

《匠人手记》之十三

解读 TL494 制作的降压电路

作者：程序匠人

出处：《匠人的百宝箱》

1. 前言

TL494 是一种固定频率脉宽调制电路，它包含了开关电源控制所需的全部功能，广泛应用于单端正激双管式、半桥式、全桥式开关电源。本文试着对该芯片及其构建的降压电路进行一些浅薄的解读。

由于匠人在此方面知识的匮乏。所以本文中难免发生一些如 概念不清、张冠李戴、东拼西凑、胡说八道 等不良情况。请“大方”们不要“贻笑”。毕竟匠人写的是手记，而不是教材。应该允许犯点错误吧，呵呵！

本文的正式发布版本为 PDF 格式，欢迎转载。匠人唯一的要求是，转载者不可对文件中的任何内容（包括作者和出处信息）进行修改。转载者有义务保证此文档的完整性。

2. TL494 芯片主要特征

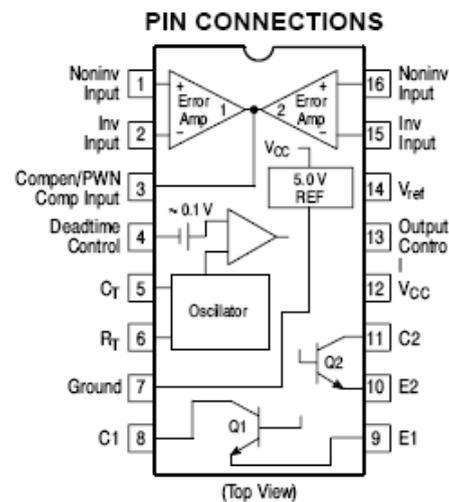
- 集成了全部的脉宽调制电路。
- 片内置线性锯齿波振荡器，外置振荡元件仅两个（一个电阻和一个电容）。
- 内置误差放大器。
- 内置5V 参考基准电压源。
- 可调整死区时间。
- 内置功率晶体管可提供500mA 的驱动能力。
- 推或拉两种输出方式。

3. TL494 工作原理简述

TL494 是一个固定频率的脉冲宽度调制电路，内置了线性锯齿波振荡器，振荡频率可通过外部的一个电阻和一个电容进行调节，其振荡频率计算公式为：

$$f_{osc} \approx \frac{1.1}{R_T \cdot C_T}$$

输出脉冲的宽度是通过电容 C_T 上的正极性锯齿波电压与另外两个控制信号进行比较来实现。功率输出管 Q1 和 Q2 受控于或非门。当双稳触发器的时钟信号为低电平时才会被选通，即只有在锯齿波电压大于控制信号期间才会被选通。当控制信号增大，输出脉冲的宽度将减小。参见下图：



