

SPWM 单相逆变电源的电路分析

文档摘要：本文档采用电路基本原理对单相逆变电源的电路进行理论分析、计算，并采用 Multisim 仿真软件进行电路仿真，与理论计算结果进行对比，除此之外，还使用 WCCA(最坏情况分析) 方法分析电路的可靠性；

1. 变压器输出电压检测电路

1.1 原理图

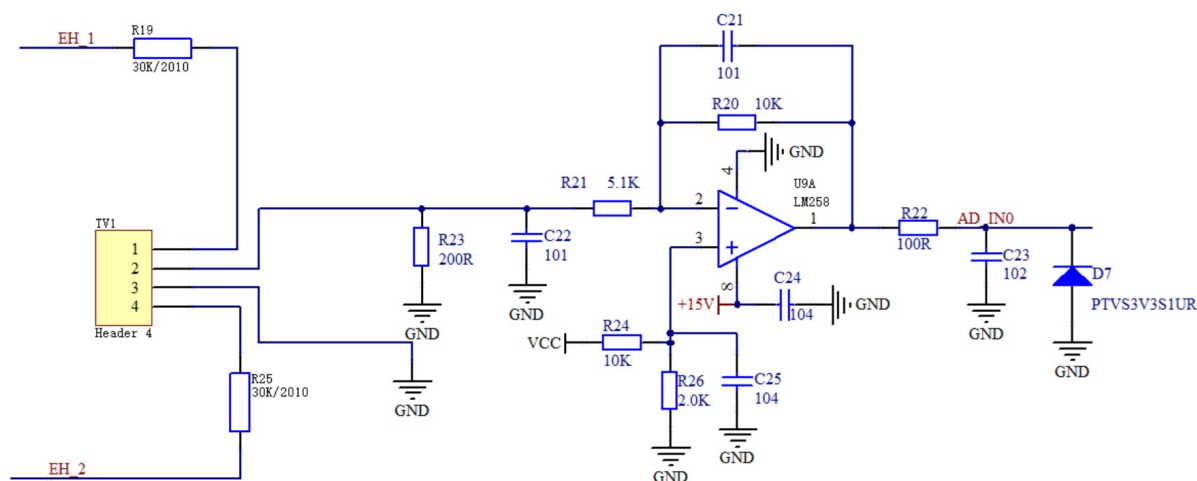


Figure 1: 原理图

1.2 主要元器件及其参数

1) TV1 高频脉冲电压互感器小型铁氧体

名称	规格	单位
额定输入	2	mA
额定输出	2	mA
电流变比	1000:1000	

2) U9 LM258 运算放大器

3) D7

1.3 电路分析

1) 等效电路

假设输入电压为 $u(t) = A\sin(2\pi ft)$ 其中 f 为变压器输出电压的频率， $f=50\text{Hz}$;

A 为变压器输出电压的幅度；

根据电压互感器的规格，互感器初级电流为 $i_1 = \frac{A\sin(2\pi ft)}{(R_{19}+R_{25})}$

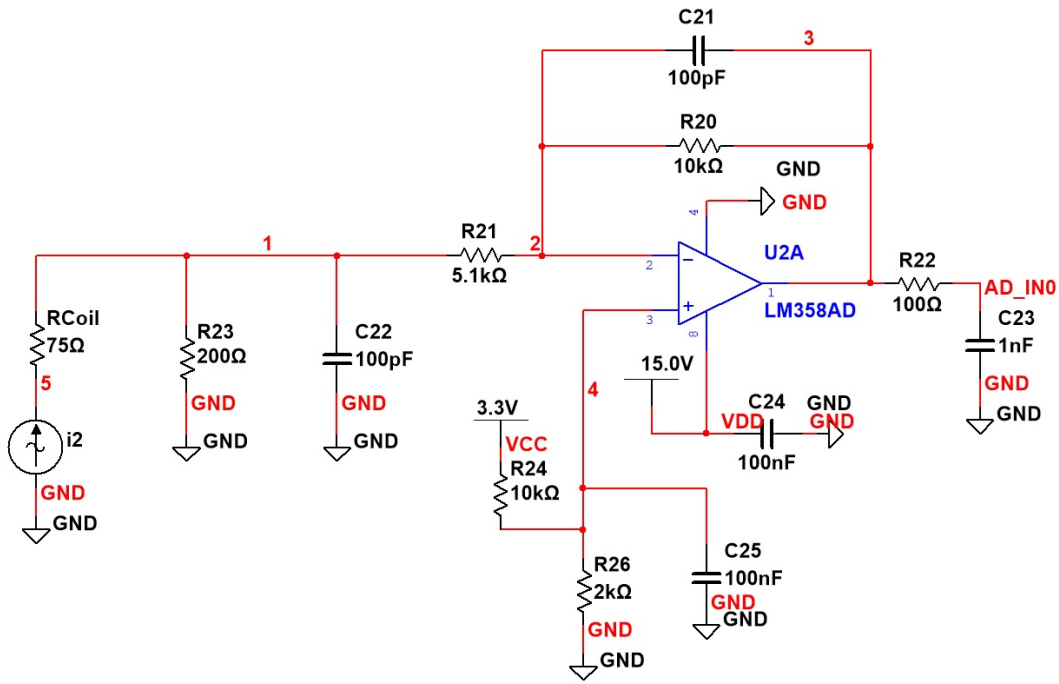


Figure 2: u3.jpg

由于互感器的电流变比为 1:1，所以互感器的次级电流为 $i_2 = i_1$ ，

当 SPWM 的调制度为 100% 时，变压器输出电压的真有效值为 130V，次级电流 $i_2 = \frac{110 \sin(2\pi ft)}{30k\Omega + 30k\Omega} = 2.16 \sin(2\pi ft) \text{mA}$ ：

