

制御性の高いマイコンカー創り

岐阜工業高校 内海 裕憲

これまでの取り組み

■ 大垣工業高校(高校生の部)

1年目 地区大会で何とか完走

2年目 滑り込みで全国大会出場

3年目 地区大会準優勝

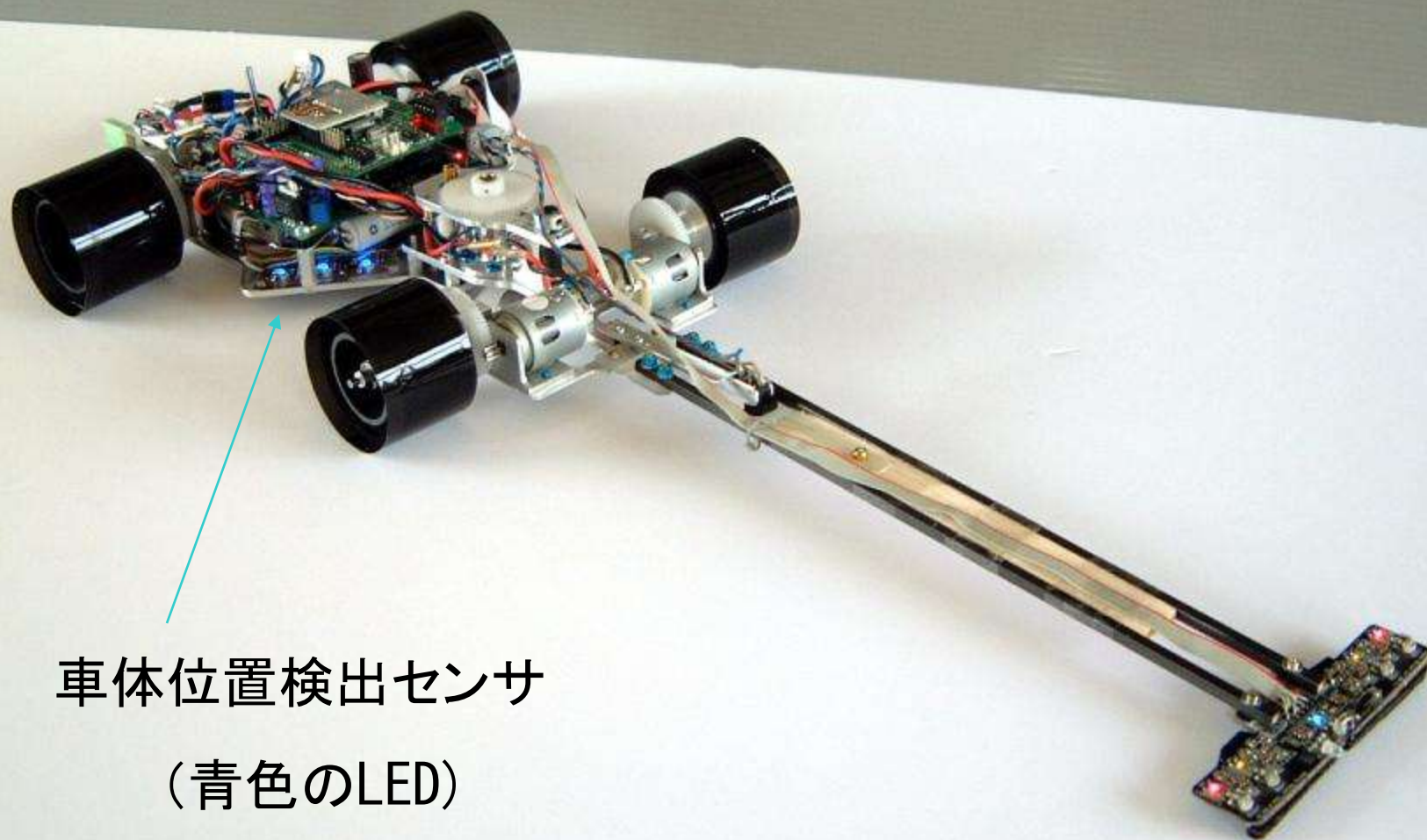
これまでの取り組み

■ 岐阜工業高校(一般の部)

