

同步整流技术在 DC/DC 中的应用

李龙文 上海飞兆科技公司

为了提高 DC/DC 划 AC/DC 这项变换器的效率,人们开发了很多技术,其中如各种软开关技术。有源箝位技术,新一代功率 MOSFET 技术(提高开关速度,降低导通电阻,减小栅驱动电容等)新一代肖特基二极管的技术。但对提高转换效率最有效的方法当属同步整流技术。它带来的效率的提升高达 8% 以上,是其他几种技术进步都无法比拟的。虽然也同时引入了噪声,但采取措施可以克服,因此它是今后 DC/DC 产品中必用而不可放掉的技术。

早期的同步整流技术大多用在 5V, 3.3V, 2.5V 及低压输出的场合,做法上以自偏置方式为主。此种方式在输出电压,高低两端都不理想。为此人们设计出各种专用的同步整流控制及驱动 IC 以及应 FLYBACK, FORWARD, 推挽, 半桥及全桥电路。它们控制的效果比自偏置好很多。同步整流的输出电压也从过去的 5V 以下输出扩展到 12V, 15V, 19V, 24V, 28V, 36V 输出,目前,硬开关的电路拓扑在用好同步整流技术时效率也能达到 90% 以

上,甚至达到 91%, 92%。

我们这里介绍两个系列的同步整流控制 IC 及其相关电路。一个系列为 A-POWERTEC 公司的 SD7558, SD7559, SD7560 分别适应 FLYBACK, FORWARD, 及对称的电路拓扑(推挽, 全桥, 半桥), 然后再介绍 ST 公司的 STSR2, STSR3, STSR4 它们也分别 FLYBACK, FORWARD 及对称电路拓扑(推挽, 全桥, 半桥)。

SD7558, SD7559 为输出互补的 MOSFET 驱动器, $V_{CC} > 6V$ 即启动工作,最高工作电压为 20V, 它还具有使能控制端子,可控制其输出的有无。两输出之间的延迟时间可以在 400ns 到 500ns 之间调试,调试方法简单,改变 5, 7 脚对地电阻即可。对模拟式同步整流具有极佳的控制效果。两输出驱动能力都足以供给 100W 输出的同步整流 MOSFET。驱动更多的 MOSFET 时则需加图腾柱以扩大驱动能力。

