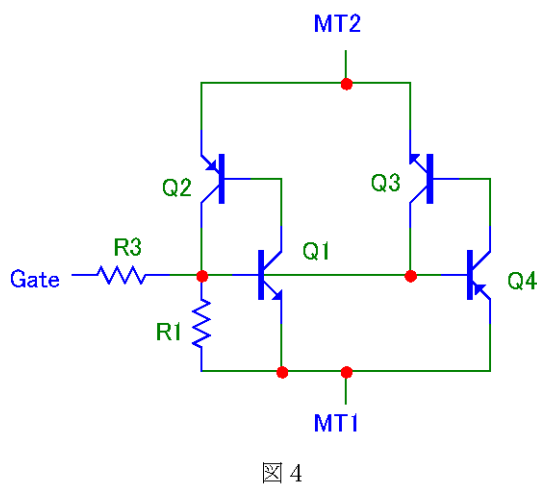
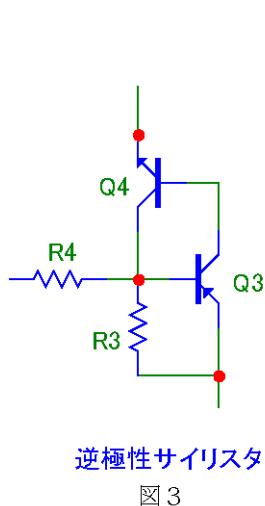
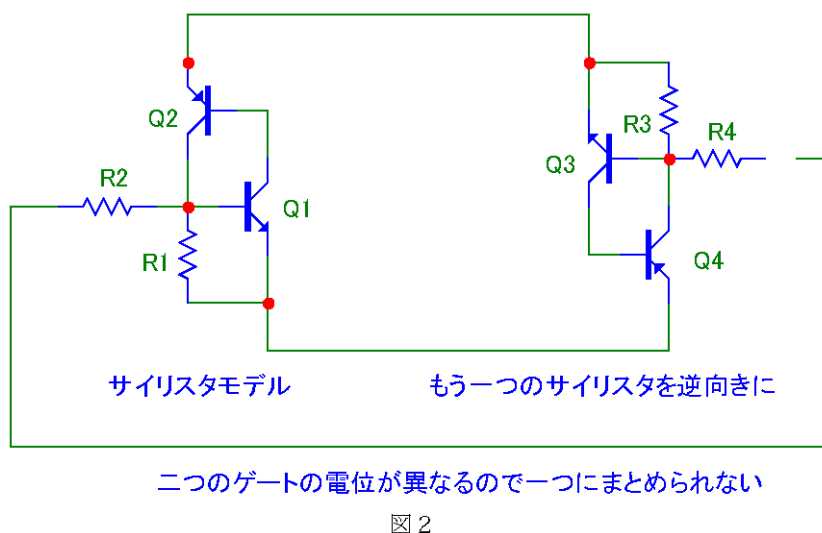
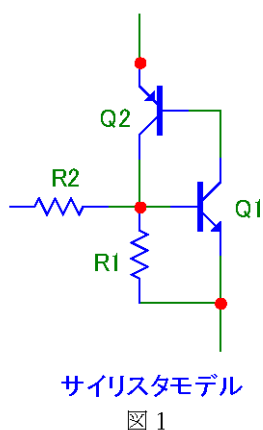


TRIAC

仕事でトライアックを含む回路の SPICE シミュレーションを行いました。

トライアック（双方向サイリスタ）は、2個のサイリスタを逆並列に接続し、双方向に電流を流せるようにし、交流でも直流でも使えるようにしたものであるというような説明から、シミュレーションモデルを考えました。

サイリスタは PNP トランジスタと NPN トランジスタを組み合わせた複合回路（図 1）と等価です。同じ回路をもう一つ持ってきて、アノードとカソードを逆に接続しようとする、ゲートの位置が異なるので、2つのゲートを1つにまとめることができません。（図 2）図 3 のように PNP トランジスタと NPN トランジスタを逆にした逆極性サイリスタを持ってくると、ゲートの位置が同じなので、1つにまとめることができます。（図 4）

