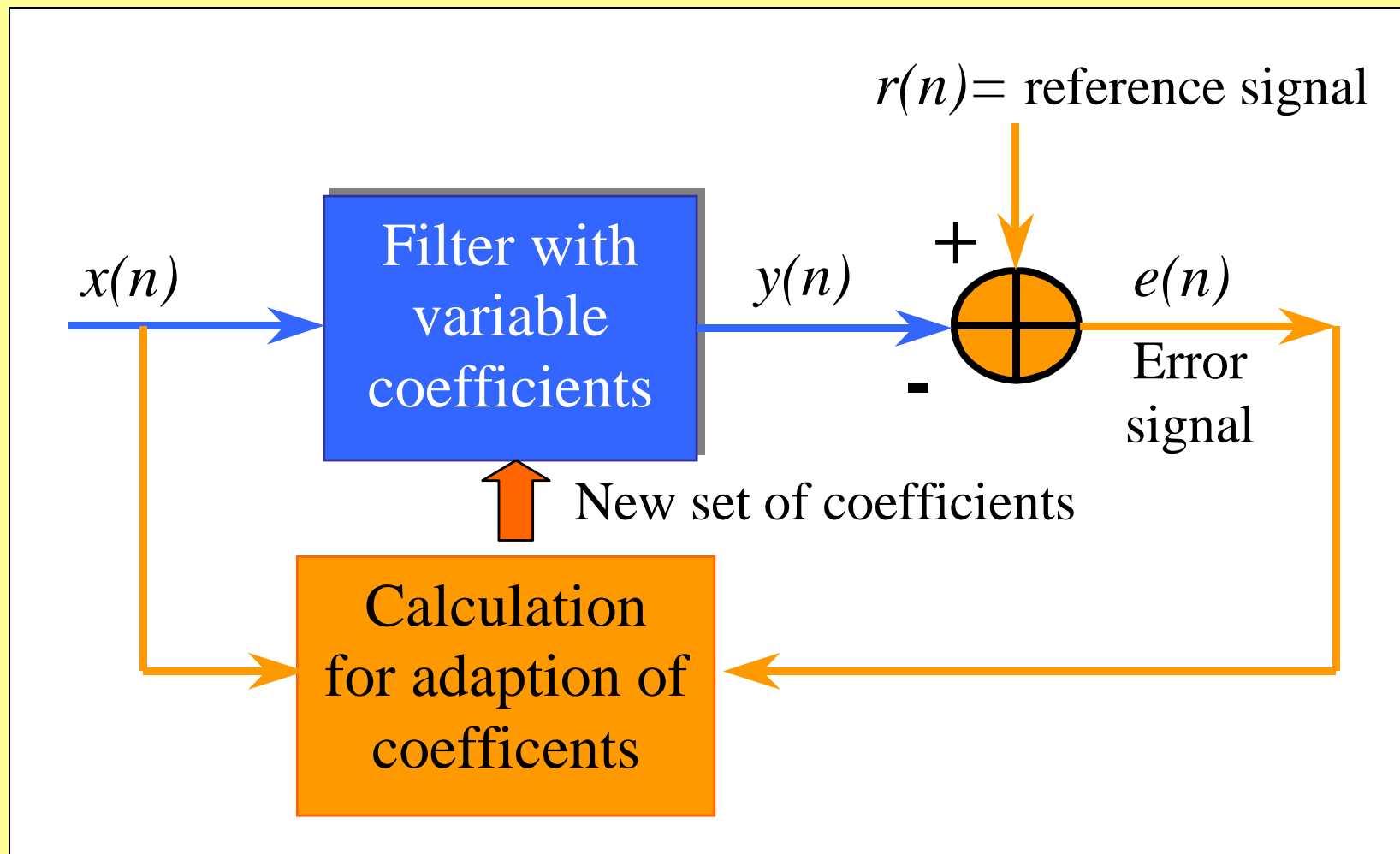


Filtracja adaptacyjna - podstawy

- ◆ **Współczynniki filtrów adaptacyjnych są zmiennymi w czasie w celu optymalizacji danego kryterium**
- ◆ **Powszechnym algorytmem dla filtrów adaptacyjnych jest algorytm LMS (Least Mean Square)**
- ◆ **Filtry adaptacyjne są implementowane zwykle jako FIR, które są strukturalnie stabilne**
- ◆ **Taka filtracja jest powszechnie stosowanym algorytmem**

Schemat blokowy układu filtracji adaptacyjnej



Rozwiązanie problemu metodą najmniejszych kwadratów – poszukujemy minimum

$$\text{FIR filter: } y_n = \sum_{i=0}^{N-1} b_i x_{n-i}.$$

$$e_n = r_n - y_n.$$

$$\text{Criterion } \min J = E(e_n^2).$$

$$\frac{\partial J}{\partial b_i} = 2E(e_n x_{n-i}) = 2E(r_n x_{n-i}) - 2 \sum_{k=0}^{N-1} b_k E(x_{n-k} x_{n-i}).$$

$$\text{Optimum : } \mathbf{R}_x \mathbf{b} = \mathbf{r}_{xr}$$

Algorytm LMS

- ◆ Poszukujemy minimum J od b :

$$\frac{\partial J}{2\partial b_i} = E(e_n x_{n-i}).$$

- ◆ Rozwiązanie iteracyjne

$$\forall i \in [0, N-1] b_i(n+1) = b_i(n) + \delta E(e_n x_{n-i}).$$

- ◆ Zbieżne gdy
krok adaptacji

$$|\delta| < \frac{2}{\lambda_{\max}}.$$

Wartość maks.
tablicy R_x

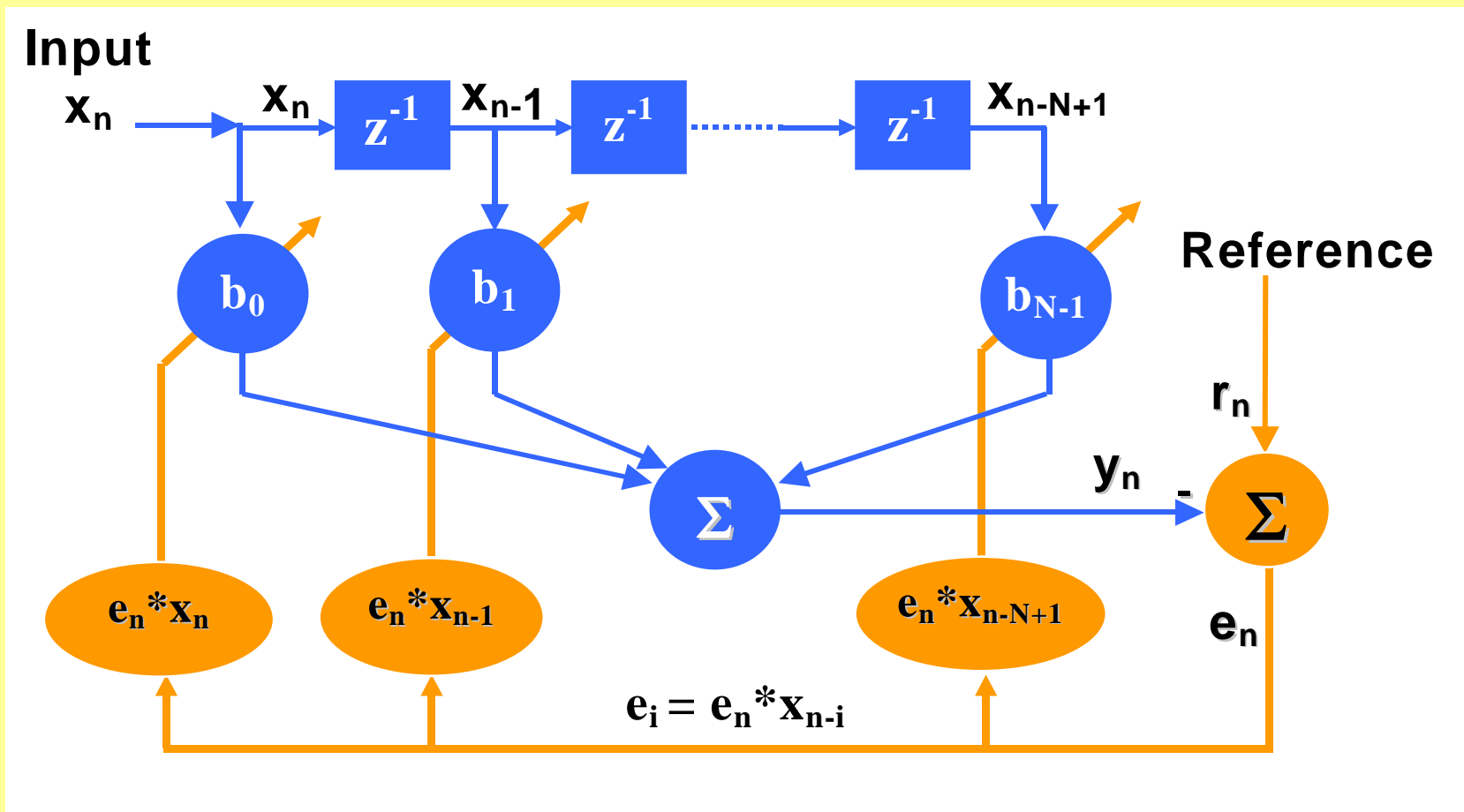
Algorytm LMS

- ◆ **Wartość średnia $E[e(n)x(n-i)]$ jest nieznana**
 - ◆ **W tym algorytmie wartość średnia jest zastępowana przez $e(n)x(n-i)$**
 - ◆ **Algorytm jest zbieżny gdy krok obliczeń jest wystarczająco mały**
 - ◆ **Nazwa algorytmu: LMS (Least Mean Square) lub Widrow algorithm:**

$$\forall i \in [0, N - 1] b_i(n + 1) = b_i(n) + \delta e_n x_{n-i}.$$

Algorytm LMS

- ◆ W każdym kroku algorytm LMS wykonuje:
 - ◆ filtruje sygnał wejściowy dla współcz. b_i
 - ◆ modyfikuje współcz. b_i



