

UPS 中的逆变电路(三)

五、正弦脉宽调制 (SPWM) 信号电路

有了正弦波信号和三角波信号以后, 就可以用正弦信号去调制三角波信号, 以便得到符合要求的 SPWM 驱动信号。

5.1 四路 SPWM 驱动信号形成电路

图 16 所示为 KSTAR-GP802 型工频机的 SPWM 驱动信号形成电路。由于该型机采用了全桥功放电路, 因此需要 4 路独立的 SPWM 驱动信号。

1. 本机正弦波

正弦波形成电路输出的本机正弦波信号经 C124、R224 耦合至选频放大器 U29C 的反相输入端⑨脚, 参见图 16。

2. 反馈正弦波

反馈正弦波来自逆变检测变压器次级绕组, 反馈正弦波的幅度反映了逆变输出电压的幅度。反馈正弦波经 R181、R189、C110、R190、R208、C115、R206 等电阻电容组成的 RC 网络后加至选频放大器 U29C 的反相输入端⑨脚。需要注意的是, 反馈正弦波的相位必须与本机正弦波的相位相反, 且反馈正弦波的幅度应小于本机正弦波的幅度, 否则电路不能正常工作, 甚至发生损坏。反馈正弦波的极性可以通过改变逆变检测变压器初级或次级的引出端来调整。

3. 差值正弦波

本机正弦波和反馈正弦波同时加至 U29C 的⑨脚, 但是由于反馈正弦波的相位与本机正弦波相反, 同时反馈正弦波的幅度小于本机正弦波。因此它们在选择放大器的⑨脚形成了相减的关系, 即本机正弦波减去反馈正弦波, 其结果仍为正弦波, 称为差值正弦波。

4. 差值正弦波的稳压作用

差值正弦波为本机正弦波与反馈正弦波之差, 其中本机正弦波的幅度是相对稳定的, 而反馈正弦波的幅度正比于逆变输出电压的幅度, 由于负载方面的原因, 逆变输出电压的幅度可能发生波动。当逆变输出电压升高时, 反馈正弦波的幅度增大, 差值正弦波的幅度减小, 经功放电路后使输出的逆变正弦波的幅度回落。当逆变输出电压的幅度降低时, 反馈正弦波的幅度减小, 差值正弦波的幅度增大, 经功放电路后使输出的逆变正弦波的幅度上升。因此, 差值正弦波具有稳定逆变输出电压的作用。

5. 选频放大器

选频放大器由 U29C 及周边元件组成, 其作用一是产生差值正弦波并将其进行放大, 二是赋予差值正弦波一定的直流分量, 参见图 16。

运放 U29C 的反相输入端与输出端之间接有由 C121、R209、C116、R222 等组成的反馈网络, 形成了具有选频特性的放大电路。于是, 从 U29C⑩脚即可输出所需的差值正弦波信号。

由于调制电路的需要, 差值正弦波的对称轴必须升高至 V_z 位置, 这是通过 R210 接 V_z 实现的。为了精确的调节差值正弦波的对称轴, 在 U29C 的同相输入端⑩脚接有由 R210、C138 及 R248、VR5 等组成的分压电路, 使 U29C 输出的差值正弦波的对称轴在 V_z 值上。调整 VR5, 可以微调差值正弦波的对称轴的高低, 称为平衡调整。

6. 三角波形成电路

三角波发生器由运放 U16B 及周边元件构成积分电路, 其作用是产生三角波, 并与本机正弦波具有固定的相位关系, 其工作过程已如前所述。

由三角波形成电路的工作过程可见, U16B⑦脚的输出波形是以⑩脚的电压高于或低于⑩脚电压即 V_z 电压为转折点的, 而⑩脚电压又通过 C46 与⑩脚电压相关连, 当同步脉冲高于 V_z 时, U16B⑦脚电压开始下降。当同步脉冲低于 V_z 时, U16B⑦脚电压开始上升。因此输出三角波的幅度在 $0-V_z$ 之间。