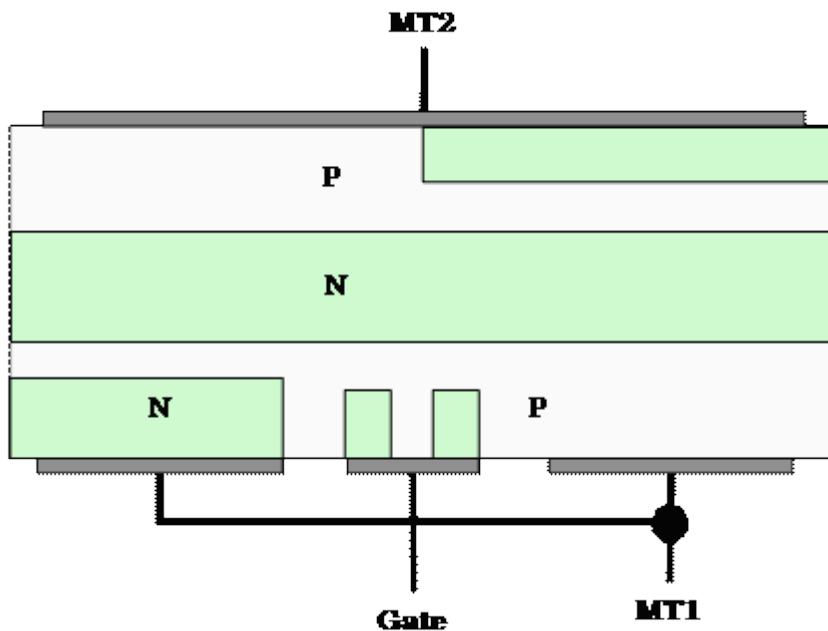


MicroCap9 にはこの図 4 に相当するマクロモデルが標準で用意されていました。そこで、このマクロモデルを利用してシミュレーションを行い、目的を達しました。

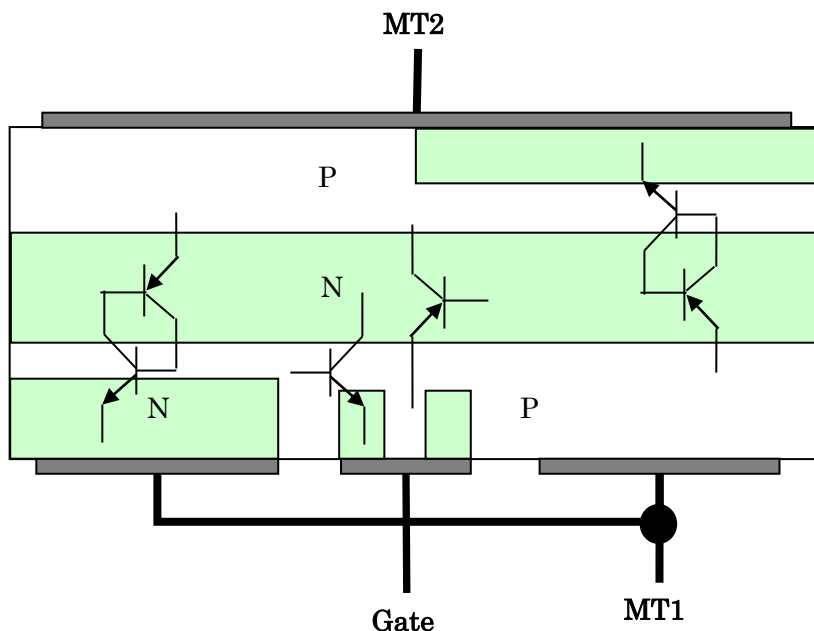
私の応用例ではゲート電圧が必ず MT1 と MT2 の間の電圧になるので、このモデルでうまくシミュレーションできたのですが、実はゲートの駆動方法によってはうまくシミュレーションできない場合があります。

TRIACはMT2がMT1より正のときゲート電圧をMT1より負に振ってもオンにできます。ところが、図4の等価回路ではMT2が正のときゲートを負にたたいてもオンになりません。また、TRIACはMT2がMT1より負のときゲート電圧をMT1より正に振っても、大抵オンになります。(この動作は普通保証されていませんが。)