Algorytm LMS

◆ Równanie filtru FIR:

$$y_n = \sum_{i=0}^{N-1} b_i(n) x_{n-i}.$$

◆ Równanie aktualizacji współczynników:

$$\forall i \in [0, N-1] b_i(n+1) = b_i(n) + \delta e_n x_{n-i}.$$

$$\text{With: } e_n = r_{n-1} - y_{n-1}.$$

Realizacja stałoprzecinkowa

- ◆ **Gdy filtr LMS jest realizowany na procesorze sygnałowym stałoprzecinkowym:**

Dokładność obliczeń jest istotna gdy $\text{rnd}(e_i * x_{n-i})$ jest mniejsze niż stosowana dokładność obliczeń to nie ma filtracji adaptacyjnej

- ◆ **Zbieżność obliczeń zależy od:**

kroku δ : większy δ to szybsza zbieżność ale gorsza dokładność obliczeń

liczba współczynników N : błąd całkowity jest proporcjonalny do N

Kroki algorytmu LMS

- ◆ **Raz podczas wszystkich iteracji:**
 - ◆ oblicz błąd $e_n = r_n - y_n$
 - ◆ skaluj błąd przez krok adapt. δ : $e'_n = \delta e_n$.
- ◆ **Podczas wszystkich iteracji, dla każdego współczynnika b :**
 - ◆ mnoż błąd przez sygnał: $e_i = e'_n x_{n-i}$
 - ◆ mnoż $x_{n-i} b_i$ i zapamiętaj wynik
 - ◆ oblicz nowe współczynniki: $newb_i = b_i + e_i$
 - ◆ aktualizuj współczynniki: $b_i = newb_i$.

Filtr adaptacyjny LMS na PS C54x

- ◆ **Równania filtracji i aktualizacji współczynników:**
 - ◆ wykonywane dla każdego momentu n :

$$e_n = r_{n-1} - y_{n-1}.$$

$$y_n = \sum_{i=0}^{N-1} b_i(n) x_{n-i}.$$

$$\forall i \in [0, N-1] b_i(n+1) = b_i(n) + \delta e_n x_{n-i}.$$

Realizowane instrukcje LMS:

- ◆ $B = B + (b_i^* x_{n-i}); A = \text{rnd}(e_i + b_i)$

oblicza y_n i oblicza poprawione b_i w jednym kroku

operacja zaokrąglania jest istotna ponieważ δ może być bardzo małe

Filtr adaptacyjny LMS na PS C54x

- ◆ **Filtr LMS (FIR):**

- ◆ **2N cykli na zero/biegun.**

- ◆ **LMS Xmem, Ymem**

- ◆ **$(A) + (Xmem) \ll 16 + 2^{15} \rightarrow A$ (zaokrąglone)**

- ◆ **$(B) + (Xmem) \times (Ymem) \rightarrow B$**

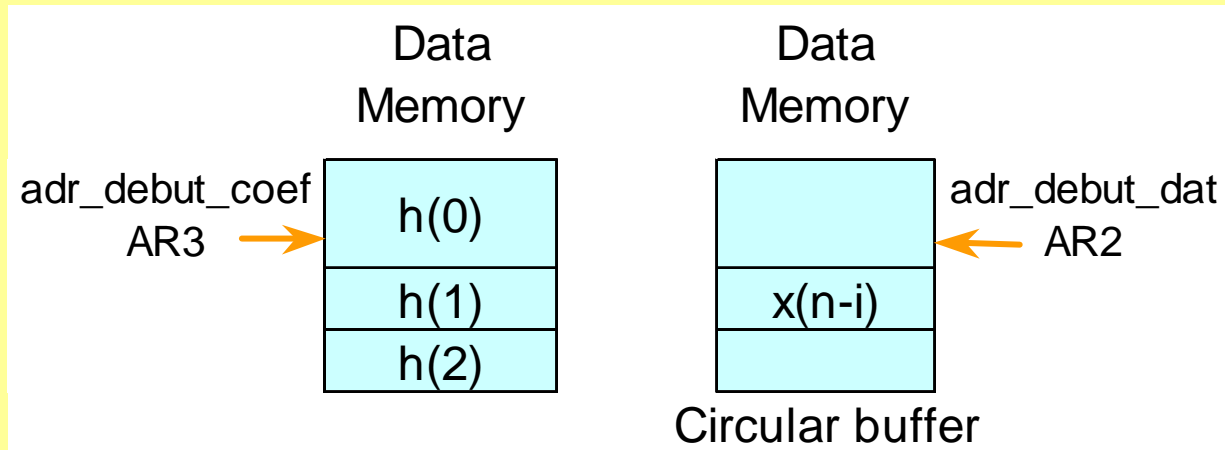
- ◆ **wykorzystuje obydwie ACCUs A i B.**

- ◆ **Xmem wskazuje na b_i , Ymem na x_{n-i}**

- ◆ **Dane x są zachowane w buforze cyklicznym.**

Przykład filtru adapt. LMS na PS C54x

- ◆ Definiuj 2 sekcje dla danych i współczynników



```
.mmregs
.global adr_debut_dat, adr_fin_dat
.global adr_debut_coef, adr_fin_coef

N          .set      32
adr_debut_dat .usect  "buf_data", N
adr_debut_coef .usect "buf_coef", N
```

Przykład filtru adapt. LMS na PS C54x

◆ Inicjalizacja

```
.text
* Initialization of BK, AR0, FRCT
  STM    #N, BK
  STM    #1, AR0
  SSBX   FRCT ←———— włącza tryb zaokrąglania
* Initialisation of AR2, AR3, AR0
  STM    #(adr_debut_dat), AR2
  STM    #(adr_fin_coef), AR3
  STM    #1, AR0
```