4年目 地区大会初参加で優勝(東海大会)
 全国大会2回戦敗退

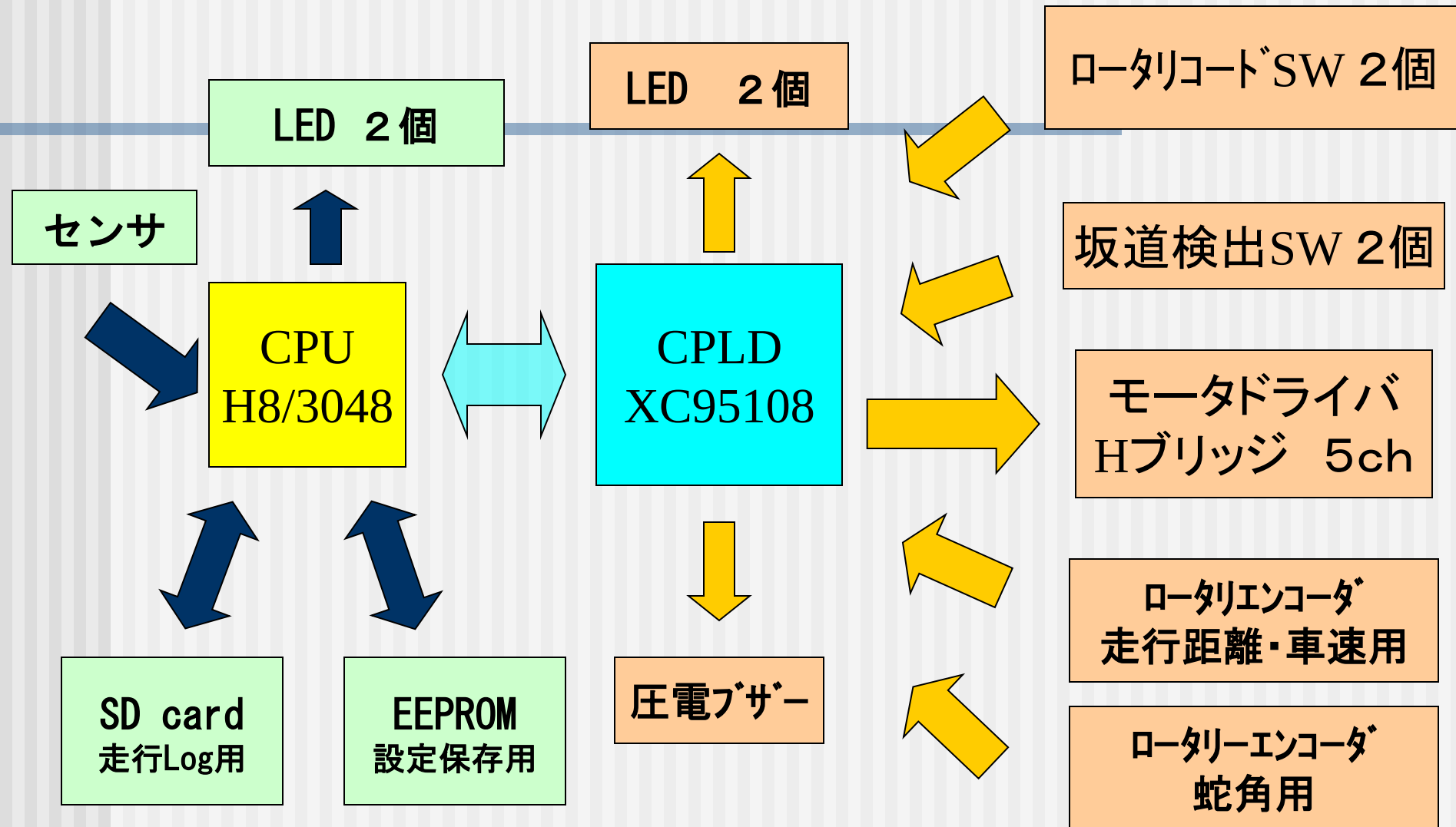
5年目 地区大会 準優勝(北信越大会)
 全国大会 二回戦コースアウト

6年目 地区大会 優勝(横須賀大会)
 全国大会 予選コースアウト

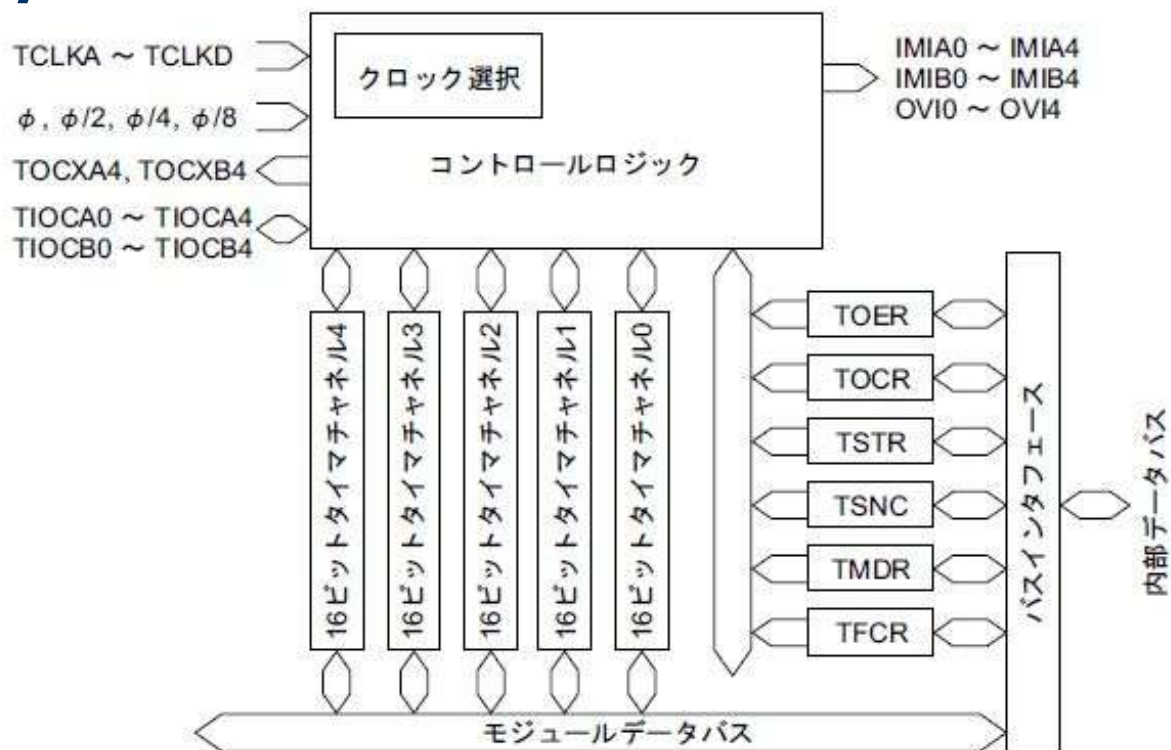


車体位置検出センサ
(青色のLED)

CPLD搭載基板



H8/3048 ITU



【記号説明】

- TOER: タイマアウトプットマスタイネーブルレジスタ (8ビット)
- TOCR: タイマアウトプットコントロールレジスタ (8ビット)
- TSTR: タイマスタートレジスタ (8ビット)
- TSNC: タイマシンクロレジスタ (8ビット)
- TMDR: タイマモードレジスタ (8ビット)
- TFCR: タイマファンクションコントロールレジスタ (8ビット)

5チャンネルでは
タイマーユニットが足りない

図 10.1 ITU のブロック図 (全体図)

本基板のカウンタ仕様

- PWM:モータ駆動回路に 5個
- 蛇角検出用に位相計数カウンタ 1個
- 走行距離・車速検出用カウンタ 1個

これらを5チャンネルのITUで実現するには？

ITUの使い方を工夫

- チャンネル3,4はペアで使うことで3つのPWMを出力できる
 - ・リセット同期PWMモード
 - ・相補PWMモード

相補PWMモード

10.4.6 相補 PWM モード

相補 PWM モードは、チャンネル 3、4 を組み合わせることにより、正相と逆相がノンオーバーラップの関係にある PWM 波形を 3 相出力します。

相補 PWM モードに設定すると、TIOCA3、TIOCB3、TIOCA4、TOCXA4、TIOCB4、および TOCXB4 端子は自動的に PWM 出力端子となり、TCNT3 と TCNT4 はアップ/ダウンカウンタとして機能します。

使用される PWM 出力端子を表 10.7 に、使用するレジスタの設定を表 10.8 に示します。

表 10.7 相補 PWM モード時の出力端子

チャンネル	出力端子	説 明
3	TIOCA3	PWM 出力 1
	TIOCB3	PWM 出力 1' (PWM 出力 1 とノンオーバーラップの関係にある逆相波形)
4	TIOCA4	PWM 出力 2
	TOCXA4	PWM 出力 2' (PWM 出力 2 とノンオーバーラップの関係にある逆相波形)
	TIOCB4	PWM 出力 3
	TOCXB4	PWM 出力 3' (PWM 出力 3 とノンオーバーラップの関係にある逆相波形)