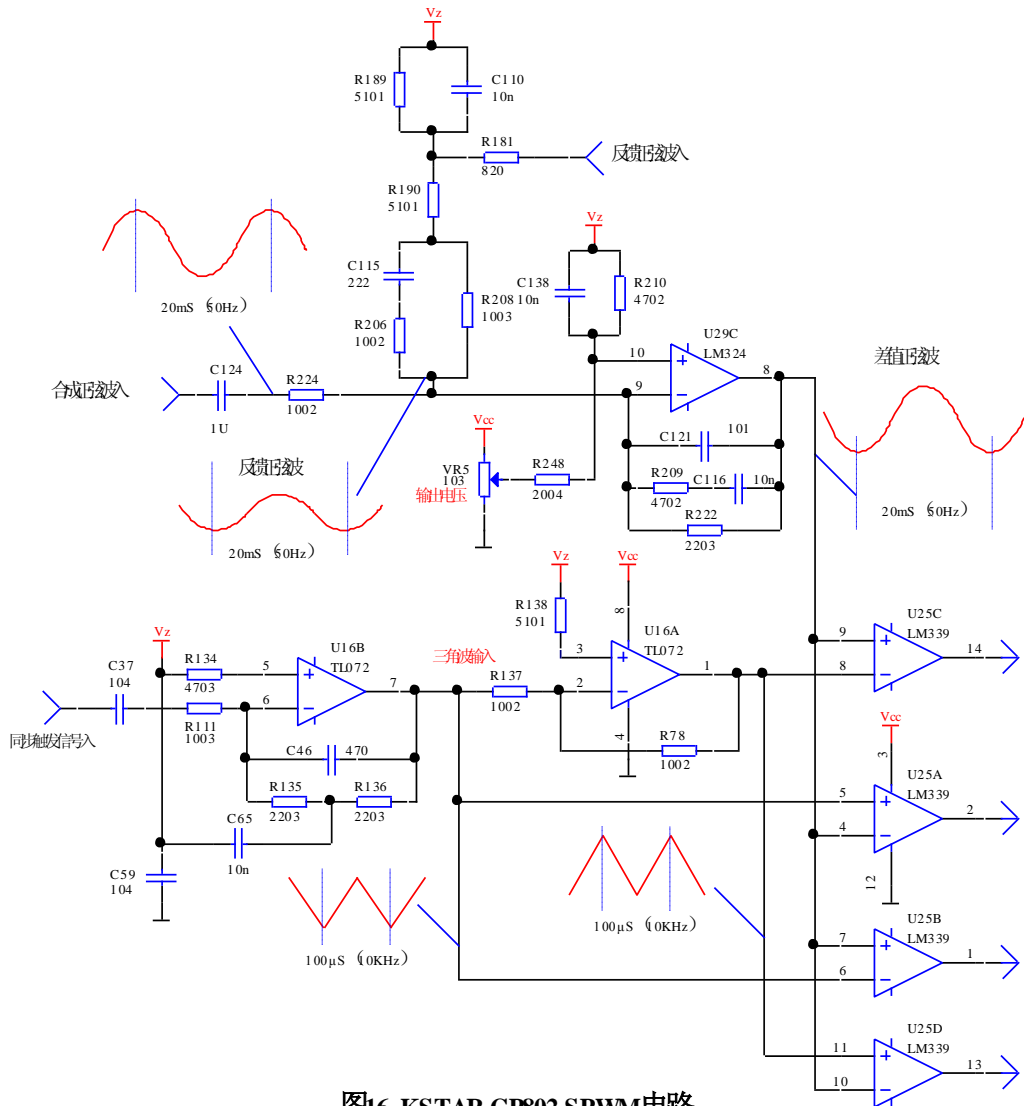


图16 KSTAR-GP802 SPWM电路

7.反相器电路

根据三角波形成电路的工作过程可知，其输出的三角波为反三角波。由于产生4路SPWM驱动信号还需要一路正三角波，所以电路中将反三角波送入U16A及周围元件构成的反相器，经反相后便得到了正三角波信号。

由于正向三角波的幅度在0-Vz之间，所以反相三角波的幅度在Vz-12V之间。

8.正弦波和三角波的定位

全桥功放电路采用的是单极性调制方式。在这种方式中，正弦波信号的对称轴应当位于Vz（即电源电压的二分之一）轴上，其最小幅值接近于0，最大幅值接近于电源电压Vc。反三角波（或正三角波）应当位于Vz与Vc之间，正三角波（或反三角波）应当位于0与Vz之间，参见图5“单极性调制”。

