

# GT 3 D形デジタルタイマの開発について

太田博之\*<sup>1)</sup> 堀 浩行\*<sup>2)</sup> 米島 聡\*<sup>3)</sup>

## 1. はじめに

最近では、制御機器の高機能化、小型化、高信頼性化により、各分野の自動化、省力化、システム化がすすんでいる。これらの制御機器の中にあつて、プログラマブルコントローラをめざましい普及や、超小型化、低価格化により、盤内で組み立てたりレーシーケンスや時間の制御を行うタイマの大部分がプログラマブルコントローラに置き変わるのではないかと考え方があつた。しかし、プログラマブルコントローラに比べてタイマは、動作時間の変更や調整が容易なこと、動作表示機能により動作状態がわかり易いこと、小規模シーケンスにおいては外形が小さく経済的であること、などの理由により盤内でも根強く使われている。電子タイマでは、一般的に、DIN規格サイズ(48×48mm)の形状が多く採用されているが、和泉電気では平成元年に、盤内での使い易さを重視した、DIN規格よりも小型のサイズ(36×40mm)のGT 3シリーズオールマルチタイマを商品化し、好評を得ている。

以下の点がGT 3シリーズオールマルチタイマの主な特長である。

- (1) 4モードを1台に納めたマルチモード。(全機種で16モード)
- (2) 16種類の時間レンジにより0.05秒から180時間まで1台で対応できるマルチレンジ。
- (3) AC100~240Vまで幅広くカバーするマルチ電源。
- (4) 長時間レンジでも0目盛で瞬時動作機能。
- (5) 換算不要の直読できるわかり易い目盛表示。
- (6) セラミック振動子発振計数式の採用で高精度。
- (7) 動作表示灯により動作状態を一目で確認。
- (8) 高機能、低価格。

さらに、電源オフディレータイマ、スターデルタタイマ、シーケンスタイマ(デューティ比可変)などのバリエーションも同時に商品化した。

しかし、ユーザのニーズとしてGT 3シリーズオールマルチタイマの中のGT 3 Aオールマルチタイマで実現され

ていない、

- (a) デジタル設定による設定精度の追求
  - (b) 時間経過表示機能による動作状態の確認
- などの要求が高まってきている。

今回、このようなユーザのニーズに答えるために、高精度デジタル設定、経過時間数字表示機能、マルチモード、マルチレンジ、ACフリー電源を備えたGT 3 Dデジタルタイマを開発したので紹介する。

## 2. GT 3 Dデジタルタイマの概要

図1に今回開発したGT 3 Dデジタルタイマ(以下、GT 3 Dと略す)の外観を示す。

GT 3 Dは、従来のGT 3 Aオールマルチタイマを基にして、ユーザのニーズを盛り込み、より高精度を図るために、高機能の新たなワンチップマイコンやLCD素子(液晶表示素子)を採用した。

### 2.1 ワンチップマイコン

GT 3 オールマルチタイマでは、マルチモード、マルチレンジを図り、かつ小型化するためにワンチップマイコンを採用している。さらに、ワンチップマイコンのセラミック振動子発振回路で作られるシステムロックをタイムベースとすることにより高精度を実現している。またワンチップマイコンに内蔵されているA/Dコンバータにより、時間設定つまみの設定値やレンジ、モード切換スイッチ(半固定可変抵抗器をスイッチとして使っている)などのアナログ値をデジタル値に変換し、処理している。

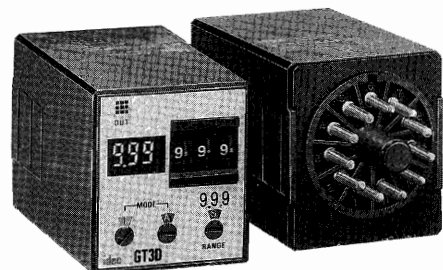


図 1

\* 1) 研究開発部 主任

\* 2) 研究開発部

\* 3) 研究開発部

GT 3 Dでは、これらの機能に加えて3桁のデジタルスイッチからの入力やLCD素子への出力のために、多入出力ポート仕様の4 BITワンチップマイコンを新たに採用した。