相補PWMモード動作例

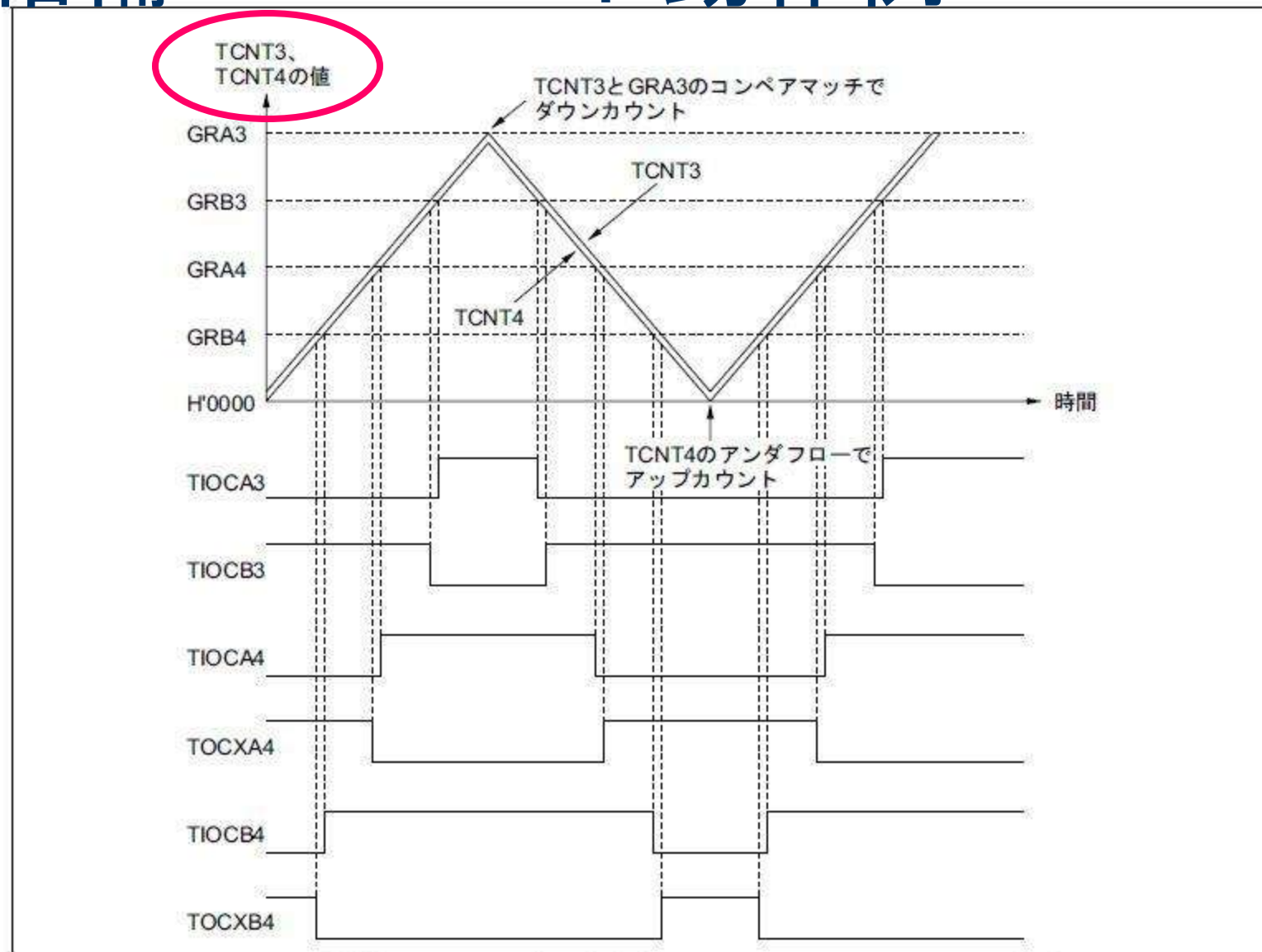


図 10.35 相補 PWM モードの動作例 (1) (OLS3=OLS4=1 の場合) ルネサステクノロジ ハードウェアマニュアルより

リセット同期モードについて

10.4.5 リセット同期 PWM モード

リセット同期 PWM モードは、チャンネル 3、4 を組み合わせることにより、一方の波形変化点が共通の関係となる PWM 波形（正相と逆相）を 3 相出力します。

リセット同期 PWM モードに設定すると、TIOCA3、TIOCB3、TIOCA4、TOCXA4、TIOCB4、および TOCXB4 端子は自動的に PWM 出力端子となり、TCNT3 はアップカウンタとして機能します。

使用される PWM 出力端子を表 10.5 に、使用するレジスタの設定を表 10.6 に示します。

表 10.5 リセット同期 PWM モード時の出力端子

チャンネル	出力端子	説 明
3	TIOCA3	PWM 出力 1
	TIOCB3	PWM 出力 1' (PWM 出力 1 の逆相波形)
4	TIOCA4	PWM 出力 2
	TOCXA4	PWM 出力 2' (PWM 出力 2 の逆相波形)
	TIOCB4	PWM 出力 3
	TOCXB4	PWM 出力 3' (PWM 出力 3 の逆相波形)