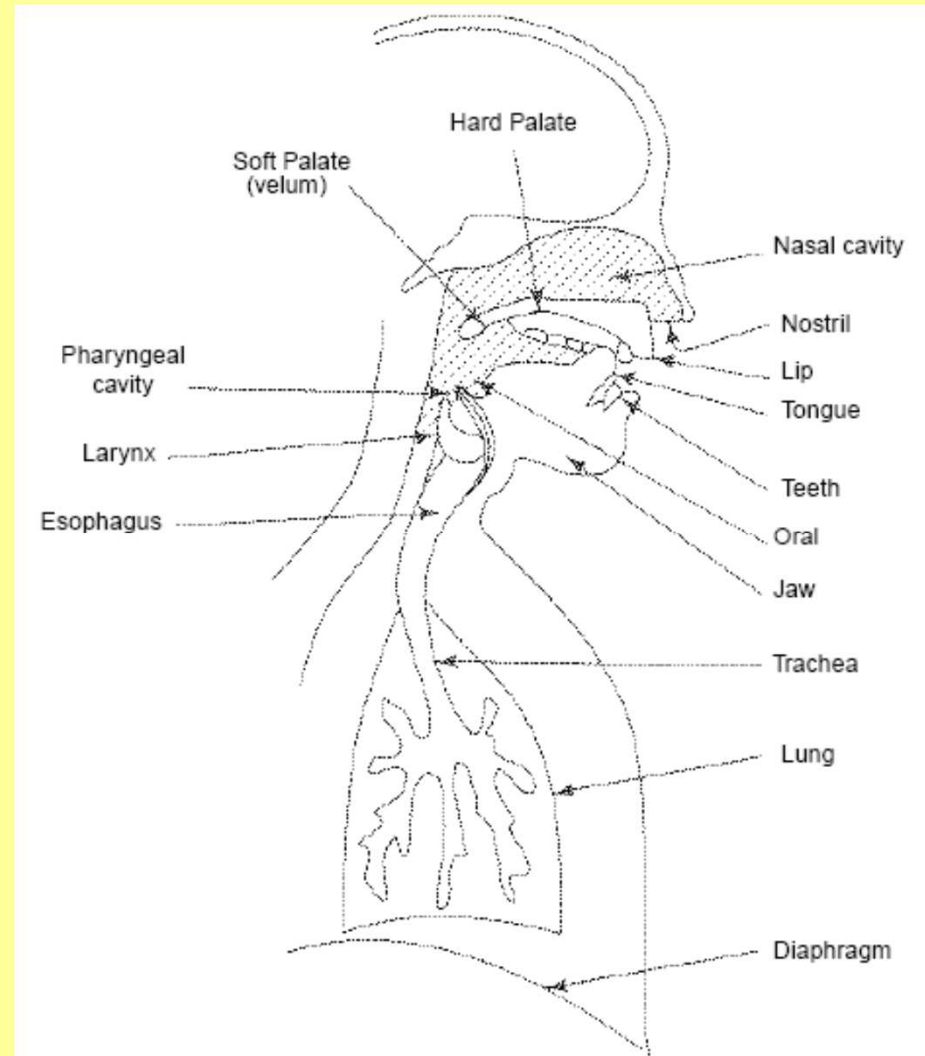
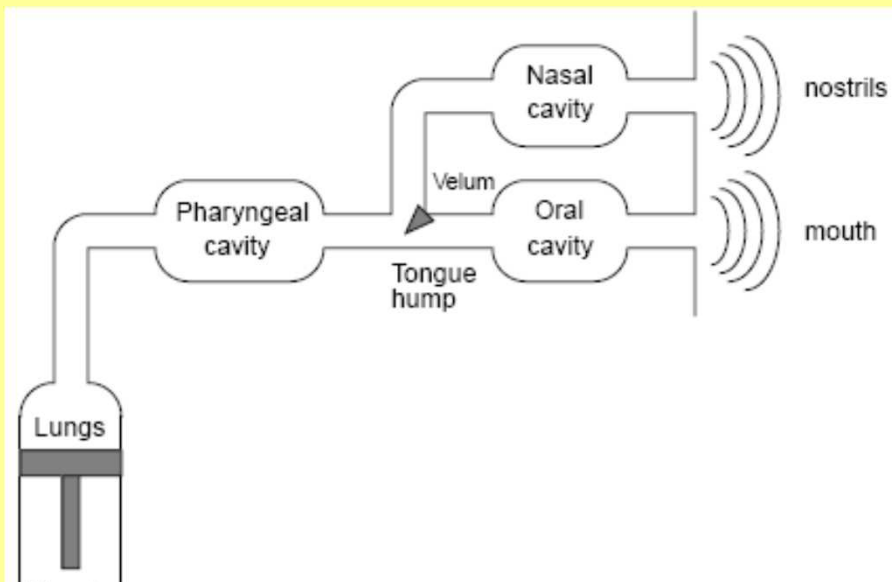
Przykład filtru adapt. LMS na PS C54x

```
* after calculation of error e = r-y
* load T with e
          LD      erreur, T
* initialization of B
          LD      #0, B
* Calculation of y(n) and update of coef
          STM     #N-2, BRC
          MPY     *AR2, A
          LMS     *AR3, *AR2+ ← mnożenie, dodawanie
          RPTB   end-1          i zaokrąglanie
          ST      A, *AR3+0%
          | | MPY     *AR2, A
          | | LMS     *AR3, *AR2+
end
          STH     A, *AR3
          STH     B, *yn
```

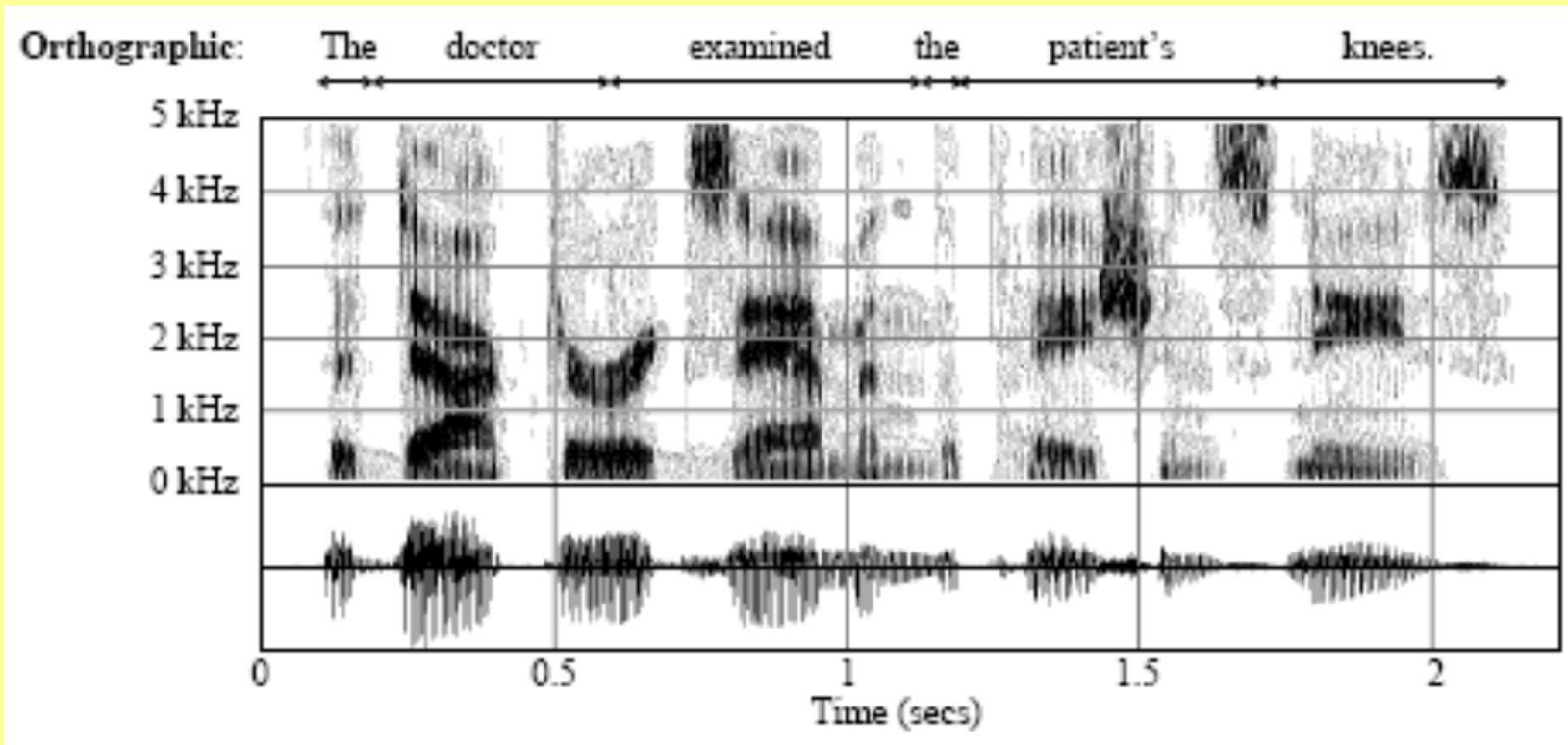
Synteza i analiza sygnału mowy

Sygnal mowy może być traktowany jako wyjście filtru o zmiennych w czasie parametrach,

którego pobudzeniem jest sygnał losowy oraz ciąg impulsów



Widmo sygnału dźwiękowego



Synteza sygnału dźwiękowego

Cyfrowy model generowania sygnału mowy

Charakterystyka widmowa



Pobudzenie
szum biały
ciąg impulsów

Filtr liniowy zmienny w
czasie

Sygnal
mowy



Synteza sygnału dźwiękowego

Cyfrowy model generowania sygnału mowy

Pobudzenie:

szum biały

ciąg impulsów

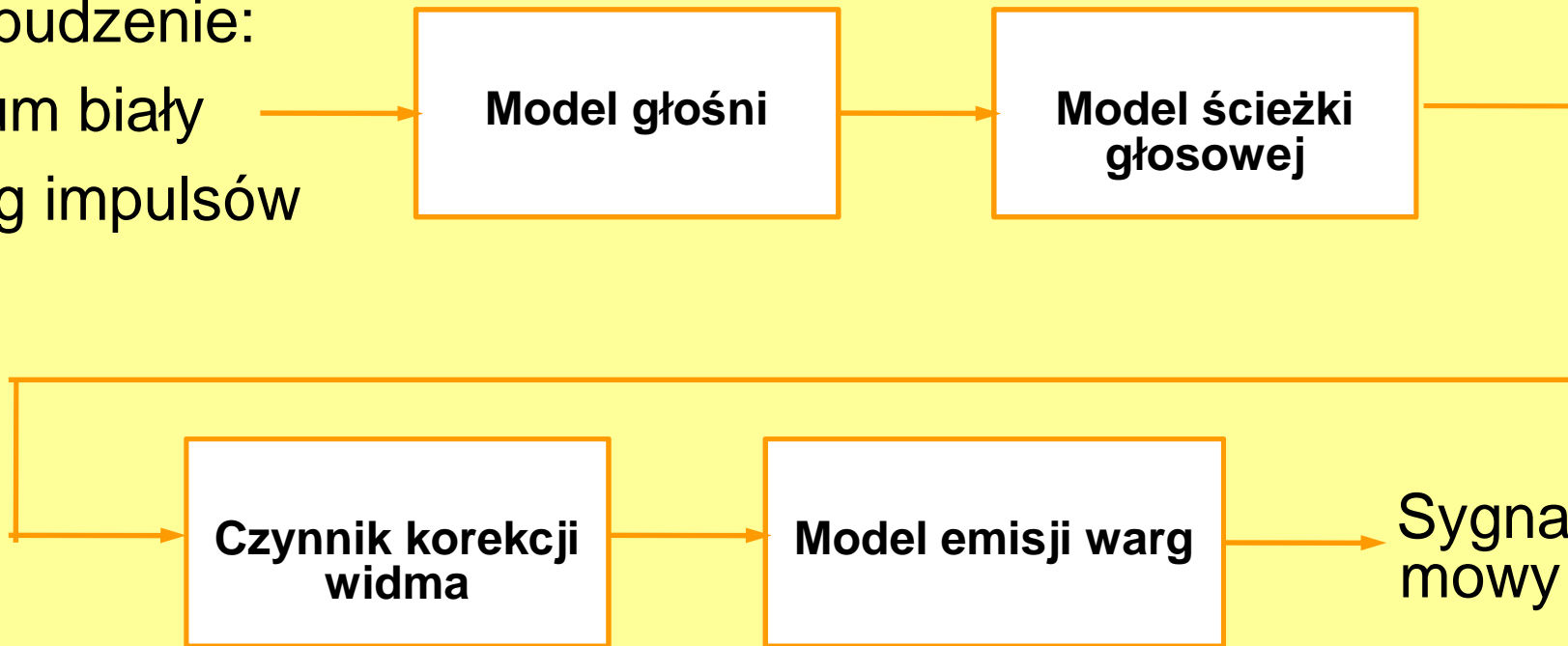
Model głośni

**Model ścieżki
głosowej**

**Czynnik korekcji
widma**

Model emisji warg

**Sygnal
mowy**



Synteza sygnału dźwiękowego

Transmitancja cyfrowego modelu generowania sygnału mowy

$$H(z) = \frac{G}{(1 - z^{-1}) \prod_{i=1}^K (1 - e^{-c_k T} \cos(b_k T) z^{-1} + e^{-2c_k T} z^{-2})}$$

Gdzie b_k i c_k bezpośrednio zależą od częstotliwości F_k i szerokości pasma B_k i -tego formantu: $b_k = 2\pi F_k$, $c_k = 2\pi B_k$

Sygnał wyjściowy $S(z)$ jest dany zależnością

$$S(z) = H(z) \cdot U(z) = \frac{G}{A(z)} U(z)$$

$U(z)$ jest pobudzeniem; $A(z)$ – mianownik w wyrażeniu na $H(z)$

Synteza sygnału dźwiękowego

Dla sygnału mowy o postaci równania różnicowego

$$s(n) = \sum_{k=1}^M \alpha_k s(n-k) + Gu(n)$$

oraz dla filtru $A(z)$ o postaci

$$A(z) = 1 - \sum_{k=1}^M a_k z^{-k}$$

to synteza sygnału mowy sprowadza się do wyznaczenia wartości a_k

Synteza sygnału dźwiękowego

W metodzie liniowej predykcji sygnału mowy (ang. **LPC**) każda próbka jest liniową kombinacją poprzedzających ją próbek

$$\hat{s}(n) = \sum_{k=1}^M a_k s(n-k)$$

błąd predykcji jest zapisany jako

$$e(n) = s(n) - \hat{s}(n) = s(n) - \sum_{k=1}^M a_k s(n-k)$$

Co odpowiada wyjściu filtru o transmitancji $A(z)$

Synteza sygnału dźwiękowego

Dąży się do minimalizacji średniokwadratowego błędu predykcji o postaci

$$E = \sum_n \left[s(n) - \sum_{k=1}^M a_k s(n-k) \right]^2$$

Kolejne pochodne cząstkowe względem a_k przyrównuje się do zera, w wyniku czego uzyskuje się równanie:

$$\sum_{k=1}^M a_k \Phi(j, k) = \Phi(j, 0) \quad j = 1, \dots, M$$

gdzie

$$\Phi(j, k) = \sum_n s(n-j)s(n-k)$$

Synteza sygnału dźwiękowego

Mamy układ M równań z M niewiadomymi:

$$\sum_{k=1}^M a_k \Phi(j, k) = \Phi(j, 0) \quad j = 1, \dots, M$$

Sposób rozwiązania zależy od postaci tablicy $\Phi(j, k)$;

Wyróżnia się dwie metody: autokorelacji i autokowariancji

Dla metody autokorelacji sygnał mowy jest niezerowy dla $0 \leq n \leq N-1$; poza tym przedziałem jego wartości są równe zero

Wówczas można wykazać $\Phi(j, k) = R(|j - k|)$

gdzie
$$R(k) = \sum_{n=0}^{N-1-k} s(n)s(n+k)$$

Synteza sygnału dźwiękowego

Należy rozwiązać układ równań

$$\sum_{k=1}^M a_k R(i-k) = R(i) \quad i = 1, \dots, M$$

Metoda eliminacji Gaussa pozwala rozwiązać układ M równań z M niewiadomymi. To jest macierz Toeplitza (stałe wartości na poszczególnych diagonalach), co ułatwia obliczenia

Synteza sygnału dźwiękowego

Do rozwiązania układu opracowano algorytmy Levinsona i Robinsona, procedurę rekursyjną Durbina:

$$E^{(0)} = R(0)$$
$$k_i = \left[R(i) - \sum_{j=1}^{i-1} a_j^{(i-1)} R(i-j) \right] / E^{(i-1)}$$
$$a_i^{(i)} = k_i$$
$$a_j^{(i)} = a_j^{(i-1)} - k_i a_{i-j}^{(i-1)} \quad 1 \leq j \leq i-1$$
$$E^{(i)} = (1 - k_i^2) E^{(i-1)}$$

dla $1 \leq i \leq M$ Rozwiązaniem jest zbiór $a_j = a_j^{(M)}$ przy $1 \leq j \leq M$

Metoda składa się z dwóch etapów, najpierw oblicza się elementy macierzy i układu a następnie rozwiązuje powstały układ

Wokodery LPC

Kodowanie sygnału mowy do zapewnienia małej szybkości przesyłania danych

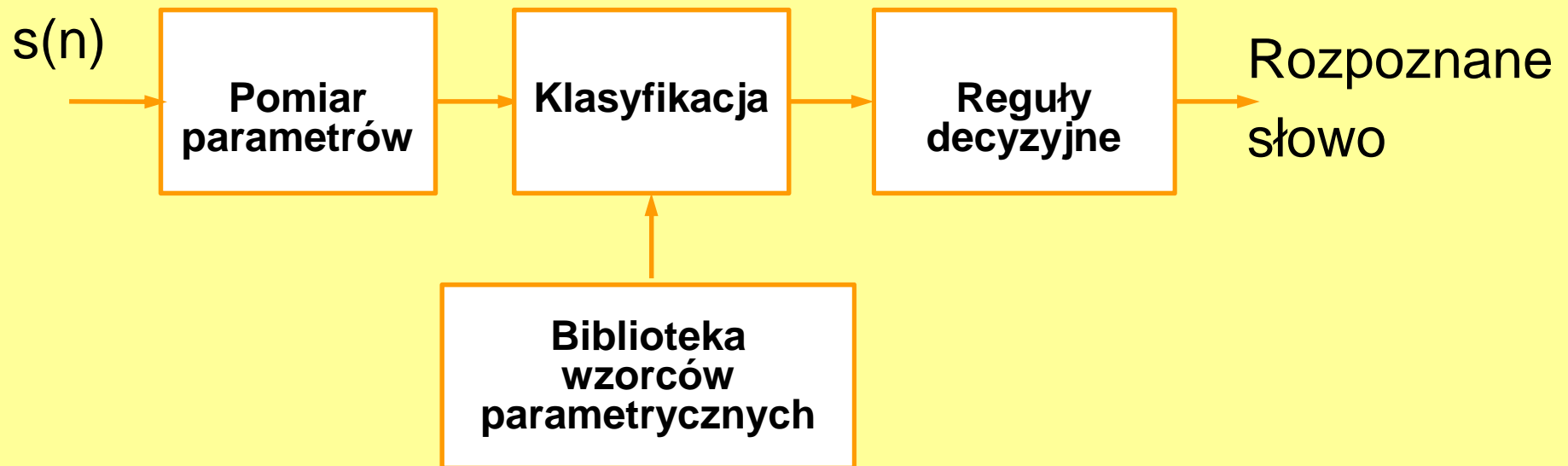


Współczynniki według metody LPC aktualizuje się zwykle co 20ms. Wówczas szybkość przesyłania sygnału mowy wynosi rzędu 1000 bitów/s

Rozpoznawanie mowy

Wyróżniamy trzy etapy:

- parametryzacja sygnału
- klasyfikacja (stopień podobieństwa zbioru parametrów do zbiorów bibliotecznych)
- podjęcie decyzji



