

第4章 確実な動作と外部との安全な接続を考慮して…

マイコン回路の定数設計と部品選び

桑野 雅彦
Masahiko Kuwano

マイコンを使った回路は第3章で触れたデジタル回路が主体ですが、入出力部分をはじめとして、アナログ的な挙動に配慮しなくてはならない部分は少なからず存在します。この部分は、まさしくデジタルな論理回路の世界とアナログな世界との架け橋となる部分といえる場所です。回路としてはそれほど複雑なものでない場合が多いのですが、意外な落とし穴が待ち構えているのがこの部分です。

アナログ的な挙動が問題になる部分は、細かく見ていくと本が1冊上梓できてしまうほどの分量になってしまうため、とてもすべては紹介しきれませんが、ここではいくつかの典型的な回路について、設計上の注意点や計算方法について見ていくことにします。

確実に動作するリセット回路の設計

マイコンを手がけて最初に突き当たるのがパワーONリセット回路でしょう。電源投入後の電圧がまだ不安定なときに確実に動かなくてはならないなど、難しい面もあるので専用ICなども用意されていますが、そこまで厳密なものでなくてもよい場合には、**CRによるディレイ回路**が広く使われます。

● CRによるリセット回路

一般によく見られるのは図1のように、**CRを直結**

した間の電圧を74HC14などのシュミット・トリガ・ゲートで受けるというものです。シュミット・トリガで受けるのは立ち上がりが遅い場合の定石で、ここに74HC04などの通常のゲートを使うと、第5章でも触れたように出力が暴れることになります。

74HC14のHレベルの閾値電圧(スレッシュホールド・レベル) V_{IH} は電源電圧の60%程度ですが、最小で50%程度まで下がります。

時定数 t の計算式は第3章にも示しましたが、

$$t = \log \left(\frac{V_{CC} - V_{IL}}{V_{CC} - V_{IH}} \right) RC \dots\dots\dots (1)$$

となります。ここで、初期値は電源電圧が0Vですから $V_{IL} = 0$ とすれば、

$$t = \log \left(\frac{V_{CC}}{V_{CC} - V_{IH}} \right) RC \dots\dots\dots (2)$$

が得られます。

仮に V_{CC} を3.3V、 V_{IH} を2V(60%)とすると、

$$t = 0.93RC$$

また、 V_{CC} を3.3V、 V_{IH} を1.65V(50%)とすれば、

$$t = 0.69RC$$

となるので、ほぼ R と C の積、**最悪でも積の70%程度**と見積もれます。実際の電源投入時は電源電圧自体が次第に上昇していくので、この立ち上がり時間よりも時定数を十分に大きくとっておくようにします。

一般に、抵抗の値は1k~1M Ω 程度、コンデンサ

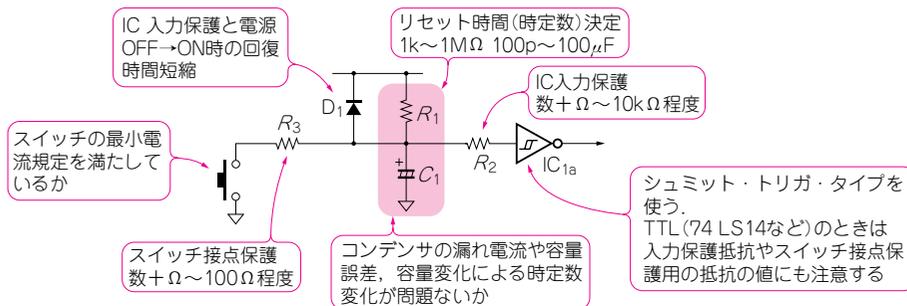


図1 簡易パワーONリセット回路の注意点

は100 p~100 μF程度の範囲がよく利用されている値ですが、R、Cともあまりこの両端に近い値にしないほうがトラブルを起こしにくくてよいでしょう。例えば $t = 100 \text{ ms}$ を目標にするならば、10 kΩと10 μFや33 kΩと3.3 μF、100 kΩと1 μFなどといった組み合わせが考えられます。

このように、CRによるリセット回路は単純ではありませんが、実は細かい部分で考えておかななくてはならないことがあります。特にRやCが大きくなってきたときには設計上で注意したり、配慮を要するところがいくつも出てきます。