リセット同期モード動作例

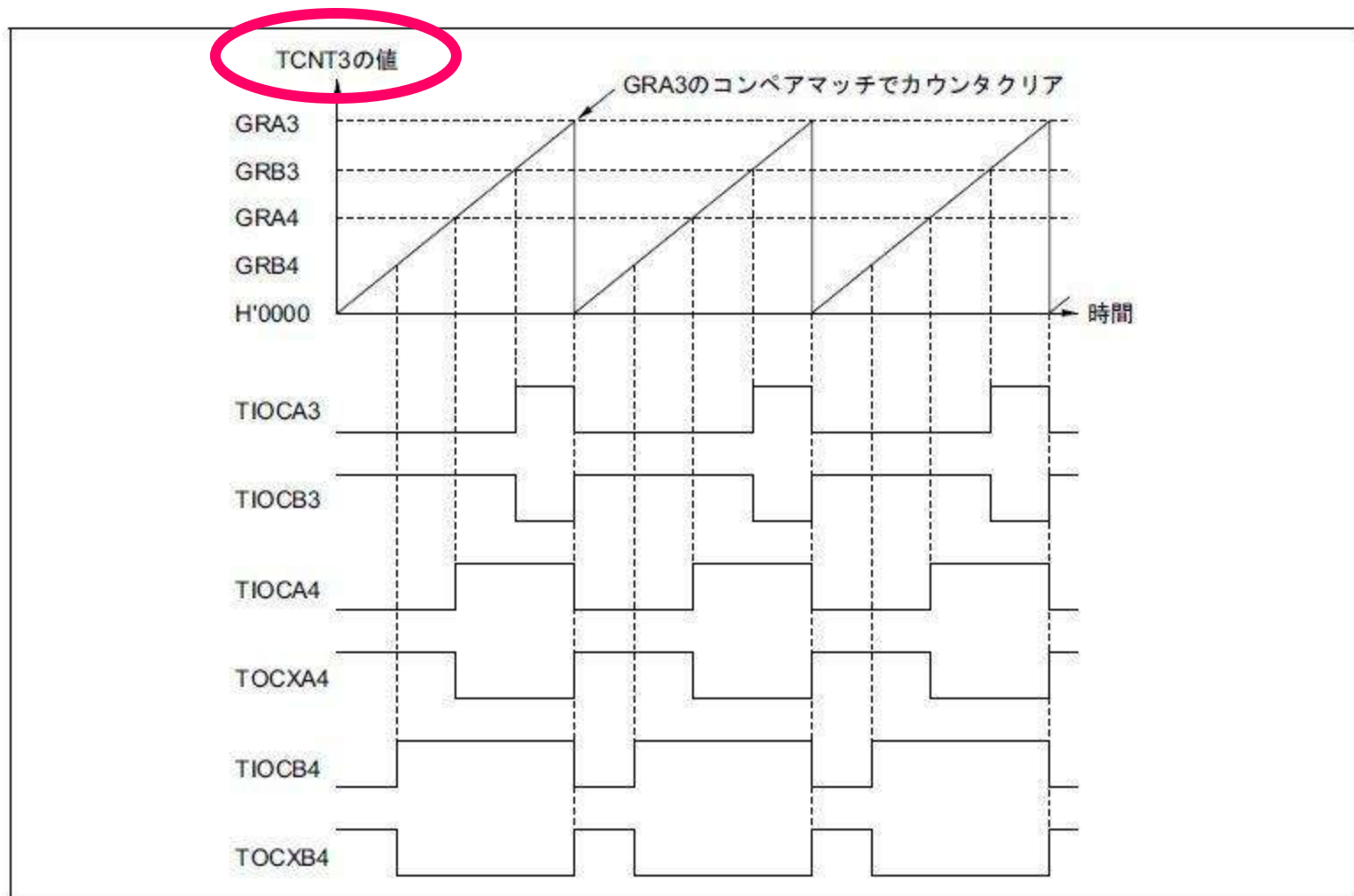


図 10.32 リセット同期 PWM モードの動作例 (OLS3=OLS4=1 の場合)

ITUの割付

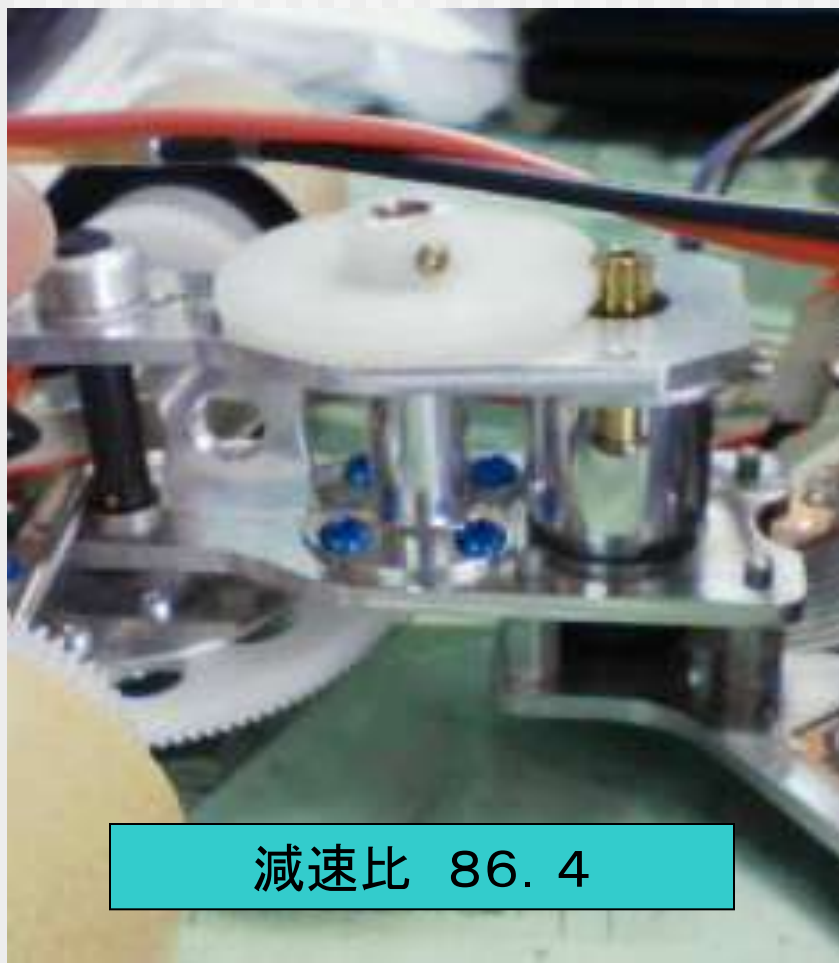
- チャンネル0 PWMモード モータ駆動用
- チャンネル1 PWMモード モータ駆動用
- チャンネル2 位相計数モード 蛇角検出
- チャンネル3・4 リセット同期モード