图 1 为 SD7558, SD7559 的功能框图及对外引线位置。

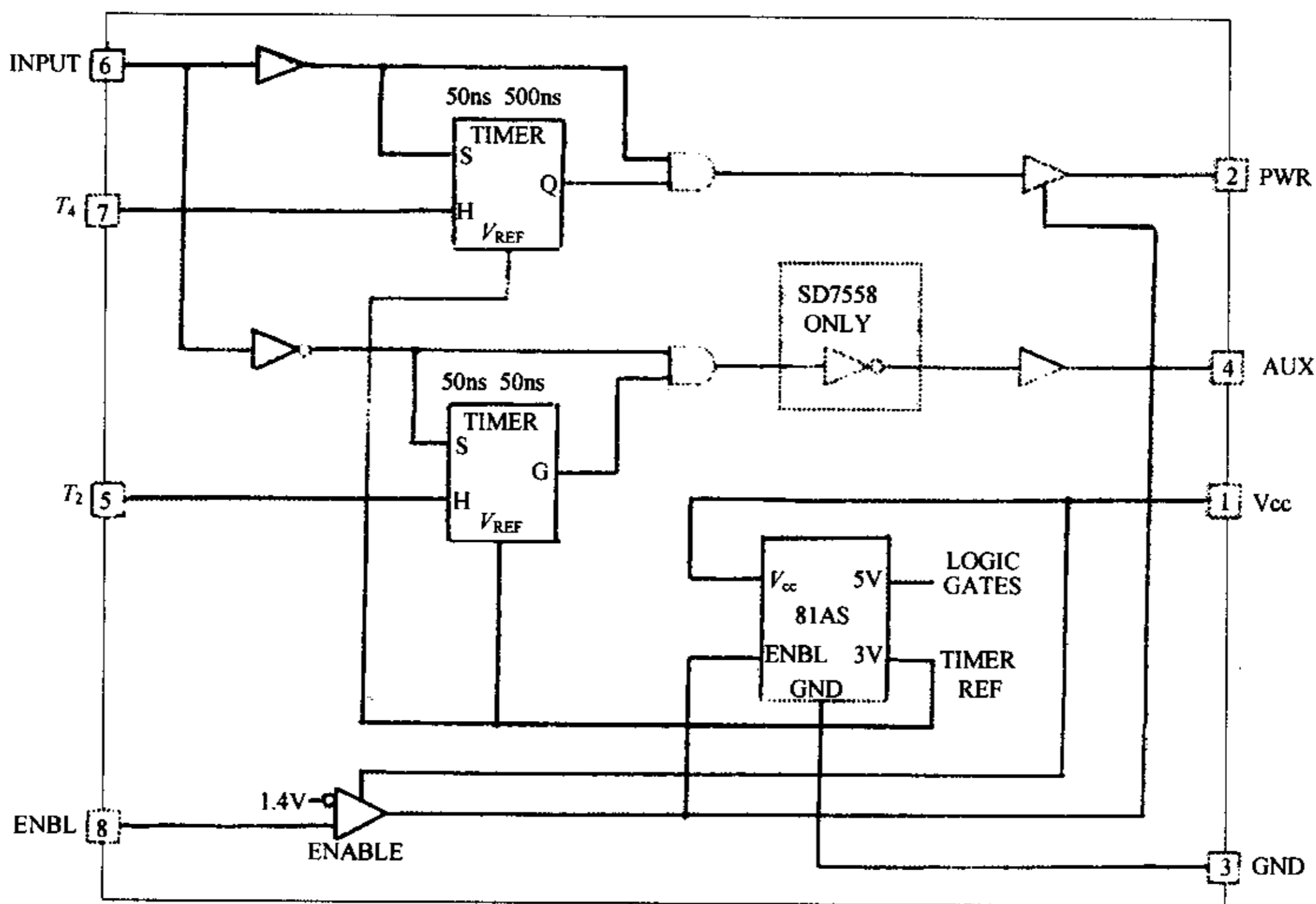


图 1 SD7558/SD7559 功能框图

图 2 为 SD7558 做 FLYBACK 的同步整流控制方式。

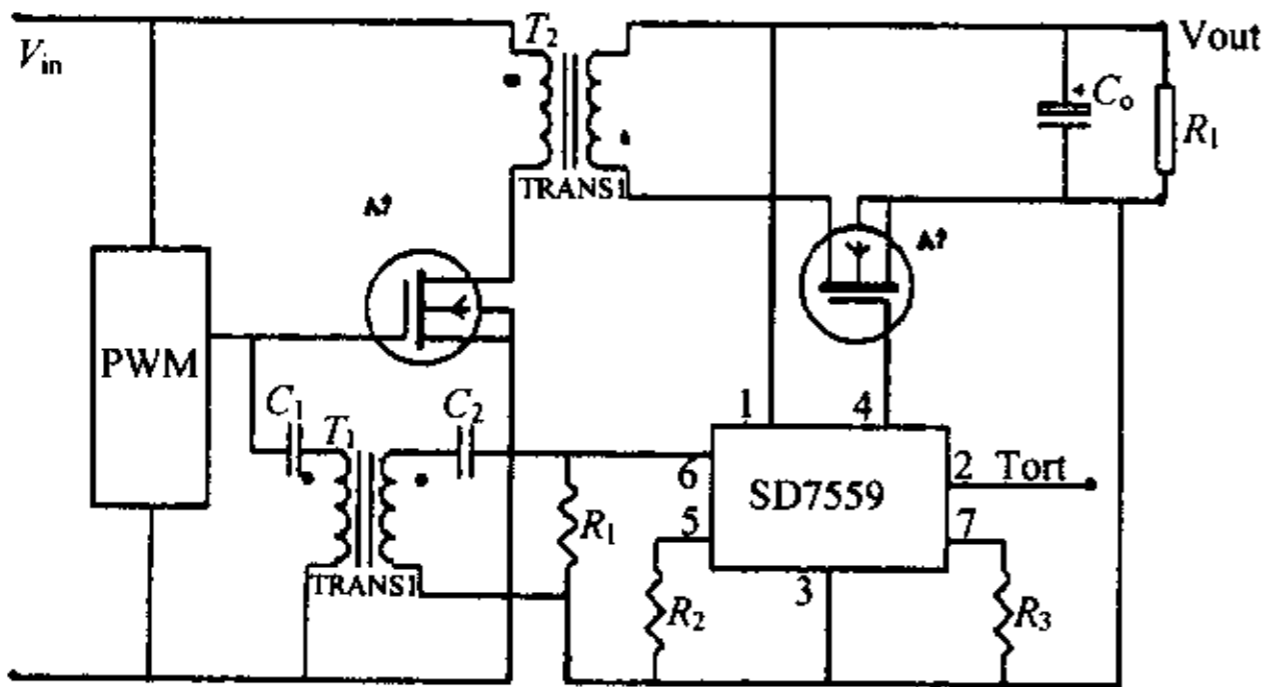


图 2 SD7558 Sync Rec Circuit

这种方案中 SD7558 放于 PWMIC 的初级侧,同步整流 MOSFET 放在通常放置肖特基二极管的位置这种方案,由于地线上没有 MOSFET 的开关作用,输出的噪声相比较会小些。驱动 MOSFET 的小变压器体积也不大。对 19V 输出的 DC/DC 可提高效率 5 个百分点以上。