Kierunki rozwoju PS

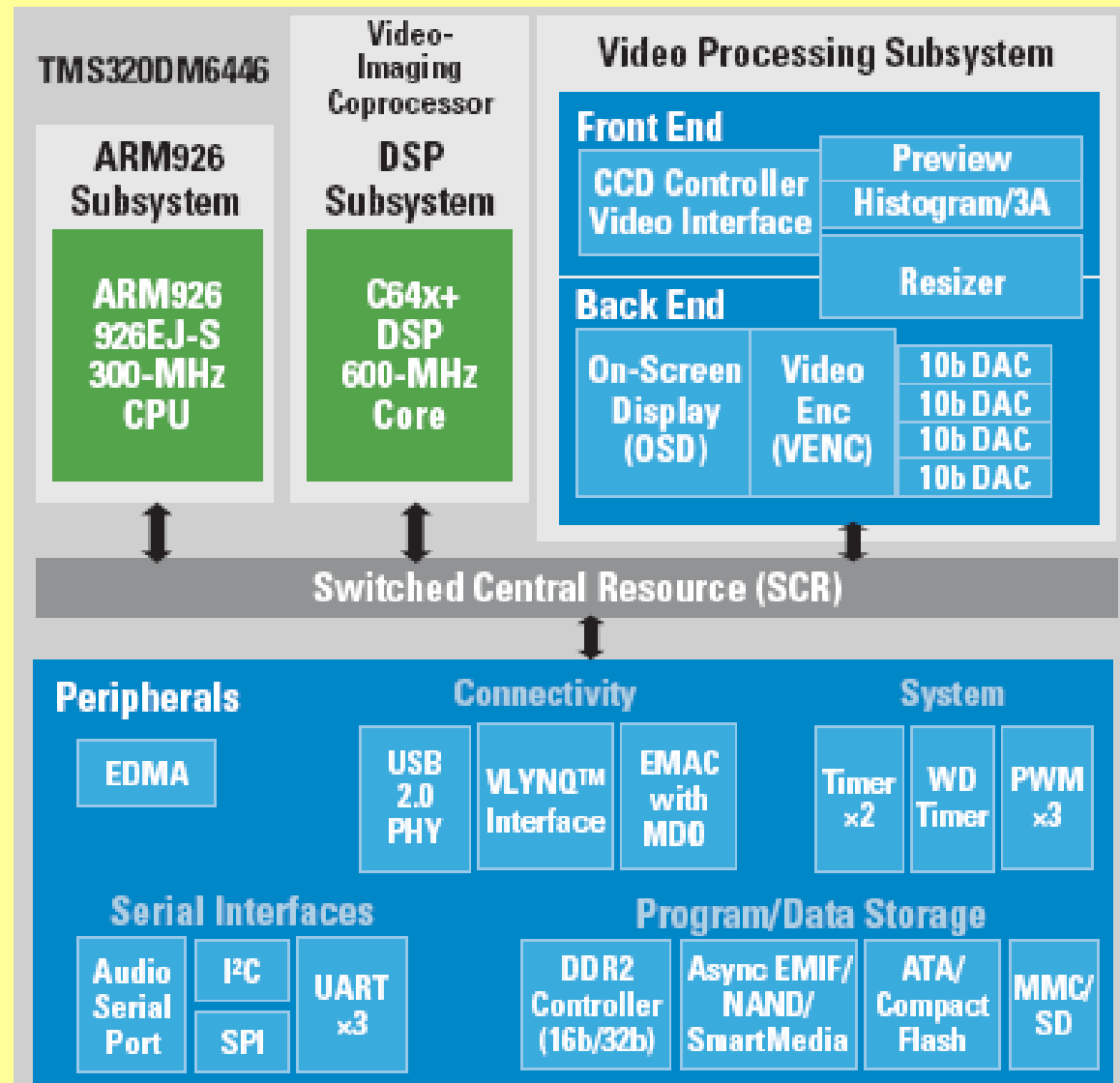
DaVinci – Digital Media Processors

Mikrokontroler plus PS w jednym, dodatkowe złącza, wspomaganie przetwarzania video.