割り込み

PWM3本

独立動作CNT4を車速検出用

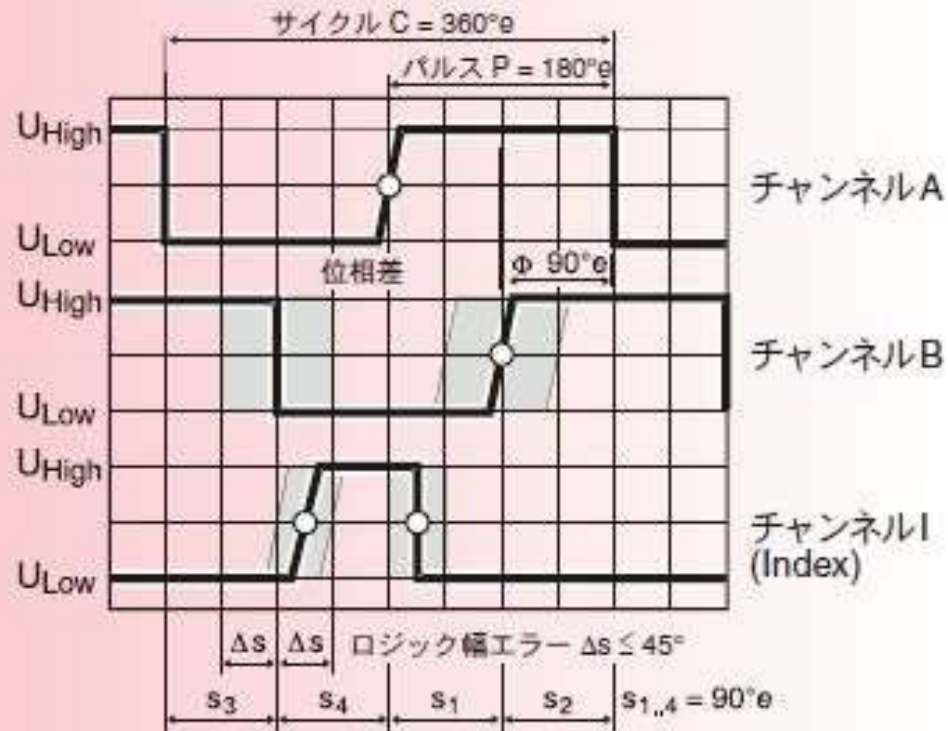
ステアリング用減速器



減速比 86.4

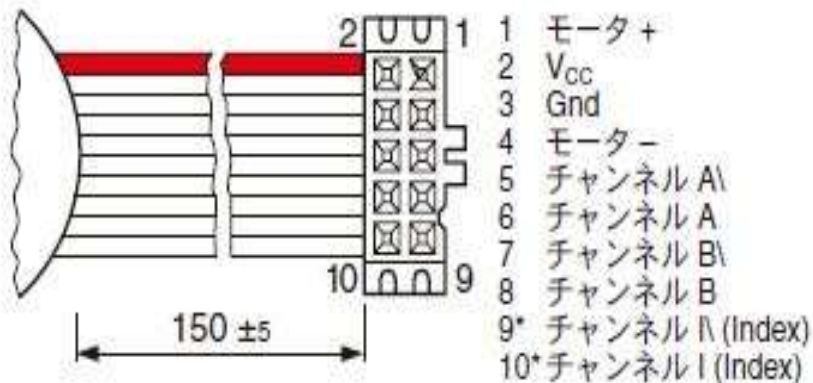
蛇角検出用エンコーダ

2/3チャンネル, ラインドライバ (5 mA)



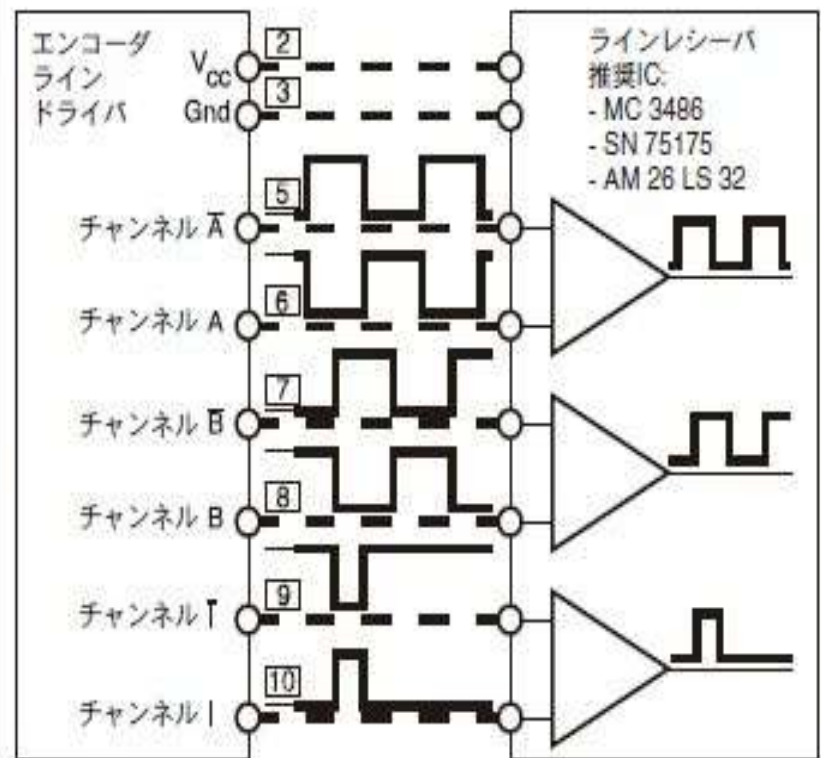
実際のエンコーダからの出力波形

ピン配置



DINコネクタ 41651
 フラットケーブル AWG 28
 * 3チャンネル品のみ

接続例



2006年4月版 / 仕様は変更されることがあります

H8/3048 位相計数動作

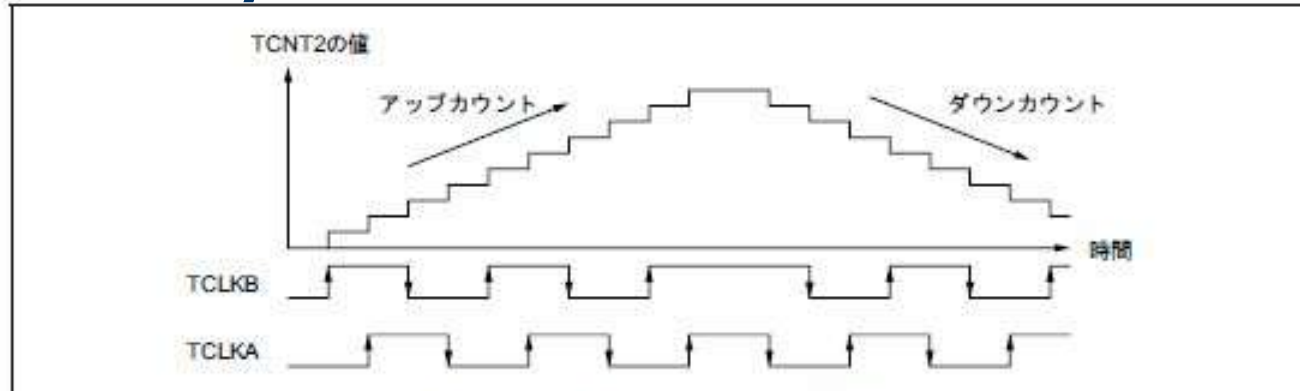


図 10.44 位相計数モードの動作例

表 10.9 アップ/ダウンカウント条件

カウント方向	アップカウント				ダウンカウント			
TCLKB	↑	High	↓	Low	High	↓	Low	↑
TCLKA	Low	↑	High	↓	↓	Low	↑	High