图 3 为 SD7559 做 FLYBACK 的同步整流控制方式,SD7559 放在二次侧,同步整流 MOSFET 放在地线回路。SD7559 的供电由二次输出电压供给。这种方式在 FLYBACK 进入断续型工作时易于关断 SD7559 的使能端,此时由 MOSFET 的体二极管做整流。放在二次侧时由 PWMIC 输出经过一个小变压器驱动 SD7559,简单方便。

图 4 为 SD7559 做 FORWARD 的同步整流控制方式。SD7559 同样放在二次侧。其 2 脚输出驱动整流 MOSFET,4 脚输出驱动回流 MOSFET。根据整个系统工作频率及所选同步整流 MOSFET 的开关时间来调整 SD7559 两输出之间的延迟时间间隔。选择全适时,既不会发生两 MOSFET 的共导问题,也不会产生开关的尖峰噪声。效果十分明显。在输出 12V ~ 19V 的范围内可提高效

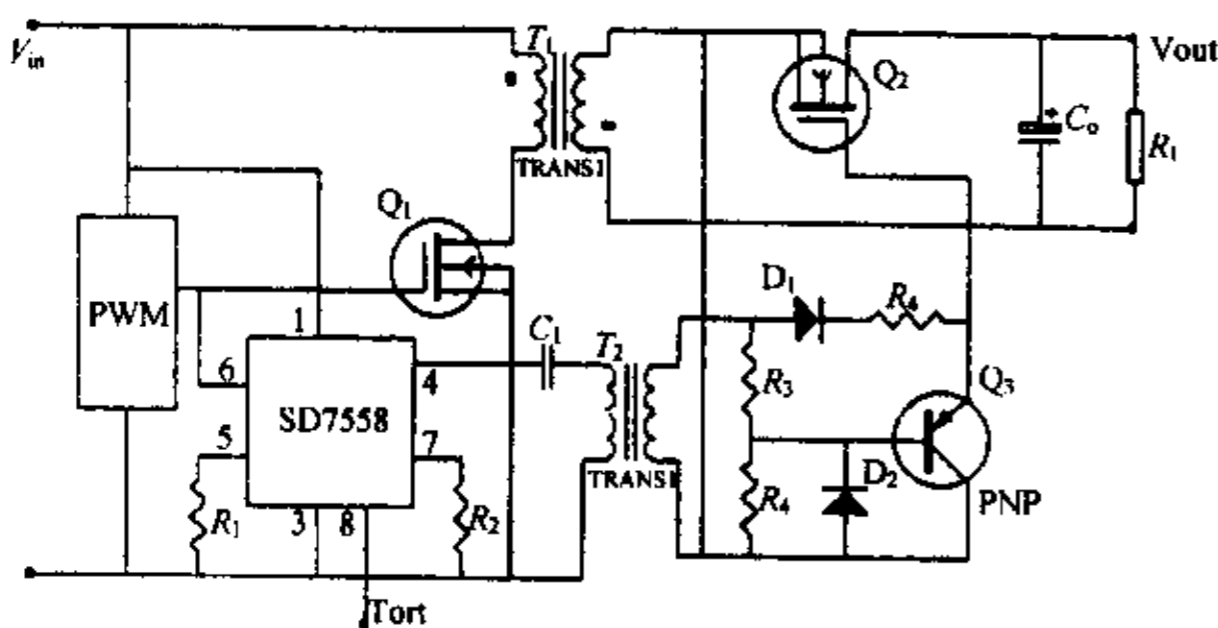


图 3 SD7558 Sync Rec Circuit

率约 6 个百分点。

图 5 为 SD7560 做对称式电路的同步整流驱动电路,SD7560 内部有一小型稳压器,相当于 78M12,以供给驱动部分一个稳定的电压,此小型稳压器可用可不用,不用时,可直接从 6 脚外接,此时电压应在 8 ~ 12V 之间为宜。SD7560 的方框电路如

