

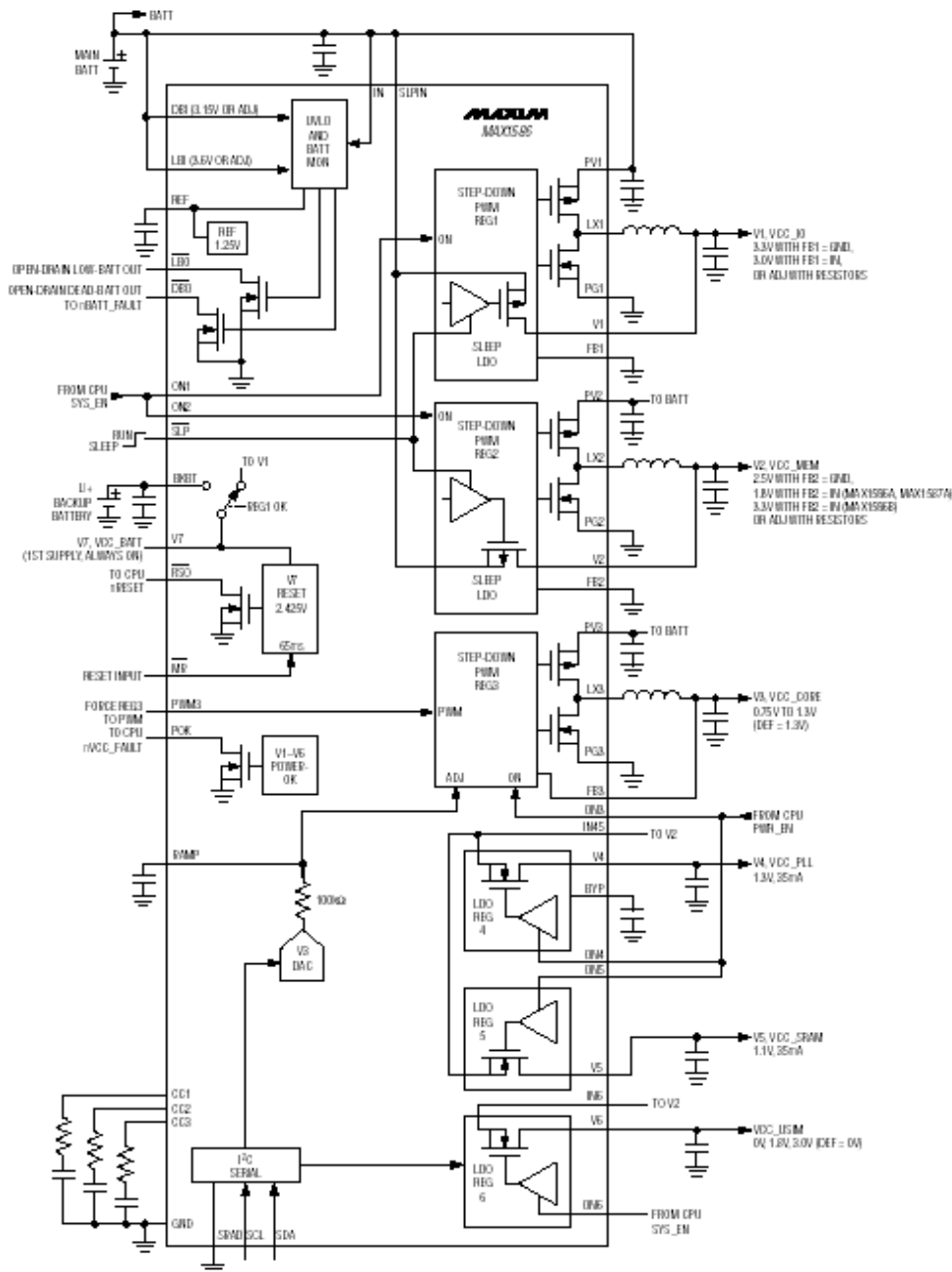
PDA/智能电话动态核的电源管理

前言

随着 PDA/智能电话体积的缩小和更长的电池使用时间的要求，电源管理成为达到这些设计目标的关键因素；电源管理控制器包含多组直流电源转换器、稳压器、电压检测器及控制接口，使用集成电源管理控制器可以节省控制器本身、外围元件占用的空间和成本，提高电源转换效率并适时地关闭或调整输出电压，进而达到更长的电池使用时间，利用集成电源控制器还可以简化设计，降低研发风险、缩短产品的上市时间，本文就电源管理控制器及其核电源输出电压响应时间及电压调整详加讨论。

图一所示为 MAX1586 集成电源管理控制器，其包含了：

- 三组直流电源转换器（PWM REG1、2、3）
- 三组稳压器(LDO REG4、5、6)
- 两组电压检测器
- 串行端口控制接口



图一、MAX1586 电源管理控制器

图一中第一组转换器（PWM REG1）主要用于外围接口供电，预设输出电压 3.3V、3.0V 或由分压电阻调节，最大输出电流 1.3A，可供给内部处理器、控制器外围接口或是 CF 适配卡、SD 适配卡等外围电路；

第二组转换器 (PWM REG2) 主要用于内存供电, 预设输出电压 2.5V、1.8V 或由分压电阻调节, 最大输出电流 0.9A; 这两组转换器内部各有一个并联的稳压器, 当输出负载很小时, 可以关闭 DC-DC 转换器, 改由稳压器输出, 以减少控制器的工作电流, 进而提高转换效率。