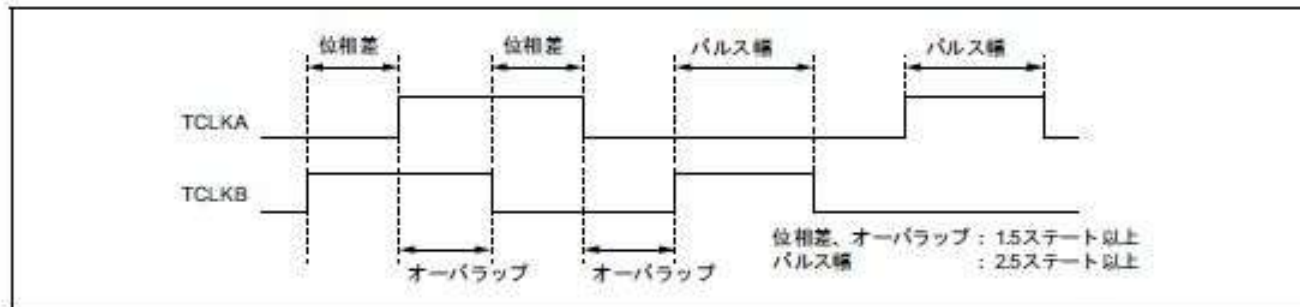


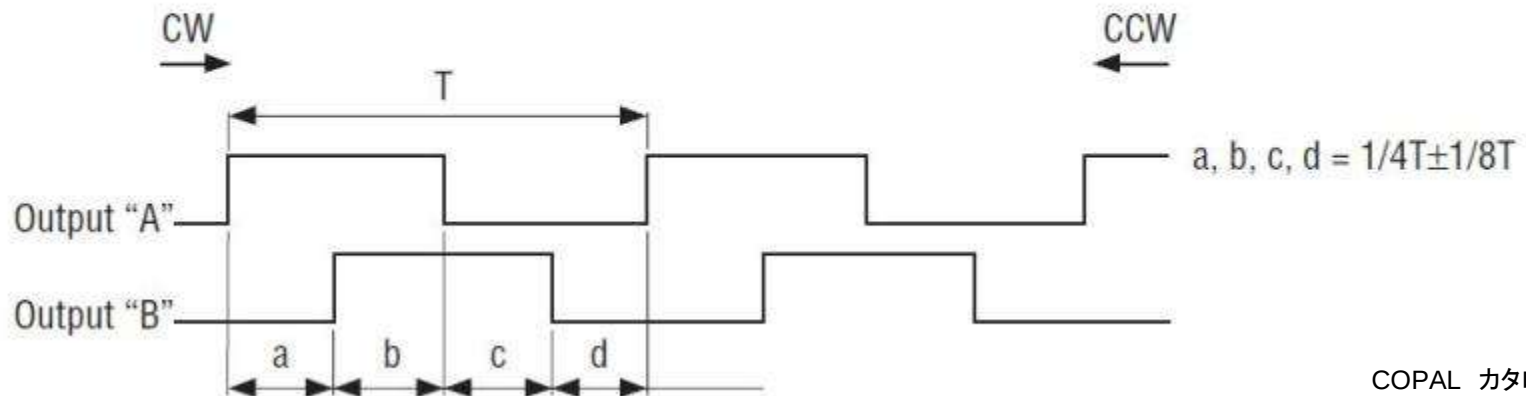
図 10.45 位相計数モード時の位相差、オーバーラップおよびパルス幅

操舵角検出カウンタについて

- 減速比 86.4
- エンコーダの分解能
モータ1回転あたり128パルス
- 位相計数カウンタで4逓倍
モータ1回転あたり512パルス
- 操舵1度あたり 約122パルス
($512 \times 86.4 \div 360$)

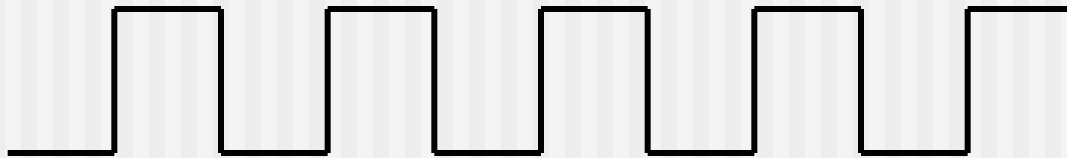
走行距離・車速検出エンコーダ

■出力 OUTPUT



COPAL カタログより

CPLDで
XORを取る



FETゲートドライブ回路

- キットではデジタルトランジスタを使用
安価であるが電流があまり流せない
- 制御周期を短くするためにPWM周期も上げたい！！

FETを高速にスイッチングする必要があるが
デジタルトランジスタでは容量不足である

ゲートドライバの電流容量

-例- TC4426A

DC CHARACTERISTICS

Electrical Specifications: Unless otherwise noted, $T_A = +25^\circ\text{C}$ with $4.5\text{V} \leq V_{DD}$					
Parameters	Sym	Min	Typ	Max	Units
Input					
Logic '1', High Input Voltage	V_{IH}	2.4	—	—	V
Logic '0', Low Input Voltage	V_{IL}	—	—	0.8	V
Input Current	I_{IN}	-1.0	—	+1.0	μA
Output					
High Output Voltage	V_{OH}	$V_{DD} - 0.025$	—	—	V
Low Output Voltage	V_{OL}	—	—	0.025	V
Output Resistance	R_O	—	7	10	Ω
Peak Output Current	I_{PK}	—	1.5	—	A

-例- キット使用品

●絶対最大定格 ($T_a=25^\circ\text{C}$)

Parameter	Symbol	Limits					Unit
		DTC114EB	DTC114EM	DTC114EE	DTC114EUA	DTC114EKA	
電源電圧	V _{CC}	50					V
入力電圧	V _{IN}	-10~+40					V
出力電流	I _O	50					mA
	I _{C(Max.)}	100					
許容損失	P _D	150			200		mW
接合部温度	T _j	150					°C

入力容量の違い

2SJ530(L).