Transport **S**tream **I**nter**F**ace

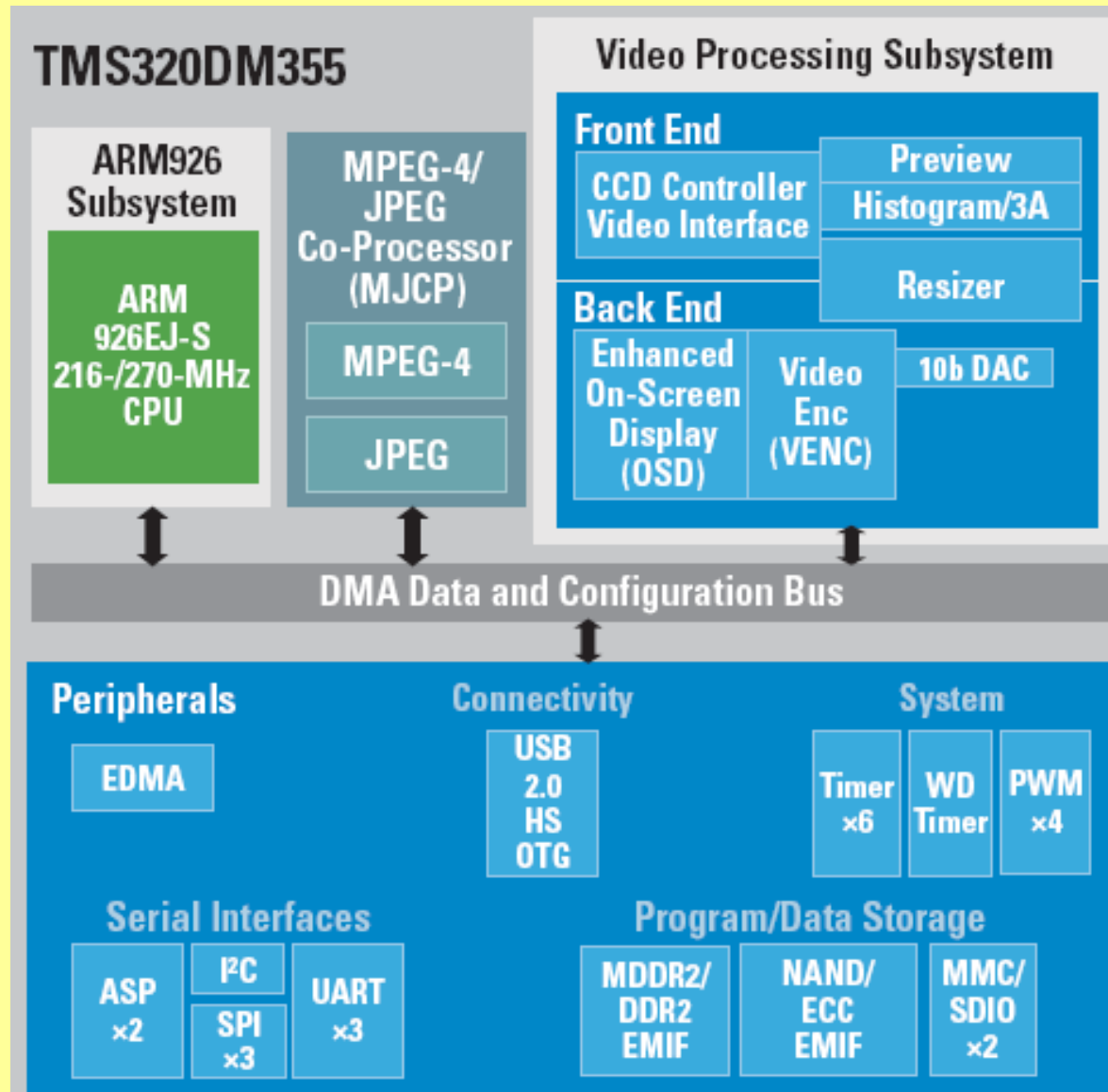
Ethernet **M**AC

High-**D**efinition **V**ideo/**I**maging **C**o-processor



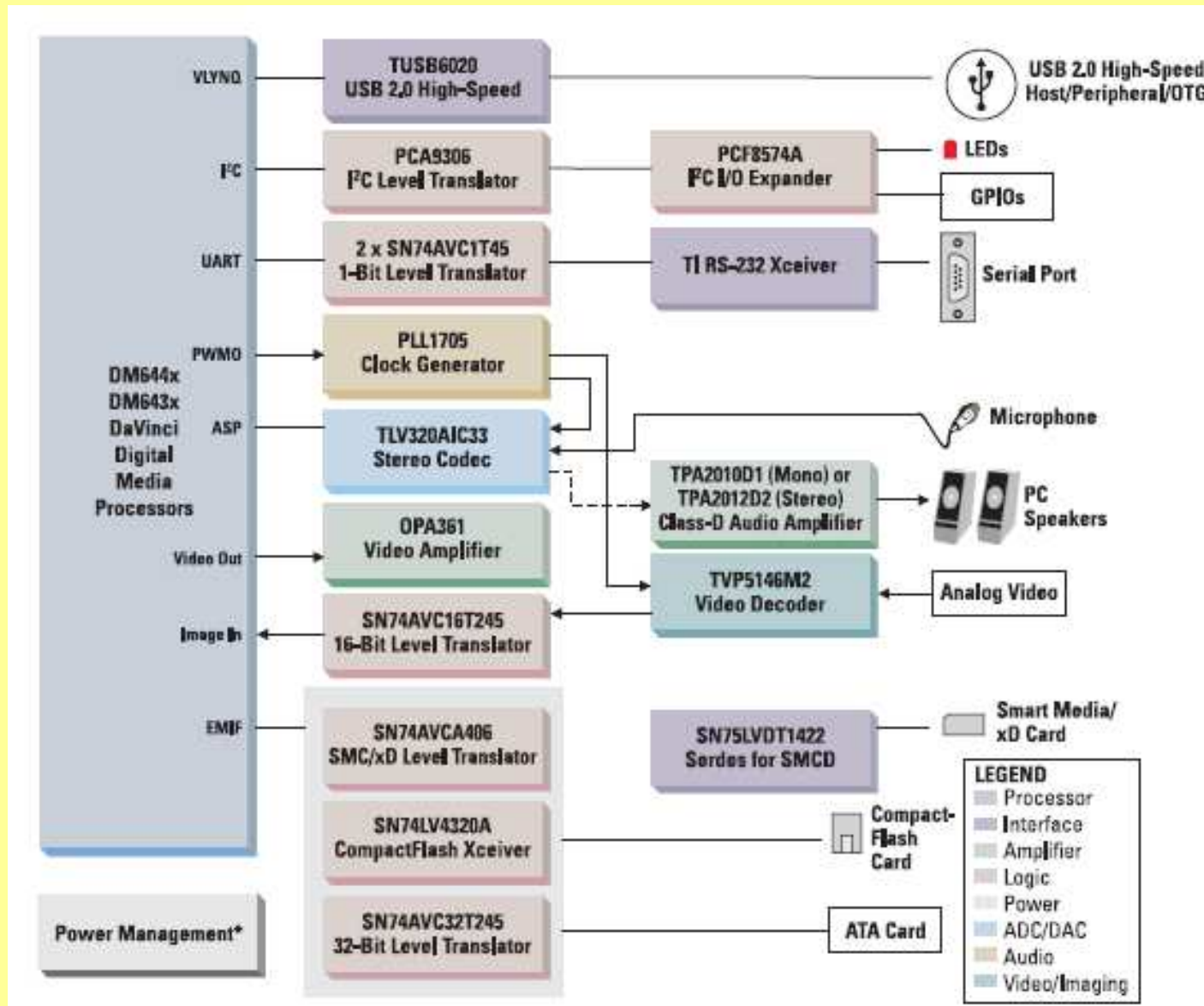
Kierunki rozwoju PS

np. TMS320DM355 DSPs SOCs



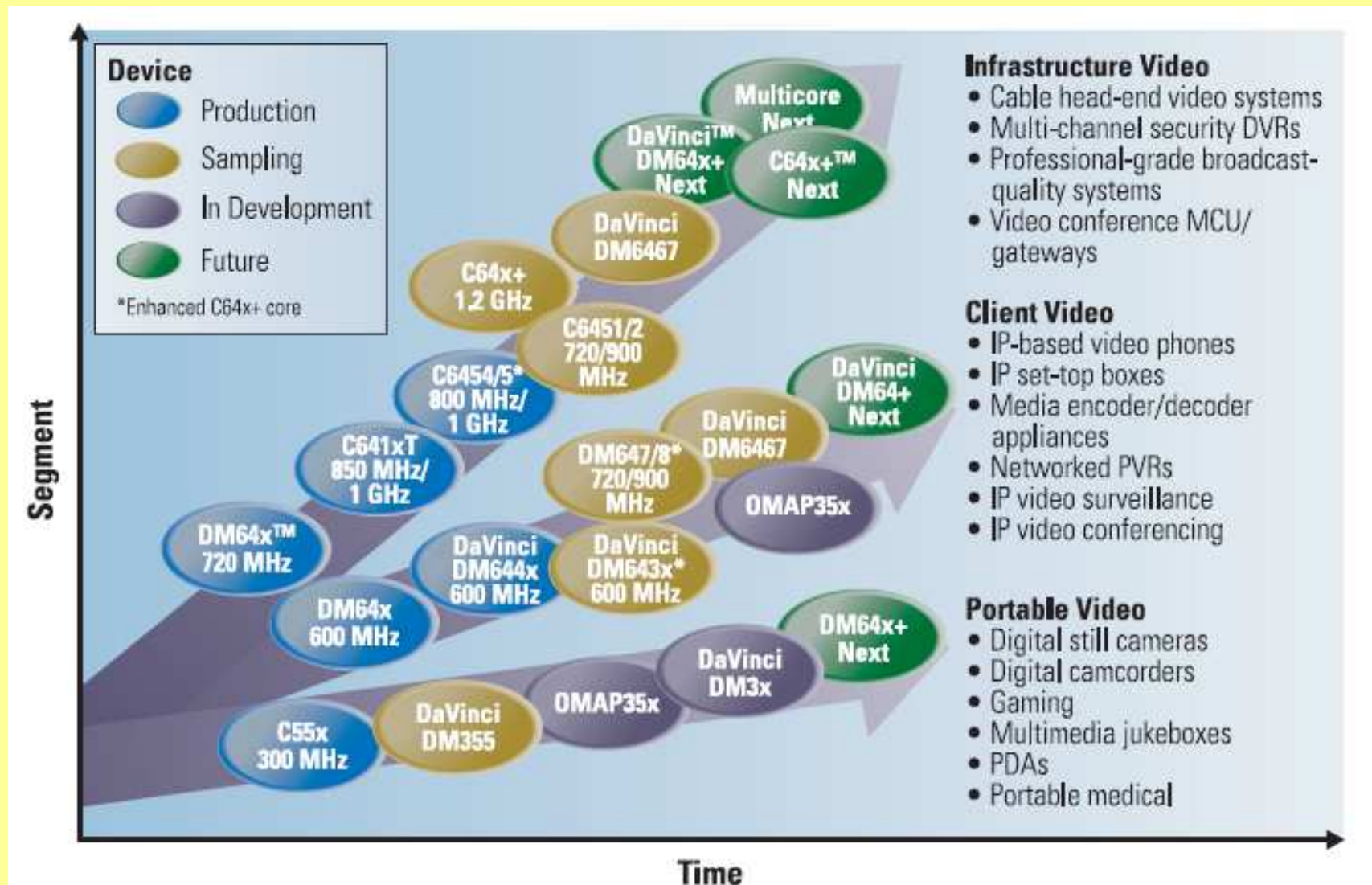
Kierunki rozwoju PS

Łatwiejsze dołączanie do zewnętrznych urządzeń



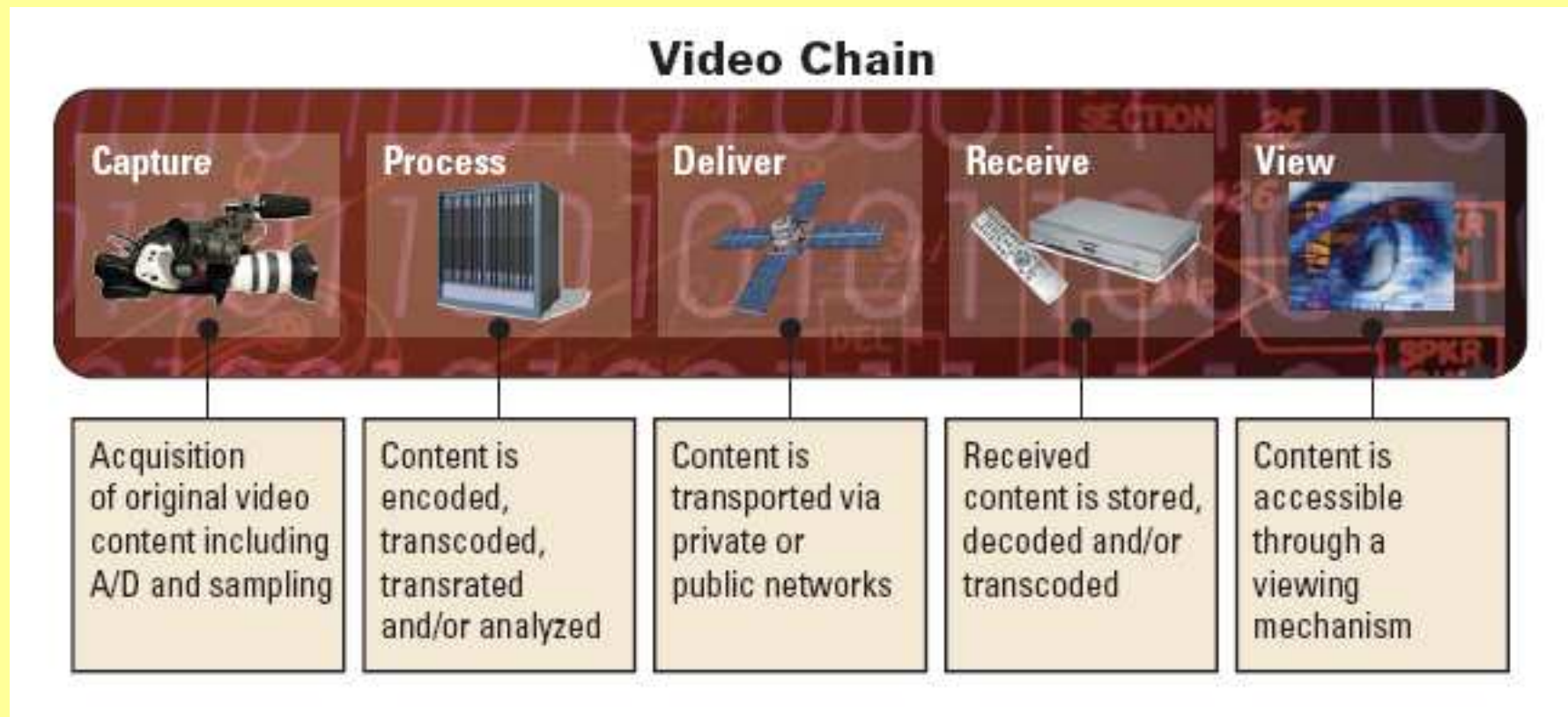
Kierunki rozwoju PS