新一代中央处理器为求更省电, 核心电源采用动态电压调整, MAX1586 第三组电源转换器(PWM REG3) 用来供给 CPU 核电源, 其输出电压可通过串口控制, 输出范围可由 0.7V 调至 1.475V, 当 CPU 工作在不同模式时, 所需核心电压也不同, 例如在全速运行时需要 1.3V, 当进入省电模式时工作频率下降, 可能只需要 1.0V 的供电电压, 通过动态调整 CPU 的运行速度及核心电压, 进而达到更省电的要求。每次调整输出电压时, 输出电压转变时间由 RAMP 引脚外接电容决定, 选择适当的电容器以符合 CPU 对于核电压动态转换的要求。

二、中央处理器核电压转变时间的设定

当由串口控制调整输出电压时, 内部 DAC 输出电压也随之改变, DAC 输出通过 $100K\Omega$ 连接至 RAMP 引脚, 而 RAMP 引脚外接一个电容, 在 MAX1586 设计中第三组直流电源转换器(PWM REG3) 输出电压反馈点 FB3 的电压 V_{FB3} 和 RAMP 引脚电压 V_{RAMP} 成正比, 可得下式:

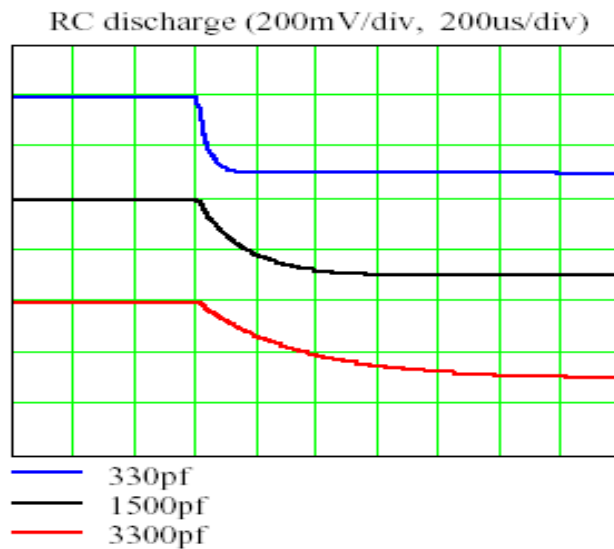
$$V_{FB3} = A * V_{RAMP} \quad \text{其中 } A = 1.28$$