在GP802型机中，电源电压为12V，所以正弦波信号的对称轴位于Vz（即6V）轴上，其最小幅值接近于0，最大幅值接近于12V。反三角波位于Vz（6V）与Vc（12V）之间，正三角波则位于0与Vz（6V）之间。在这种情况下，所有运放都可在单电源下工作。

9.正弦波和三角波的分配

由变频放大器U29C输出的正弦波分别加至U25C的同相输入端⑨脚、U25A的反相输入端④脚、U25B的同相输入端的⑦脚以及U25D的反相输入端⑩脚。而正相的三角波加至U25A的同相输入端⑤脚和U25B的反相输入端⑥脚。反相的三角波加至U25C的反相输入端⑧脚和U25D的同相输入

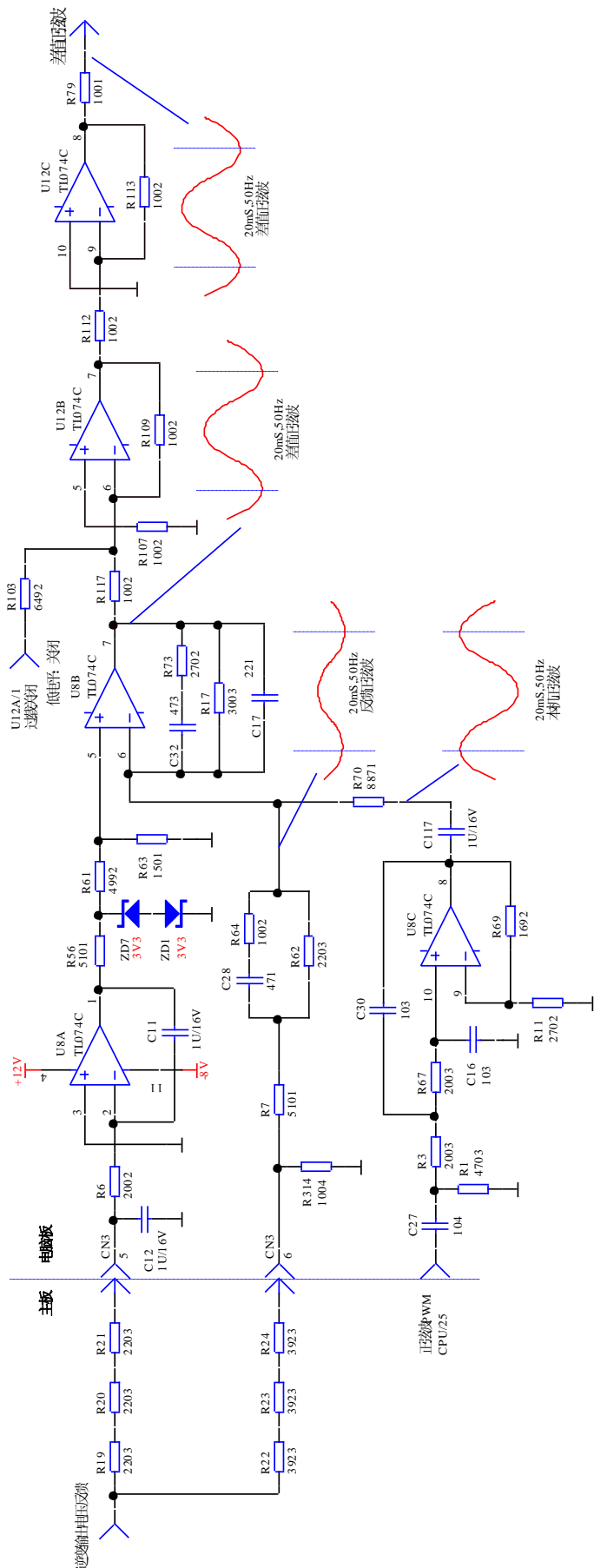


图17 SANTAK-1K3N机差值正弦波形成电路

端⑩脚。这样就形成了一种特定的组合关系，以便于全桥功放电路相配合。

5.2 两路 SPWM 驱动信号形成电路

图 17 所示为 SANTAK-1K3N 型高频机的 SPWM 驱动信号形成电路。由于该型机采用了半桥功放电路，因此只需要 2 路独立的 SPWM 驱动信号。

1.本机正弦波

正弦波形成电路输出的本机正弦波信号经 C117、R70 偶合至选频放大器 U8B 的反相输入端⑥脚，参见图 17。

2.反馈正弦波

反馈正弦波来自逆变检测电路，反馈正弦波的幅度反映了逆变输出电压的幅度。反馈正弦波经 R22、R23、R24 与 R134 分压后，再经 R7、R62、C28、R64 构成的选频网络后加至选频放大器 U8B 的反相输入端⑥脚。在 1K3N 机中，反馈正弦波的相位已由电路结构决定，而反馈正弦波的幅度应则由上述阻容元件决定，使其小于本机正弦波的幅度。

3.差值正弦波

本机正弦波和反馈正弦波同时加至 U8B 的⑥脚，但是由于反馈正弦波的相位与本机正弦波相反，同时反馈正弦波的幅度小于本机正弦波。因此它们在选频放大器的⑥脚形成了相减的关系，即本机正弦波减去反馈正弦波，其结果仍为正弦波，称为差值正弦波。

4.差值正弦波的稳压作用

与工频机一样，由于差值正弦波等于本机正弦波与反馈正弦波之差，而本机正弦波的幅度是稳定的，因此，差值正弦波具有稳定逆变输出电压的作用。