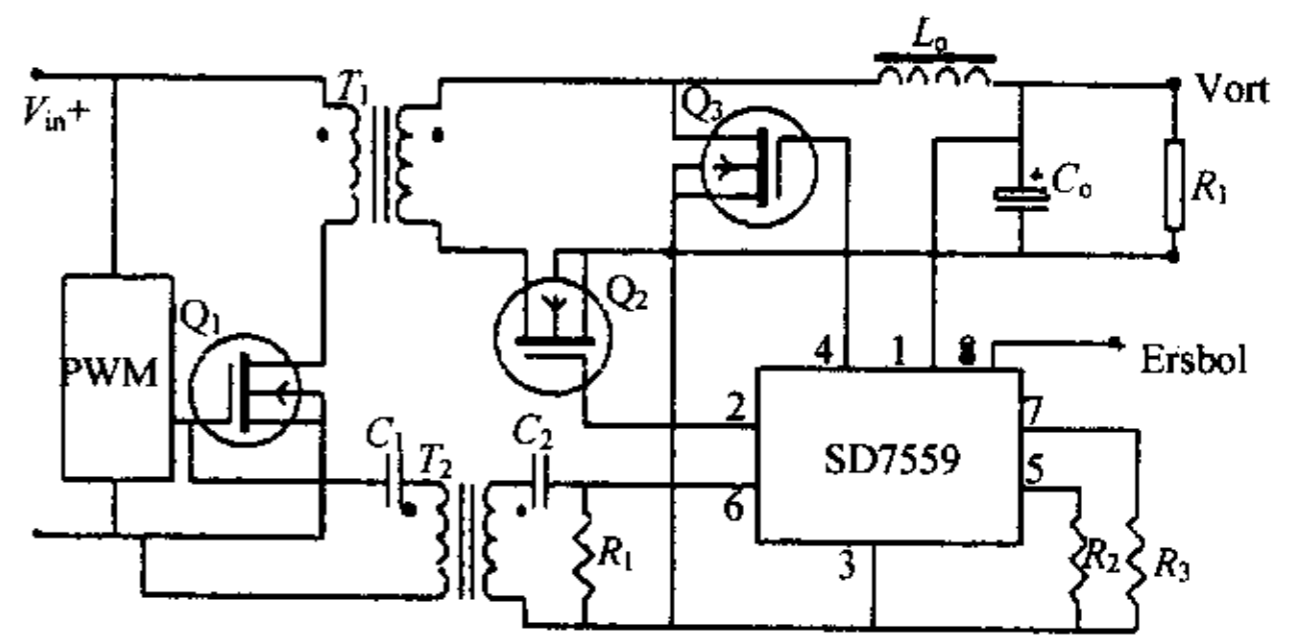


图 4 SD7559 Sync Rec Circuit

图 6 所示,对 SD7560 而言,它在回路里驱动两支同步整流 MOSFET 时,两 MOSFET 接成中心抽头式单电感滤波,接成无中心抽

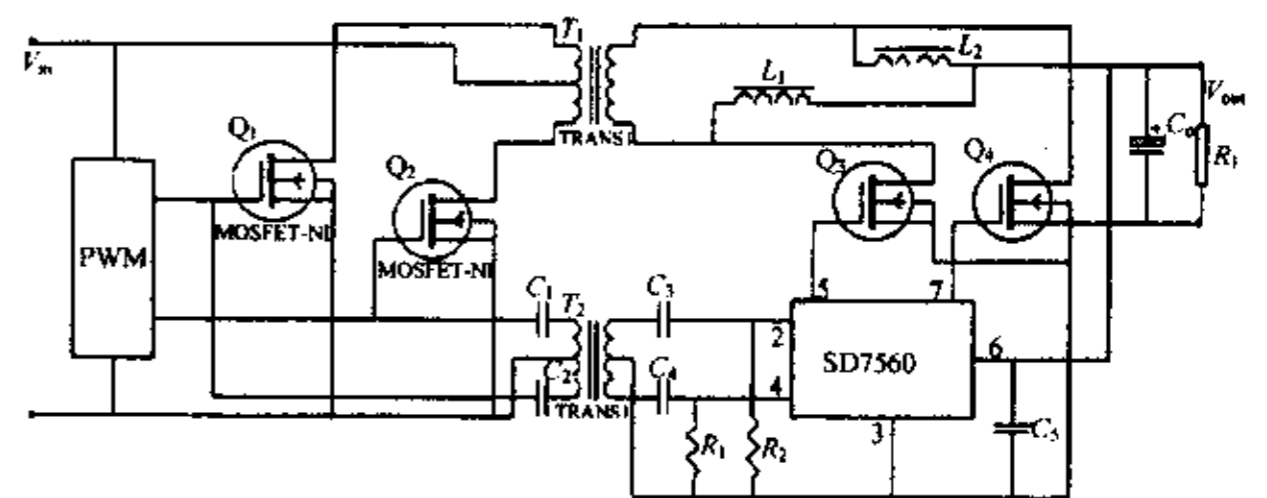


图 5 SD7560 Syn Rec Circuit

头式倍流整流用双电感滤波式也可以,总体效果是一样的。

ST 公司的三款同步整流控制及驱动 IC STSR2, STSR3, STSR4 的应用电路分别示于图 7(a)7(b),图 8(a)8(b)和图 9。该三款 IC 为新一代数字式控制模式,内部有自己的震荡器,并以此时间间隔控制同步整流 MOSFET 的开关间隔,然而它要可靠工作需和 MOSFET 密切配合好,否则工作就会出故障。此外其供电电压为 4.5 ~ 5.5V。适应范围小,要为其准备专用稳压源。

