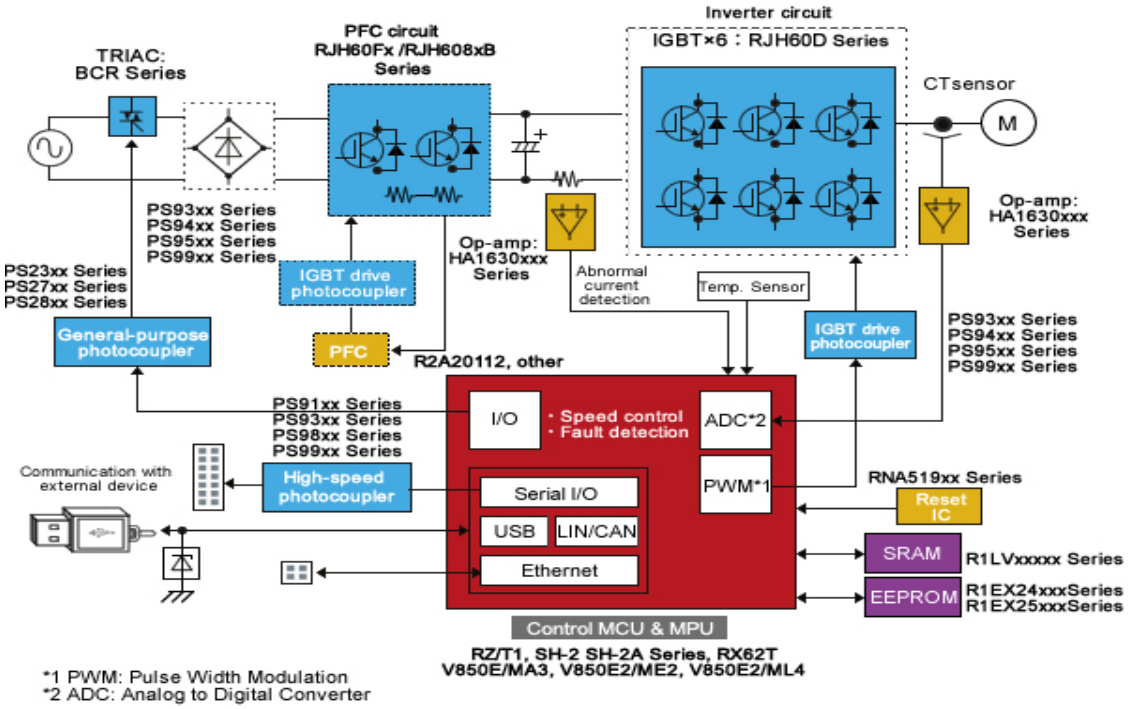
数码发电机逆变器参考设计总结

- 数码发电机采用中频发电机，大大减小的设备体积和重量。
- 逆变控制器将中频电压逆变输出为稳定的220V/50Hz/交流电。输出波形品质更高，特性更好。
- 油门控制根据负载调节，节约燃油。
- PWM控制，效率更高。
- 瑞萨电子的32位处理器，功能强，速度快，十分适合逆变类产品应用。

©2003-2016 Shanghai Getsoon Electronic INC. All Right Reserved

瑞萨电子器件全面支持功率应用

- 高性能处理器
- 低损耗的IGBT
- 高速MOSFET
- 设计简便，可靠性高的IPM
- 专为逆变控制设计的运放
- IGBT的光耦隔离驱动器



Step Up Components

•For I/O expansion

I/O expander	R2A20150	8-bit I/O expansion, IIC control
D/A converter	R2A20169, other	12 ch D/A converter, 3-wire
	R2A20158, other	8 ch D/A converter, IIC control
Logic IC	HD74LV Series, other	Standard logic

•For power cut detection, toggling DC power, etc.