表1 ワンチップマイコンの特長を、図2 にブロック図を示す。

2.2 A/Dコンバータ

各モード、レンジ切換スイッチは、GT 3 オールマルチタイマと同様に半固定可変抵抗器を使用している。半固定可変抵抗器により分圧されたアナログ値をA/Dコンバータで8ビットのデジタル値に変換し、プログラムにより6分割して設定値として処理している。

また、設定値はプログラムにより数ミリ秒ごとに更新されている。もし、ノイズなどの外乱により誤った値を読み込んだ場合でも、すぐに正常な値に修正されてタイマの動作に大きな影響を与えないようになっている。

2.3 発振回路

発振回路には500KHzのセラミック振動子を用い、それから得られる基本クロックをワンチップマイコンのインターバルタイマで分周し、動作時間の基本となるタイムベースを作っている。

表2 は、セラミック振動子の特性を示す。

表1

CMOS 1チップ 4ビット マイクロコンピュータ	
インストラクション	: 67種類
インストラクションサイクル	: 4 $\mu$ S/500kHz
プログラムメモリ	: 4096 $\times$ 8ビット
データメモリ	: 160 $\times$ 4ビット
ベクタ割り込み機能	: 外部1 内部2
入出力ポート	
	入力 : 8本
	出力 : 6本
	入出力 : 16本
8ビット、タイマ/イベント、カウンタ	
8ビット逐次比較式A/Dコンバータ	
	アナログ入力 : 4本
	変換時間 : 36 $\mu$ S
8ビットシリアルインタフェース	
大電流出力ポート	: 8本

表2

発振周波数	500kHz $\pm$ 0.5%
発振周波数温度特性	$\pm$ 0.3%以下 (-20 $^{\circ}$ C ~ 80 $^{\circ}$ C)
使用温度範囲	-20 $^{\circ}$ C ~ 80 $^{\circ}$ C
保存温度範囲	-40 $^{\circ}$ C ~ 85 $^{\circ}$ C
経時変化	500kHz $\pm$ 0.5以下 (10年)