トライアックは次の図のような構造です。

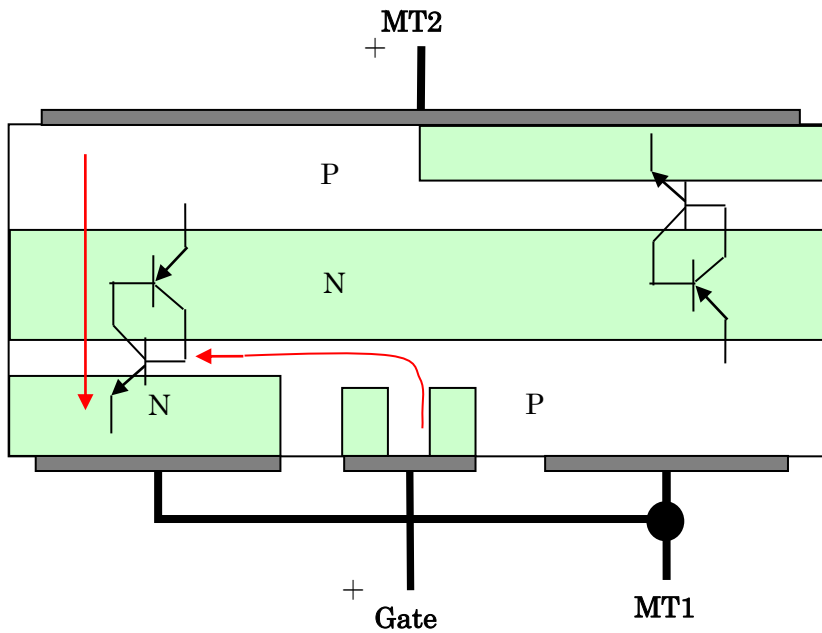


これにトランジスタを当てはめて動作を考えます。



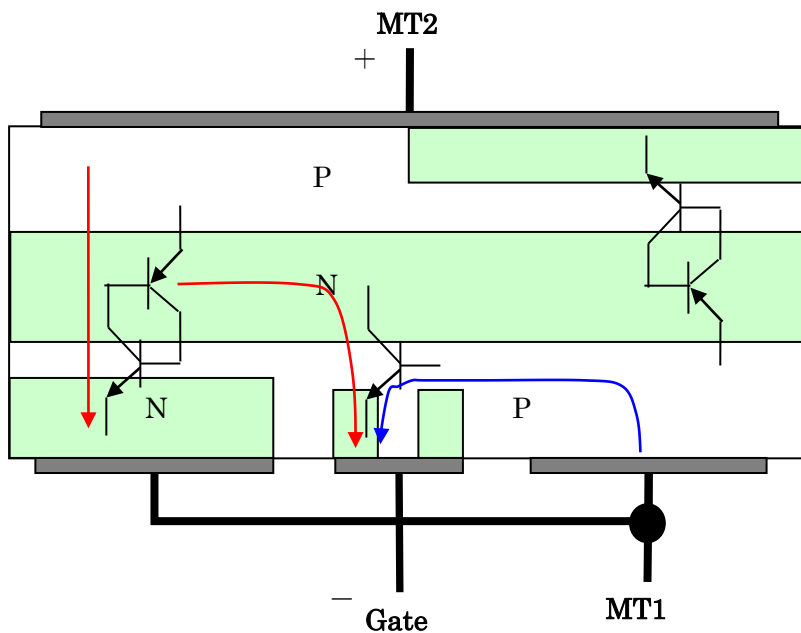
多くの場合、MT1 を基準にして、縦軸に MT2 の電圧、横軸にゲートの電圧を取って TRIAC の動作を表現します。(NEC のデータシートは例外で、縦軸と横軸が逆になっています。)

例えば第 1 象限は MT2 の電圧とゲート電圧が共に正の場合の動作です。そして、大抵の TRIAC は第 4 象限の動作 (MT2 の電圧が負で、ゲート電圧が正) を保証していません。