5.选频放大器

运放 U8B 的反相输入端与输

出端之间接有由 C32、R73、R17、C17 组成的 RC 网络，U8B 便构成了选频放大器，它可使输出电压的幅度大于输入电压，并且更加纯净。差值正弦波加至运放 U8B 的反相输入端⑥脚，而由 U8A⑤脚加入的是自动基准电平校正电压。因此，由 U8B 输出端⑦脚输出的是校正了直流分量的、被反相了 180°的、频率为 50Hz 的、放大的差值正弦波。此差值正弦波经 R117 隔离后加至 U12B 反相输入端⑥脚。

6. 正弦波和三角波的定位

半桥功放电路采用的是双极性调制方式。在 1K3N 型机中，正弦波信号和三角波信号的对称轴都在 0 轴上，其对小幅值接近于 -6V，最大幅值接近于 +6V，其中正弦波信号的幅度略小于三角波信号的幅度。

在这种情况下，SPWM 调制电路中的运放必须在双电源（即正、负电源）下工作。

7. 基准电平校正电路

本机正弦波和反馈正弦波相减后，得到的差值正弦波的直流电平会发生变化，而 SPWM 调制电路需要差值正弦波的对称轴位于 0 轴的位置，为此 SANTAK-1K3N 机中设置了自动基准电平校正电路，它由运放 U8A、ZD7、ZD1 及周边元件组成。

逆变输出电压经 R19、R20、R21、CN3/5、R6 加至运放 U8A②脚，U8A 及周边元件组成反相器，使引入的逆变输出电压反相。图中 C12 是滤波电容，可使引入的逆变输出电压更加稳定。C11 是反馈电容，使越高的频率负反馈越强，运放增益越低，因此可以消除高频干扰。反相器 U8A 的输出端①脚接有反向串联的稳压管 ZD7、ZD1，它们使 U8A①脚的输出电压限幅在 $\pm 3.3V + 0.7V = \pm 4.0V$ 。图中 R56 是 ZD7 和 ZD1 的限流电阻。限幅后的逆变输出采样电压经 R61、R63 分压后加至运放 U8B 的⑤脚。

若逆变输出电压不含直流分量，则逆变反馈电压也不含直流分量，即都以 X 轴（0 轴）为对称轴，经 U8A 反相后输出的逆变反馈电压虽然反相，但仍不含直流分量，仍以 X 轴为对称轴。