因 DAC 输出电压改变, RAMP 引脚电压 V_{RAMP} 按照电阻、电容决定的充放电时间而变化:

$$V_{RAMP}(t) = V_{RAMP}(0) + \Delta V \left(1 - e^{-\frac{t}{100K\Omega \cdot C_{RAMP}}} \right)$$

其中 C_{RAMP} 为 RAMP 引脚外接电容的容量, ΔV 为电压变化量;

以 1.3V 切换至 1.0V, $C_{RAMP} = 330pF$ 、 $1500pF$ 、 $3300pF$ 为例, 可以得到图二所示结果:



图二、1.3V 至 1.0V 输出电压转变时间

利用一个简单的近似方法可以快速得到转变时间: 2.2 倍时间常数约等于输出电压从 10% 变化至 90% 所需时间, 以 $C_{RAMP} = 1500pF$ 为例,

$$\text{时间常数 } \tau = 100K\Omega * C_{RAMP} = 150\mu S$$

因而得到输出电压转变所需时间约为 330 μS , 如输出电压从 1.0V 变化至 1.3V, 也就是输出电压变化斜率为 $1mV / \mu S$ 。

三、调高中央处理器核电压

当 CPU 工作频率愈高, 所需核电压也愈高, 当所需最高电压高于原来的最大值 1.475V 时, 简单地修改外围电路就可将输出电压调至所需电压, 下面给出了两种调整方式: 调高比例及调高电压方式。

(一) 调高比例

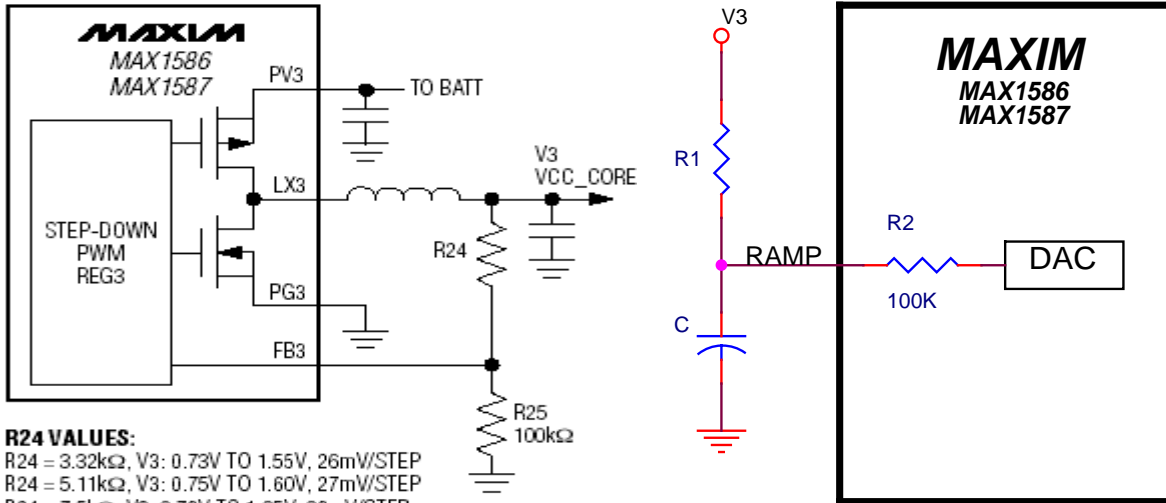
图三(a)、(b) 为两种调高比例方式, 分别在反馈点或 RAMP 引脚加入输出反馈电压, 以达到调高电压的目地。在图三(a)中, 使用两个分压电阻在输出端及反馈点 FB3, 可按照固定比例调高电压, 输出电压 V_3 和分压电阻 R_{24} 、 R_{25} 及 RAMP 引脚电压 V_{RAMP} 对应关系式如下:

$$V_3 = V_{FB3} * \frac{R24 + R25 // R_{FB3}}{R25 // R_{FB3}} = AV_{RAMP} * \frac{R24 + R25 // R_{FB3}}{R25 // R_{FB3}}$$