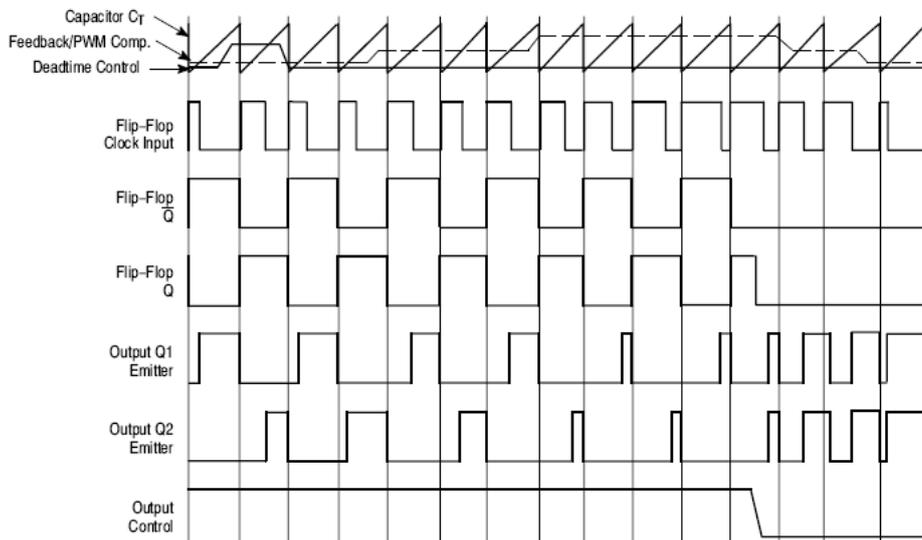
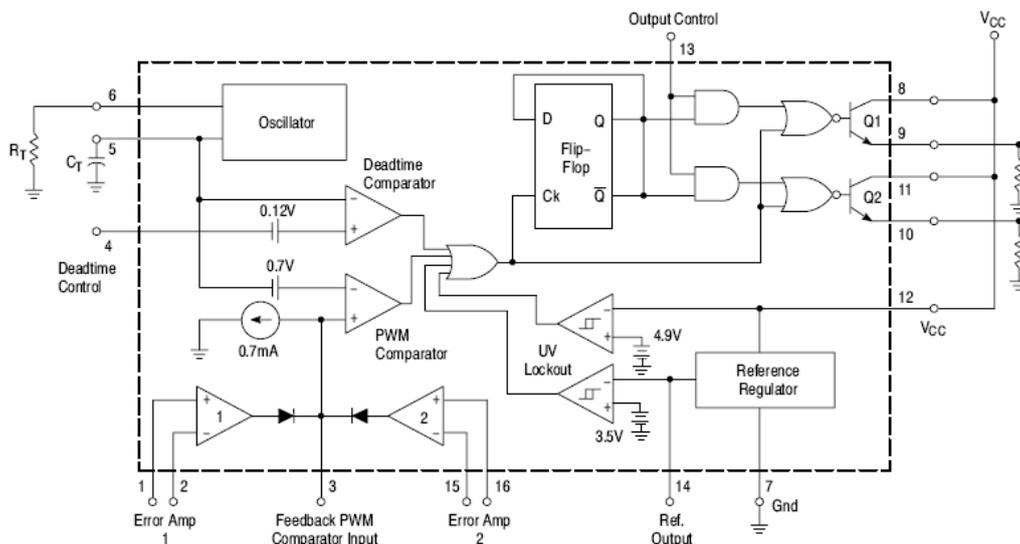


Figure 2. Timing Diagram

控制信号由集成电路外部输入，一路送至死区时间比较器，一路送往误差放大器的输入端。死区时间比较器具有 120mV 的输入补偿电压，它限制了最小输出死区时间约等于锯齿波周期的 4%，当输出端接地，最大输出占空比为 96%，而输出端接参考电平时，占空比为 48%。当把死区时间控制输入端接上固定的电压（范围在 0—3.3V 之间）即能在输出脉冲上产生附加的死区时间。



This device contains 46 active transistors.

