

PWM 与 PFM

引言

DC/DC 开关稳压器通过高频开关动作实现电能转换与电压调节，其闭环控制依赖输出电压反馈机制。当输出电压波动时，负反馈环路自动调节开关器件状态，确保电压稳定。目前，PWM（Pulse Width Modulation，脉冲宽度调制）和 PFM（Pulse Frequency Modulation，脉冲频率调制）是 DC/DC 开关稳压器最常用的控制方式，二者在工作原理、性能特性上各有优势，本文介绍 PWM 与 PFM 这两种不同控制方式的差异。

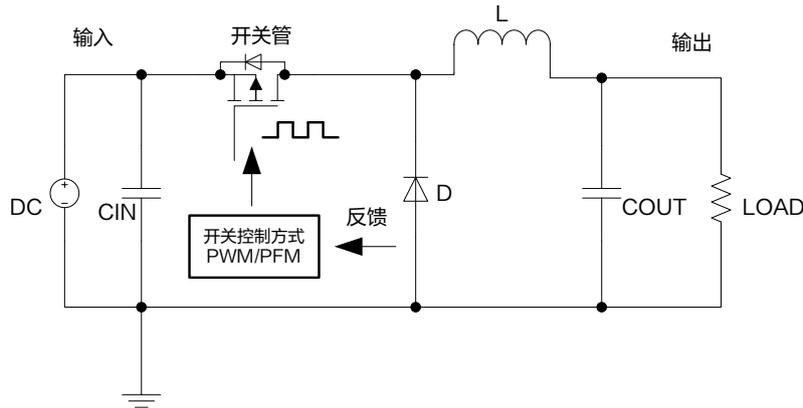


图 1. 开关稳压器反馈-控制环路示意图

PWM

PWM，脉冲宽度调制，频率固定，通过改变脉冲宽度，即占空比来调节输出电压；占空比指的是功率管导通的时间 T_{on} 与开关周期 T 的比值， $T_{on}(\text{开通时间}) + T_{off}(\text{关断时间}) = T(\text{开关周期})$ ，占空比 $D = T_{on} / T$ 。

在 PWM 控制方式下，功率管是持续性开关动作的，重负载时和轻负载时的开关次数都相同，在轻负载时开关损耗是主要损耗，效率相对较低。PWM 控制方式的开关频率固定，输出电压纹波频率固定，纹波相对较小，且电磁干扰频段也相对固定，便于通过电磁屏蔽和滤波等措施进行抑制。

PFM

PFM，脉冲频率调制，通过改变脉冲频率来调节输出电压。脉冲宽度固定，通常有固定功率管导通时间与固定功率管关断时间两种。

在 PFM 控制方式下，轻载时，可通过降低开关频率减少开关损耗，效率较高。PFM 控制方式的开关频率随输出电压变化，输出纹波频率也随之改变，纹波幅度在不同负载下变化较大，较难通过固定参数的滤波电路完全滤除，并且由于开关频率变化，电磁干扰频率分布较广，可能在较宽的频率范围内产生干扰，EMI 抑制相对复杂。

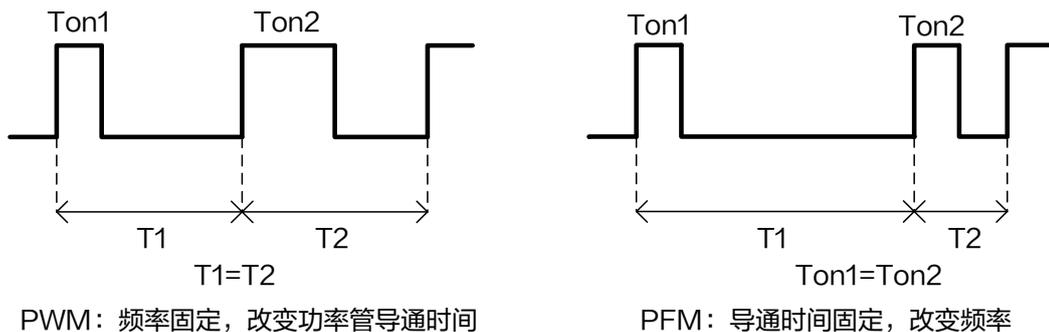


图 2. PWM 与 PFM 调制原理示意图

PWM 与 PFM 的差异

将 PWM 与 PFM 两种控制方式的差异归纳如下:

控制方式	振荡频率	轻负载效率	纹波电压	EMC 对策
PWM	固定	低	小	较简单
PFM	变化	高	大	较难

表 1.PWM 与 PFM 差异