此外不用 IC 控制,也可以获得很好的效果。图 10 为某公司 200WDC/DC 硬开关全桥电路二次侧的同步整流电路。它在硬开关条件下就获得了 91.7% ~ 92% 的效率。输出电压可以是 2.5V, 3.3V 也可以是 12V, 15V, 或 28V。28V 输出时也获得了 91.2% 的效率。其方法为从全桥左腿及右腿的 MOSFET 栅驱动信号处取得驱动信号。用一小型变压器传输至二次侧。二次侧用 12 颗 SOT-23 的小型 NMOS 及 PMOS 组成四个同步整流 MOSFET 的驱动阵列。小 MOS 的工作电压即取自二次绕组独立整流滤波。小 MOSFET 的总功耗比控制 IC 还要小一些。

其他公司例如 IR 公司等也设计了不少同步整流控制 IC。图 11 为 IR1176 做正激同步整流控制。但有的太繁琐,引脚太多,成本太高,都不十分理想。当然时代在前进,技术在发展,今后还会出现更优秀的控制 IC,随着半导体技术的进步,完美晶格的半导体材料会制造出导通电阻更小,开关速度更快,驱动损耗更小的功率 MOSFET 或者其他电力电子器件,还会把我们的同步

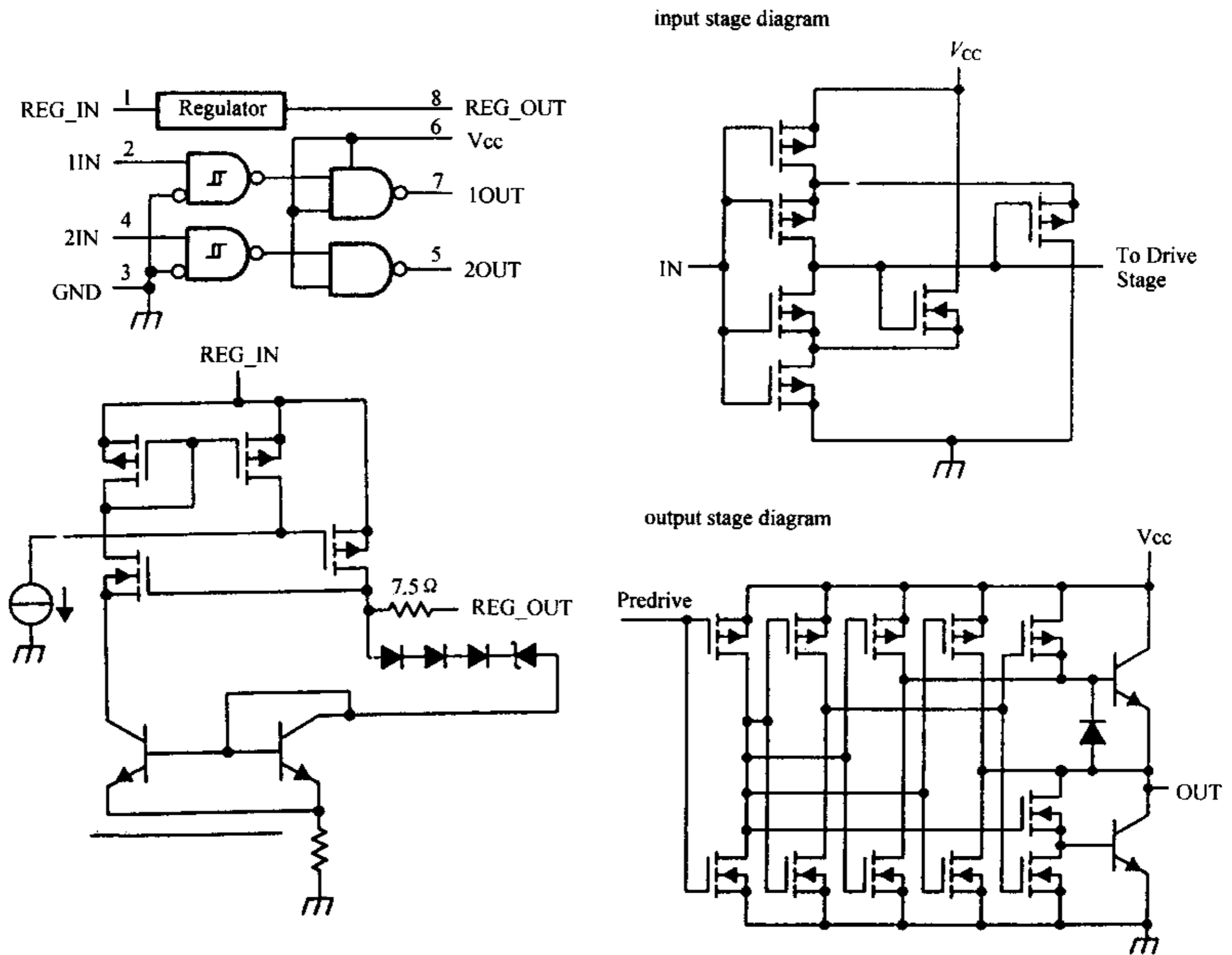
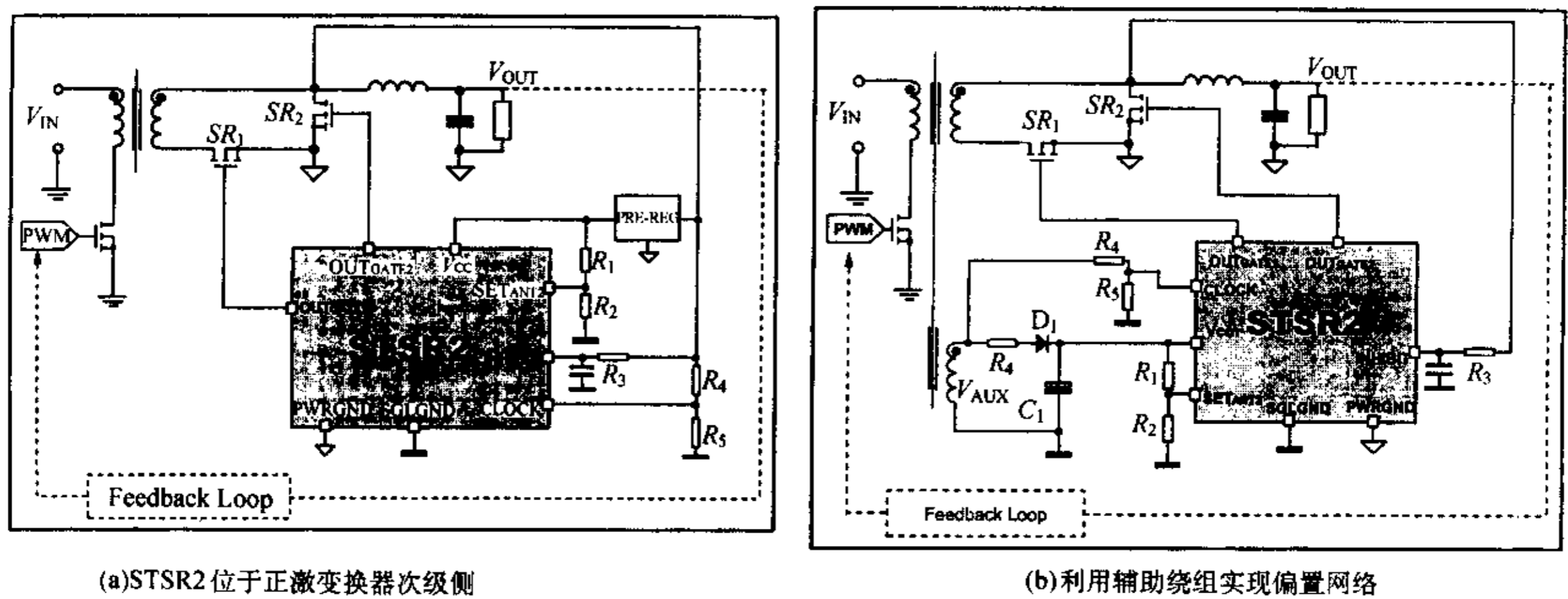