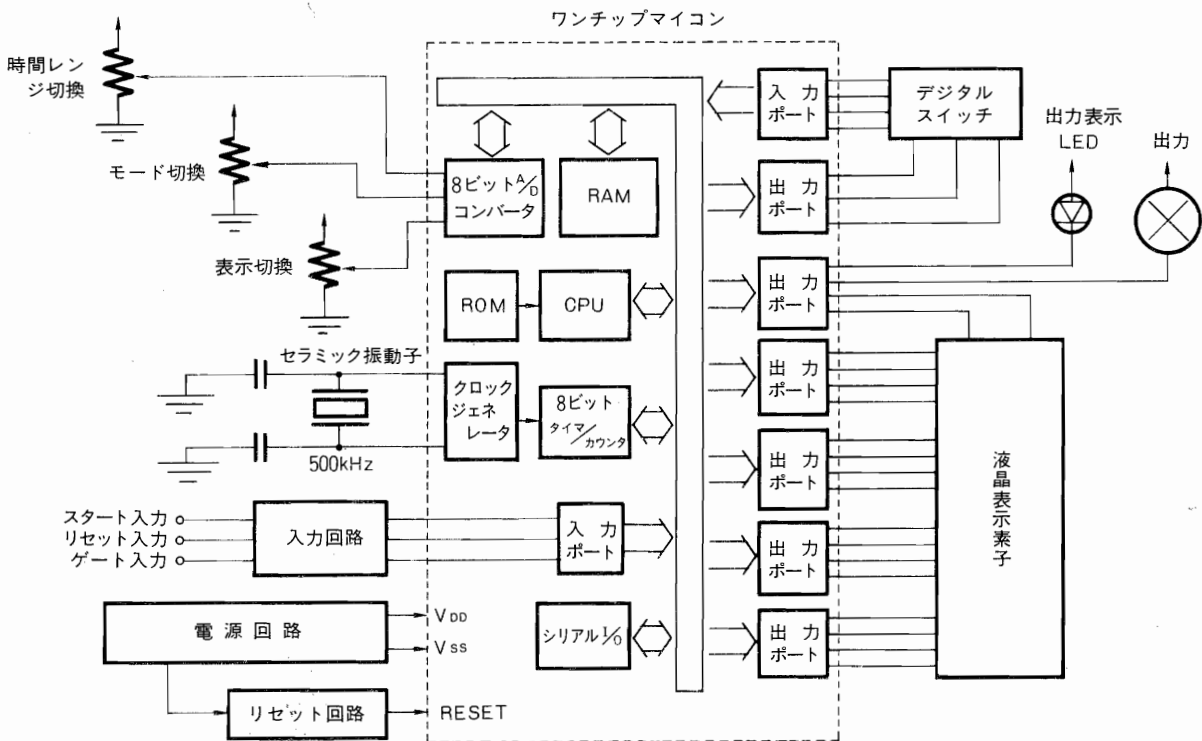


図2

## 2.4 バックライト付きLCD素子

限時動作中の時間経過表示方法は、7セグメントLED、LCD数字表示やLED、LCDバーグラフ表示などの方式がある。GT3Dでは、LCD数字表示方式を採用した。表示素子はネガティブ型LCD素子としてこれに赤色LEDによるバックライトを付けて視認性を良くしている。LCD素子を採用した理由は、LED数字表示モジュールに比べて、消費電力が少なく、形状が小さいからである。また、バックライトLEDに赤色を採用した理由は、明るい場所では緑色より視認性が良いことと、電流が少なくてもある程度の輝度が得られるためである。さらに、一般的なポジティブ型ではなく、数字セグメント部分だけが光を透過するネガティブ型を採用し、セグメント以外の部分にブラックマスクを施すことにより、セグメント以外の部分とのコントラストを高め、より視認性を良くすることができた。

図3にネガティブ型LCD素子とバックライトの概略図を示す。

## 2.5 LCDコントローラ/ドライバ

GT3Dで採用しているワンチップマイコンは、コストダウンの為にLCDコントローラ/ドライバ回路を内蔵していない。ワンチップマイコンに限ったことではないが、一般的に半導体はチップサイズでコストが左右されるため、LCDコントローラ/ドライバ回路を内蔵したワンチップマイコンはチップサイズが大きくなりコストアップとなる。そのため汎用の出力ポートを利用して、プログラムによってコモン信号とセグメント信号を作り、LCD素子用出力にした。GT3Dでは、信号の作り易さから、1/2バイアス法の2時分割方式を採用している。まず、動作時間の基本となるタイムベースを利用してLCDクロックを作り、フレーム周期を決定する。このLCDクロックのタイミングで、3本の出力ポートを制御して2本のコモン信号を作る。コモン信号は2本の出力ポートを抵抗分割して得られた電圧で作られる。同時に、表示数字に対応したデータをデータ領域から呼び出して、セグメント信号として出力する。