因为逆变反馈电压与逆变输出电压反相 180°，若逆变输出电压含有正值的直流分量，即对称轴上移，则逆变反馈电压的对称轴将下移，经 U8A 反相对称轴上移。上移的幅度被 ZD7、ZD1 限制在 $+3.3V + 0.7V = +4V$ 与 0V 之间。上移的反馈电压经 R61、R63 分压后得到的采样电压，送入选频放大电路的⑤脚，使选频放大电路的基准电压上升，于是选频放大电路的输出电压的对称轴下移，最终使逆变输出电压的对称轴下移。逆变输出电压的对称轴上移的越多，则选频放大电路的基准电压下降的也越多，结果使逆变输出电压的直流分量保持为 0，对称轴始终在 X 轴上。

当逆变输出电压含有负值直流分量时的反映过程与上述过程相似，最终使逆变输出电压的直流分量为 0。

7. 反相器电路

经过直流电平校正的差值正弦电压经运放 U12B、U12C 及周边元件构成的两级反相器反相后，加至由比较器 U10A 构成的 PWM 调制电路的反相输入端④脚。设置反相器的作用是可以利用反相

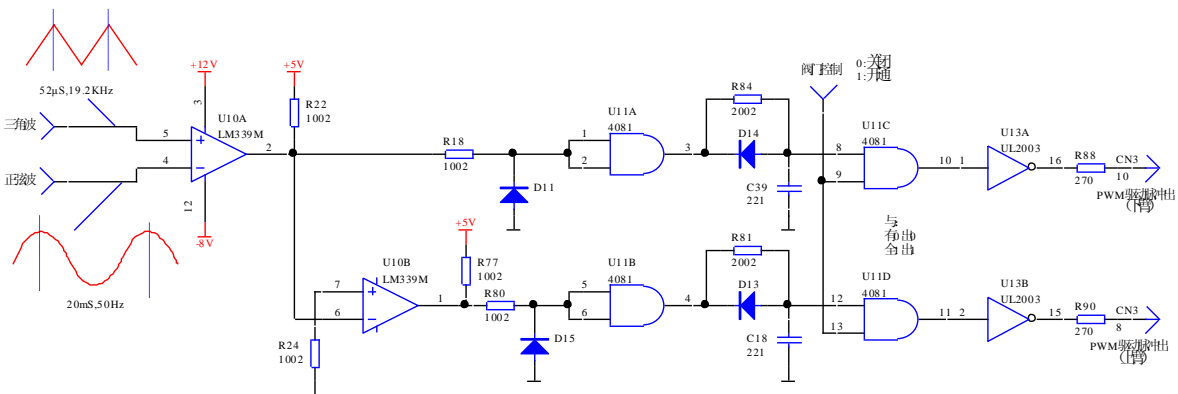


图18 SANTAK-1K3N SPWM信号形成电路

器输出阻抗低的特点，改善电路的偶合特性，同时还可以充分利用一片封装内的运放电路。

8.下臂电路

由运放 U10A 产生的 SPWM 电压，分为两路输出。一路经 R18 隔离后加至与门 U11A（4081）的①、②脚，U11A 的①、②脚还接有 D11，将 SPWM 的负半周过滤掉。该路 SPWM 信号最终送至半桥功放的下臂电路。

9.死区电压

逆变输出电路分为上、下两臂，上、下两臂的功率管只能轮流导通，一旦同时导通就会损坏。虽然上、下两臂的驱动信号是反相的，一臂导通时另一臂会截止，但由于功率管的截止需要一定时间，上、下两臂的功率管仍有可能在交接瞬间同时导通。为了确保上下两臂的功率管不会同时导通，在驱动信号中设置有“死区电压”。

死区电压的作用是：当一个臂的功率管截止时，另一个功率管并不立即导通，而是延迟一段时间后再导通，上下两臂均如此安排，这样就从根本上消除了上下两臂功率管同时导通的可能性。死区电压存在的时间，即延迟时间，视具体电路而不同，通常在数 μs 之内。

参见图 18，电路中 R84、D14、C39 即是死区电压形成电路。当与门 U11A 输入端①、②脚电压为上升沿时，输出端③脚为高，此时 D14 截止，此高电平通过 R84 对 C39 充电，由于 R84 数值较大（20K），充电较慢。