以 $R_{24} = 3.32K\Omega$, $R_{25} = 100K\Omega$, $R_{FB3} = 185.5K\Omega$ 为例,

$$V_3 = 1.05V_{FB3} = 1.05 * 1.28V_{RAMP} = 1.344V_{RAMP}$$

最高电压由 1.475V 变为 1.55V, 原本 25mV 的级差变为 26mV, 而输出电压转变时间维持不变。



图三 (a)、比例调整方法一

图三(b)、比例调整方法二

在图三(b)中, 使用电阻 R_1 连接 RAMP 引脚及输出 V_3 , 可按照固定比例调高电压。

$$V_{RAMP} = \frac{R_2 * V_3 + R_1 * V_{DAC}}{R_1 + R_2}, \text{ 其中 } V_{DAC} \text{ 为内部 DAC 输出电压}$$

以原本最高 1.475V 为例, $V_3 = 1.28 * V_{DAC}$

$$V_{DAC} = \frac{1.475V}{1.28} = 1.152V$$

若希望调高后电压为 1.55V, 则 V_{RAMP} 必须为:

$$V_{RAMP} = \frac{1.55V}{1.28} = 1.211V$$

可得 $R_1 = 575K\Omega$

由于电阻 R_1 的关系, RAMP 引脚电压 V_{RAMP} 的时间常数也随之改变:

在 RAMP 引脚可以得到

$$\frac{V_3(t) - V_{RAMP}(t)}{R_1} + \frac{V_{DAC}(t) - V_{RAMP}(t)}{R_2} = I_C(t) = C \frac{d}{dt} V_{RAMP}(t)$$

代入 $V_3(t) = AV_{RAMP}$

整理后可以得到:

$$\left[\frac{(A-1)}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right] * V_{RAMP}(t) + \frac{V_{DAC}(t)}{R_2} = C \frac{d}{dt} V_{RAMP}(t)$$

可以得到 $V_{RAMP}(t)$ 微分方程式:

$$\frac{d}{dt} V_{RAMP}(t) + \left[\frac{(1-A)}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right] * V_{RAMP}(t) = \frac{V_{DAC}(t)}{R_2}$$

而 $V_{RAMP}(0)$ 、 $V_{DAC}(0)$ 、 $V_{RAMP}(\infty)$ 为已知值，可以得到：

$$V_{RAMP}(t, \Delta V) = V_{RAMP0} + \Delta V * \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}} \right), \text{ 其中 } \tau = \frac{C}{\frac{(1-A)}{R_1} + \frac{1}{R_2}}$$

假设电压从 1.3V 变至 1.0V，

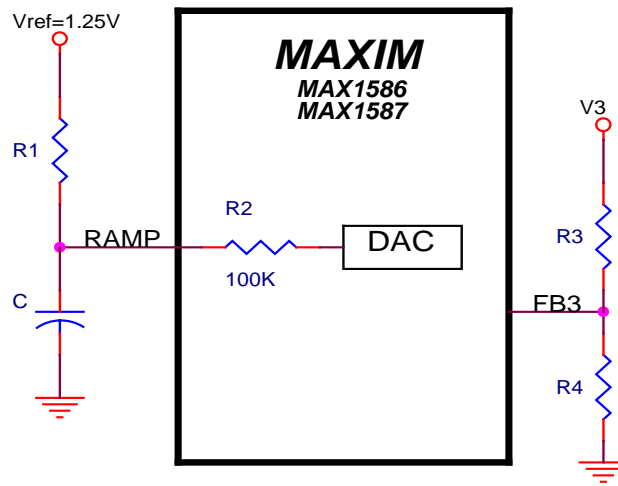
$$V_3(0) = 1.3V, V_3(\infty) = 1.0V$$

$$\text{得 } V_{RAMP}(0) = \frac{V_3(0)}{A} = \frac{1.3V}{1.28} = 1.016V, V_{RAMP}(\infty) = \frac{V_3(\infty)}{A} = \frac{1.0V}{1.28} = 0.781V$$