表3にLCD素子の駆動条件を示す。

図4に分割抵抗によるコモン信号の構成を示す。

図5に1/2バイアス法のコモン信号波形を示す。

図6に2時分割方式LCD素子の結線を示す。

## 2.6 デジタルスイッチ

最近のデジタルタイマでは、時間設定スイッチとしてキースイッチが多く採用されている。これは、形状が小さく、構造が簡単になり、比較的安価であるという理由

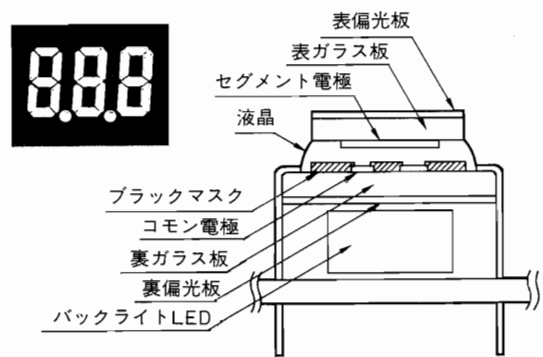
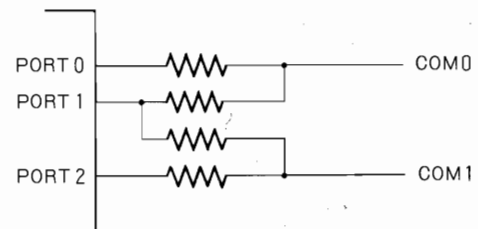


図3

表3

駆動電圧	4.6V	
デューティ	1/2	
バイアス	1/2	
交流印加電圧	12V	1時間以内
直流印加電圧	0.5V	100時間以内



PORT 0	H	L	L	H
PORT 1	H	H	L	L
PORT 2	L	H	H	L
COM 0	$V_{DD}$	$1/2 V_{DD}$	$V_{SS}$	$1/2 V_{DD}$
COM 1	$1/2 V_{DD}$	$V_{DD}$	$1/2 V_{DD}$	$V_{SS}$

図4

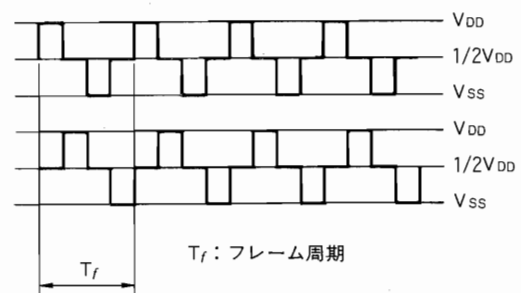


図5

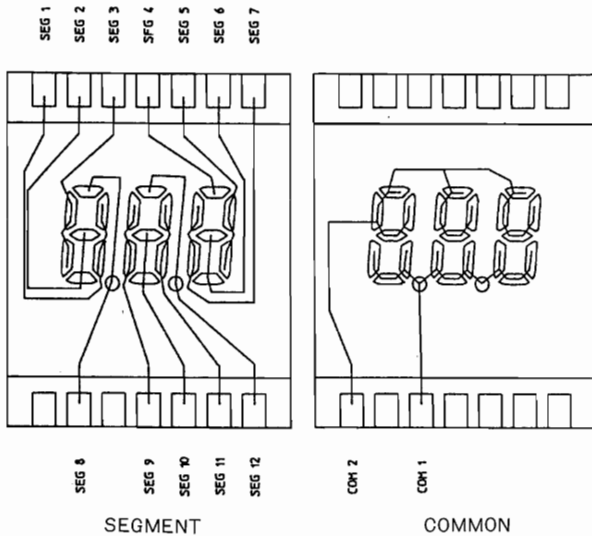


図6

によるものと思われる。しかし次の欠点もある。

1. ひとつのキースイッチにいくつかの役割を持たせてキースイッチの数を少なくした場合、操作方法が難しくなる。
2. ひとつのキースイッチがいくつかの役割を持っている場合、設定するのにキースイッチを何度も押さなければならない。
3. 設定しているときに設定値を行き過ぎた場合、戻すことが出来ない。たとえば時間設定を行う場合はさらに9回もキースイッチを押さなければ

ばならない。

(設定値が一方向にしか変化しないため。)

GT 3 Dでは、操作性を重視して時間設定スイッチにデジタルスイッチを採用した。デジタルスイッチは、キースイッチに比べて、コストアップとなるが次の多くの利点がある。

1. 設定操作方法が誰でも一目でわかり簡単に設定できる。
2. 設定しているときに設定値が行き過ぎても簡単に戻すことが出来る。
3. 設定値の表示が確認し易い。
4. 任意の桁から設定できる。
5. 手や物がふれた程度では設定値が変わらない。