Electrical Characteristics (Ta = 25°C)

Item	Symbol	Min	Typ	Max	Unit	Test Cond
Drain to source breakdown voltage	$V_{(BR)DSS}$	-60	—	—	V	$I_D = -10mA$
Gate to source breakdown voltage	$V_{(BR)GSS}$	± 20	—	—	V	$I_G = \pm 100\mu$
Zero gate voltage drain current	I_{DSS}	—	—	-10	μA	$V_{DS} = -60V$
Gate to source leak current	I_{GSS}	—	—	± 10	μA	$V_{GS} = \pm 16V$
Gate to source cutoff voltage	$V_{GS(off)}$	-1.0	—	-2.0	V	$I_D = -1mA$
Static drain to source on state resistance	$R_{DS(on)}$	—	0.08	0.10	Ω	$I_D = -8A, V_{GS} = 0$
Forward transfer admittance	$ y_{fs} $	6.5	11	—	S	$I_D = -8A, V_{GS} = 0$
Input capacitance	C_{iss}	—	850	—	pF	$V_{DS} = -10V$
Output capacitance	C_{oss}	—	420	—	pF	$V_{GS} = 0$
Reverse transfer capacitance	C_{rss}	—	110	—	pF	$f = 1MHz$

SP8M4

Symbol	Min.	Typ.	Max.	Unit
I_{GSS}	—	—	± 10	μA
降伏電圧 $V_{(BR)DSS}$	-30	—	—	V
I_{DSS}	—	—	-1	μA
ゲートしきい値電圧 $V_{GS(th)}$	-1.0	—	-2.5	V
ドレイン・ソース間オン抵抗 $R_{DS(on)}$	—	20	28	$m\Omega$
	—	25	35	
	—	30	42	
順伝達アドミタンス $ Y_{fs} $	6.0	—	—	S
入力容量 C_{iss}	—	2600	—	pF
出力容量 C_{oss}	—	450	—	pF
帰還容量 C_{rss}	—	350	—	pF
ターンオン遅延時間 $t_d(on)$	—	20	—	ns

PWM周期を上げるためには

- 入力容量の小さいFET
ON抵抗が大きくなる
電流容量が小さくなる
- 高速にスイッチングできるゲートドライバ
コストがかかる
スイッチング信号を工夫しなくてはならない

論理ICで信号を作るには？

- Hブリッジにはデッドタイムが必要
切り替え時に貫通電流が流れるため
- デッドタイム入りの回路を作るには
TypeS基板の約2倍必要(らしい)
- 効率よく実現するためには？
PLDの活用(CPLD・FPGA)

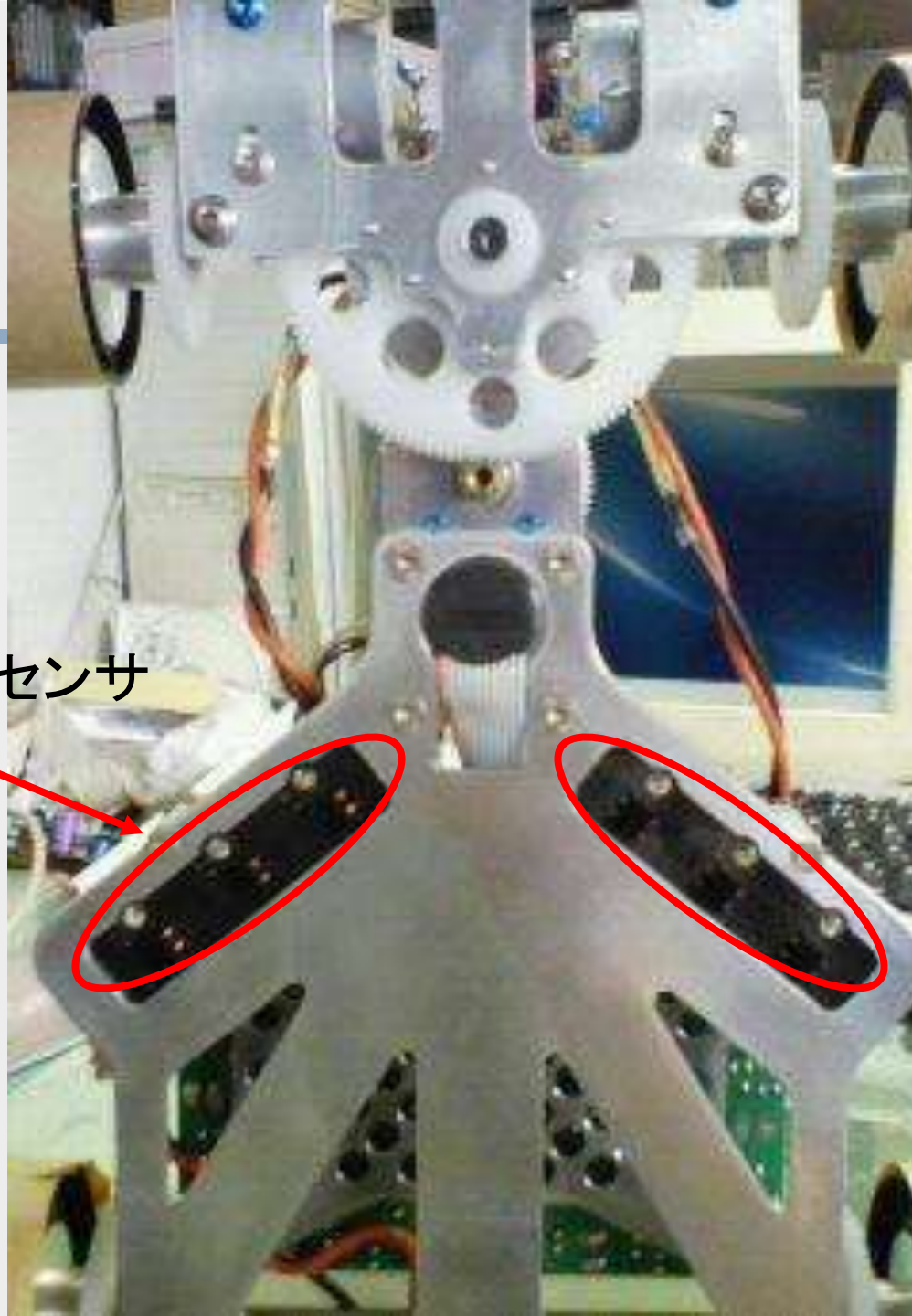
CPLD使用の利点

- 再合成可能な論理回路の集まり
実装後も何度でも回路を変更できる
- 言語で記述が可能
VHDLで記述
- 配置配線が自由に変更できる
マイコンの機能ピンのように考えなくて良い