图 6 SD7560 功能框图



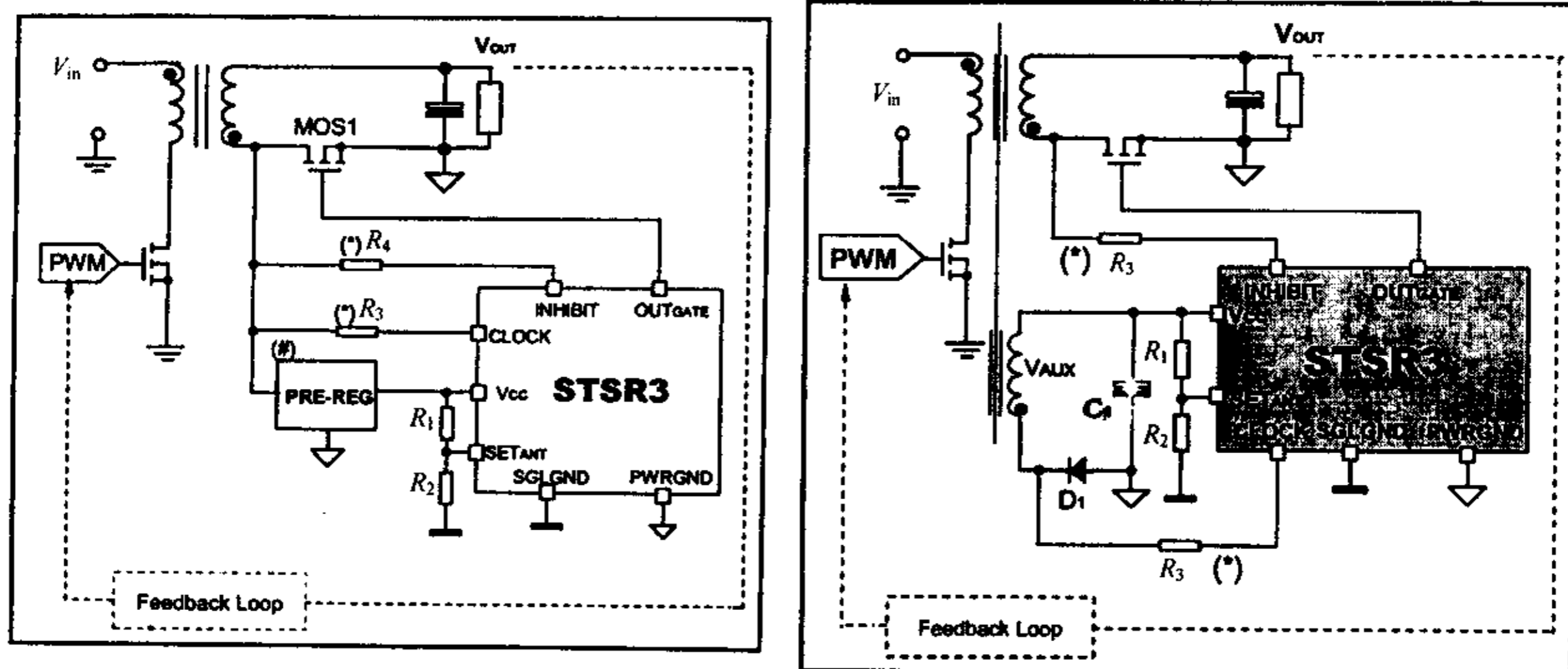
(a) STSR2 位于正激变换器次级侧

(b) 利用辅助绕组实现偏置网络

图 7

整流效果推到更优秀的水平。再好的肖特基二极管其压降也远远大于 MOSFET 导通电阻带来的压降。所以致力于提高 DC/DC

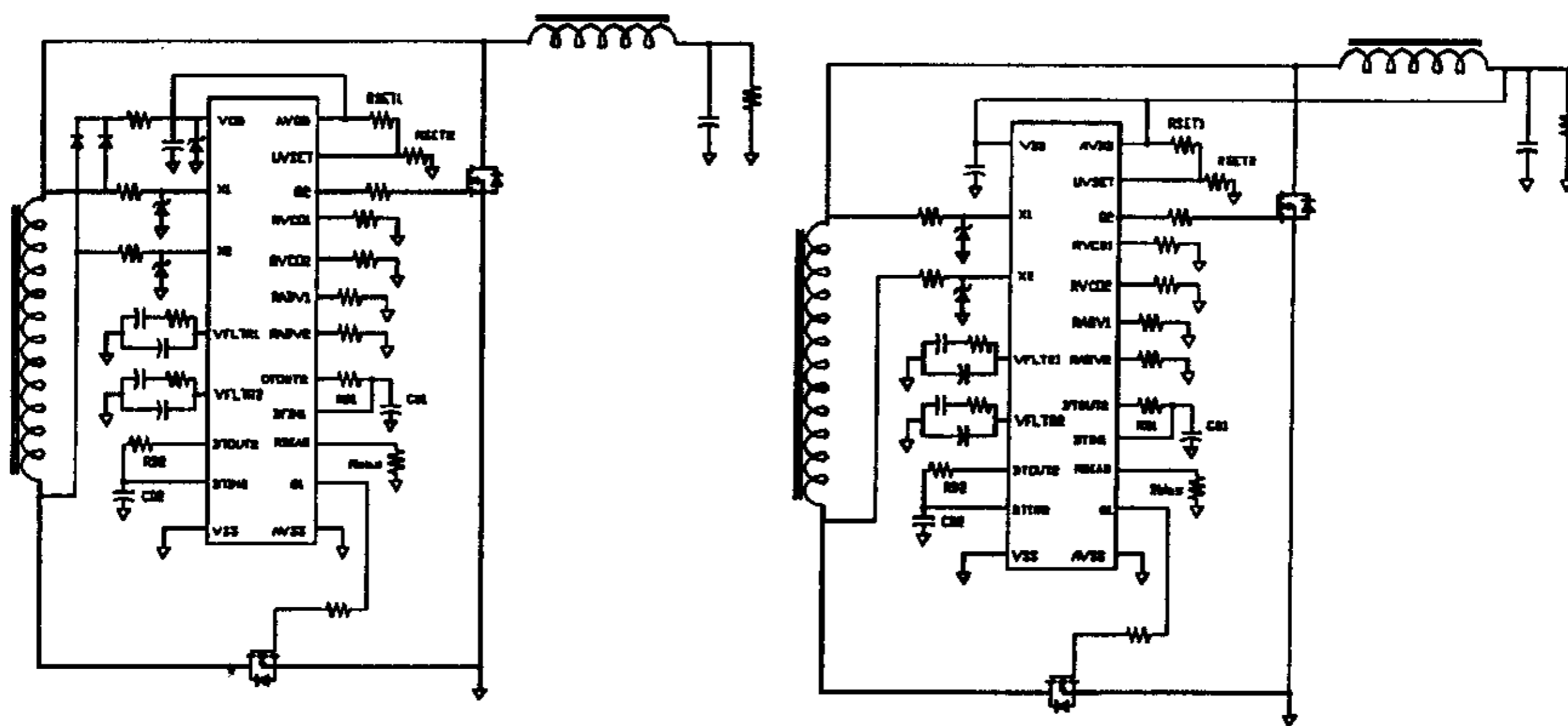