Figure 1. Representative Block Diagram

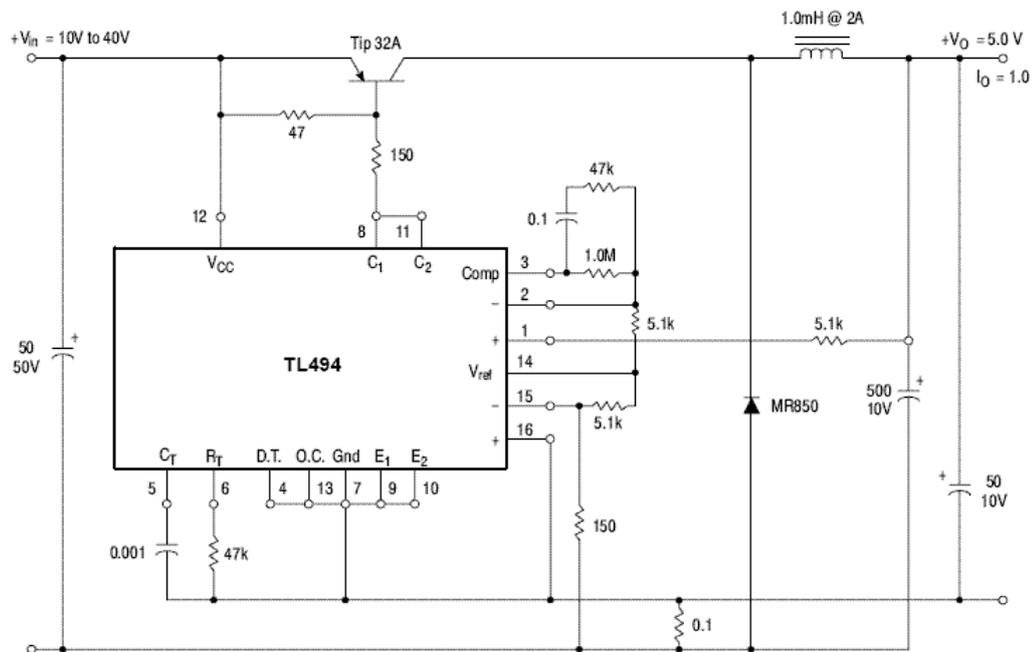
脉冲宽度调制比较器为误差放大器调节输出脉宽提供了一个手段：当反馈电压从 0.5V 变化到 3.5 时，输出的脉冲宽度从被死区确定的最大导通百分比时间中下降到零。两个误差放大器具有从 -0.3V 到 (Vcc-2.0) 的共模输入范围，这可能从电源的输出电压和电流察觉得到。误差放大器的输出端常处于高电平，它与脉冲宽度调制器的反相输入端进行“或”运算，正是这种电路结构，放大器只需最小的输出即可支配控制回路。

如果你的‘芯’是一座作坊，我愿做那不知疲倦的程序匠……

当比较器 CT 放电，一个正脉冲出现在死区比较器的输出端，受脉冲约束的双稳触发器进行计时，同时停止输出管 Q1 和 Q2 的工作。若输出控制端连接到参考电压源，那么调制脉冲交替输出至两个输出晶体管，输出频率等于脉冲振荡器的一半。如果工作于单端状态，且最大占空比小于 50% 时，输出驱动信号分别从晶体管 Q1 或 Q2 取得。输出变压器一个反馈绕组及二极管提供反馈电压。在单端工作模式下，当需要更高的驱动电流输出，亦可将 Q1 和 Q2 并联使用，这时，需将输出模式控制脚接地以关闭双稳触发器。这种状态下，输出的脉冲频率将等于振荡器的频率。

TL494 内置一个 5.0V 的基准电压源，使用外置偏置电路时，可提供高达 10mA 的负载电流，在典型的 0—70°C 温度范围 50mV 温漂条件下，该基准电压源能提供 ±5% 的精确度。