该电路连接了两个电源，一个是直流电压源，经过分压之后输入到运放的同相输入端，

另一个是变压器的输出电压，经过电压互感器耦合得到电流信号，作为交流电流源，经过分流之后输入到运放的反相输入端，

通过叠加原理分析这两个电源在运放输出端的输出电压：

2) 直流通路

交流电流源 i_2 视为断路，在节点 4，电容 C_{25} 对于直流信号的阻抗非常大，可视为断路，

而因为运放的“虚断”的特性，流入同相输入端的电流为 0，因此，流入节点 4 的电流有以下两条路径：

由 V_{CC} 经过 R_{24} 流入节点 4，电流大小为：

$$\frac{V_{CC} - V_+}{R_{24}}$$

由 GND 经过 R_{26} 流入节点 4，电流大小为：

$$\frac{0 - V_+}{R_{26}}$$

流入节点 4 的总电流为 0，因此有： $V_+ = V_{CC} \times \frac{R_{26}}{R_{24} + R_{26}}$

因为运放“虚短”的特性，其反相端电压等于同相端的电压，

$$V_- = V_+$$

i_2 视为断路，电容 C_{22} 以及 C_{21} 对于直流信号也视为断路，

因此，流入节点 1 的总电流为：

$$\frac{0-V_1}{R_{23}} + \frac{V_2-V_1}{R_{21}} = 0$$

而流入节点 2 的总电流为：

$$\frac{0-V_-}{R_{23}+R_{21}} + \frac{V_O-V_-}{R_{20}} = 0$$

得到：

$$V_O = (1 + \frac{R_{20}}{R_{23}+R_{21}}) \times V_- = (1 + \frac{R_{20}}{R_{23}+R_{21}}) \times V_+$$

根据电路的器件具体参数，得到，运放的直流输出电压为：

$$V_O = (1 + \frac{10}{5.1+0.2}) \times \frac{3.3 \times 2}{2+10} = 1.59V$$

3) 交流通路

直流电压源 V_{CC} 视为短路到 0， $V_{CC} = 0$ ，运放的反相输入端电压 $V_- = V_+ = 0$

如果交流信号的频率比较低，电容 C_{22} 以及 C_{21} 对于该交流信号也视为断路，

流入节点 1 的总电流为：

$$i_2 + \frac{0-V_1}{R_{23}} + \frac{0-V_1}{R_{21}} = 0$$

流入节点 2 的总电流为：

$$\frac{V_1-0}{R_{21}} + \frac{V_O-0}{R_{20}} = 0$$

$$\text{得到 } V_O = -i_2 \times \frac{R_{20} \times R_{23}}{R_{21} + R_{23}}$$

$$V_O = -2.17 \sin(2\pi ft) \times (\frac{10k \times 200\Omega}{200\Omega + 5.1k}) = 819 \sin(2\pi ft) mV$$

输出交流电压的峰峰值为 $819 \times 2 \times \sqrt{2} = 2.316V$

输入到 MCU ADC 口的电压范围在 $1.59 - \frac{2.316}{2}$ 与 $1.59 + \frac{2.316}{2}$ 之间，即 0.432V-2.748V 之间；

根据上述分析，也可以如下将电压互感器的次极输出电路通过戴维南定理等效为：

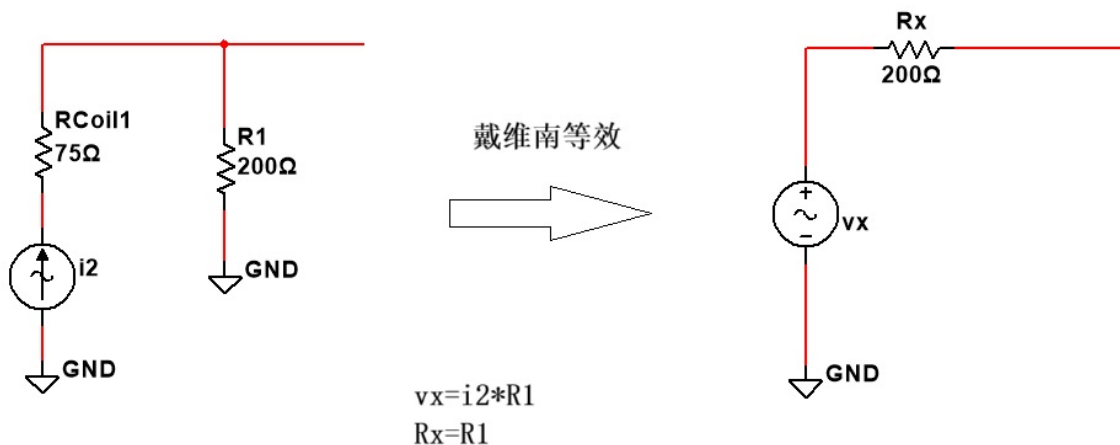


Figure 3: 戴维南等效

4) 滤波电路

1.4 Multisim 仿真

1.5 WCCA 分析