次に、これらについて見ていくことにしましょう。

● ゲートのスレッシュホールド電圧のばらつきに注意

前述のように、この手の回路では受ける側に74HC14などのシュミット・トリガ・タイプのゲートを使うのが一般的ですが、このときのHレベルの閾値のばらつきはそれほど小さくありません。

例えば、東芝のTC74HC14APでは電源電圧が4.5 Vの場合で2.3~3.15 Vとなっています。この値は、電源やICの種類によっても変化します。データシートをよく確認しておきましょう。

● コンデンサの漏れ電流に注意

理想的なコンデンサは直流的な抵抗値は無限大ですが、実際のコンデンサではそのようなわけにはいかず、電圧をかけるといくらかの電流は流れます。例えば、抵抗値が1 MΩのとき、コンデンサに1 μAの漏れ電流があれば、抵抗の両端では1 Vもの電圧降下が発生してしまいます。日本ケミコンのMFシリーズでも、漏れ電流の規定は「0.01CVまたは3 μAのうちいずれか大なる値以下」という表現ですので、3 μAは流れても文句は言えないということになります。

また、充電電流に対して漏れ電流が多いと、計算上ではすべてコンデンサに蓄えられるはずの電荷が抜けてしまうことになるため、時定数そのものが計算値か

ら大きくずれてしまいます。このため、リセット回路でR₁の値を大きくしている場合には、コンデンサの漏れ電流をチェックしておくようにします。場合によってはR₁の値を見直す必要があります。

● コンデンサの容量誤差や経年変化に注意

漏れ電流以上に気を付けなくてはならないのが、コンデンサの容量誤差です。デジタル回路ではアルミ電解コンデンサと、セラミック/積層セラミック・コンデンサがよく利用されますが、アルミ電解でも-10~+50%程度は珍しくありません。

積層セラミック・コンデンサに至ってはシリーズによっては定格で+80%から-20%の誤差があるうえ、さらに高誘電率な誘電体を使ったものでは温度や印加電圧の影響を受けやすく、温度変化によって-80~+30%という変化をするものもあります。ものによっては-95%まで減少することがありますが、こうなるとはとて計算どころではありません。

また、アルミ電解コンデンサの場合は経年変化で容量が減っていくので、長期間使用されるような機器では注意が必要です。

厄介なことに、このような製品のばらつきによる影響というのは、試作品にたまたま誤差の少ないものが使われていれば試験でも見つからず、量産に入ってから初めて問題が表面化するということがあります。

容量値だけに気をとられずに、メーカーのデータシートをよく読んで、本当のばらつきがどの程度になるのかを計算したうえで、問題がないかどうか判断するようにします。

● 放電用ダイオード

この手の回路でうっかりしやすいのが、電源がOFFになったときの挙動です。電源がONになるときと異なり、電源OFF時の電源電圧の低下は比較的速いため、このような時定数回路が組んである場所では電源電圧よりもコンデンサの端子電圧のほうが高いという状態になりやすいのです。

そうすると図2に示すように、ICの入力保護ダイオードを通してICの電源端子に向かって電流が流れることとなります。コンデンサの容量が大きいとこのときに流れる電流も多くなりますが、もともと入力保護ダイオードはそれほど大きな電流を流すことは想定していないので、電源ON/OFFを繰り返すうちに入力保護ダイオードを壊してしまうことがあります。

図ではICの入力端子に抵抗がありますが、仮にこれを省略したとして考えてみましょう。コンデンサの容量をC、流れる電流をIとすれば、ある時間Δt経過したときの電圧の低下ΔVは、

$$C \cdot \Delta V = I \cdot \Delta t$$

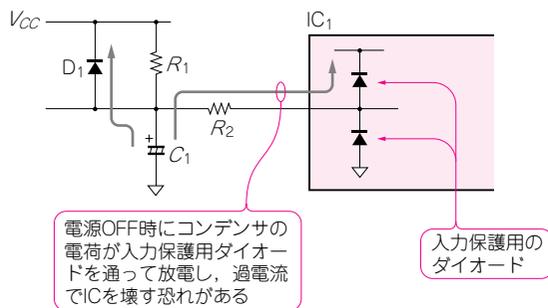


図2 ダイオードD₁を追加してICの入力保護ダイオードに電流を流さないようにする