### 2.7 出力表示灯

GT 3 Dは、出力状態を表示するためにOUT表示LEDを備えている。この表示灯は、時間経過表示LCD素子とは独立した位置に配置されている。そのため、離れた位置からでも一目で出力の状態が確認できるようになっている。

### 3. GT 3 Dデジタルタイマの機種と特長

今回開発したGT 3 Dデジタルタイマの機種の一覧表を表4に示す。また、各切換スイッチの配置を示した正面

表4. GT3D機種一覧表

型番	① GT 3 D-1 ② GT 3 D-2 ③ GT 3 D-3	GT 3 D-4	GT 3 D-7	GT 3 D-8	GT 3 D-1 T	GT 3 D-4 T
動作モード 仕様	オンディレー インターバル フリッカ フリッカオン	オンディレー/フリッカ/インターバルオン/ ワンショットフリッカ/ワンショット2種/ワンショ ットオンディレー/信号オンオフディレー3種/ 信号オフディレー2種		ワンショット出力 オンディレー-1 フリッカ オンディレー-2	GT 3 D-1 と同じ	GT 3 D-4 と同じ
入力	なし	スタート、リセット、ゲート				
時間仕様	0.01秒~99.9時間					
端子数	8ピン	11ピン			8ピン	11ピン
接点構成	① 限時1c ② 限時1c瞬時1C ③ 限時2c	限時2C	限時2C 1C	限時2C	無接点トランジスタ出力1回路	
出力	①② AC250V:3A DC30V :1A	AC240V/DC24V : 5A ③も同じ			DC28V : 100mA	
機械的寿命	①② 1000万回以上	500万回以上 ③も同じ			_____	
電機的寿命	①② 5万回以上	10万回以上 ③も同じ			_____	
定格電圧	AC100~240V (50/60Hz) フリー電源 AC24V (50/60Hz)、DC24V					

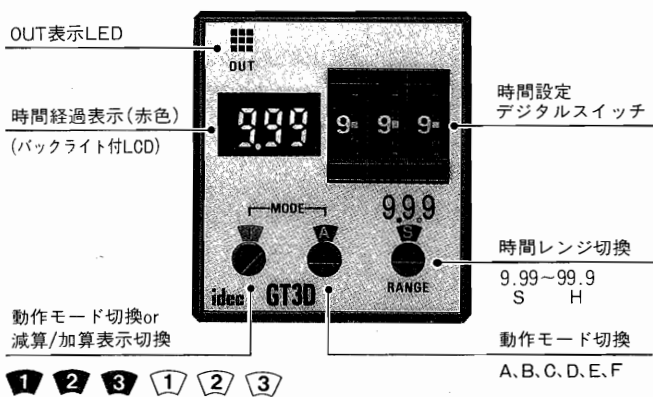


図 7

図を図7に示す。

### 3.1 マルチ時間レンジ

GT3Dでは、9.99秒から99.9時間までの6種類の時間仕様がある。これらは時間レンジ切換スイッチにより選択できる。時間レンジ切換スイッチをドライバなどで回すことにより「999」の小数点表示が移動し、表示窓に時間レンジに対応した時間単位が表示される。

表5に時間仕様と表示記号を示す。

### 3.2 マルチ動作モード

GT3D-1, GT3D-2, GT3D-3は、4動作モードマルチ仕様、GT3D-4, GT3D-7は、16動作モードマルチ仕様となっている。これらの動作モードは、動作モード切換スイッチにより選択できる。4動作モードマルチの場合は一つ、16動作モードの場合は二つの動作モード切換スイッチをドライバなどで回すことにより表示窓に動作モード記号が表示され、この記号または、この記号と数字の組み合わせにより動作モードを選択する。