Zastosowania PS przy przetwarzaniu sygnału video



Kierunki rozwoju PS

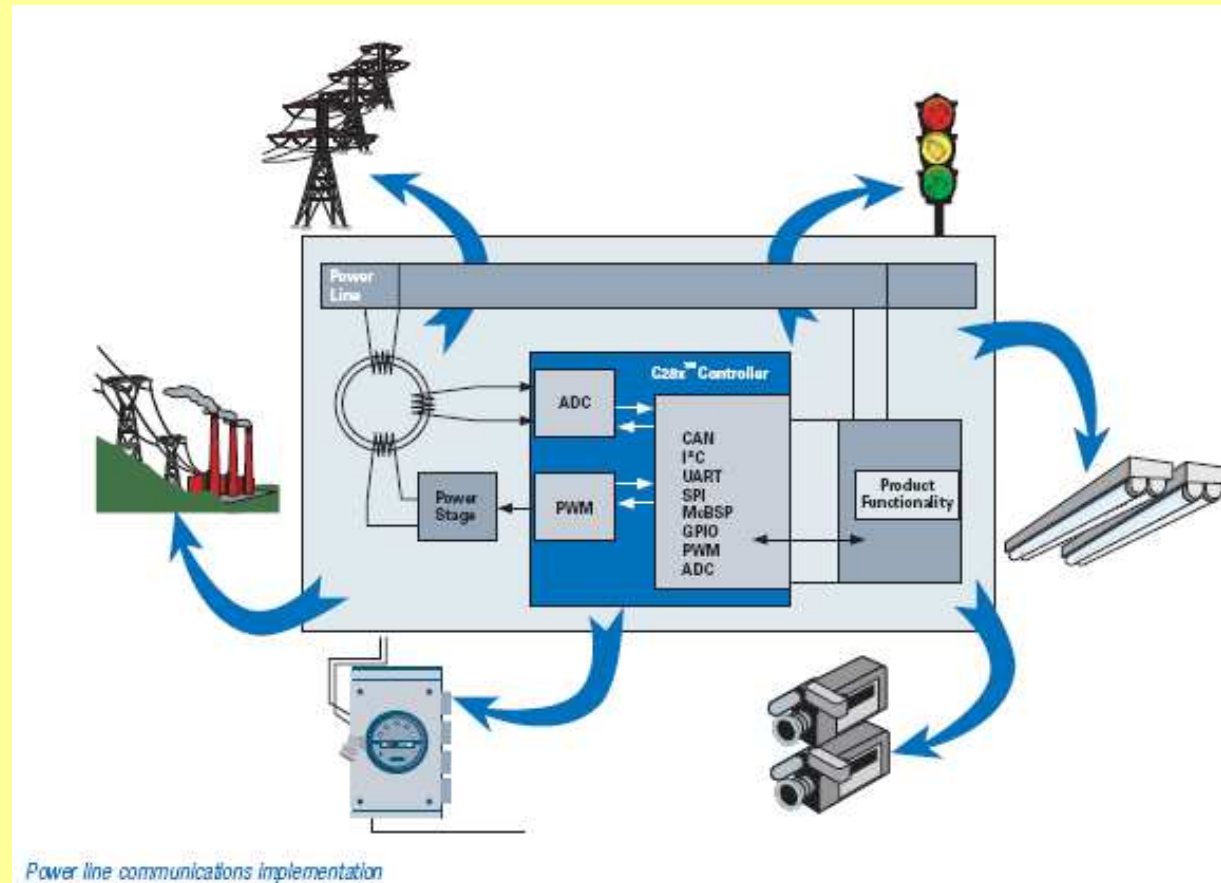
Zastosowanie PS na każdym etapie przetwarzania oraz transmisji sygnału video



Kierunki rozwoju PS

Nowe zastosowania rodziny TMS320C2000

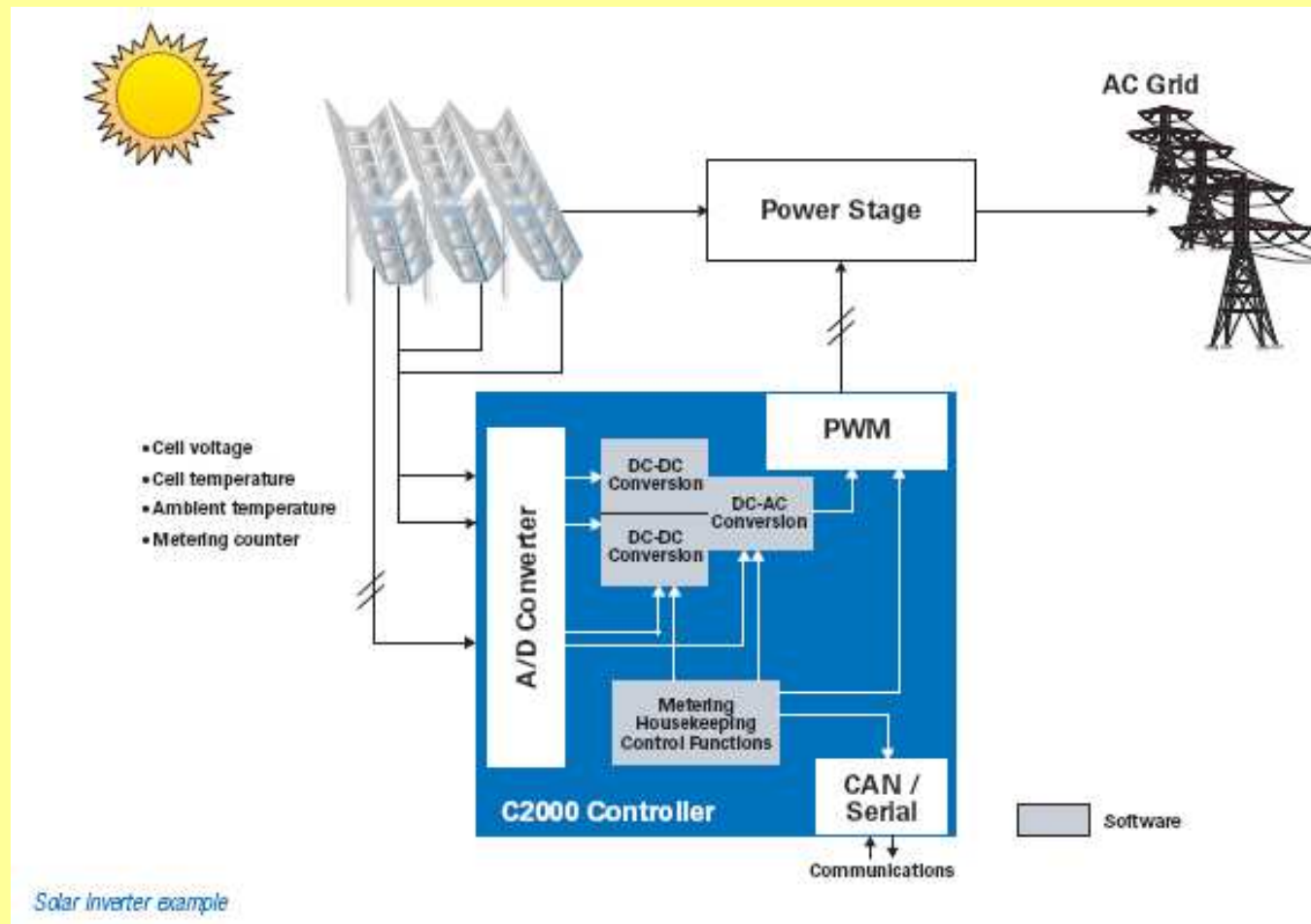
Sterowanie inteligentnymi urządzeniami elektrycznymi, pomiar zużycia energii przez sieć energetyczną (moc obliczeń 150MIPS, szybkość transmisji 100kbps, zasięg do kilku km)