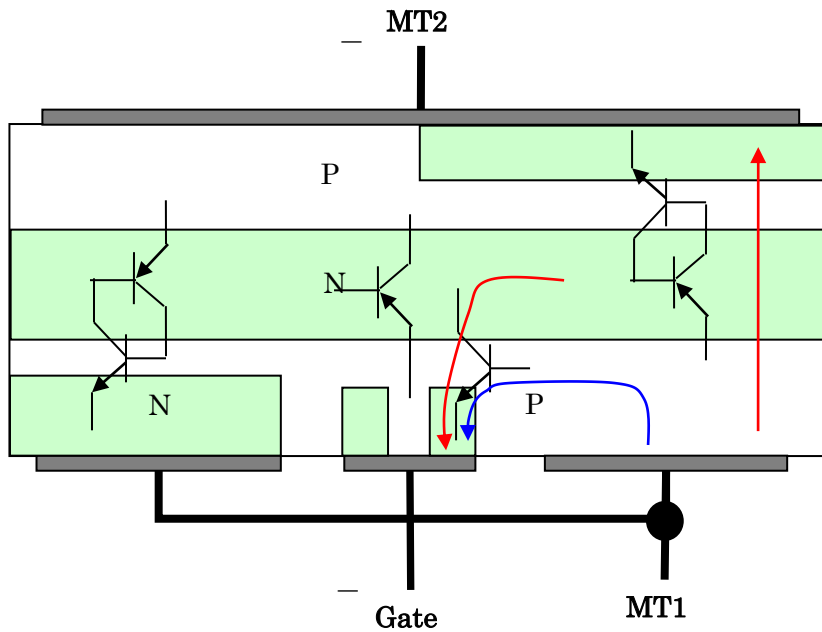
QUADRANT 1

第 1 象限の動作では、ゲートから左側のサイリスタを構成する NPN トランジスタのベースにトリガ電流が供給され、左側のサイリスタがオン状態になります。



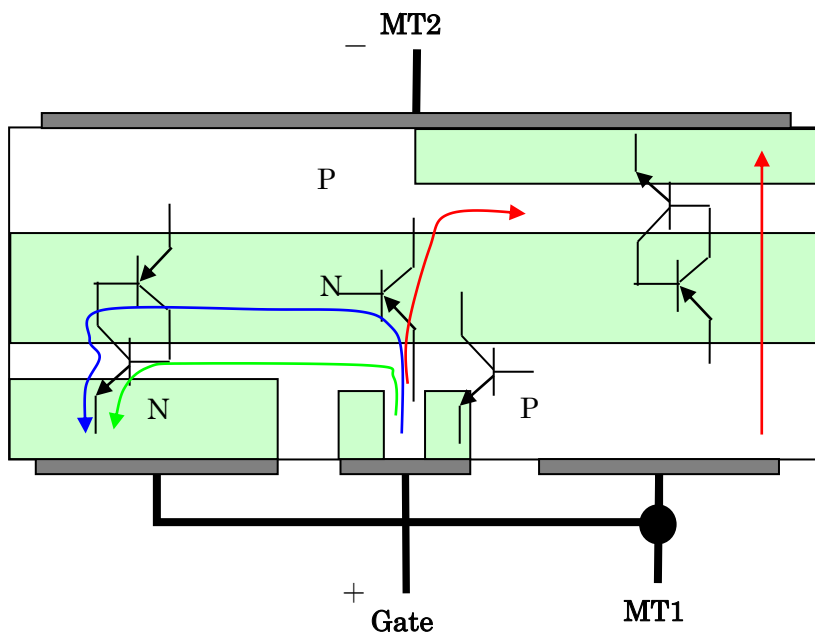
QUADRANT 2

第 2 象限の動作では、ゲート電圧が MT1 より負になります。この場合、ゲートの極性が逆なので左側のサイリスタ構造の NPN トランジスタのベースにトリガ電流を供給できません。しかし、ゲート部にある NPN トランジスタのエミッタから電流を引き出し、そのコレクタが左側のサイリスタの PNP トランジスタのベースからトリガ電流を引き出し、左側のサイリスタをオンにします。