表6に動作モードと動作モード記号を示す。

### 3.3 時間経過表示

GT3Dの時間経過表示機能は、減算表示と加算表示があり、減算/加算表示切換スイッチにより選択できる。減算/加算表示切換スイッチをドライバなどで回すことにより表示窓に数字が表示される。表示が白抜き数字の場合は減算表示になり、黒抜き数字の場合は加算表示になる。

表7に減算/加算表示と表示数字記号を示す。

### 3.4 ワンショット出力タイプ

GT3D-8は、従来のGT3オールマルチタイマにはない動作モードのタイマである。設定された動作時間を経

表5

表示記号	時間レンジ
9.99 S	0.01秒 ~ 9.99秒
99.9 S	0.1秒 ~ 99.9秒
999 S	1秒 ~ 999秒
99.9 M	0.1分 ~ 99.9分
999 M	1分 ~ 999分
99.9 H	0.1時間 ~ 99.9時間

表6

表示記号	動作モード
1 - A	オンディレー
1 - B	インターバルオン
1 - C	フリッカ
1 - D	フリッカオン
2 - A	オンディレー
2 - B	フリッカ
2 - C	信号オン/オフディレー
2 - D	信号オフディレー
2 - E	インターバルオン
2 - F	ワンショットフリッカ
3 - A	信号オン/オフディレー
3 - B	信号オフディレー
3 - C	ワンショット
3 - D	ワンショットオンディレー
3 - E	ワンショット
3 - F	信号オン/オフディレー

表7

表示記号	減算/加算表示
1 2 3	減算
1 2 3	加算

過後に、別に設定されたワンショット出力時間だけ出力した後に復帰する。0.1秒から50秒まで6種類のワンショット出力時間があり、ワンショット出力時間切換スイッチにより選択する。また、3種類の動作モードがあり、動作モード切換スイッチにより選択する。

表8にワンショット出力時間と表示記号を示す。

表9に動作モードと表示記号を示す。

### 3.5 その他

GT3Dでは、有接点出力の他に無接点トランジスタ出力タイプも用意している。GT3D-1を無接点出力にしたものがGT3D-1Tである。また、GT3D-4を無接点出力にしたものがGT3D-4Tである。

さらに、エコノミタイプとして、時間経過表示機能のないタイプも用意した。

図8にエコノミタイプの正面図を示す。

表8

表示記号	ワンショット出力時間
A	0.1秒
B	5秒
C	1秒
D	5秒
E	10秒
F	50秒

表9

表示記号	動作モード
1	オンディレー1
2	フリッカ
3	オンディレー2

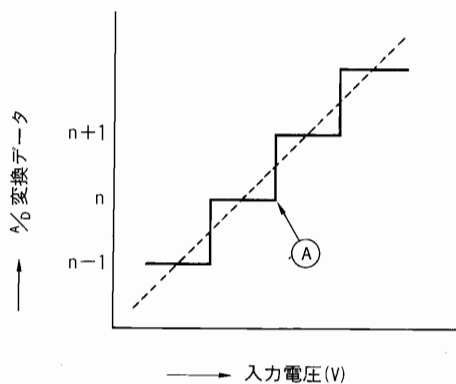


図9

きのみとなる。プログラムのタイミングのばらつきは100  $\mu$ sec以下と小さいためセラミック振動子の特性だけと考えるとよい。GT 3 Dの高精度はセラミック振動子の安定した特性(表2)により実現することが可能となった。

さらに、GT 3 オールマルチタイマでは時間設定ボリュームを設定つまみで回すことにより動作時間をセットする構造になっており、設定ボリュームと設定つまみの構造的な問題、設定ボリュームの直線性の問題、操作する人間の個人差の問題などにより、比較的大きなセット誤差が生じる。設定時間は、実際では、調整してセットされるためにあまり問題はないが、設定時間の変更が複数の人間によって、頻繁に行われる場合は問題になってくる。