新的时间常数为： $\tau = 157\mu S$ ，而原时间常数 = $R_2 * C_{RAMP} = 150\mu S$ ，只有 $7\mu S$ 的变化，输出电压转变时间常数改变很小。

(二) 电压调整法

图四中，用电阻 R_1 连接 V_{RAMP} 与 1.25V 参考电压 V_{REF} ，两个分压电阻 R_3 、 R_4 连接在输出端和反馈点 FB3，可以调高输出电压， $V_3 = 1.28V_{RAMP} + \Delta V$ ， ΔV 为固定电压，分析如下：



图四、电压调整法

$$V_{RAMP} = \frac{R_1 * V_{DAC} + R_2 * V_{REF}}{R_1 + R_2}, \text{ 而 } V_{FB3} = A * V_{RAMP}, \text{ 可得}$$

$$V_3 = \frac{R_3 + R_4}{R_4} * V_{FB3} = \frac{R_3 + R_4}{R_4} * A * \frac{R_1 * V_{DAC} + R_2 * V_{REF}}{R_1 + R_2}$$

$$= \frac{R_3 + R_4}{R_4} * \frac{R_1}{R_1 + R_2} * A * V_{DAC} + \frac{R_3 + R_4}{R_4} * \frac{R_2}{R_1 + R_2} * A * V_{REF}$$

$$\text{可以设定 } \frac{R_3 + R_4}{R_4} * \frac{R_1}{R_1 + R_2} = 1 \text{ 及 } \frac{R_3 + R_4}{R_4} * \frac{R_2}{R_1 + R_2} * A * V_{REF} = \Delta V$$

$$\text{因而得到 } V_3 = AV_{RAMP} + \Delta V$$

$$\text{简化 } \frac{R_3 + R_4}{R_4} * \frac{R_1}{R_1 + R_2} = 1 \text{ 及 } \frac{R_3 + R_4}{R_4} * \frac{R_2}{R_1 + R_2} * A * V_{REF} = \Delta V \text{ 可以得到:}$$

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{AV_{REF}}{\Delta V} \text{ 及 } \frac{R_3}{R_4} = \frac{\Delta V}{AV_{REF}}$$

$$\text{代入 } A = 1.28, V_{REF} = 1.25V, \Delta V = 75mV \text{ 及 } R_2 = 100K\Omega$$

$$\text{得到 } R_1 = 2.133M\Omega$$

$$\text{假设 } R_4 = R_{FB3} // 100K\Omega, \text{ 其中 } R_{FB3} = 185.5K\Omega$$

可得:

$$R_4 = 185.5K\Omega // 100K\Omega = 64.97K\Omega$$

$$R_3 = R_4 \cdot \frac{\Delta V}{A \cdot V_{REF}} = 3.046K\Omega$$

假设 $R_1 = 2.133M\Omega$ ， $R_2 = 100K\Omega$ ， $R_3 = 3.046K\Omega$ ， $R_4 = 64.97K\Omega$ ，可以得到固定 $\Delta V = 75mV$ 的电压变化。

结论

MAX1586 电源控制器能够提供 PDA 或智能电话所需的大部份电源管理控制，本文对 CPU 核电压转变时间控制、调高输出电压的方式以及改变后 CPU 核电压转变时间的变化作了详细推导，利用简单的外围线路就可调高 CPU 核电压以达到 CPU 对于输出电压的要求，适合更高工作频率的 CPU，使得 MAX1586 在 PDA 或智能电话的应用上更有弹性。

本文发表于《EETimes China》2004 年，11 月。