AC/DC 效率的工程师们努力开拓同步整流技术的新局面。



STSR3 位于反激变换器次级侧

利用驱动绕组实现偏置网络

图 8



当 $V_{out} < 5.0V_{DC}$ 时的典型应用电路

当 $V_{out} = 5.0V_{DC}$ 时的典型应用电路

图 11

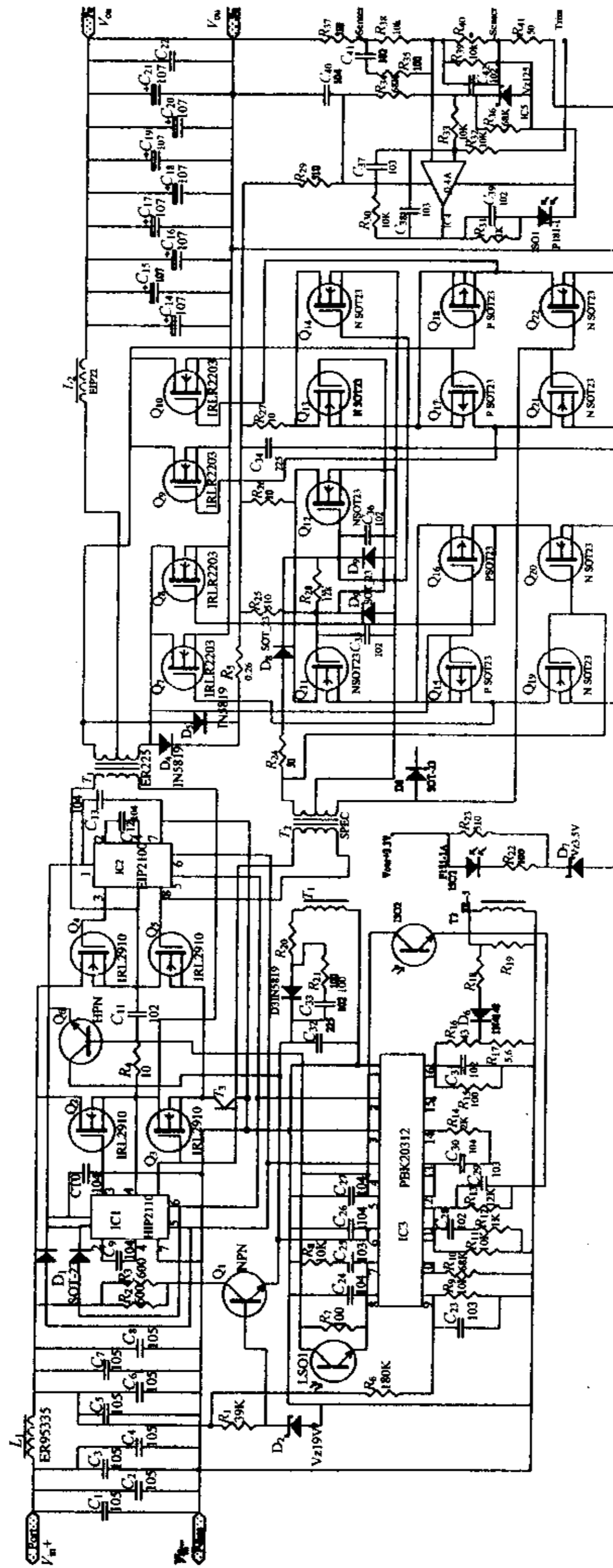


图 10 ERICSSON DC/DC PKL 300W 48V/3.3V