GT 3 Dでは、設定時間をデジタルスイッチで設定することにより、根本的に上記のような問題は発生しないので、GTオールマルチタイマと比べて非常に小さいセット誤差を実現することができた。GT 3 Dのセット誤差(設定した値と実際の動作時間との誤差)が発生する要因は、基本クロックを作り出すセラミック振動子の発振周波数の誤差と基本クロックからタイムベースを作るプログラムの誤差である。プログラムの誤差はセラミック振動子の発振周波数の誤差よりも充分小さいので、発振周波数の誤差だけとなる。

また、GT 3 Dでは設定値の通りに時間を計数するので「000」に設定すると直ちにタイムアップする。従って、動作モードによっては出力がまったく出ない場合がある。例えばインターバルモードの場合である。

表10にGT 3 オールマルチタイマとGT 3 Dの時間精度の比較を示す。

表10

型式	GT 3 A	GT 3 D
動作時間のバラツキ	$\pm 0.2\%$ , $\pm 10\text{ms}$	$\pm 0.3\%$ $\pm 50\text{ms}$
電圧誤差	$\pm 0.2\%$ , $\pm 10\text{ms}$	
温度誤差	$\pm 0.2\%$ , $\pm 10\text{ms}$	$\pm 0.5\%$ $\pm 50\text{ms}$
セット誤差	$\pm 10\%$ 以内	

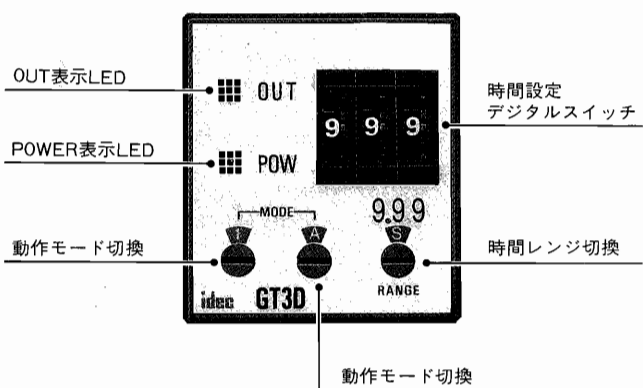


図 8

#### 4. 時間精度

従来のGT 3 Dオールマルチタイマの時限ルーチンは、セラミック振動子から得た基本クロックを分周して作ったタイムベースを、時間設定用可変抵抗器から得たアナログ値をデジタル値に変換した値だけカウントする方法をとっている。この方法では、アナログ値をデジタル値にA/D変換したときの量子化誤差(図9のA点付近に設定した場合に、デジタル値が階段の上の値をとる場合と下の値をとる場合で動作時間が変わってくる)により「動作時間のばらつき」が大きくなってしまいます。そのためGT 3 オールマルチタイマではA/D変換値の平均化と動作時間の平均化を行っている。

GT 3 Dでは、デジタルスイッチから各桁ごとのBCDコードを入力しているため、設定値が変化することはない。また、同様の理由により、温度や電圧の変動によって設定値が変化することもない。よってGT 3 Dの「動作時間のばらつき」、「電圧誤差」、「温度誤差」の要因は、セラミック振動子の特性とプログラムのタイミングのばらつ

●動作時間のばらつき

$$\pm \frac{1}{2} \times \frac{\text{動作時間の(最大値-最小値)}}{\text{セット時間}} \times 100(\%)$$