MOSFET	RJK1028DNS	
	RJK4007DPP-MO	Vds:400V, Id: 7.6A

©2003-2016 Shanghai Getsoon Electronic INC. All Right Reserved

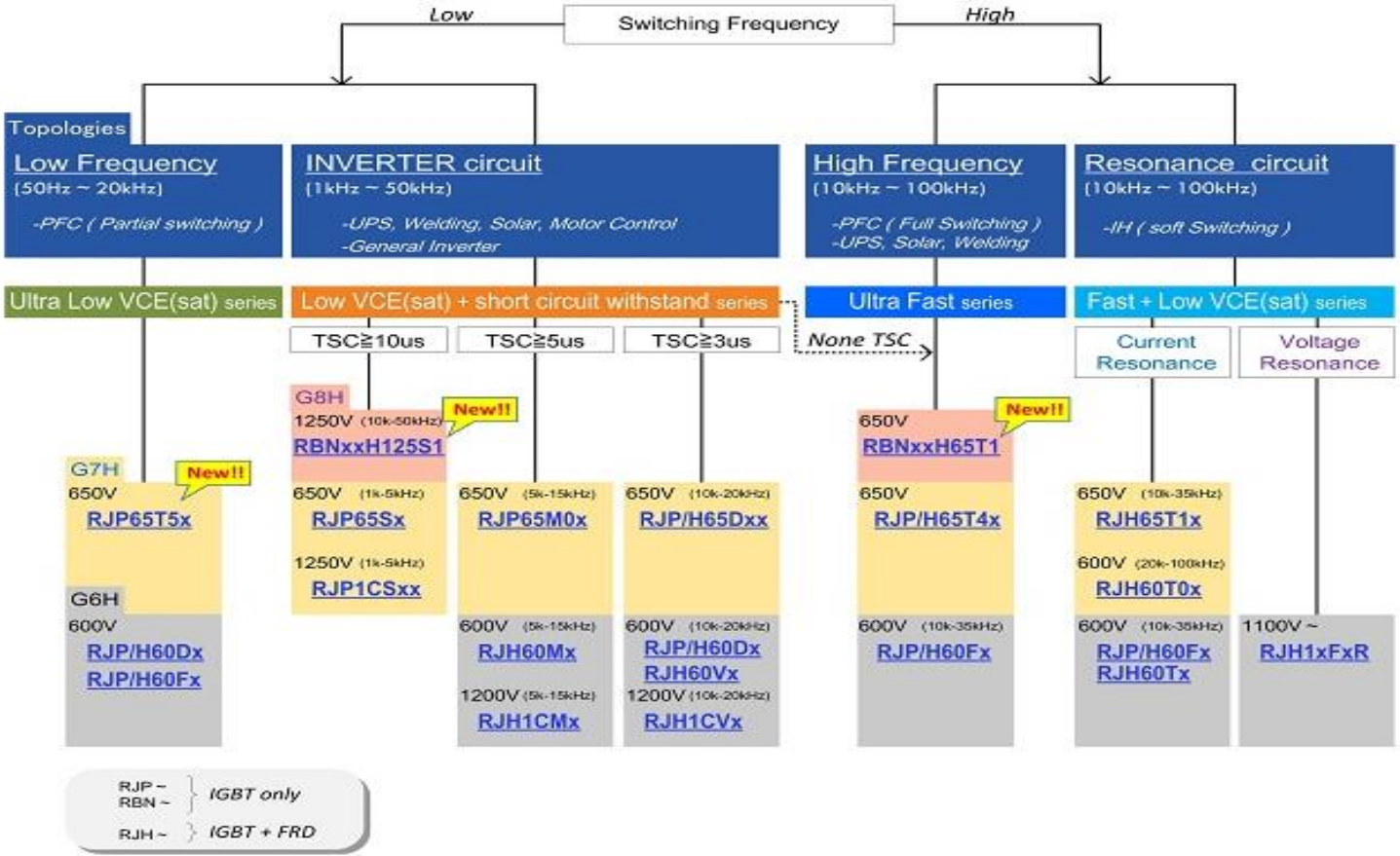
RX600系列特点

瑞萨电子的32位处理器RX62T非常适合电力电子应用。

- 集成的多通道带采样和保持电路的AD能同时采样
- 丰富的AD启动触发方式满足各种应用需求
- MTU和GPT提供多种多样的PWM输出
- 丰富多样的中断触发源是软件控制更灵活
- 内置比较器和POE模块方便实现可靠的保护