Kierunki rozwoju PS

Nowe zastosowania rodziny TMS320C2000

Sterowanie dołączaniem odnawialnych źródeł energii;
optymalne przewarzanie DC/DC



Kierunki rozwoju PS

Nowe zastosowania rodziny TMS320C2000

Zastosowanie w przemyśle oraz w domach (źródła energii)

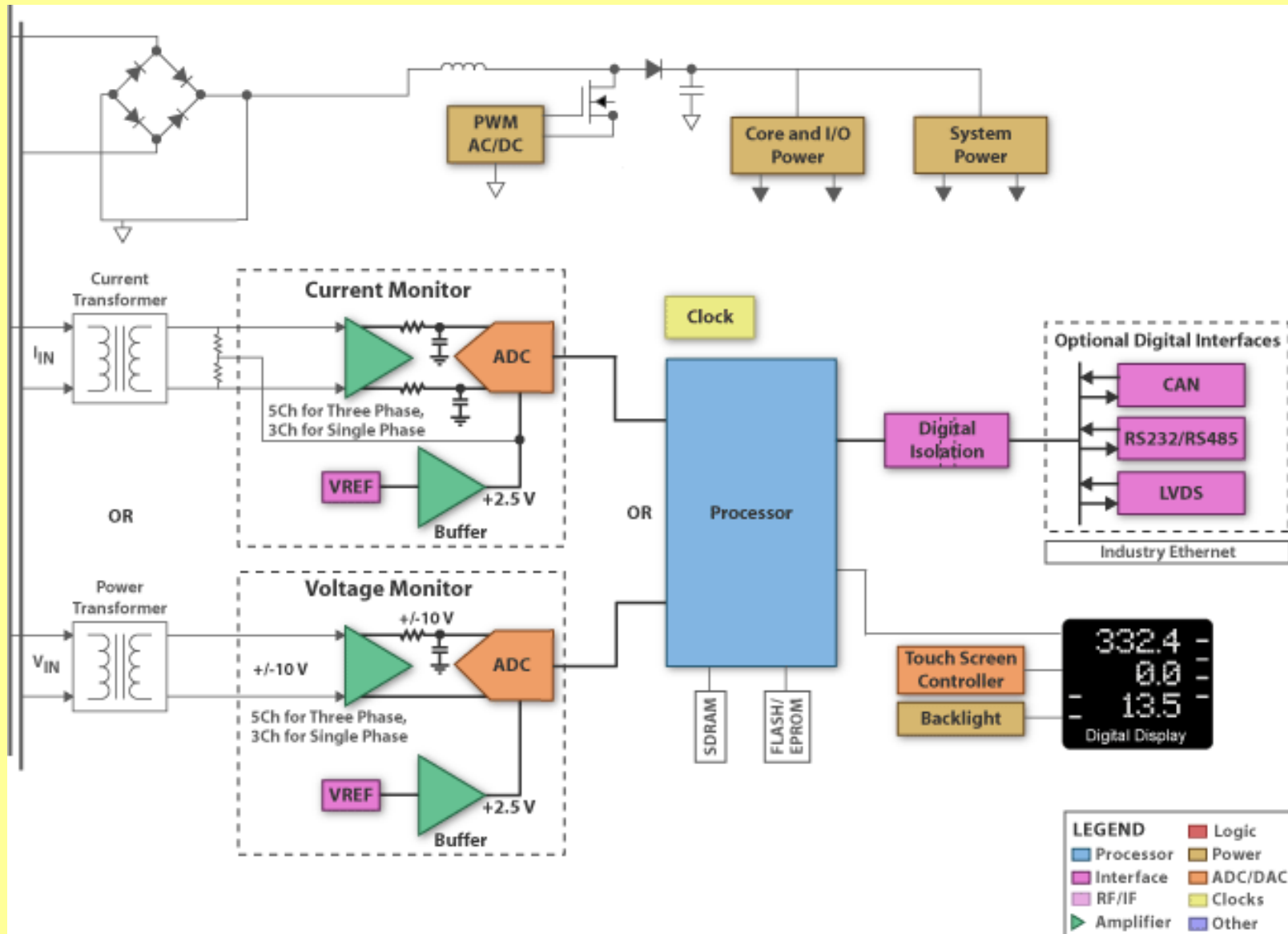
Możliwość monitorowania zużycia energii, a także sterowania zdalnie przez modem lub inne interfejsy

Dane oprócz przetwarzania w czasie rzeczywistym są również magazynowane do późniejszej analizy porównawczej

Do przetwarzania próbek, wyliczania FFT, wyliczania RMS prądu, napięcia, mocy, pierwszej harmonicznej oraz harmonicznym wyższych rzędów (ocena jakości energii);
rodzina C2000- (F2833x) oraz np. TMS320C6745

Kierunki rozwoju PS

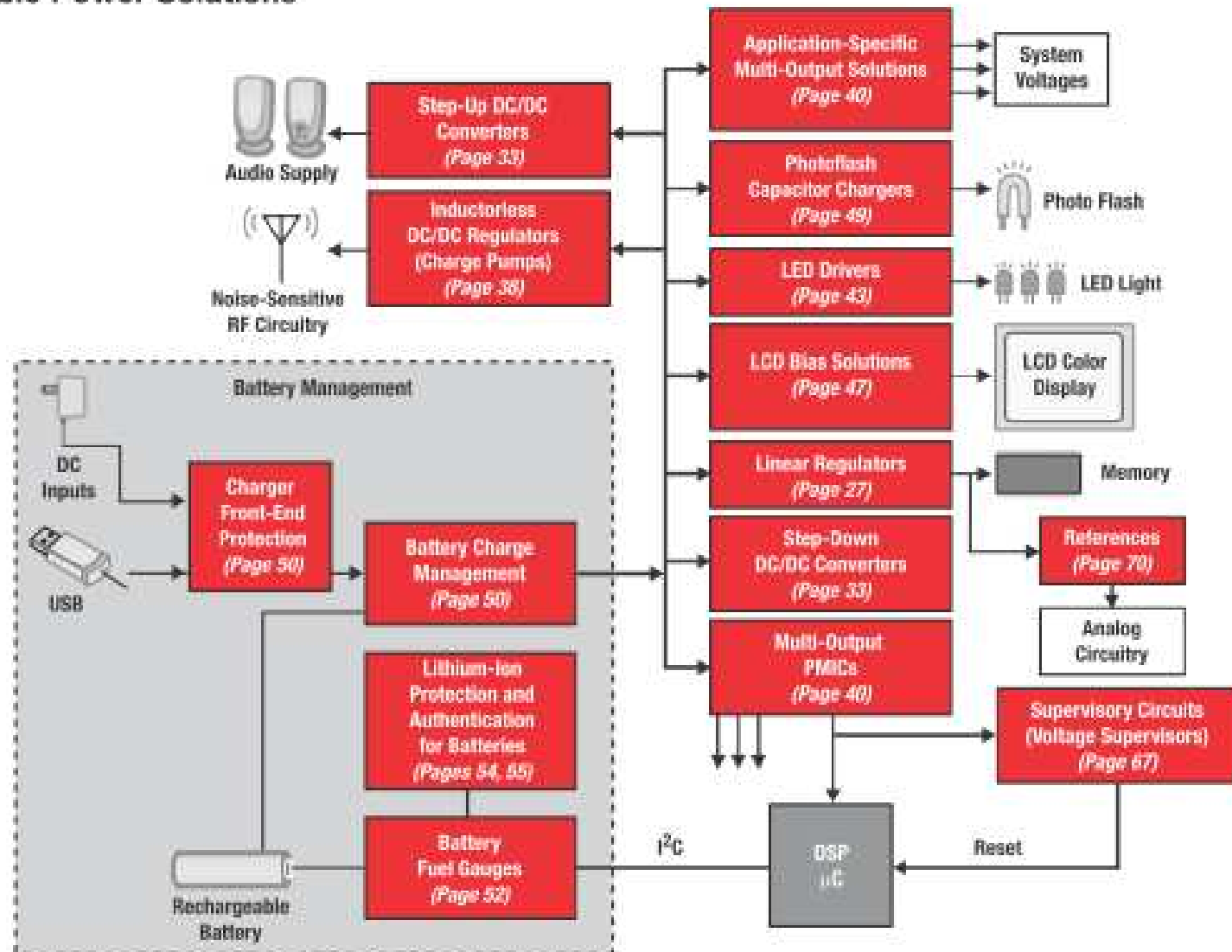
Miernik zużycia energii



Kierunki rozwoju PS

Kontrola zużycia energii w przenośnych urządzeniach

Portable Power Solutions



Kierunki rozwoju PS

Zarządzanie energią w domowej instalacji energetycznej

