

乱数発生回路を利用した故障検出

1230086 園山 賢晃 (回路工学研究室)
(指導教員 橘 昌良 教授)

1. はじめに

近年、電気が社会に普及していくことで人々は便利なものを作ってきた。テレビやスマホ、パソコンなども電気を利用して作られている製品であり内部には様々な回路が大量に内蔵されている、そして多くの電化製品で利用されていると用途によってさまざまな種類の回路が作られている。回路の使われる場が多くなることで回路が故障することが問題になってくる。そして、回路の小型化や複雑化が年々進んでいるので回路の故障検出を行う際にいちいち入力電圧や周波数成分などを設定しなければならない場合や複雑な回路を使わなければ故障検出をできないなどの問題点がある。故障検出をするための回路が複雑になればその分だけ故障検出用の回路が故障する可能性が増える。これらの問題を解決するためにより単純な構成で故障しにくい回路を考える必要がある。

2. 乱数発生回路と疑似乱数発生回路の違い

乱数発生回路とは乱数を発生させる回路で、0と1で構成されるビット列で携帯電話や通信符号化などの分野で広く用いられるものである。乱数を作る回路にも2種類あり乱数を永遠に出力し続ける真の意味での乱数発生回路(真のランダムビット ジェネレーター)、一定周期で同じ順番で同じ乱数を繰り返す疑似乱数発生回路(疑似ランダムパターン発生回路)がある。真の乱数発生回路はそのランダム性の強さから暗号精製などに利用されている。疑似乱数発生回路は真の単数発生回路と違い一定の周期で同じ値を出すので再現性がある回路である。本研究で使用する乱数発生回路は、D-FF(ディープリップフロップ)を使用して一定周期ごとに同じ出力をする、LFSR(リニアフィードバックシフトレジスタ)を使用した疑似乱数発生回路である。本研究で使った回路はデジタル回路で乱数を作りそれをアナログ回路にして出力しているのを使用しているうちに熱による回路特性の変化することはなく安定して疑似乱数を出力することが可能である。

特に本研究で想定しているのは2つの回路の比較による故障検出なので2つの入力ができる限り同じ方が良いので再現性がある疑似乱数発生回路を利用しているのである。

3. 疑似乱数発生回路を使用した故障検出の方法

この研究では故障検出の理論としては大まかに6つのプロセスがある。1.疑似乱数発生回路を使用しランダムにパルス幅が変化し一定周期で同じ形の波形を出力。2.DA変換装置を使用し1で作った乱数でパルス幅が変化するパルス信号の内、4つを合成し電圧もランダムに変化するようになる。3.試験したい回路に2で作った電圧を入力する。4.試験したい回路からの出力を積分回路を利用して時間を絞り測定する。5.サンプルとなる正しいと仮定されている回路にも同じことを行う。6.二つの回路を通したときに出てくる電圧値を比べ、差があるか調べる。乱数を利用する理由は故障の仕方によっては回路に一定の周期のパルス波を入れるだけでは同じ値を出力することがあるのでいろいろな変化を見ることができれば故障検出の精度が上がるからである。時間積分をするときに積分する区間を決めるときに基準の回路と検査する回路の出力電圧に差があまりない場所を選択し積分すると積分回路の出力電圧の差が小さくなる。

4. シミュレーション

本研究では時間などの理由から実際の回路を使用しての計測は行わずLTspiceを利用してのシミュレーションを行いその結果を本研究の結果とする。

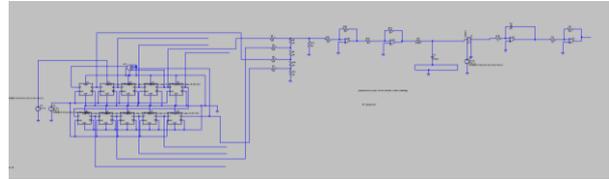


図1 シミュレーションした回路

上記にある回路と調べる回路内の素子を変えたものを同時にシミュレーションした。

5. シミュレーション結果

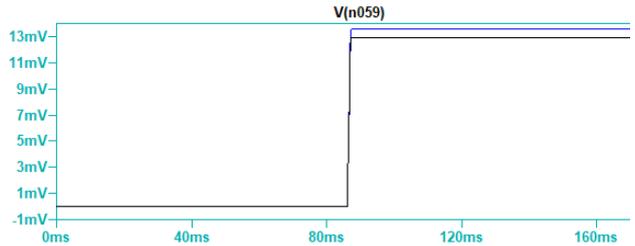


図2 検出できた時の一例

上記の図2のように故障が検出できると最終的な出力電圧の値に差が生まれる。差があることの検出限界は1000~10000分の1程度とし今回は0.015mVの差まで計測可能とした。時定数の変化量が1%の時に差が検出できるほぼ限界である。

6. 考察

6.1 故障検出

故障検出自体はできたが故障した際の基準となる回路との変化量の大きさが出力の差に比例するわけではなさそうなので故障検出自体はできてもどのような故障か検出することは難しいと考えられる。

6.2 回路の設定

CLK入力や積分時間、積分範囲は検査したい回路によって変更しなければ故障検出が難しくなることがあるので場合によって使い分けなければいけない。

7. 今後の課題

今後の課題としては故障検出の精度の向上、回路の最適化、解析方法などといったことがまだ洗練することが可能であると考えている。

8. まとめ

研究では、検査する回路をLPFとしたときに故障検出できるかどうかをLTspiceでシミュレーションを行い評価を行った。

疑似乱数発生回路を作り出しはしご型DA変換器を通してアナログ信号に変えて検査用のLPFを通し積分回路で解析を行うことで基準となる回路と調べる回路の間に差があることを見つけれようようにし、それによって回路が故障しているかどうか検証するといったものである。

本研究では乱数を利用した故障検出というテーマで研究を行ってきたがシミュレーション上での結果から結論を言えばある程度の範囲とはつくが可能であるといえる。しかし結果解析のための積分範囲は積分を始める時間など手動で行わなければならない場所も多いためその部分を改良することが可能になればもっと正確性の高い故障検出が可能になると思われる。実際に回路を作り測定を行ったわけではないので実際に回路づくり結果を測定したときにどのような問題があるかわからない。