而当与门 U11A 输入端①、②脚电压为下降沿时，输出端③脚为低，此时 D14 导通，C39 通过 D14 放电，显然放电比充电快的多，于是方波脉冲的上升沿经过这里时被滞后了。而此上升沿反映到逆变输出电路中是使上臂功率管导通，结果是当下臂截止时上臂要延迟一段时间才导通，这就达到了防止上下臂功率管同时导通的目的。参见图 19 所示。下臂中信号的延迟过程与此相同。

10.SPWM 控制电路

参见图 18。经延迟处理后的 SPWM 电压送至与门 U11C③脚，U11C③接至 SPWM 控制端。当 SPWM 控制端为“1”时，与门打开，SPWM 得以输出，当控制端为“0”时，与门关闭，SPWM 通道被切断。在这里与门 U11C 相当于一个控制开关。

11.SPWM 驱动电路

SPWM 电压从 U11C③脚输出后，进入驱动门电路 U13A。U13 型号为 ULN2003，这是一种具有驱动能力的反相

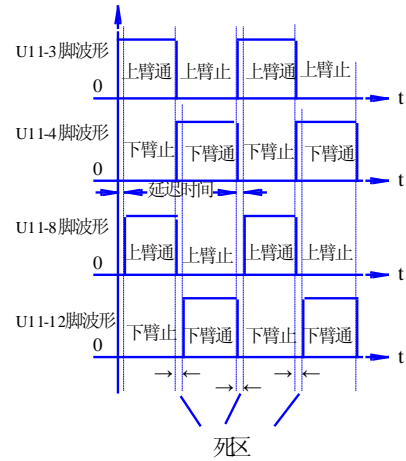


图9 PWM死区形成

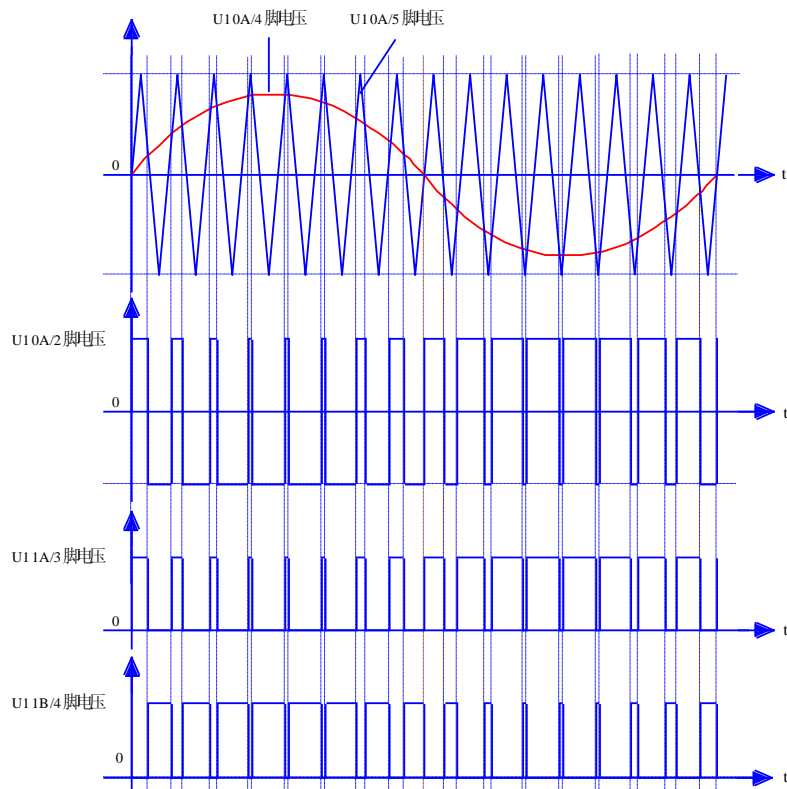


图20 PWM调制波形

器,输出电压为 50V, 输出电流可达 500mA。SPWM 电压经 U13A 反相后再经 R88 隔离, 送入逆变电路。

12.上臂电路

由调制电路输出的 SPWM 电压, 另一路送入运放 U10B 的反相输入端⑥脚。U10B 构成一个反相器, 将整形电路输出的 SPWM 脉冲反一次相, 此后的过程与上臂相似。于是在 SPWM 驱动电路的输出端得到了大小相等、相位相反的两路 SPWM 脉冲, 参见图 18、图 20。

(待续)