QUADRANT 3

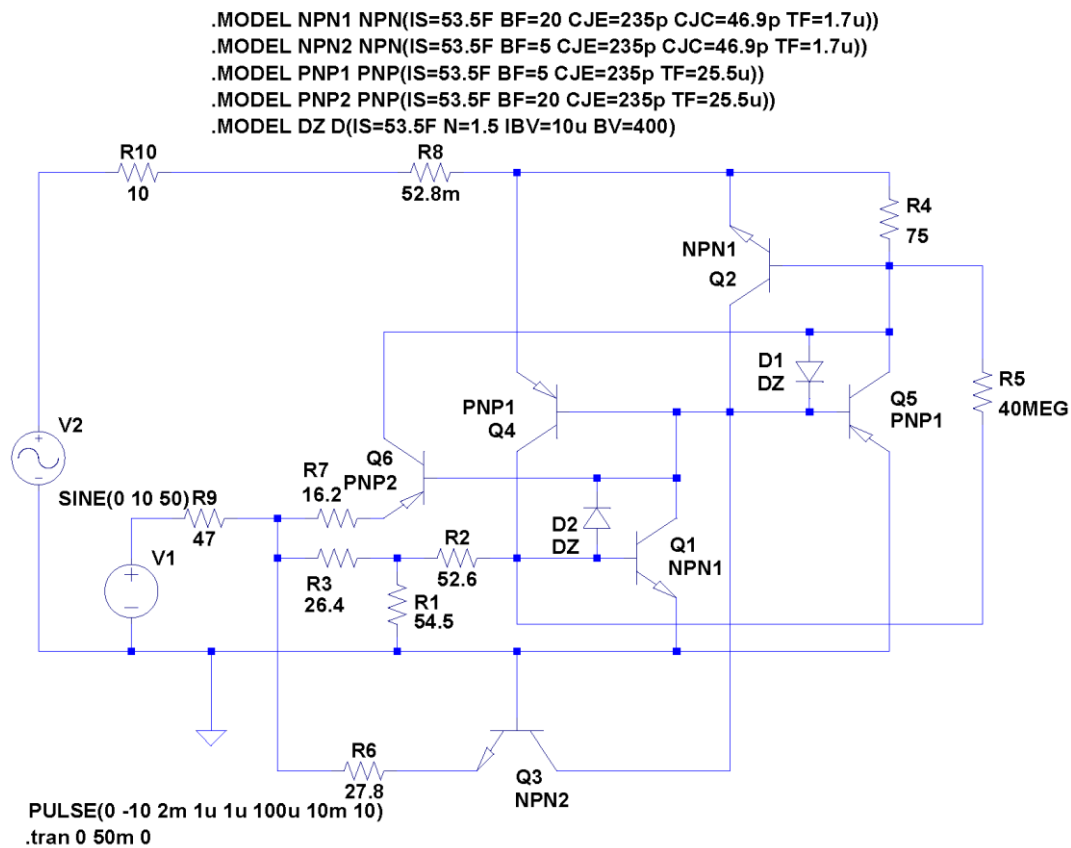
第3象限の動作では、MT2が負なので、左側のサイリスタはオンになりません。しかし、ゲートがMT1に対して-1V程度に引かれれば、ゲート部のNPNトランジスタのエミッタから電流が引かれ、右側の逆サイリスタ構造のPNPトランジスタのベースに対しトリガ電流を発生させることができます。ゲート部のトランジスタに掛かる電圧を見ると、エミッタ・コレクタ間が0.3V程度になります。ぎりぎりトランジスタとして動作します。



QUADRANT 4

第4象限の動作では、ゲートがMT1より+1V程度高い場合、左側のサイリスタのNPNトランジスタとゲート部のPNPトランジスタの2つのトランジスタが導通すると右側の逆サイリスタ構造に対してトリガ電流を発生させることができます。サイリスタ構造に対してトリガ電流を発生させるために2つのトランジスタが介在することになります。(QUADRANT 2や3では介在するトランジスタが1つです。) 第4象限の動作が保証されていないことが多いのは、このためと思われます。

以上を考慮してトランジスタによるモデルを作ったのが次の回路です。



この検討に当たり、下記資料を参考にしました。

A SPICE MODEL FOR TRIACs (preliminary version; incomplete)

A. F. Petrie, Independent Consultant, 7 W. Lillian Ave., Arlington Heights, IL 60004

Charles Hymowitz, Intusoft, 222 West 6th St. Suite 1070, San Pedro, CA 90731

[文献参照](#)