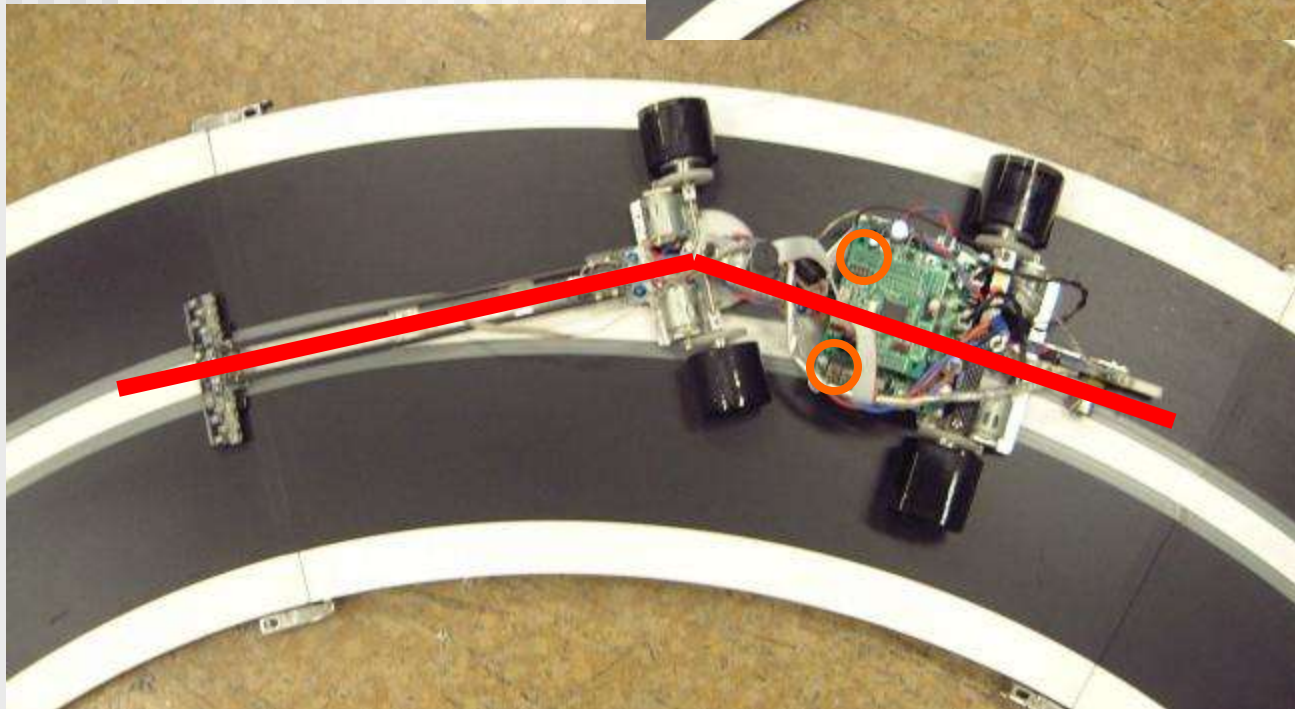
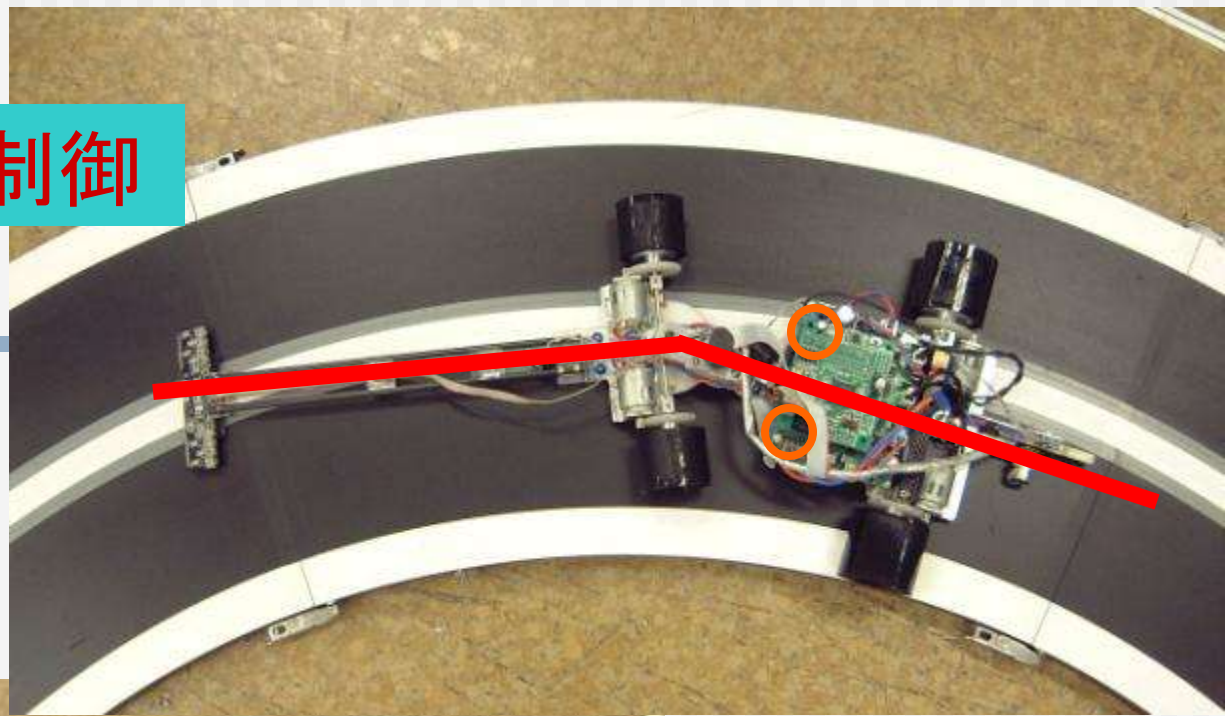
CPLDをどう使っているか

- デッドタイム生成・制御信号生成
カウンタを作りデッドタイムをカウントしている
変更が自由にできる
- 車速エンコーダの逡倍
分解能を上げる
- 坂検出スイッチのノイズ除去
- ブザー用発信回路

車体位置検出センサ



カーブでの出力制御



車体位置検出はどれくらい有効？

- 速く走らせるためには？？？
応答が悪く劇的な効果は望めない
- 走行ラインの確認には大変有効
パラメータを変更したときの結果が確認できる
- マーカースの確認が簡単
誤検出をキャンセルできる
- 制御の幅がでる

速度制御の方法

- 10[mS]毎に速度を評価すると
- $4\text{ [m/s]} \rightarrow 4\text{ [cm]}$ 進まないと更新されない！
- あまり短い時間だと誤差が大きくなる

パルスの積算方法を工夫する

- パルス数を積算するのは10 [mS]
- 更新するのは1 [mS]
- リングバッファという手法を使う

リングバッファとは？

- 1[mS]毎のパルス数を記録しておく
10[mS]分積算する
- 順次10[mS]前のカウントを減じて新しい1[mS]分のカウントを加算する

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----

速いマイコンカーの条件

- 抜けのないソフト
- 制御が出来るハードウェア
- 精度が高く壊れにくいメカ
- 経験と蓄積
- 結局は総合力

ご清聴ありがとうございました

岐阜工業高校
内海 裕憲