●電圧誤差

$$\pm \frac{T_v - T_r}{T_r} \times 100(\%)$$

$T_v$  : 電圧Vにおける動作時間の平均値  
 $T_r$  : 定格電圧における動作時間の平均値

●温度誤差

$$\pm \frac{T_t - T_{20}}{T_{20}} \times 100(\%)$$

$T_t$  : 温度tにおける動作時間の平均値  
 $T_{20}$  : 基準温度(20℃)における動作時間の平均値

●セット誤差

$$\pm \frac{\text{動作時間の平均値}-\text{セット値}}{\text{セット値}} \times 100(\%)$$

動作時間のばらつきのデータを図10に、電圧誤差のデータを図11に、温度誤差のデータを図12に、それぞれ示す。

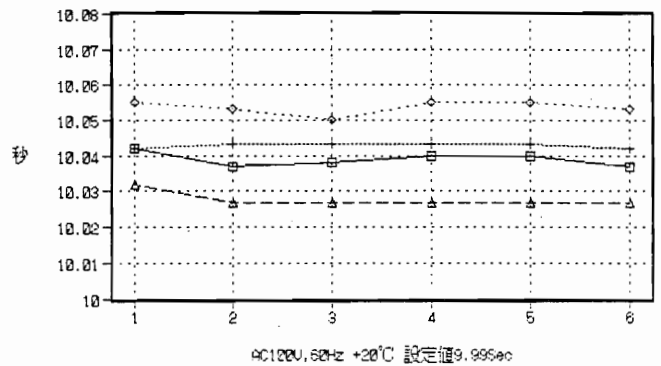


図 10

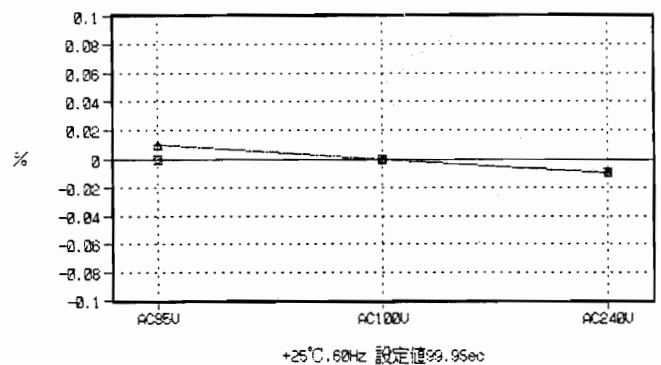


図 11

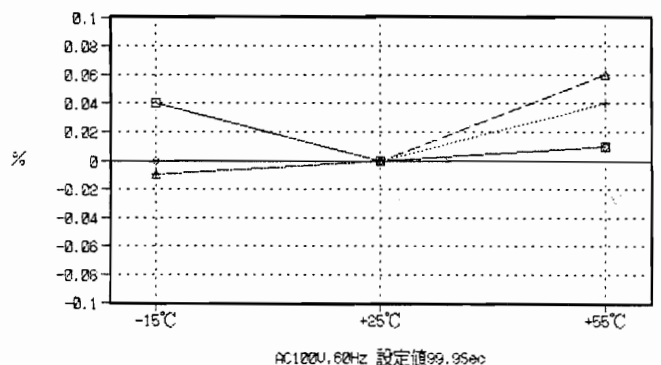


図 12

5. 信頼性

5.1 液晶表示素子の信頼性

液晶表示素子は、よく知られているように、高湿や衝撃に弱い性質がある。また、高温や低温の場合にはコントラスト比が悪くなり、応答時間が遅くなる特性がある。GT 3 Dは産業用タイマということもあり、高信頼性仕様の液晶表示素子を採用している。特に高温、高湿に対する信頼性を重視した仕様となっている。表11に液晶表示素子の信頼性に関する試験条件を示す。

6. おわりに

以上でGT 3 Dデジタルタイマの概要、特長、信頼性について紹介した。GT 3 Dタイマは、GT 3 オールマルチタイマの経験をもとにして、さらに特長のあるユニークなタイマになったと確信している。今後も、ユーザの多様なニーズに答えるような商品の開発に、より一層の力をいれていく所存である。

表11

保存温度範囲	-30~+85℃ 結露しないこと
動作温度範囲	-20~+80℃ 結露しないこと
高温保存試験	85℃、500時間
高温高湿保存試験	60℃、90%、500時間
低温保存試験	-30℃、500時間
熱衝撃試験	-10℃~+60℃、各30分毎10回

参考文献

日本電気株式会社半導体応用事業本部  
 4ビットシングルチップマイクロコンピュータデータブック