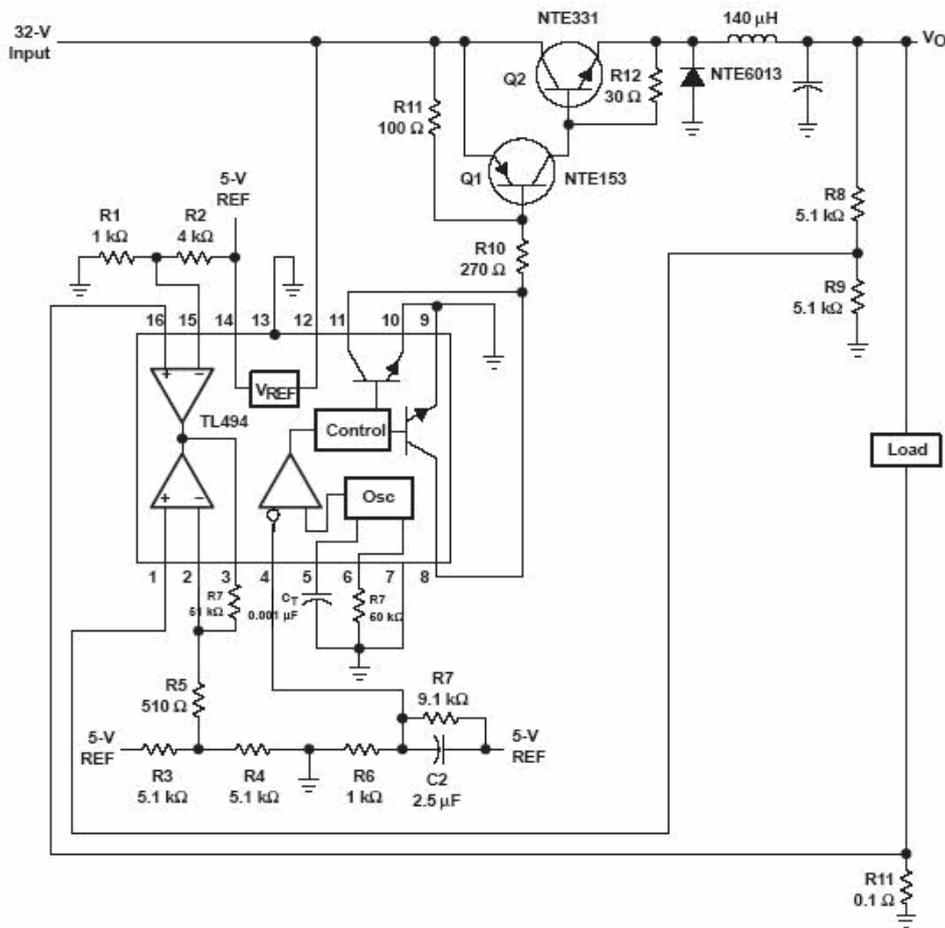
4. 解读标准 BUCK（降压）电路图



- 电压反馈控制（稳压调节）：
 - 1 脚为电压反馈输入端，该脚通过一个 5.1K 电阻直接接到输出端。
 - 2 脚也是通过 5.1k 电阻接到 VREF 端（5v）
 - 输出电压=参考电压=5V
- 电流反馈控制（限流保护）：
 - 输出负段到地之间接了一个 0.1 欧姆的电流采样电阻，该电阻电压被接入到 16 脚
 - 15 脚电压=5V*150/（150+5100）= 0.143V
 - 限流电流=0.143/0.1=1.43A。当负载电流>=1.43A 时，输出保护。
- 3 脚所接的 0.1u 电容及 45K、1.0M 电阻是斜率补偿（为了增加电路的稳定性）。
- 输出控制
 - 13 脚为输出（方式）控制端。该脚接地时为单端连接输出方式。
 - 所以图中将 8 脚和 11 脚并联输出。
- 参数

Test	Conditions	Results
Line Regulation	$V_{in} = 8.0\text{ V to }40\text{ V}$	3.0 mV 0.01%
Load Regulation	$V_{in} = 12.6\text{ V}, I_O = 0.2\text{ mA to }200\text{ mA}$	5.0 mV 0.02%
Output Ripple	$V_{in} = 12.6\text{ V}, I_O = 200\text{ mA}$	40 mV pp P.A.R.D.
Short Circuit Current	$V_{in} = 12.6\text{ V}, R_L = 0.1\ \Omega$	250 mA
Efficiency	$V_{in} = 12.6\text{ V}, I_O = 200\text{ mA}$	72%

5. 一个来自网上的BUCK（降压）电路图



部分参数：

- $V_O = 5\text{ V}$
- $V_I = 32\text{ V}$
- $I_O = 10\text{ A}$
- $f_{OSC} = 20\text{-kHz switching frequency}$
- $V_R = 20\text{-mV peak-to-peak (VRIPPLE)}$
- $\Delta I_L = 1.5\text{-A inductor current change}$

6. 参考文章

您可以到《匠人的百宝箱》(<http://cxjr.21ic.org>) 搜索更多相关内容。

如果你的‘芯’是一座作坊，我愿做那不知疲倦的程序匠……