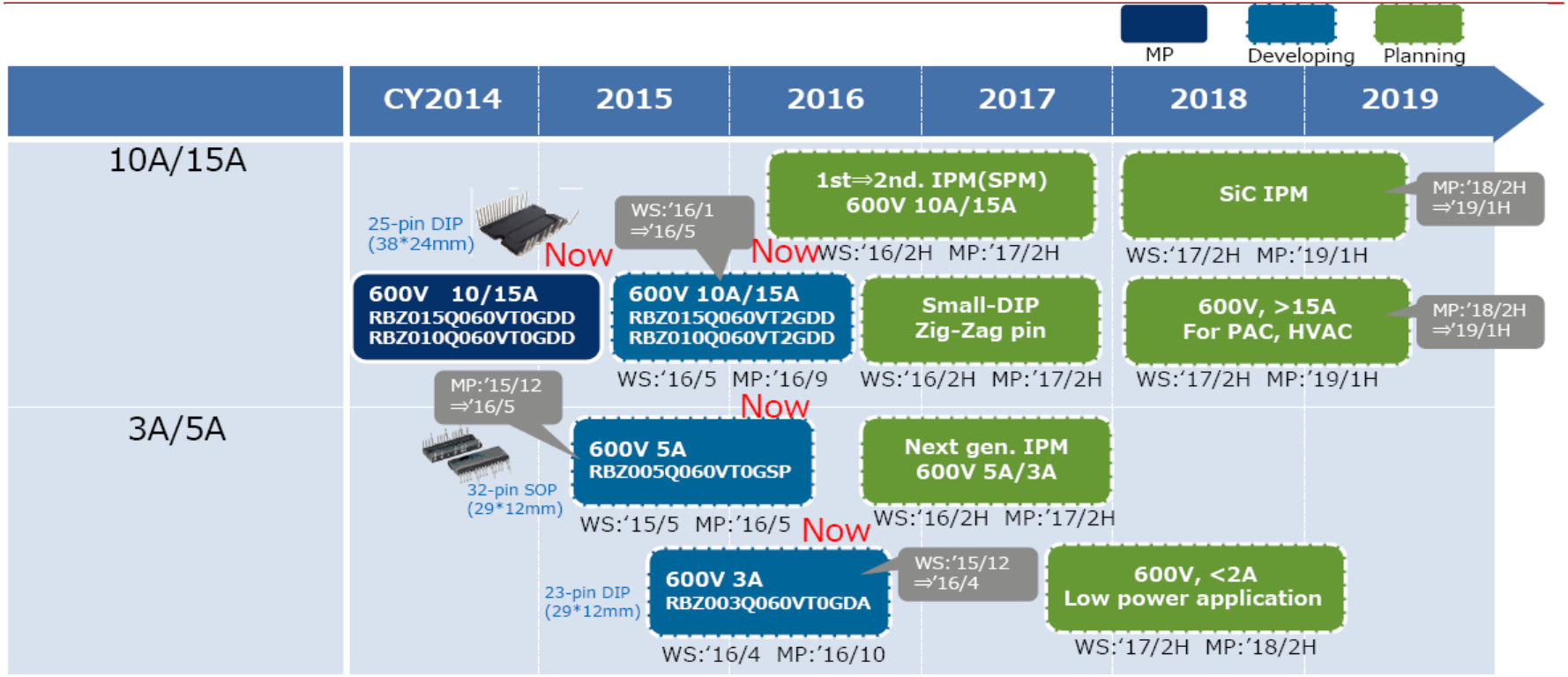
©2003-2016 Shanghai Getsoon Electronic INC. All Right Reserved

瑞萨电子的IGBT



©2003-2016 Shanghai Getsoon Electronic INC. All Right Reserved

瑞萨电子的IPM



- 结温监测
- MCU+集成工具+IPM

©2003-2016 Shanghai Getsoon Electronic INC. All Right Reserved

瑞萨电子的OPA

瑞萨电子为逆变电源和电机控制应用提供高性能的运放。

Type	Power Supply	Input Offset	Slew Rate	Output Current	Rail to Rail	Part No.		
	V_{DD} (V)	Vio max. (mV)	SR typ. (V/us)	Is typ. (mA)		Ch		
						Single	Dual	Quad
Standard	1.8 to 5.5	4	0.125	0.01	Output	HA1630S01CM/LP	HA1630D01MM/T	HA1630Q01T
			0.5	0.05	Output	HA1630S02CM/LP	HA1630D02MM/T	HA1630Q02T
			1.0	0.1	Output	HA1630S03CM/LP	HA1630D03MM/T	HA1630Q03T
Hi-Slew Rate	1.8 to 5.5	4	2.0	0.2	Output	HA1630S04CM/LP	HA1630D04MM/T	HA1630Q04T
			4.0	0.4	Output	HA1630S05CM/LP	HA1630D05MM/T	HA1630Q05T
			8.0	0.8	Output	HA1630S06CM/LP	HA1630D06MM/T	HA1630Q06T
Hi-Current	2.7 to 5.5	6	1.0	15	Output	HA1630S07CM/LP	HA1630D07MM/T	-
			1.5	30	Output	HA1630S08CM/LP	HA1630D08MM/T	-
Low Power (Under Develop)	1.8 to 5.5	5 Typ.2mV	0.5	1	Input & Output	READxxx (CMPAK5)	For Consumer READ2301GSP/GSN	(Under planning)
						READxxx (CMPAK5)	For Automotive READ2351JSP/JSN	(Under planning)
Hi-Slew Rate (Under Develop)	2.5 to 5.5	5 Typ.2mV	8.0	10	Input & Output	READxxx (CMPAK5)	For Consumer READ2302GSP/GSN	(Under planning)
						READxxx (CMPAK5)	For Automotive READ2352JSP/JSN	(Under planning)

©2003-2016 Shanghai Getsoon Electronic INC. All Right Reserved

谢谢!

Getsoon®
上海格州电子股份有限公司
地址: 上海市闸北区共和新路2993号和源企业广场706–710室　邮编: 200072
电话: +86(21)51001866　传真: +86(21)66302370　网址: www.getsoon.com